

---

# Diplôme ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT

---

**Le diplôme ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT** forme des ingénieurs possédant des expertises fortes au travers des quatre parcours proposés. Les ingénieurs sortant de l'ENSI Poitiers, conscients de la nécessité de la transition énergétique, sont opérationnels dans les domaines de la production, de la distribution optimale et de l'utilisation rationnelle des énergies classiques et renouvelables dans les secteurs du bâtiment, du génie civil, des transports, des industries manufacturières et de transformation. Les contenus de formation scientifique sont accompagnés d'une ouverture au milieu professionnel garantie par les stages en entreprises, les interventions de professionnels des secteurs concernés et les visites de sites.

Le diplôme s'articule autour d'un tronc commun réparti sur les trois années de formation, de quatre parcours spécifiques démarrant dès la 2<sup>ème</sup> année :

- **Éclairage Acoustique Thermique : EAT**
- **Énergie Industrielle : EI**
- **Hydrogène : H2**
- **Maîtrise de l'Énergie Électrique : MEE**

**Le parcours EAT** forme des ingénieurs à la triple compétence en éclairage, acoustique et thermique. Cette formation originale leur offre un large éventail de débouchés et leur permet de s'adapter aux mutations énergétiques dans le domaine du bâtiment et de ses abords. Les enseignements sont organisés autour de trois grandes thématiques qui intègrent non seulement le bâtiment mais aussi ses usagers : l'acoustique et l'éclairage architectural; les performances énergétiques du bâtiment; la protection et la qualité de l'environnement (ambiances thermiques, nuisances sonores et lumineuses, confort intérieur, qualité et sécurité dans les bâtiments). Les ingénieurs issus du parcours EAT trouvent leur place au sein de la maîtrise d'œuvre (MOE), de l'assistance à la maîtrise d'ouvrage (AMO), des fabricants, des bureaux d'études, des installateurs et des collectivités.

**Le parcours EI** forme des ingénieurs aptes à travailler au plus haut niveau dans les secteurs de la production, de la transformation ou de l'utilisation rationnelle de l'énergie. Le cursus est organisé pour répondre aux besoins divers en termes d'analyses, de gestion et d'optimisation des systèmes énergétiques (machines thermiques, échangeurs, turbomachines, ...) actuels (cogénération, hydraulique, nucléaire) ou en développement (éolien, géothermie, solaire thermique et photovoltaïque, biomasse).

**Le parcours H2** forme des ingénieurs qui œuvrent dans tous les secteurs professionnels existants ou en devenir. La formation s'adosse pour une large partie au parcours Energétique Industrielle (EI) en proposant des enseignements communs. Avec la coloration du parcours H2, les ingénieurs formés sont capables de formaliser et de concevoir, d'intervenir dans différents secteurs d'activité liés au vecteur hydrogène, ainsi que dans la recherche et le développement de produits nouveaux. Ils peuvent intervenir dans toutes les étapes des projets industriels (de la définition du cahier des charges de production à la réception du système) et assurer l'encadrement et la direction d'une équipe.

**Le parcours MEE** forme des ingénieurs ayant une grande expertise dans le contrôle et la maîtrise de l'énergie électrique associée à des compétences en modélisation des systèmes et en informatique industrielle, le tout dans un souci de protection de l'environnement et de développement durable. Ce parcours donne à l'ingénieur les capacités de concevoir des projets et comparer des solutions techniques dans les domaines de l'électricité (production, distribution, énergies renouvelables), des transports (motorisation hybride et électrique, énergie embarquée), du bâtiment et des industries (contrôle, automatismes, supervision).

---

**Organisation pédagogique – 1<sup>ère</sup> année - Tronc Commun**

---

**Semestre 5**

<b>UE051 – 9 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Conduite de projets	10
Mathématiques 1	20
Statistiques	10
Thermodynamique	40
CAO/DAO-BIM	20

<b>UE052 – 9 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Algorithmique et programmation	25
Mécanique des fluides 1	15
Energie Electrique	25
Mécanique des milieux continus	15
Anglais 1	20

<b>UE053 – 9 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Vibrations	35
Optique et Matériaux	30
Risques en milieu professionnel	15
Capteurs	20

<b>UE056 – 3 ECTS – TC ENSIP</b>
UE Transition Energétique et Ecologique : Energie et Anthropocène

**Semestre 6**

<b>UE061 – 8 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Anglais 2	25
Mathématiques 2	15
Signaux	30
Introd. aux méthodes numériques	20
Gestion 1	10

<b>UE062 – 8 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Introduction aux bases de données	10
Résistance des matériaux	30
Mécanique des fluides 2	30
Communication	10
Projet 1A	20

<b>UE063 – 9 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Electronique	40
Machines thermiques	30
Electromagnétisme	30

<b>UE067 – 3 ECTS – TC ENSIP</b>
UE Transition Energétique et Ecologique : Milieux Naturels

<b>UE064 – 2 ECTS – TC ENSIP</b>
Stage 1A

## Organisation pédagogique – Parcours EAT - 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> années

### Semestre 7

<b>UE071 – 10 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Anglais 3	20
Conduite de réunion	10
Turbomachines	10
Systèmes	40
Transfert de chaleur - Conduction	20
<b>UE072 – 10 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Distribution et conversion de l'énergie électrique	25
Energie éolienne	15
Transfert de chaleur - Rayonnement	15
Transfert de chaleur - Convection	15
Transfert de chaleur - Echangeurs	20
Estimation	10
<b>UE073 – 10 ECTS – EAT</b>	<b>coef</b>
Mécanique des fluides	25
Physique de l'air humide	15
Acoustique fondamentale	40
Radiométrie - Photométrie	20

### Semestre 8

<b>UE081 – 9 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Turbomachines - Turbines	10
Méthodes numériques 2	40
Energie solaire	10
Programmation	20
Anglais 4	20
<b>UE082 – 9 ECTS – EAT</b>	<b>coef</b>
Acoustique du bâtiment	35
Technologies de l'éclairage	30
Colorimétrie	35
<b>UE083 – 8 ECTS – EAT</b>	<b>coef</b>
Ambiances climatiques	30
Systèmes constructifs	15
Thermique du bâtiment	30
Eclairage intérieur et extérieur	25
<b>UE084 – 4 ECTS – TC ENSIP</b>	
Stage 2A	

### Semestre 9

<b>UE091 – 8 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Anglais 5	20
Gestion 2	10
Qualité	10
Vie de l'entreprise	-
Projet Innovation Etudes Recherche	60
<b>UE092 – 7 ECTS – EAT</b>	<b>coef</b>
Thermique du bâtiment 2	30
CAO/DAO BIM 2	5
Ventilation et Qualité d'air intérieur	35
Optimisation de la performance énergétique du bâtiment	30
<b>UE093 – 8 ECTS – EAT</b>	<b>coef</b>
Méthodes numériques	20
Eclairage Naturel et Mixte	40
Sources acoustiques et propagation	25
Systèmes électroacoustiques	15
<b>UE096 – 7 ECTS – EAT</b>	<b>coef</b>
Option 1: Aéroacoustique	25
Option 2: Apparence des matériaux	25
Acoustique des salles	45
Bâtiments et Objets communicants	10
Urbanisme	10
Architecture	10

### Semestre 10

<b>UE102 – 30 ECTS – TC ENSIP</b>
Stage 3A

## Organisation pédagogique – Parcours EI - 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> années

### Semestre 7

<b>UE071 – 10 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Anglais 3	20
Conduite de réunion	10
Turbomachines	10
Systèmes	40
Transfert de chaleur - Conduction	20
<b>UE072 – 10 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Distribution et conversion de l'énergie électrique	25
Energie éolienne	15
Transfert de chaleur - Rayonnement	15
Transfert de chaleur - Convection	15
Transfert de chaleur - Echangeurs	20
Estimation	10
<b>UE073 – 10 ECTS – EI</b>	<b>coef</b>
Mécanique des fluides	25
Physique de l'air humide	15
Thermodynamique des mélanges réactifs	30
Machines à fluides inertes & réactifs	30

### Semestre 8

<b>UE081 – 9 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Turbomachines - Turbines	10
Méthodes numériques 2	40
Energie solaire	10
Programmation	20
Anglais 4	20
<b>UE082 – 9 ECTS – EI</b>	<b>coef</b>
Mécanique des fluides / Turbulence	30
Energie Solaire - Approfondissement	40
Convection en systèmes complexes	30
<b>UE083 – 8 ECTS – EI</b>	<b>coef</b>
Conversion et stockage d'énergie	30
Electrothermie	35
Transfert de matière	35
<b>UE084 – 4 ECTS – TC ENSIP</b>	
Stage 2A	

### Semestre 9

<b>UE091 – 8 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Anglais 5	20
Gestion 2	10
Qualité	10
Vie de l'entreprise	-
Projet Innovation Etudes Recherche	60
<b>UE092 – 7 ECTS – EI</b>	<b>coef</b>
Initiation aux logiciels CFD	25
Méthodes num. 3 : Eléments finis et volumes finis	30
Transf. Chal./Rayonnement 2	25
Transition énergétique	20
<b>UE093 – 8 ECTS – EI</b>	<b>coef</b>
Analyse énergétique	35
Transferts thermiques et changement de phase	25
Projet Utilisation Rationnelle de l'Energie	20
Méc. fluides / Transferts turbulents	20
<b>UE096 – 7 ECTS – EI</b>	<b>coef</b>
Energie Eolienne	10
Echangeurs de chaleur - Optimisation	25
Energie Nucléaire & Sécurité	30
Méthodes inverses	20
Combustion en milieu industriel	15

### Semestre 10

<b>UE102 – 30 ECTS – TC ENSIP</b>
Stage 3A

## Organisation pédagogique – Parcours H2 - 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> années

### Semestre 7

<b>UE071 – 10 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Anglais 3	20
Conduite de réunion	10
Turbomachines	10
Systèmes	40
Transfert de chaleur - Conduction	20
<b>UE072 – 10 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Distribution et conversion de l'énergie électrique	25
Energie éolienne	15
Transfert de chaleur - Rayonnement	15
Transfert de chaleur - Convection	15
Transfert de chaleur - Echangeurs	20
Estimation	10
<b>UE073 – 10 ECTS – H2</b>	<b>coef</b>
Mécanique des fluides	25
Physique de l'air humide	15
Thermodynamique des mélanges réactifs	30
Machines à fluides inertes & réactifs	30

### Semestre 8

<b>UE081 – 9 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Turbomachines - Turbines	10
Méthodes numériques 2	40
Energie solaire	10
Programmation	20
Anglais 4	20
<b>UE082 – 9 ECTS – H2</b>	<b>coef</b>
Mécanique des fluides / Turbulence	30
Energie Solaire - Approfondissement	40
Convection en systèmes complexes	30
<b>UE083 – 8 ECTS – H2</b>	<b>coef</b>
Conversion et stockage d'énergie	30
Vecteur Hydrogène	35
Transfert de matière	35
<b>UE084 – 4 ECTS – TC ENSIP</b>	
Stage 2A	

### Semestre 9

<b>UE091 – 8 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Anglais 5	20
Gestion 2	10
Qualité	10
Vie de l'entreprise	-
Projet Innovation Etudes Recherche	60
<b>UE092 – 7 ECTS – H2</b>	<b>coef</b>
Initiation aux logiciels CFD	25
Méthodes num. 3 : Eléments finis et volumes finis	30
Transf. Chal./Rayonnement 2	25
Transition énergétique	20
<b>UE093 – 8 ECTS – H2</b>	<b>coef</b>
Analyse énergétique	35
Transferts thermiques et changement de phase	25
Projet Utilisation Rationnelle de l'Energie	20
Méc. fluides / Transferts turbulents	20
<b>UE096 – 7 ECTS – H2</b>	<b>coef</b>
Matériaux et ressources	20
Vecteur H2 : Application transports	25
Vecteur H2 : Production et stockage	25
Certification, sécurité et acceptabilité	15
Gestion électrique et réseaux	15

### Semestre 10

<b>UE102 – 30 ECTS – TC ENSIP</b>
Stage 3A

## Organisation pédagogique – Parcours MEE - 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> années

### Semestre 7

<b>UE071 – 10 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Anglais 3	20
Conduite de réunion	10
Turbomachines	10
Systèmes	40
Transfert de chaleur - Conduction	20
<b>UE072 – 10 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Distribution et conversion de l'énergie électrique	25
Energie éolienne	15
Transfert de chaleur - Rayonnement	15
Transfert de chaleur - Convection	15
Transfert de chaleur - Echangeurs	20
Estimation	10
<b>UE073 – 10 ECTS – MEE</b>	<b>coef</b>
Estimation et Séries Temporelles	30
Electronique de puissance 1	50
Informatique	20

### Semestre 8

<b>UE081 – 9 ECTS – TC E&amp;E</b>	<b>coef</b>
Turbomachines - Turbines	10
Méthodes numériques 2	40
Energie solaire	10
Programmation	20
Anglais 4	20
<b>UE082 – 9 ECTS – MEE</b>	<b>coef</b>
Identification 1 : Identification à temps continu	20
Méthodes de Commande 1	40
Projet automatique 1	25
Véhicules Hybrides et Électriques	5
Habilitation électrique	10
<b>UE083 – 8 ECTS – MEE</b>	<b>coef</b>
Informatique industrielle	35
Projet informatique industrielle	20
Electrotechnique 1	40
Stockage d'énergie par batterie Lithium-ion	5
<b>UE084 – 4 ECTS – TC ENSIP</b>	
Stage 2A	

### Semestre 9

<b>UE091 – 8 ECTS – TC ENSIP</b>	<b>coef</b>
Anglais 5	20
Gestion 2	10
Qualité	10
Vie de l'entreprise	-
Projet Innovation Etudes Recherche	60
<b>UE092 – 7 ECTS – MEE</b>	<b>coef</b>
Identification 2	30
Électrotechnique 2	60
Compatibilité électromagnétique	10
<b>UE093 – 8 ECTS – MEE</b>	<b>coef</b>
Méthodes de commande 2	40
Commande pour robotique mobile	30
Électronique de puissance 2	30
<b>UE096 – 7 ECTS – MEE</b>	<b>coef</b>
Gestion et qualité de l'énergie électrique	30
Automatique Industrielle	20
Réseaux informatiques	25
Réseaux locaux industriels	25

### Semestre 10

<b>UE102 – 30 ECTS – TC ENSIP</b>
Stage 3A

---

## Diplôme ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT

---

### **UE051 - CAO/DAO - Building Information Modelling - TC ENSIP / Semestre S5**

**Coef 20** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 3 / 3 / - / 9

#### Contenu de la formation

*Utilisation des logiciels AUTOCAD et REVIT utilisés dans des projets de construction*

#### Compétences attendues

- Connaître les bases du dessin technique,
  - Identifier les principales représentations graphiques des projets de construction,
  - Utiliser un logiciel 2D (AUTOCAD) et 3D – BIM (REVIT).
- 

### **UE051 - Conduite de projets (Méthodes et outils) - TC ENSIP / Semestre S5**

**Coef 10** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 1.5 / 1.5 / - / 3

#### Contenu de la formation

*Acquérir les méthodes et les outils fondamentaux de la gestion de projet pour piloter un projet avec succès et se doter d'une boîte à outils.*

#### Compétences attendues

- S'approprier les notions clés de la gestion de projet ;
  - Identifier le rôle et les responsabilités du chef de projet ;
  - Conduire un projet en mettant en œuvre une méthode et des outils opérationnels ;
  - Identifier les étapes clés d'un projet et le processus de mise en œuvre ;
  - Débloquent les situations difficiles dans la gestion de projet.
  - Définir les instances et acteurs d'un projet.
  - Introduction à la méthode Lean Management...
- 

### **UE051 - Mathématiques 1 - TC ENSIP / Semestre S5**

**Coef 20** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 30 / - / -

#### Contenu de la formation

*Ce cours permet de remobiliser des compétences en termes de mathématiques de base*

#### Compétences attendues

- Savoir utiliser des matrices, des tenseurs
  - Etre capable de dériver, d'intégrer
  - Savoir appliquer les théorèmes incontournables.
- 

### **UE051 - Statistiques - TC ENSIP / Semestre S5**

**Coef 10** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 6 / 9 / - / -

#### Contenu de la formation

*Ce cours est une introduction aux statistiques dont la connaissance est indispensable à l'exercice moderne du métier d'ingénieur.*

*Après des rappels indispensables, ce cours présente le cadre mathématique (dénombrément, espaces de probabilités discrets et continus) puis quelques outils statistiques de base permettant l'analyse de données expérimentales et de fonctions aléatoires (ex. théorie de l'échantillonnage, estimation, intervalle de confiance, tests d'hypothèses).*

### Compétences attendues

- Maîtriser les lois classiques de dénombrement
- Savoir utiliser quelques outils statistiques,
- Maîtriser les principaux phénomènes aléatoires transversaux aux matières scientifiques.

---

### **UE051 - Thermodynamique - TC ENSIP / Semestre S5**

Coef 40 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9 / 19.5 / 15 / -

### Contenu de la formation

*Ce cours a pour objectif de donner les outils nécessaires et fondamentaux permettant d'aborder les différents états de la matière et les échanges énergétiques qui en dépendent. Les contenus abordés sont : systèmes et principes, échanges de matière, travail, chaleur. Transformations types : isotherme, isobare, isentropique, cycles. Machines thermiques. Diagrammes S-T, H-T, H-S et applications. Diagrammes d'état des corps purs. Gaz réels. Changements de phases. Matériaux à changement de phases. Mélanges binaires biphasiques : diagrammes isotherme, isobare. Mélanges idéaux, réels et applications. Mélanges ternaires biphasiques. Grandeurs thermodynamiques de réaction, influence de la température, de la pression. Enthalpie libre d'un système et évolution. Grandeurs caractéristiques de l'équilibre chimique. Applications à des procédés industriels.*

### Compétences attendues

- Analyser et quantifier les échanges d'énergies,
- Caractériser les états de la matière, les changements d'état, les matériaux à changements de phases,
- Donner les critères de sélection des matériaux à changement de phase,
- Exploiter des diagrammes binaires,
- Expliquer et utiliser les équilibres chimiques,
- Différencier un système idéal d'un système réel et utiliser les relations thermodynamiques correspondantes (fugacité, activité, potentiel chimique...),
- Connaître les caractéristiques des différents états de la matière, les relations de Clapeyron,
- Exploiter des diagrammes binaires,
- Qualifier l'évolution d'un équilibre chimique.

---

### **UE052 - Algorithmique et programmation - TC ENSIP / Semestre S5**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 12 / 16 / -

### Contenu de la formation

*Après quelques rappels sur le codage (nombres, images, son), les différentes structures algorithmiques sont passées en revue (variables, test, boucles, fonctions). Puis, en s'appuyant sur le langage Python plusieurs notions générales sont abordées : récursivité, analyse de complexité, utilisation de types complexes (listes, tableaux associatifs, ensembles). Des exercices types sont traités en TD.*

*Durant les Travaux pratiques, certains exercices vus en travaux dirigés sont programmés, puis différents thèmes peuvent être traités : Images fractales, Cryptographie, Traitement d'image, Automates cellulaires...*

### Compétences attendues

- Comprendre le codage numérique des données,
- Concevoir des algorithmes simples,
- Programmer pour résoudre un problème.

---

### **UE052 - Anglais 1 - TC ENSIP / Semestre S5**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 18 / - / -

### Contenu de la formation

Ce cours est consacré à l'anglais général. Après avoir réparti les étudiants par groupes de niveaux suite à un test d'évaluation, le travail est basé sur l'obtention du niveau B1 - B2 défini sur l'échelle CECRL (Cadre Européen de Référence pour les Langues du Conseil de l'Europe) dans les 5 compétences langagières. Selon les niveaux, le travail est basé sur les révisions linguistiques et/ou sur un approfondissement des connaissances en civilisation anglophone

### Compétences attendues

- S'exprimer aisément à l'oral,
- Utiliser la bonne intonation, le bon accent tonique et les bons phonèmes,
- Utiliser les notions de grammaire nécessaires à une bonne compréhension,
- Utiliser le vocabulaire pour le TOEIC,
- S'exprimer à l'écrit comme à l'oral,
- Connaître la civilisation anglophone.

---

### **UE052 - Energie Electrique - TC ENSIP / Semestre S5**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 10.5 / 9 / 12 / -

### Contenu de la formation

Le cours présente les principales méthodes de génération d'électricité (centrale électrique), décrit les techniques de transformation haute tension pour le transport et introduit quelques principes d'utilisation (moteurs asynchrones et à courant continu). Une introduction sur les composants de l'électronique de puissance est donnée pour pouvoir aborder le redressement dans la suite du cursus.

### Compétences attendues

- Résoudre des problèmes simples d'électricité en courant fort,
- Connaître les principes de génération (alternateur, centrale électrique), de transport (transformation, facteur de puissance) et d'utilisation de l'énergie électrique (machines tournantes) en courant fort.

---

### **UE052 - Mécanique des fluides 1 - TC ENSIP / Semestre S5**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 7.5 / 10.5 / - / -

### Contenu de la formation

La forme intégrale des bilans fondamentaux du mouvement d'un fluide (conservation de la masse, quantité de mouvement et énergie) est présentée.

Les premières applications qui en découlent sont abordées : principe de la statique pour un fluide au repos, théorèmes locaux en fluide parfait (équation d'Euler, Bernoulli), mesures de débits et de vitesse. Le théorème des débits de quantité de mouvement est établi, et son utilisation pour l'estimation des résultantes des forces exercées par les fluides sur des surfaces est présentée.

### Compétences attendues

- Assimiler des éléments fondamentaux et notions générales de la mécanique des fluides ;
- Savoir appliquer les lois générales de la mécanique à un fluide en mouvement ;
- Maîtriser des éléments indispensables à l'étude de mouvements de fluide parfait.

---

### **UE052 - Mécanique des milieux continus - TC ENSIP / Semestre S5**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 7.5 / 10.5 / - / -

### Contenu de la formation

1) Définir et relier les objets conceptuels nécessaires à l'établissement d'une équation de bilan :

- Décrire l'évolution au cours de temps et dans l'espace d'un milieu continu déformable : expliquer et relier les concepts de système matériel, de vitesse particulière, et les notions de transport, déplacement, déformation.
  - Traduire mathématiquement le principe de conservation de la masse et le relier au champ de vitesse particulière.
  - Décrire les efforts s'exerçant sur un milieu continu, de manière locale et globale.
  - Relier les causes et les effets de la transformation, c'est-à-dire traduire le principe fondamental de la dynamique en bilan de quantité de mouvement
- 2) Manipuler les outils mathématiques relatifs aux équations de bilan dans le contexte de la mécanique des milieux continus
- Mener des opérations sur des vecteurs, des tenseurs du second ordre, et des moments.
  - Manipuler des fonctions de plusieurs variables et à valeurs scalaire, vectorielles ou tensorielles pour traduire mathématiquement des hypothèses et des conditions aux limites.
  - Calculer des intégrales multiples pour déterminer des débits, des efforts résultants, etc
  - Appliquer et inverser les opérateurs aux dérivées partielles pour exprimer des champs de contraintes, de vitesse, de pression, etc.

#### **Compétences attendues**

- Interpréter et manipuler les termes d'une équation de bilan.
- Décrire le mouvement d'un milieu continu
- Aborder les notions de déformations, contraintes, cinématique, conservation de la masse
- Savoir réaliser un bilan de quantité de mouvement, écrire les équations de bilan.

---

#### **UE053 - Capteurs - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S5**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9 / 12 / - / -

#### **Contenu de la formation**

Pour appréhender, quantifier ou repérer une grandeur physique, un système de mesure approprié est fondamental. Ce cours a pour objectif de présenter les principales techniques de mesures utilisées en ingénierie en insistant principalement sur leur mise en œuvre. Aux vues de la diversité des grandeurs à mesurer ou à détecter, ce cours va se restreindre principalement à quelques familles de capteurs très fréquemment rencontrés en ingénierie, par exemple, les capteurs de position, de déplacement, d'accélération, de force, de couple, de température, de pression et de débit pour n'en citer que quelques-uns. Dans chaque cas, après description du principe de fonctionnement et des caractéristiques techniques employées en industrie, une attention particulière sera portée aux problèmes de sensibilité, d'étalonnage, d'acquisition, de sélection et de chaîne de mesure.

#### **Compétences attendues**

- Connaître les principes de fonctionnement des principales familles de capteurs,
- Lire et extraire les principales caractéristiques des documentations techniques de capteurs,
- Intégrer un capteur dans un système de mesure ,
- Caractériser et étalonner les principaux capteurs des chaînes d'instrumentation.

---

#### **UE053 - Optique et Matériaux - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S5**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 16.5 / 12 / - / -

#### **Contenu de la formation**

L'objectif de cet enseignement est de montrer le lien entre les types de matériaux (métaux, diélectrique, semi-conducteur), leurs propriétés électroniques et optiques et l'utilisation que l'on peut en faire dans des dispositifs techniques : miroirs, vitrages, détection de rayonnement ... L'enseignement est découpé en 3 chapitres où différentes notions sont abordées :

Chapitre 1 « Structure des solides » : effet photoélectrique - Modèle atomique de Bohr - Atome et mécanique quantique - Liaisons atomiques - Solides / Théorie des bandes d'énergie.

Chapitre 2 « Propriétés électroniques & optiques des solides » : Permittivité diélectrique - Indice & transmission, réflexion, absorption - Partie A : Les métaux (modèle de Drude) - Partie B : Les diélectriques (modèle de Lorentz et loi de Cauchy)- Partie C : Les semi-conducteurs (concept de trou, - fonction de FERMİ DIRAC - SC Intrinsèque, Extrinsic de type N, Extrinsic de type P, phénomènes de transport, Jonction PN, Jonction métal/semi-conducteur, Propriétés optiques).

Chapitre 3 « Les photodétecteurs » : Courant d'obscurité, Sensibilité spectrale - Bande passante -Bruits des capteurs optiques - Rapport signal à bruit - Détection & NEP -Efficacité quantique -Détecteur passif (Photorésistance ou cellule photoconductrice) - Détecteur actif (Capteurs photoémisifs : Photomultiplicateur, photodiode,) – DéTECTEURS thermiques (thermistance, thermocouple ou thermopile, détecteurs pyroélectriques).

Les étudiants (par groupe de 3 à 4) doivent effectuer une synthèse bibliographique sur un sujet en lien avec l'utilisation de matériaux aux propriétés spécifiques dans le domaine de l'Energie, à partir d'un article publié dans la collection "Techniques de l'ingénieur".

### **Compétences attendues**

- Décrire le fonctionnement de photodétecteurs passifs et actifs,
- Différencier les propriétés électroniques et par conséquent optiques entre métal/isolant/semiconducteur,
- Calculer les caractéristiques énergétiques et électriques d'un composant à base de semi conducteur soumis à une excitation lumineuse (photorésistance, photopile, ...),
- Analyser des fiches techniques de photodétecteurs (UV – Visible-proche IR) proposées par les fabricants pour une application donnée,
- Produire une synthèse bibliographique sur un sujet en lien avec la thématique du cours, de façon claire et ordonnée et pour un public initié.

---

### **UE053 - Risques en milieu professionnel - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S5**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9 / 9 / - / -

#### **Contenu de la formation**

Appréhender de façon transverse et interdisciplinaire les différents aspects de la gestion des risques et de la sécurité en milieu professionnel, notamment dans le domaine de l'énergie...

#### **Compétences attendues**

- Sensibiliser les élèves aux risques professionnels en tant qu'employé comme en tant que manager,
- Savoir évaluer les risques auxquels seront confrontés les collaborateurs dans la proposition d'une activité professionnelle

---

### **UE053 - Vibrations - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S5**

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 12 / 12 / 15 / -

#### **Contenu de la formation**

Ce cours présente les vibrations mécaniques. L'analyse des phénomènes est progressive : étude des systèmes à 1 degré de liberté, puis à plusieurs degrés de liberté. Les notions d'amortissement sont aussi abordées. Dans la deuxième partie du cours sont abordés les systèmes continus (poutres, corde, plaque ou membrane). Des travaux pratiques viennent en appui du cours théorique, permettant l'application directe des notions physiques évoquées dans le cours et les TD.

#### **Compétences attendues**

- Prédire l'évolution d'un système mécanique vibratoire dont les caractéristiques varient au cours du temps à partir des équations de base de la mécanique des milieux continus,
- Reconnaître l'équation du mouvement d'un phénomène mécanique vibratoire,
- Utiliser les fonctions circulaires et les fonctions exponentielles complexes,
- Appliquer les notions d'amortissement et de résonance,
- Résoudre l'équation du mouvement pour divers systèmes physiques oscillants,

- Interpréter les équations.

---

**UE056 - Soutenabilité forte, Anthropocène & Limites planétaires** - TC ENSIP / Semestre S5

Coef - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 3 / 3 / - / -

Contenu de la formation

Compétences attendues

---

**UE056 - Fresque systémique, climat & numérique** - TC ENSIP / Semestre S5

Coef - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 3 / - / -

Contenu de la formation

Compétences attendues

---

**UE056 - Ingénierie et Société & Histoire des sciences** - TC ENSIP / Semestre S5

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 13.5 / 0 / - / -

Contenu de la formation

Compétences attendues

---

**UE056 - Energie - Environnement - Climat** - TC ENSIP / Semestre S5

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 15 / 0 / - / -

Contenu de la formation

*Ce module de cours consiste en un cycle de conférences de culture générale et des applications métiers pour l'ingénieur dans les domaines de l'énergie. Les conférences (informations générales, conférence métiers, conférence R&D...) pourront porter sur différents thèmes et enjeux actuels ou avenir tels que : les énergies fossiles, les énergies renouvelables, le nucléaire, les politiques énergétiques, le mix énergétique français, le contexte et les enjeux internationaux, réglementation, stockage d'énergie, système de management de l'énergie (SME), certificats d'économie d'énergie (CEE), smart grids ...*

Compétences attendues

Être sensibilisé au contexte et aux politiques de l'énergie en France, en Europe et dans le monde, géopolitique de l'énergie, mix énergétique.

---

**UE056 - Analyse du cycle de vie (ACV)** - TC ENSIP / Semestre S5

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 6 / 3 / - / -

Contenu de la formation

*Initier les élèves aux méthodologies d'évaluation quantitative des impacts environnementaux de diverses activités (produit, service, construction).*

Compétences attendues

- Manipuler d'outils dédiés à la réalisation d'ACV : logiciel d'ACV bâtiment EQUER ;

- Mettre en application des connaissances par le biais de travaux pratiques et d'un atelier portant sur la réalisation d'un bilan écologique d'une maison individuelle.

---

**UE061 - Anglais 2 - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 12 / 12.5 / 2.5

**Contenu de la formation**

*Ce cours est consacré presque exclusivement à des activités orales : exposés, débats et activités de communication. Un travail est fait sur l'anglais du monde scientifique : les exposés et les débats sont basés sur des recherches scientifiques concernant l'histoire et la philosophie des sciences des pays anglophones avec prise de note et contrôle individuel en fin d'année.*

**Compétences attendues**

- S'exprimer à l'oral,
  - Connaître la civilisation anglophone,
  - Faire une note de synthèse en utilisant des médias anglophones.
- 

**UE061 - Gestion 1 - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 12 / - / -

**Contenu de la formation**

*Ce cours permet de découvrir les interrelations entre les fonctions de l'entreprise : commerciale, financière et comptable et de développer le comportement stratégique. C'est également une sensibilisation aux problématiques d'entreprise par le biais d'une simulation de gestion : regroupés en équipe de direction, les élèves gèrent des restaurants avec des décisions marketing riches et des études commerciales nombreuses. Utilisation du logiciel pédagogique de la société Arkhé.*

**Compétences attendues**

- Connaître les interrelations entre les fonctions de l'entreprise.
- 

**UE061 - Introduction aux méthodes numériques - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 12 / 12 / -

**Contenu de la formation**

*Ce cours est une introduction aux méthodes numériques, indispensables pour l'étude de nombreux phénomènes physiques. L'enseignement se divise en trois parties : cours théorique (théorèmes et outils mathématiques), exercices, et travaux pratiques (application en MatLab).*

*Ces trois composantes sont appelées à interagir en permanence. On abordera notamment les méthodes de résolutions approchées d'équations, systèmes linéaires, interpolation polynomiale, intégration numériques et équations différentielles ordinaires.*

**Compétences attendues**

- Maîtrise du cours (théorèmes et définitions)
  - Connaissance des principales méthodes numériques introduites en exercice et études de leurs propriétés
  - Capacité à proposer des algorithmes de résolution de problème en pseudo-code et en MatLab.
- 

**UE061 - Mathématiques 2 - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 18 / - / -

**Contenu de la formation**

*Ce cours permet d'asseoir des compétences dans les domaines des équations différentielles ainsi que des équations aux dérivées partielles et de découvrir les distributions. Les techniques classiques de résolution*

analytiques des EDO et des EDP sont étudiées en particulier à l'aide de séries de Fourier, des transformations de Fourier et de Laplace. L'aspect des distributions (Dirac, Heaviside) est aussi abordé.

#### **Compétences attendues**

- Savoir résoudre une équation différentielle
- Savoir résoudre une équation aux dérivées partielles
- Savoir utiliser les séries de Fourier, les transformations de Fourier et de Laplace

---

#### **UE061 - Signaux - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 21 / 12 / -

#### **Contenu de la formation**

Les outils mathématiques du traitement du signal sont introduits et étudiés (décomposition en séries de Fourier, transformée de Fourier, impulsion et peigne de Dirac, convolutions temporelle et fréquentielle, modèles des signaux échantillonnés, théorème de Shannon, notion de filtre anti-repliement) pour aboutir à la transformée rapide de Fourier et l'analyse spectrale par ordinateur. Les techniques de transmission - réception de l'information et de changement de fréquence d'un signal y sont également abordées.

#### **Compétences attendues**

- Classifier les signaux,
- Calculer la transformée de Fourier d'un signal analytique et représenter son spectre,
- Transposer le spectre d'un signal à différentes fréquences,
- Comprendre un schéma de principe de modulation ou d'analyse spectrale.

---

#### **UE062 - Communication - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / 15 / 0.5

#### **Contenu de la formation**

Cet enseignement vise à faciliter l'adaptation dans l'entreprise, tout en permettant une recherche d'emploi efficace. Par des exercices de prise de parole devant un groupe (travail sur voix, langage, posture) et l'élaboration, la correction de curriculum vitae et de lettres de motivation. De plus, l'utilisation, comme support, des travaux d'application (dossier écrit, entraînement et prestation orale) permet de réaliser des autoscopies, de maîtriser de supports variés et de gérer le stress.

#### **Compétences attendues**

- Communiquer un message à des interlocuteurs différents,
- Utiliser les outils indispensables à la recherche d'emploi ou de stage.

---

#### **UE062 - Introduction aux bases de données - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 4.5 / 6 / -

#### **Contenu de la formation**

Ce cours est une introduction aux bases de données relationnelles. Après une présentation générale motivant l'introduction des SGBD, les modèles entité association et relationnels sont décrits. Les éléments fondamentaux de SQL sont ensuite abordés, du point de vue de la modélisation et des requêtes.

#### **Compétences attendues**

- Comprendre le schéma relationnel d'une base de données, lien entre les tables, clés primaires et étrangères.
- Savoir réaliser une expression algébrique et SQL de requêtes sur un schéma donné.
- Savoir interroger une base de données.

---

#### **UE062 - Mécanique des fluides 2 - TC ENSIP / Semestre S6**

**Coef 30** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 10.5 / 10.5 / 15 / -

### Contenu de la formation

*L'extension de l'application des lois et principes généraux de la mécanique au mouvement d'un fluide réel (visqueux) est présentée. La modélisation mathématique associée à l'hypothèse de Stokes, permettant de relier le tenseur des contraintes et les vitesses de déformation, est précisée. La forme locale des équations de bilan pour un fluide incompressible est établie (équations de Navier-Stokes) et les principales solutions exactes des équations sont présentées (écoulements de Poiseuille et Couette).*

*Les approches permettant la détermination des pertes de charges linéaires et singulières dans les écoulements en conduite sont développées (Bernoulli généralisé).*

*Enfin, des notions d'analyse dimensionnelle (théorème PI) et de similitude sont introduites.*

### Compétences attendues

- Connaître la modélisation mathématique de base apte à fournir des solutions à différents problèmes d'écoulements de fluides,
- Savoir résoudre les problèmes de base d'écoulements de fluides incompressibles,
- Calculer des pertes de charge,
- Définir l'ensemble des caractéristiques d'un réseau hydraulique.

---

### **UE062 - Résistance des matériaux - TC ENSIP / Semestre S6**

**Coef 30** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 10.5 / 18 / 13.5 / -

### Contenu de la formation

*Après avoir décrit les principaux systèmes mécaniques, leurs liaisons, et justifié la forme du torseur d'actions mécaniques transmissibles par chacune d'elles, le principe fondamental de la mécanique du solide indéformable est rappelé et mis en application. Ensuite les hypothèses sont posées pour caractériser le solide déformable (domaine des déformations élastiques) et pour définir la poutre au sens de la résistance des matériaux. L'écriture du torseur de cohésion dans la section droite d'une poutre conduit à l'étude des contraintes et des déformations pour les principales sollicitations simples (extension, compression, cisaillement, torsion, flexion plane). L'alliage fer-carbone est étudié, à partir de la fabrication de l'acier jusqu'aux caractéristiques mécaniques des produits métallurgiques. Les principaux essais mécaniques sont présentés.*

*L'étude théorique simplifiée des matériaux est complétée par une approche expérimentale:*

- essai de traction et de dureté sur des alliages, en liaison avec les traitements thermiques,
- relations entre contraintes et déformations,
- outil numérique de calcul (RDM 6).

### Compétences attendues

- Dimensionner des pièces de machines et des éléments de structures,
- Expliciter les critères de dimensionnement en résistance et en déformation,
- Calculer les composantes des torseurs d'actions mécaniques transmissibles par les liaisons mécaniques,
- Calculer les composantes du torseur de cohésion dans la section droite d'une poutre,
- Mesurer et contrôler les caractéristiques mécaniques d'échantillons métalliques,
- Traduire graphiquement et sous forme numérique un choix technique simple (utilisation du logiciel AUTOCAD).

---

### **UE062 - Projet 1A - TC ENSIP / Semestre S6**

**Coef 20** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / 6 / 0.5

### Contenu de la formation

*Encadrés par un enseignant tuteur, les élèves, par groupe, réalisent un travail personnel sur des sujets très variés, proposés par eux-mêmes ou par l'enseignant. Outre une partie bibliographique, éventuellement une partie théorique, le travail d'application comporte une partie pratique.*

### Compétences attendues

- Apprendre à gérer un projet
- Comprendre la gestion de groupe
- Écrire un rapport
- Faire une soutenance devant un jury

---

### **UE063 - Machines thermiques - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S6**

**Coef 30** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 6 / 12 / 12 / -

#### Contenu de la formation

*Ce cours permet d'acquérir des compétences en thermodynamique des systèmes ouverts appliquée aux machines thermiques. Il se divise en deux parties. La première présente la structure générale des équations bilan, relatives aux grandeurs extensives et l'application aux systèmes ouverts : premier et second principe de la thermodynamique vu sous l'angle des équations bilans de matière, d'énergie et d'entropie puis de quantité de mouvement, de moment cinétique, d'exergie. Cette partie est complétée par une analyse théorique des écoulements dans les machines et les conduites, des régimes non permanents. La seconde partie est relative à l'introduction des principaux diagrammes thermodynamiques caractéristiques (Clapeyron, Mollier, entropique, des frigoristes) et à l'initiation aux études des cycles énergétiques (Joule, Brayton, Rankine, Hirn). Ces connaissances théoriques sont mises en applications sur diverses machines thermiques : définitions, rendement énergétique, COP, rendement exergetique des compresseurs, pompes, turbines, moteurs à combustion interne, machines à vapeur, machines frigorifiques, pompes à chaleur, machines à absorption, dispositifs industriels.*

#### Compétences attendues

- Acquérir les notions de base permettant la compréhension de la thermodynamique appliquée aux machines,
- Connaître les principes de fonctionnement et de performances des machines thermiques élémentaires,
- Savoir qualifier et quantifier les évolutions des machines thermiques réelles élémentaires : compresseurs, pompes, turbines,
- Savoir qualifier et quantifier les évolutions et les cycles thermodynamiques dans les machines thermiques réelles complexes de type industriel : machines à vapeur, machines frigorifiques...

---

### **UE063 - Electromagnétisme - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S6**

**Coef 30** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 7.5 / 10.5 / 12 / -

#### Contenu de la formation

*Le cours commence par un rappel des théorèmes de Gauss et d'Ampère pour le traitement des problèmes d'électro et de magnéto-statique dans le vide. Il se poursuit dans le même chapitre par l'étude des équations générales de Maxwell et la résolution de cas particuliers (notamment en CEM). Le deuxième chapitre du cours est réservé aux équations générales de Maxwell dans les milieux matériels. Des applications à l'Optique, à l'Energétique et au Génie Electrique illustrent cette partie.*

#### Compétences attendues

- Adapter les équations générales de Maxwell à la résolution de problèmes simples d'électromagnétisme.

---

### **UE063 - Electronique - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S6**

**Coef 40** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 30 / 15 / -

#### Contenu de la formation

*Après avoir présenté une brève histoire de l'électronique et de l'émergence des systèmes de télécommunication, les lois élémentaires des circuits électriques sont abordées. Les composants principaux de l'électronique analogique sont étudiés à travers leurs modèles équivalents et leurs applications. La diode est*

d'abord étudiée dans les applications classiques de redressement qui font appel au modèle "grand signal". La linéarisation de sa caractéristique courant / tension est ensuite effectuée autour d'un point de repos pour introduire le modèle "petit signal" qui sera largement réutilisé ultérieurement lors de l'étude du transistor. Après avoir modélisé de façon analogue le transistor bipolaire, celui-ci est étudié dans ses principales applications. L'analyse de filtres passifs et actifs et la synthèse de filtres actifs à l'aide de la réponse de Butterworth et de la structure de Sallen et Key sont traitées. L'étude des principales propriétés de la contre réaction permet d'aborder la fonction oscillation à travers l'étude de l'oscillateur à Pont de Wien. Après une présentation de l'électronique numérique, les systèmes de numération, les portes logiques, les circuits logiques combinatoires, l'arithmétique binaire et la notion de multiplexage constituent la première partie du cours d'électronique numérique, l'étude de la logique combinatoire. Enfin, les principales fonctions de l'électronique numérique séquentielles telles que bascules, registres, compteurs et la synthèse de circuits logiques constituent la deuxième partie du cours d'électronique numérique.

#### **Compétences attendues**

- Utiliser des composants tels que les diodes, transistors, amplificateurs opérationnels dans les principales fonctions de l'électronique analogique,
- Synthétiser des fonctions simples d'électronique telles que l'amplification, le filtrage et la génération de signaux,
- Connaître l'arithmétique binaire, les portes logiques, la logique combinatoire, les bascules, les registres, les compteurs,
- Synthétiser des fonctions logiques en électronique numérique.

---

#### **UE064 - Stage 1A - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 100 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / - / -

#### **Contenu de la formation**

Stage ouvrier - Découverte de l'entreprise

#### **Compétences attendues**

Acquérir des compétences professionnelles (en particulier en santé sécurité au travail).

---

#### **UE067 - Ecoconception et démarche LowTech - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 3 / 3 / - / -

#### **Contenu de la formation**

#### **Compétences attendues**

---

#### **UE067 - Information scientifique et technique : Fiabilité et pertinence - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / 3 / -

#### **Contenu de la formation**

#### **Compétences attendues**

---

#### **UE067 - Biodiversité & écosystèmes - Cycle biogéochimique - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 40 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 10.5 / 1.5 / - / -

#### **Contenu de la formation**

**Compétences attendues**

---

**UE067 - Géomatériaux -Géologie de l'ingénieur - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9 / 3 / - / -

**Contenu de la formation**

**Compétences attendues**

---

**UE067 - Hydrogéologie - Hydrologie -Eaux et milieux naturels - TC ENSIP / Semestre S6**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 7.5 / 4.5 / - / -

**Contenu de la formation**

**Compétences attendues**

---

**UE071 - Anglais 3 - TC ENSIP / Semestre S7**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 24 / - / -

**Contenu de la formation**

*Enseignement par niveaux*

*Groupes 2 et 3: préparation au TOEIC (Listening, Reading)*

*Groupe 1: revoir brièvement le TOEIC*

*Développement de compétences langagières relatives de l'anglais du monde professionnel: rédaction de CV, voir des modèles de lettres de motivation.*

**Compétences attendues**

- Approfondir les compétences d'expression et de compréhension à travers des sujets variés et culturels.
  - Rédiger des documents professionnels en anglais
- 

**UE071 - Conduite de réunion - Gestion de conflits - TC ENSIP / Semestre S7**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 8 / - / -

**Contenu de la formation**

*Concepts et définitions, les différents types de réunion, réunion et entretien, conditions de réussite, qualité des acteurs.*

**Compétences attendues**

- Etre capable de conduire une réunion.
  - Etre capable de repérer les personnalités en présence.
  - Connaître les éléments constitutifs d'une crise, les éléments contextuels en leur faveur et les stratégies possibles en réponse.
- 

**UE071 - Santé et sécurité au travail 2 - TC ENSIP / Semestre S7**

Coef 0 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 3 / - / 3

**Contenu de la formation**

Utilisation du MOOC Impact de l'Ecole des Mines de NANTES

### Compétences attendues

- Repérer dans l'entreprise les enjeux économiques, juridiques, sociaux et humains de la santé et de la sécurité au travail ;
- Intégrer la santé et la sécurité au travail dans la gestion de ses activités et la conduite de ses projets ;
- Contribuer au management de la santé et de la sécurité au travail dans l'entreprise.

---

### **UE071 - Systèmes - TC ENSIP / Semestre S7**

Coef 40 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 33 / 15 / -

### Contenu de la formation

La définition et l'étude des propriétés de la transformée de Laplace est suivie par son application à la résolution des équations différentielles. L'analyse transitoire et fréquentielle (courbes de Bode, lieu de Black et lieu de Nyquist) des systèmes linéaires est alors considérée. Les systèmes du premier et deuxième ordre ainsi que l'étude des systèmes intégrateur et avec retard sont plus particulièrement étudiés. Après avoir défini les propriétés de la boucle fermée et les critères de performance des systèmes bouclés du 1er et du 2nd ordre, la stabilité des systèmes est étudiée au travers du critère de Nyquist en définissant les marges de gain et de phase. La correction par avance et par retard de phase est alors introduite. L'étude de la régulation PID porte alors sur l'analyse des actions et les méthodes de synthèse.

### Compétences attendues

- Appliquer les critères de performance des systèmes bouclés,
- Etudier la stabilité des systèmes,
- Appliquer le principe des corrections stabilisatrices,
- Régler un correcteur PID sur un système d'ordre 1 et 2 (avec ou sans retard) en maîtrisant les objectifs de poursuite et de régulation,
- Analyser un schéma de commande simple.

---

### **UE071 - Turbomachines - TC ENSIP / Semestre S7**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 6 / 12 / - / -

### Contenu de la formation

Cette première partie du cours de turbomachines est une introduction qui s'adresse de la même façon aux deux spécialités de l'ENSIP. Après une présentation décrivant l'univers des turbomachines et les concepts de base (théorème d'Euler, triangle des vitesses), le fonctionnement d'une pompe (ou d'un ventilateur) centrifuge est décrit en détails. La théorie de la similitude et les coefficients de Rateau pour permettre le choix d'une pompe (par exemple) dans une installation sont ensuite introduits. Le cours finit par une description succincte des machines axiales, illustrée par l'étude d'un ventilateur ou d'une pompe de ce type. Il est à noter qu'un TP sur les pompes centrifuges est inclus dans la série de TP liée au cours sur les machines thermiques.

### Compétences attendues

- Maîtriser le vocabulaire et les notions de base de la discipline,
- Acquérir les outils indispensables au dimensionnement des turbomachines élémentaires,
- Maîtriser le choix et l'installation d'une pompe ou d'un ventilateur dans un circuit,
- Acquérir le vocabulaire anglais technique propre à la matière.

---

### **UE071 - Transfert de chaleur - Conduction - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S7**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 22.5 / - / -

### Contenu de la formation

Ce cours traite d'un des trois modes de transfert de chaleur, la conduction thermique. Le cours commence par une introduction puis une présentation de quelques définitions utiles et indispensables. Ensuite, suivra une description détaillée de la conduction thermique dans un milieu matériel dans les deux régimes stationnaire et transitoire. On mettra l'accent particulièrement sur le cas des matériaux solides. L'élément central est l'équation de chaleur obtenue par combinaison de la loi de Fourier et du principe de conservation d'énergie. Les concepts de base associés à chacun des régimes sont développés et des calculs adaptés permettent de mettre en avant les problématiques rencontrées dans de nombreuses applications. Le concept d'analogie électrique est particulièrement intéressant. Après présentation de ce concept dans le régime stationnaire, il est généralisé dans le régime transitoire par application de la méthode des quadripôles thermiques. Un deuxième concept important est la conduction de chaleur dans les ailettes: son étude met en évidence l'interaction de la conduction thermique en tant que premier mode de transfert de chaleur avec le deuxième mode, à savoir la convection qui est traitée dans un cours à part. Une série de travaux dirigés permet de mieux appréhender les notions acquises dans le cours.

#### **Compétences attendues**

- Acquérir les connaissances générales et les notions de base concernant la conduction thermique dans un milieu matériel dans les deux régimes stationnaire et transitoire,
- Savoir exploiter les différentes approches et concepts de calcul pour quantifier les taux de transfert de chaleur par conduction dans un milieu matériel,
- Savoir identifier et décrire les problématiques où intervient ce mode de transfert de chaleur.

---

### **UE072 - Distribution et conversion de l'énergie électrique - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S7**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 18 / 15 / - / -

#### **Contenu de la formation**

Ce cours présente les réseaux électriques en partant des grands réseaux de génération et de distribution de l'électricité pour aller jusqu'aux installations électriques à l'échelle du bâtiment, de l'installation industrielle ou pour l'éclairage public. Dans ce cadre, les différentes fonctions réalisées par les convertisseurs statiques de puissance sont présentées et les bases de l'électricité sont rappelées. Les notions de bilan de puissance, de pertes en ligne, de facteur de puissance, d'harmoniques, etc, sont introduites. Un rappel sur les risques électriques, les différents schémas de liaisons à la terre (TT, TN, IT), la sécurité électrique, les normes à respecter et les différents types d'appareillage électrique est également effectué. De plus des éléments de dimensionnement des installations pour le bâtiment, l'éclairage public, le secteur industriel sont donnés afin de déterminer la puissance nominale, le courant d'emploi, le choix des dispositifs de protection, la section de câble, etc.

#### **Compétences attendues**

- Connaître les risques électriques, la réglementation et les normes en vigueur à respecter,
- Connaître les principes de génération, de distribution et de transport de l'énergie électrique,
- Connaître les montages de bases de conversion de l'énergie électrique à base de convertisseurs statiques de puissance,
- Etre capable de dimensionner des installations électriques courant fort et faible à l'échelle du bâtiment.

---

### **UE072 - Estimation - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S7**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 18 / - / -

#### **Contenu de la formation**

L'objectif de ce cours est d'introduire les techniques de type moindres carrés linéaires pour la modélisation des séries temporelles. A partir d'un exemple linéaire simple, la notion de modèle est introduite ainsi que celle de critère permettant de juger de l'adéquation entre le modèle et les données. La solution des moindres carrés linéaires est établie sur cet exemple simple puis sa formulation est généralisée grâce aux outils d'algèbre linéaire. On s'attache alors à l'implantation numérique de cette solution pour un modèle représenté par des

fonctions polynômiales ou par une base de fonctions. Enfin, on s'intéresse aux techniques de validation de modèle. Les outils développés sont alors testés sur des exemples de différentes complexités.

#### **Compétences attendues**

- Analyser des données temporelles,
- Déterminer des modèles par approche de type régression linéaire.

---

### **UE072 - Transfert de chaleur - Convection - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S7**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 13.5 / - / -

#### **Contenu de la formation**

Ce cours s'organise autour de la convection thermique à travers quatre chapitres. Le premier chapitre introduit les bases de la convection comme mode de transfert de chaleur et identifie les différentes convections : naturelle, mixte et forcée. Les mécanismes de transfert par convection sont ensuite décrits d'un point de vue microscopique (advection, diffusion) et les nombres caractéristiques ( $Pr$ ,  $Nu$ ,  $St$ ,  $Gr$ ,  $Ra$ ) sont explicités.

Le second chapitre rappelle les équations bilan abordées en mécanique des fluides anisotherme (masse, NS) auxquelles sont ajoutées l'équation de conservation de l'énergie. L'introduction de la notion de couche limite thermique est effectuée et abordée en régime laminaire comme en régime turbulent. L'analyse des ordres de grandeur permet d'une part de simplifier les équations générales, et d'autre part de quantifier les transferts en terme de coefficient d'échange, de densité de flux, de puissance.

La convection forcée est approfondie à travers deux thèmes : les plaques planes (solution affine de Blasius, solution intégrale de Karman-Polhausen, épaisseur de couche limite, densité de flux, coefficient d'échange...) et les conduites (notion d'établissement dynamique et thermique, nombre de Graetz, température de mélange, densité de flux, coefficient d'échange...). Ces deux thèmes sont abordés en régime laminaire, comme en régime turbulent. D'autre part, les coefficients d'échanges sont évalués en valeur locale comme en valeur moyenne ( $Nu=f(Re,Pr)$ ) permettant de traiter globalement les problèmes. Le cours est illustré par des problèmes appliqués (convection pure ou couplée) en aéronautique, électronique, chauffage, refroidissement, agroalimentaire, énergétique, échangeurs ... à travers les TD proposés. Un mini-projet (travail de groupe) est proposé afin de mettre en application les différentes notions présentées.

#### **Compétences attendues**

- Acquérir les notions physiques liées aux mécanismes de convection,
- Savoir expliciter et calculer les grandeurs caractéristiques des couches limites thermiques (Nusselt, Grashof, coefficient d'échange, densité de flux, puissance...),
- Savoir identifier les corrélations adaptées pour résoudre des problèmes thermiques réels de type industriel (échangeurs, moteurs électriques, composants électroniques, refroidissement, fours, bâtiment ...).

---

### **UE072 - Transfert de chaleur - Echangeurs - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S7**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 12 / 15 / -

#### **Contenu de la formation**

Ce premier module "Echangeurs" est proposé à l'ensemble des élèves de 2ème année. L'objectif est de donner les bases de formation nécessaires aux ingénieurs dans ce domaine important lié au domaine de l'énergie. Les échangeurs de chaleur sont présents partout dans l'industrie, l'habitat (chauffage solaire, géothermie, récupération de chaleur, stockage...), l'énergie (raffinerie, centrale nucléaire, électronique...), la transformation agroalimentaire (fours, surgélateurs...).

Ce module est divisé en plusieurs parties complémentaires. On aborde tout d'abord les généralités et l'identification des architectures des échangeurs industriels : tubulaires, tubes et calandres, à plaques, à plaques et joints, à spirales, à ailettes, compacts, à changement de phase. La seconde partie met l'accent sur le dimensionnement et les performances des échangeurs monophasiques uniquement introduisant les méthodes dites de moyenne logarithmique (DTLM), de nombre d'unités de transfert (NUT) et d'efficacité thermiques qui sont alors appliquées aux échangeurs à co-courants, à contre-courants, à courants croisés. De nombreux exemples industriels servent de base aux TD. Des TP viennent compléter le module de formation.

### Compétences attendues

- Savoir identifier les différentes topologies d'échangeurs thermiques ou de réseaux d'échangeurs (co-courants contre courants, courants croisés...),
- Etre capable d'évaluer les performances thermiques des échangeurs monophasiques (coefficient d'échange global, efficacité, NUT, DTLM, facteur de correction),
- Etre apte à effectuer le choix et les dimensionnements d'échangeurs compatibles et adaptés au secteur industriel visé.

---

### **UE072 - Transfert de chaleur - Rayonnement - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S7**

**Coef 15** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 15 / - / -

### Contenu de la formation

*Ce cours porte sur le transfert de chaleur par rayonnement thermique. Le rayonnement thermique est l'un des trois modes de transfert de chaleur, avec la conduction thermique et la convection. Le cours commencera par une introduction puis une présentation de quelques définitions utiles et indispensables à la compréhension de la physique du transfert de chaleur par rayonnement. Après avoir défini la nature du rayonnement thermique, les grandeurs liées au caractère spectral du rayonnement et celles liées à la direction de propagation, on présentera la notion de corps noir, corps de référence en rayonnement thermique. Les propriétés radiatives de corps réels seront ensuite définies. On s'attardera dans un second temps à déterminer les échanges radiatifs entre corps noirs avec l'utilisation des facteurs de forme puis on étendra les calculs aux corps gris en utilisant notamment la méthode des radiosités. Ce cours sera ponctué de nombreux exemples pratiques (principe de l'effet de serre appliqué au capteur solaire thermique, calcul de la constante solaire, bilan radiatif dans une étuve, etc...). Une série de travaux dirigés permettra de mettre en application et de mieux comprendre les notions présentées dans le cours.*

### Compétences attendues

- Acquérir les connaissances générales et les notions de base concernant le rayonnement thermique,
- Savoir identifier et décrire les mécanismes physiques associés à ce mode de transfert de chaleur,
- Savoir quantifier les échanges radiatifs entre surfaces noires et grises.

---

### **UE072 - Energie éolienne - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S7**

**Coef 15** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 12 / 6 / - / -

### Contenu de la formation

*Cet enseignement d'introduction à l'énergie éolienne s'organise autour de 5 thèmes : 1) les énergies éoliennes dans les énergies renouvelables ; 2) le vent : mesure, modélisation, évaluation de la ressource ; 3) éolienne à axe horizontal : description géométrique, modélisation, performances ; 4) autres types d'éolienne : Darrieus, Savonius, orthoptère ; 5) implantation : cadre administratif, impact sonore et visuel, évaluation de la production. Cet enseignement est complété par une conférence d'un spécialiste dans le domaine.*

### Compétences attendues

- Connaître les principaux enjeux liés au développement de l'énergie éolienne,
- Pouvoir effectuer la conception d'une éolienne,
- Maîtriser les spécificités de l'implantation (réglementation, lois,...) d'une éolienne sur le terrain.

---

### **UE073 EAT - Mécanique des fluides 3 - EAT / Semestre S7**

**Coef 25** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 12 / 18 / - / -

### Contenu de la formation

*Le cours se compose de trois parties. La première reprend les notions de bilans vues en première année et les étend aux bilans énergétiques. La seconde partie est consacrée à l'étude de la couche limite laminaire. Après*

*l'analyse des mécanismes mis en jeu, la mise en équation aboutie aux équations de PRANDTL et intégrales. Le reste du chapitre est consacré à l'étude des caractéristiques des couches limites (épaisseurs, épaisseurs de déplacement, de quantité de mouvement) et aux solutions affines (solution de Blasius sans gradient de pression). Pour finir une analyse des effets d'un gradient de pression est détaillée. La dernière partie du cours est une introduction aux écoulements turbulents. Les équations de Reynolds sont détaillées et quelques applications présentées (écoulement en conduites, couches limites).*

#### **Compétences attendues**

- Acquérir les connaissances relatives aux écoulements de fluides visqueux laminaires ou turbulents
- Etre capable, en utilisant les lois de bilan, de faire un dimensionnement des efforts exercés par un fluide sur un solide,
- Analyser les propriétés des écoulements pariétaux,
- Pouvoir établir les équations de Reynolds.

---

#### **UE073 EAT - Physique de l'air humide - EAT / Semestre S7**

**Coef 15** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 4.5 / 12 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Cet enseignement porte sur l'étude de l'air en présence d'humidité. Une introduction montrera la nécessité de prendre en compte l'humidité dans l'air lorsque que l'on veut le traiter dans différents environnements. On décrira ensuite la physique de l'air humide et les différentes grandeurs utilisées en traitement de l'air seront définies. Les équations de conservation (masse/humidité/énergie) et les diagrammes de l'air humide seront alors présentés.*

*Dans une deuxième partie, on s'attachera à étudier les évolutions caractéristiques de l'air humide : chauffage, refroidissement, humidification, déshumidification, etc. Ces notions sont ensuite appliquées aux centrales de traitement de l'air.*

#### **Compétences attendues**

- Acquérir des connaissances de base sur l'air humide,
- Etre capable de décrire l'évolution thermodynamique de l'air humide pour tous types de transformations,
- Maîtriser l'utilisation du diagramme de l'air humide.

---

#### **UE073 EAT - Acoustique fondamentale - EAT / Semestre S7**

**Coef 40** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 20 / 18.5 / 16 / -

#### **Contenu de la formation**

*Ce cours présente l'équation de propagation des ondes et définit la vitesse du son. Les solutions en ondes planes et ondes sphériques sont précisées. Les notions d'impédance acoustique et de phénomènes de transmission sont ensuite abordées ; le cas de plusieurs milieux et l'application qui en découle (loi de masse) est présenté. La propagation des ondes sonores en milieu guidé (tuyaux et cavités) est abordée, tout d'abord dans l'approximation basse fréquence puis sans limitation en fréquence et les applications principales sont étudiées: tube d'impédance, filtres acoustiques, résonateurs, modes transverses, phénomène de coupure. Ce cours est complété et illustré par des travaux pratiques et des conférences portant sur l'acoustique environnementale.*

#### **Compétences attendues**

- Connaître les différentes grandeurs physiques liées à l'acoustique et savoir les mesurer,
- Maîtriser les notions et concepts de base de l'acoustique,
- Savoir résoudre un problème d'acoustique physique en situation académique.

---

#### **UE073 EAT - Radiométrie & Photométrie - EAT / Semestre S7**

**Coef 20** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 14.5 / 10.5 / - / -

### Contenu de la formation

Le cours présente les différentes grandeurs (flux, intensité, éclairement, luminance) ainsi que leurs unités. Le passage des grandeurs radiométriques aux grandeurs photométriques permet de définir les efficacités lumineuses d'un rayonnement, d'une source de lumière, ou plus globalement d'un système d'éclairage. Les aspects métrologiques, en particulier les dispositifs de mesure (luxmètre, luminancemètre, spectro et gonio-photomètre, sphère intégrante), sont également présentés. La méthode du facteur d'utilisation et le calcul d'UGR sont abordés. Une partie importante des travaux dirigés est consacrée à l'application de la loi de Bouguer, i.e. aux calculs d'éclairements connaissant l'indicatrice d'intensité pour des sources ponctuelles ou l'indicatrice de luminance pour des sources étendues. Le cas particulier de sources secondaires Lambertiennes est étudié.

### Compétences attendues

- Etre capable de repérer et d'utiliser les données photométriques dans une documentation technique (spectre, flux total, efficacité lumineuse, indicatrice d'intensité) ;
- Savoir effectuer tout type de calculs photométriques dans le domaine de l'éclairage ;
- Connaître les hypothèses utilisées par les logiciels de dimensionnement en éclairage (sources primaires ponctuelles, sources secondaires Lambertiennes), être capable de vérifier et de discuter les résultats fournis par de tels logiciels ;
- Savoir établir un cahier des charges et proposer des solutions techniques lors de projets d'éclairage.

---

### **UE073 EI/H2 - Mécanique des fluides 3 - EI/H2 / Semestre S7**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 12 / 18 / - / -

### Contenu de la formation

Le cours se compose de trois parties. La première reprend les notions de bilans vues en première année et les étend aux bilans énergétiques. La seconde partie est consacrée à l'étude de la couche limite laminaire. Après l'analyse des mécanismes mis en jeu, la mise en équation aboutie aux équations de PRANDTL et intégrales. Le reste du chapitre est consacré à l'étude des caractéristiques des couches limites (épaisseurs, épaisseurs de déplacement, de quantité de mouvement) et aux solutions affines (solution de Blasius sans gradient de pression). Pour finir une analyse des effets d'un gradient de pression est détaillée. La dernière partie du cours est une introduction aux écoulements turbulents. Les équations de Reynolds sont détaillées et quelques applications présentées (écoulement en conduites, couches limites).

### Compétences attendues

- Acquérir les connaissances relatives aux écoulements de fluides visqueux laminaires ou turbulents
- Etre capable, en utilisant les lois de bilan, de faire un dimensionnement des efforts exercés par un fluide sur un solide,
- Analyser les propriétés des écoulements pariétaux,
- Pouvoir établir les équations de Reynolds,
- Connaître les bases de la modélisation de la turbulence.

---

### **UE073 EI/H2 - Physique de l'air humide - EI/H2 / Semestre S7**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 4.5 / 12 / - / -

### Contenu de la formation

Cet enseignement porte sur l'étude de l'air en présence d'humidité. Une introduction montrera la nécessité de prendre en compte l'humidité dans l'air lorsque que l'on veut le traiter dans différents environnements. On décrira ensuite la physique de l'air humide et les différentes grandeurs utilisées en traitement de l'air seront définies. Les équations de conservation (masse/humidité/énergie) et les diagrammes de l'air humide seront alors présentés.

Dans une deuxième partie, on s'attachera à étudier les évolutions caractéristiques de l'air humide : chauffage, refroidissement, humidification, déshumidification, etc. Ces notions sont ensuite appliquées aux centrales de traitement de l'air.

#### **Compétences attendues**

- Acquérir des connaissances de base sur l'air humide,
- Etre capable de décrire l'évolution thermodynamique de l'air humide pour tous types de transformations,
- Maîtriser l'utilisation du diagramme de l'air humide.

---

### **UE073 EI/H2 - Thermodynamique des mélanges réactifs - EI/H2 / Semestre S7**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 15 / 15 / 12 / -

#### **Contenu de la formation**

Ce cours de thermodynamique des mélanges réactifs constitue la base de la combustion. Les objectifs sont donc d'introduire les notions permettant de :

- définir une réaction globale : espèces chimiques (combustibles, comburants), réactifs, produits, stoechiométrie, pouvoirs comburivore et fumigène.
- caractériser un mélange réactif : dilution, richesse, excès d'air, etc.
- calculer les propriétés énergétiques d'un combustible : enthalpie de réaction, pouvoirs calorifiques, température adiabatique de flamme.
- déterminer les concentrations des espèces minoritaires (polluants) dans les produits de combustion : diagrammes de combustion, équilibre chimique.

L'application de ces notions est réalisée par l'utilisation d'outils numériques : calculs d'équilibres chimiques, de température adiabatique de flammes et lors des travaux pratiques (analyse globale de fonctionnement d'une chaudière à condensation, calcul des puissances mises en jeu, analyses des fumées, utilisation de diagramme de combustion).

#### **Compétences attendues**

- Equilibrer une réaction de combustion et déterminer ses caractéristiques : stoechiométrie, pouvoirs comburivore et fumigène.
- Calculer la composition d'un mélange réactif et ses caractéristiques : richesse, excès d'air.
- Evaluer la quantité d'énergie et les espèces chimiques mises en jeu lors d'une combustion,
- Dimensionner un brûleur industriel ou une chaudière domestique.

---

### **UE073 EI/H2 - Machines à fluides inertes et réactifs - EI/2 / Semestre S7**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 13.5 / 12 / 12 / -

#### **Contenu de la formation**

Cet enseignement vient compléter les connaissances acquises dans le module Machines thermiques. L'analyse des cycles est approfondie afin d'illustrer les enjeux énergétiques des machines à fluides inertes (sans combustion) et réactifs (avec combustions internes). Les cycles spécifiques sont analysés (surchauffe, désurchauffe, prélèvement, avec glissement, cycle de Beau de Rochas, Diesel, Brayton, ...). Ce cours concerne donc les machines telles que machines à vapeur, séchoirs, conditionneurs d'air, machines frigorifiques, pompes à chaleur à compression, machines à absorption, centrale électrique, moteur à combustion interne 2 temps, 4 temps, turbines à gaz, turboréacteurs. Les cycles à gaz et à vapeur font l'objet d'études énergétique et exergetique (rendements, consommation spécifique. . .). Outre l'amélioration des cycles thermodynamiques, les choix (et contraintes) technologiques de chaque machine sont aussi abordés.

#### **Compétences attendues**

- Identifier et analyser les cycles des machines à fluides inertes (sans combustion) et réactifs (avec combustion interne) utilisant gaz ou à vapeur, avec ou sans changement d'état,
- Quantifier les énergies mises en jeu, et évaluer les enjeux énergétiques de ces machines réelles par une analyse exergetique approfondie,

- Comprendre et décrire les étapes de fonctionnement d'une machine thermique,
- Quantifier les étapes élémentaires des cycles des machines thermiques : énergie, puissance, travail mécanique,
- Calculer les paramètres caractéristiques globaux (rendements, consommation) sur le plan énergétique et exergétique,
- Résoudre des problèmes réels industriels utilisant des centrales, pompes à chaleur, climatiseurs, moteurs à combustions internes, turbines à gaz et procédés de cogénération.

---

### **UE073 MEE - Estimation et séries temporelles - MEE / Semestre S7**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 10.5 / 24 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Dans de nombreuses disciplines scientifiques, à l'ère du big data, un grand nombre de données temporelles sont accessibles et des outils d'analyse sont nécessaires dans un objectif de prédiction, de diagnostic, d'aide à la décision, voire simplement de simulation. Ce cours d'analyse de séries temporelles cherche à proposer des solutions efficaces à cette problématique classique. Il s'intéresse dans un premier temps aux premiers outils à déployer dans un contexte déterministe en présentant les thématiques suivantes :*

- introduction de la méthode "Singular Spectrum Analysis" pour la détection de tendances et de saisonnalités,
- modélisation des tendances et saisonnalités à l'aide des moindres carrés linéaires,
- modélisation des tendances et saisonnalités à l'aide des moindres carrés non linéaires.

*Fort de ces outils, la seconde partie de cet enseignement s'intéresse à la modélisation de la partie aléatoire des données. Elle se focalisera plus précisément sur les thématiques suivantes :*

- introduction de la notion de série temporelle et de processus stochastique stationnaire,
- étude des propriétés stochastiques des moindres carrés linéaires et non linéaires,
- présentation du théorème de Wold pour les processus stochastiques stationnaires,
- introduction des modèles de type AR et ARMA,
- présentation des solutions de type moindres carrés pour estimer les paramètres de modèles AR et ARMA de séries temporelles stationnaires.

*Toutes ces notions seront illustrées à travers l'analyse de séries temporelles accessibles sur Internet.*

#### **Compétences attendues**

- détecter des tendances et des saisonnalités dans une série temporelle à l'aide d'outils numériques
- modéliser des tendances et saisonnalités à l'aide des moindres carrés linéaires,
- modéliser des tendances et saisonnalités à l'aide des moindres carrés non linéaires
- étudier les propriétés statistiques des résidus obtenus après l'utilisation des moindres carrés linéaires et non linéaires,
- représenter la dynamique des résidus à l'aide de modèles AR et ARMA

---

### **UE073 MEE - Informatique - MEE / Semestre S7**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 4.5 / 4.5 / 16 / -

#### **Contenu de la formation**

*Ce module de cours constitue à la fois un approfondissement des notions de première année et de tronc commun, ainsi qu'un lien avec l'informatique industrielle. Plusieurs types de contenus sont envisagés:*

- Introduction au langage C (lien informatique industrielle et Arduino),
- Approfondissement en algorithmique et structures de données,
- Utilisation avancée du langage Python,
- Introduction à Linux.

#### **Compétences attendues**

- Choisir l'outil informatique (matériel, langage, OS) de manière avisée
- Avoir une vue d'ensemble des traitements informatiques possibles et savoir en mettre en œuvre une partie.

### **UE073 MEE - Electronique de puissance 1 - MEE / Semestre S7**

Coef 50 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 24 / 22.5 / 20 / -

#### **Contenu de la formation**

*Ce module de cours permet d'étudier les convertisseurs Continu-Continu (hacheurs séries, hacheurs parallèles, hacheurs quatre quadrants, alimentations à découpage Flyback, Forward) avec leurs formes d'ondes et leurs caractéristiques, ainsi que les convertisseurs Alternatif-Continu (Pont à diodes, Pont à thyristors) avec les formes d'ondes et caractéristiques associées. Quelques imperfections des convertisseurs Alternatif-Continu, comme le phénomène d'empiètement, sont également abordées. Le choix de la technologie et des composants d'électronique de puissance (les diodes de commutation, les transistors bipolaires, la famille des thyristors (dont le GTO et le triac), le MOSFET, l'IGBT et les produits intégrés etc...), leur dimensionnement, leur commande et leur protection seront étudiés en fonction de l'application visée.*

#### **Compétences attendues**

- Connaître le principe de fonctionnement des montages hacheurs et redresseurs,
- Savoir tracer la forme d'ondes des courants et tensions de sortie des montages hacheurs et redresseurs et savoir déterminer leurs grandeurs caractéristiques (valeur moyenne, valeurs efficaces . . .).

---

### **UE081 - Anglais 4 - TC ENSIP / Semestre S8**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 18 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Sur ce semestre, les groupes sont hétérogènes et le cours est orienté sur le monde anglophone et sur le monde scientifique.*

*Les étudiants vont développer leur pratique d'un anglais adapté aux nouvelles technologies dans le but de pouvoir les mettre au service du monde du travail.*

*Ils doivent préparer deux présentations orales consécutives :*

*une recherche sera menée afin de pouvoir approfondir leurs compétences linguistiques et professionnelles en anglais sur un thème actuel;*

*un autre travail de synthèse sera présenté sur des recherches scientifiques et internationales devant un jury.*

#### **Compétences attendues**

- Préparer une présentation professionnelle en anglais (expression orale + compréhension écrite),
- Faire de la recherche (approfondissement des compétences linguistiques et savoir-faire en civilisation) afin de pouvoir faire une synthèse des articles de journaux scientifiques.

---

### **UE081 - Méthodes numériques 2 - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S8**

Coef 40 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 24 / 15 / -

#### **Contenu de la formation**

*Ce cours aborde les notions générales de l'ingénierie de la simulation et du calcul numérique. Les techniques de base de résolution des Equations Différentielles Ordinaires (EDO) et de résolution des Equations aux Dérivées Partielles (EDP) sont présentées. L'approche de discrétisation en Différences Finies est mise œuvre. Les notions abordées sont illustrées par des exemples liés au domaine de l'énergie et aux différents parcours de formation : résolution de l'équation de diffusion de la chaleur, résolution des équations de la mécanique des fluides, résolution des systèmes linéaires par méthodes directes et par méthodes itératives, introduction à l'optimisation, intégration, traitement de signal numérique. L'accent est mis sur la mise en pratique lors de l'ensemble des séances de l'enseignement.*

#### **Compétences attendues**

- Maîtriser les concepts essentiels de l'analyse numérique et les principales bases pour le calcul scientifique,
- Réaliser des codes mettant en œuvre des méthodes numériques,

- Savoir porter un regard critique pour juger de la pertinence d'un résultat numérique.

---

**UE081 - Programmation - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S8**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 9 / 15 / -

**Contenu de la formation**

*Ce module fait suite au module d'algorithmique et programmation de première année. Il est plus axé sur des usages pratiques. Après quelques travaux dirigés en salle machine, sur les structures de données avancées (dictionnaires, ensembles...), et des exemples d'applications (analyse de données, récupérations d'informations sur le Web, conception d'interfaces graphiques), le module se termine par des travaux pratiques. La programmation est réalisée en langage Python et l'accent est mis sur les applications réelles.*

**Compétences attendues**

- approfondissement de certains points spécifiques du langage Python (structures de données...)
  - analyse de données
  - réalisation d'interfaces graphiques
  - récupération de données ouvertes
- 

**UE081 - Turbomachines - Turbines - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S8**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 8 / 14 / - / -

**Contenu de la formation**

*Ce second cours de turbomachines s'oriente volontairement en direction des turbines qui constituent pratiquement la seule technique de production d'énergie électrique. On revoit rapidement les notions abordées dans le cadre du module précédent, par l'étude des turbines hydrauliques : généralités, turbines Francis, turbines Pelton, turbines Kaplan. Les turbines à gaz ou à vapeur font l'objet du second volet de ce module : turbines axiales, turbines à vapeur et turbines à gaz. C'est l'occasion de rentrer plus en détail dans la théorie des turbomachines d'une part, et de l'aérodynamique et la thermodynamique internes d'autre part, en utilisant les notions présentées dans les autres cours. Enfin, pour finir, le fonctionnement des compresseurs axiaux est abordé et illustré par la description succincte d'un turboréacteur.*

**Compétences attendues**

- Comprendre le fonctionnement des turbines et savoir le décrire,
  - Savoir estimer les paramètres principaux liés à cette forme de production de l'énergie électrique,
  - Savoir faire une analyse en ligne moyenne d'une turbine ou d'un compresseur axial,
  - Acquérir le vocabulaire anglais technique spécifique à cette matière.
- 

**UE081 - Energie solaire - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S8**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 18 / 0 / - / -

**Contenu de la formation**

*Ce module constitue un cours d'introduction à l'énergie solaire. Il s'agit tout d'abord d'identifier les enjeux énergétiques planétaires, les enjeux environnementaux, et de présenter un bilan carbone. Il est complété d'une part par un approfondissement sur l'énergie solaire thermique : identification et description des différents capteurs solaires (capteurs plans, capteurs sous vide) et principe de fonctionnement. D'autre part, le cours décrit les systèmes actuels et en développement concernant la conversion photovoltaïque : photodiode, nouvelles générations de détecteurs, cellules tandem, systèmes photovoltaïques à concentration, conversion thermophotovoltaïque. Un dernier aspect de ce module concerne plus particulièrement la thermoélectricité : principe des effets thermoélectriques, module thermoélectrique, rendement d'un générateur thermoélectrique, coefficient de performance d'un réfrigérateur thermoélectrique, facteur de mérite, conception et fabrication de modules thermoélectriques, application des effets thermoélectriques.*

### Compétences attendues

- Acquérir les notions de base relatives à la conversion de l'énergie solaire en électricité (photovoltaïque) ou en chaleur (thermique),
- Savoir identifier et décrire les différents types de capteurs solaires et leurs composants,
- Prendre connaissance et comprendre le domaine de la thermoélectricité,
- Savoir décrire les différents éléments des modules thermoélectriques,
- Connaître les différentes applications potentielles de la thermoélectricité.

---

### **UE082 EAT - Acoustique du bâtiment - EAT / Semestre S8**

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 18 / 18 / - / -

### Contenu de la formation

Le cours est consacré à la présentation des matériaux acoustiques ainsi que des notions d'absorption, d'isolation et de correction acoustiques dans l'habitat et l'industrie, de bruits solidiens. On aborde aussi la propagation extérieure des ondes acoustiques et des exercices d'applications sont réalisés avec le logiciel Acoubat. Le cours est divisé en 6 séquences :

1-La première séquence est un rappel des définitions et des enjeux de l'acoustique pour le bâtiment: son, bruit, production des sons, pression acoustique, décibel, échelle des niveaux sonores, fréquence, spectre, octave, pondération fréquentielle, bruit blanc, bruit rose, mesure de pression acoustique.

2-Absorption : mécanismes de l'absorption, matériaux absorbants, coefficients d'absorption, réverbération, correction acoustique, aire d'absorption équivalente, formule de sabine, réduction du bruit.

3- Isolation : généralités sur les matériaux acoustiques, taux de transmission acoustique, exemples de valeurs de R, loi de masse théorique – incidence normale & incidence oblique, loi de masse expérimentale, Parois simples – fréquence critique, Parois multiples – fréquences critiques & fréquences de résonance, doublages de parois, parois avec ouverture, isolation acoustique, indice d'affaiblissement acoustique, indices uniques in situ, bruit Rose – bruit route, calcul de DnTw et des termes C et Ctr, calcul prévisionnel du DnTw+C.

4- Bruit solidien : mesures & machine à chocs, méthode de calcul de l'indice L'ntw, prévision du L'ntw, voies de transmission, chape flottante, revêtements de sol, sonorité à la marche, bruits solidiens d'équipements & transmission solidienne, bruits solidiens d'origine ferroviaires

5- Environnement & Réglementations

6- Simulations

Le programme est complété par trois interventions de professionnels portant sur l'acoustique environnementale et la politique de lutte contre le bruit.

### Compétences attendues

- Etre capable de traiter un problème d'acoustique du bâtiment.

---

### **UE082 EAT - Colorimétrie - EAT / Semestre S8**

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 19.5 / 12.5 / 16 / -

### Contenu de la formation

La température de couleur et l'indice de rendu des couleurs de sources de lumière sont des paramètres importants dans le domaine de l'éclairage et permettent de donner une indication sur la qualité de la lumière. L'objectif du cours est de définir différentes notions liées à la mesure de la couleur telles que : les illuminants de référence, les diagrammes de chromaticité ((x,y), (u',v')), la longueur d'onde dominante et la pureté d'excitation, les espaces chromatiques CIELAB et CIELUV. Les méthodes de détermination de la température de couleur et de l'indice de rendu des couleurs des sources de lumières sont présentées ainsi que les nouvelles méthodes émergentes (TM30 - IES) pour définir l'indice de fidélité (Rf) et l'indice de gamut (Rg) des sources de lumière actuelles.

Ce programme est illustré par quatre travaux pratiques orientés vers : des mesures photométriques (mesures de luminance, d'éclairement, de facteur de réflexion), des mesures colorimétriques (température de couleur, IRC, Rg, Rf) de différents types de lampes (tubes fluo, lampes à décharges, LED), de différences de couleurs

d'objets (discrimination colorée) et enfin le pilotage de l'éclairage par DMX (synthèse additive, variation de température de couleur).

Le programme est complété par des interventions de professionnels portant sur la conception lumière et l'éclairage intérieur.

#### **Compétences attendues**

- Déterminer les coordonnées trichromatiques d'un stimulus coloré ;
- Calculer la différence de couleur entre deux objets colorés ;
- Evaluer les caractéristiques colorimétriques de sources de lumière selon les méthodes CIE et IES (Température de couleur, Indice de Rendu de Couleur, Indice de fidélité, Indice de Gamut) pour des applications spécifiques.

---

### **UE082 EAT - Technologies de l'éclairage - EAT / Semestre S8**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 13 / 13 / 16 / -

#### **Contenu de la formation**

Une première partie de ce cours est consacrée à une présentation des différents processus d'émission de lumière : incandescence, photoluminescence, décharge électrique dans les gaz, électroluminescence. A chaque principe physique, sont associées des sources de lumière artificielle : lampes à incandescence, lampes à décharge, tubes fluorescents et lampes fluocompactes, diodes électroluminescentes. L'accent est mis dans une deuxième partie sur les luminaires LED, et sur leur pilotage. Les protocoles de communication sont présentés en mettant l'accent sur le protocole DALI, actuellement le plus utilisé en éclairage.

Le programme est réalisé en partie par des intervenants professionnels. Les problématiques plus récentes de l'éclairage (effets non visuels de la lumière, pilotage par réseau Ethernet, communication Li-fi, etc.) sont abordées en partie par les élèves eux-mêmes sous forme de fiches et exposés bibliographiques.

Le programme est illustré par 4 travaux pratiques : mesures photométriques sur les LEDs, mesures électriques et gestion de l'éclairage (protocole DALI) pour différentes sources de lumière, utilisation d'un logiciel de retouche d'image (Photoshop) pour le rendu en éclairage et la présentation de projets de mise en lumière, mesures au vidéoluminancemètre pour l'ergonomie visuelle et la détermination de l'UGR.

Le programme est complété par deux interventions de professionnels portant sur la technologie des LEDs (avantages, comparaison avec les autres sources traditionnelles, limite d'utilisation et substitution), et sur la gestion de l'éclairage.

#### **Compétences attendues**

- Savoir expliquer les principes physiques et la technologie des sources d'éclairage et connaître leurs principales caractéristiques ;
- Savoir analyser et comparer les caractéristiques des luminaires dans les catalogues des fabricants ;
- Proposer des solutions techniques dans un projet d'éclairage (intérieur et extérieur) ;
- Etre capable de faire de la veille technologique sur les nouveaux luminaires et protocoles de communication.

---

### **UE082 EI/H2 - Mécanique des fluides / Turbulence - EI/H2 / Semestre S8**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 13.5 / 10.5 / 16 / -

#### **Contenu de la formation**

Ce cours est consacré à l'étude de la turbulence : une première partie présente les mécanismes d'instabilités présents pour les écoulements fluides. Le corps du cours présente dans un premier temps la mise en place des équations de Reynolds qui gouvernent les écoulements turbulents. Dans un second temps, l'analyse physique permet pour des exemples d'écoulements génériques (écoulement de canal, jets, sillages, couche limite, . . .) de déduire les propriétés caractéristiques de ces écoulements (profils, frottement, ...). La dernière partie du cours est consacrée à la modélisation : après la mise en place des différents bilans une présentation des principaux modèles de turbulence est faite en insistant sur les particularités de chacun d'eux. La formation est complétée par des travaux pratiques en soufflerie, permettant de mettre en pratique les connaissances acquises et de s'initier à la métrologie en mécanique des fluides (fils chauds, LDV, tube de Pitot...).

### Compétences attendues

- Analyser les effets stabilisants ou déstabilisants au sein d'un écoulement,
- Analyser un écoulement turbulent en le comparant à son équivalent laminaire,
- Connaître les avantages et les inconvénients des différents modèles de turbulence et en choisir un en fonction de la problématique étudiée.

---

## **UE082 EI/H2 - Transfert de chaleur - Convection en systèmes complexes - EI/H2 / Semestre S8**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 10.5 / 12 / 12 / -

### Contenu de la formation

*Ce second module vient compléter le cours précédent pour les élèves du parcours EI. Il s'agit ici de renforcer les connaissances et les compétences des élèves pour traiter tout problème de transfert thermique couplé faisant intervenir la convection. La première partie de ce module poursuit l'investigation sur les transferts en convection forcée en régime turbulent, renforce l'analyse de la turbulence thermique en convection, et des effets de la turbulence sur les transferts. De nombreux exercices appliqués permettent d'aborder des cas plus complexes réels de l'ingénieur thermicien, notamment pour résoudre des problèmes de R&D (aéronautique, électronique, informatique, production ou transformation de l'énergie, échangeurs...).*

*La seconde partie aborde la convection naturelle et permet d'identifier les mécanismes de convection naturelle (phénoménologie, équations, hypothèse de Boussinesq) et d'appréhender les corrélations les mieux adaptées pour évaluer les coefficients d'échange liés aux problèmes rencontrés (plaque verticale, horizontale, cylindre, conduite, autre configuration géométrique complexe...). Ce second cours aborde tant le régime laminaire que le régime turbulent. Là encore de nombreux exercices d'application sont proposés pour développer les méthodes d'analyse et de résolution de ces problèmes complexes dont les domaines concernent par exemple l'habitat, l'électronique de puissance, les systèmes de chauffage... et pour identifier les performances au regard du coût énergétique.*

*Des TP permettent d'aborder toutes ces notions. Nous proposons de manière complémentaire des approches expérimentales et numériques. Sur le plan expérimental les TP abordent : l'étude du refroidissement d'un échangeur avec ou sans ailettes en convection forcée en soufflerie ; l'étude des transferts couplés rayonnement / convection naturelle sur paroi plane verticale soumise à densité de flux constant par métrologie thermocouples et infrarouge. Sur le plan numérique, les TP concernent la simulation par CFD du refroidissement par air d'une série de blocs électroniques placés en série dans un canal de type DataCenter, et l'optimisation de la ventilation pour assurer la pérennité du système. Cette série de TP nécessite donc de maîtriser à la fois les connaissances en transferts de chaleur, en mécanique des fluides turbulents et en méthodes numériques.*

### Compétences attendues

- Analyser les phénomènes physiques et savoir mettre en place une méthodologie d'évaluation des différents transferts mis en jeu,
- Savoir déterminer les régimes d'écoulement convectif et tous les autres modes de transfert dans le cas de transferts couplés,
- Savoir identifier les corrélations adaptées au problème rencontré,
- Calculer précisément des paramètres caractéristiques : température de mélange, coefficient d'échange, puissance échangée...
- Résoudre des problèmes concrets : refroidissement en microélectronique, confort thermique dans l'habitat, transfert au sein d'échangeurs thermiques...
- Savoir proposer une méthode d'optimisation des transferts au regard de la consommation d'énergie mise en jeu.

---

## **UE082 EI/H2 - Energie Solaire - Approfondissements - EI/H2 / Semestre S8**

Coef 40 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 4.5 / 4.5 / - / 42

### Contenu de la formation

Ce cours vient en complément du cours d'initiation à l'énergie solaire. Il s'agit d'approfondir la formation des élèves sur les énergies renouvelables d'origine solaire : aperçu de la ressource solaire, mesure du flux solaire par pyranomètre et pyréliomètre, comparaison avec les relations semi-empiriques. Les élèves choisissent ensuite un sujet sur lequel ils effectuent un projet. Il peut s'agir de l'étude d'un capteur plan solaire, de capteurs cylindro-paraboliques, de concentrateur parabolique, de cheminée solaire, de four solaire ou encore de distillateur solaire... Ce type de projet comporte une partie modélisation et une partie pratique pouvant aller jusqu'à la réalisation d'une installation.

#### Compétences attendues

- Concevoir et mettre en place des dispositifs de conversion d'énergie solaire en chaleur.

---

### **UE082 MEE - Identification 1 : Identification à temps continu - MEE / Semestre S8**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 12 / 7.5 / - / -

#### Contenu de la formation

Après une présentation de quelques approches graphiques utilisées pour estimer des paramètres, cette partie s'intéresse tout d'abord à l'identification par des approches de type moindres carrés linéaires et plus particulièrement la technique des filtres à variables d'état. Dans un second temps, on s'intéresse à la technique des moindres carrés non linéaires pour laquelle les algorithmes de type gradient, Newton et Levenberg-Marquardt sont étudiés. Au final, l'association des deux approches permet d'avoir un outil performant pour l'estimation de paramètres de systèmes régis par des équations différentielles.

#### Compétences attendues

- Savoir estimer les paramètres de systèmes régis par des équations différentielles.

---

### **UE082 MEE - Méthodes de Commande 1 - MEE / Semestre S8**

Coef 40 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 28.5 / 21 / - / -

#### Contenu de la formation

Ce module est divisé en trois parties. On s'intéresse tout d'abord à l'étude des systèmes discrets grâce à la transformée en  $z$ . Puis, on étudie différentes méthodes de commande qui permettent, pour certains systèmes, d'atteindre des objectifs inatteignables avec un simple correcteur PID. Enfin, la représentation des systèmes par un modèle d'état est introduite pour conduire à la commande par retour d'état.

Transformée en  $z$  : cette partie aborde l'étude des systèmes à représentation discrète via la transformée en  $z$  (définitions, théorèmes, propriétés, fonction de transfert discrète d'un système continu, équations aux différences), l'analyse des systèmes à représentation discrète (stabilité, performances) et la synthèse de correcteur numérique de type PID.

Étude de différentes méthodes de commande : ce cours s'intéresse à différentes méthodes de commande couramment rencontrées. Après un bref aperçu de méthodes graphiques de synthèse de correcteur de types PID, il aborde le principe d'autoréglage de ces mêmes correcteurs ainsi que celui des dispositifs d'anti-saturation. Différents schémas de commande sont alors étudiés tels que la commande par modèle interne, le prédicteur de Smith et la commande feedforward. Enfin, dans le cas des systèmes discrets, la commande par placement de pôles associée au correcteur RST est étudiée.

Représentation d'état : ce cours introduit une nouvelle représentation des systèmes qu'est la forme d'état. Plus précisément, son origine, son intérêt et ses principales propriétés sont explicités. Ses liens avec d'autres représentations classiques de l'automatique telle que la fonction de transfert ou l'équation différentielle sont présentés. Une fois ce modèle introduit, l'étude de la réponse temporelle des modèles d'état est considérée. Il est ainsi montré comment analyser la stabilité d'un tel modèle. Les notions bien moins familières de commandabilité et d'observabilité d'une représentation d'état sont ensuite analysées pour déboucher sur la commande et l'observation de ces systèmes dans le cas monovarié. L'étude des modèles d'état discrets est également brièvement abordée.

#### Compétences attendues

- Maîtriser l'outil de la transformée en z et ses propriétés, calculer la fonction de transfert d'un système continu piloté par ordinateur, synthétiser et mettre en œuvre différentes structures de correcteur (PID numérique, correcteur RST, modèle interne, prédictif de Smith, feedforward, ...).
- Modéliser un système linéaire sous forme de représentation d'état, envisager quelques approximations linéaires, changer de base dans l'espace d'état (passer d'une réalisation à une autre) et passer d'une réalisation à la fonction de transfert, et réciproquement, analyser les propriétés du système (stabilité, performances statiques et transitoires) sur la base d'une réalisation, étudier la commandabilité et l'observabilité d'un modèle d'état (selon le critère de Kalman), appliquer un algorithme de placement de pôles par retour d'état.

---

### **UE082 MEE - Habilitation électrique - MEE / Semestre S8**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 2 / 16 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Sensibilisations aux risques électriques. Formation théorique et pratique à l'habilitation Électrique Niveaux Exécutant électricien B1V et chargé d'intervention BR.*

#### **Compétences attendues**

Compétences : Habilitation niveaux B1V et BR.

---

### **UE082 MEE - Projet automatique 1 - MEE / Semestre S8**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / 30 / -

#### **Contenu de la formation**

*Le projet d'automatique 1 est l'occasion d'appliquer sur des systèmes réels les enseignements de deuxième année en donnant une certaine autonomie quant au choix des méthodes à mettre en œuvre pour commander ces systèmes. Le déroulement du projet se fait en trois grandes étapes : modéliser le processus à piloter et estimer ses paramètres; mettre en œuvre en simulation différents schémas de commande de ce système; implanter ces lois de commande sur le système à l'aide d'un logiciel de prototypage rapide.*

#### **Compétences attendues**

- Savoir modéliser le processus à piloter et estimer ses paramètres,
- Mettre en œuvre en simulation différents schémas de commande de ce système,
- Implanter ces lois de commande sur le système à l'aide d'un logiciel de prototypage rapide.

---

### **UE082 MEE - Véhicules Hybrides et Électriques - MEE / Semestre S8**

Coef 5 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 4 / 0 / 4 / -

#### **Contenu de la formation**

*Présentation des technologies de véhicules électriques et hybrides et leurs composants. Principes de développement des batteries électriques. Modélisation et simulation d'un véhicule électrique.*

#### **Compétences attendues**

- Connaître les architectures, la gestion de l'énergie et la modélisation des véhicules électriques et hybrides,
- Simuler le fonctionnement de véhicules électriques et hybrides sous Matlab/Simulink.

---

### **UE083 EAT - Ambiances climatiques - EAT / Semestre S8**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 16.5 / 16.5 / 16 / -

#### **Contenu de la formation**

*Ce cours porte sur le traitement des ambiances climatiques dans le bâtiment. Cet enseignement consiste à dimensionner les éléments de ventilation, de chauffage et de production de froid nécessaires pour assurer une ambiance climatique spécifique dans un bâtiment. Une première partie du cours portera sur la production de*

chaleur par combustion. Un rappel sur les machines thermiques, appliquées à la production de chaleur de froid dans le bâtiment sera fait. Des travaux dirigés permettront d'illustrer les notions théoriques abordées dans ce cours mais aussi dans les cours de machines thermiques et de physique de l'air humide. Quatre travaux pratiques sont associés à cet enseignement. Le programme est complété par deux interventions de professionnels portant sur la perméabilité à l'air, les systèmes de ventilation, les systèmes de production de chaleur et les matériaux et systèmes intelligents pour le bâtiment.

#### **Compétences attendues**

- Acquérir les connaissances générales et les notions de base la production de chaleur par combustion
- Savoir dimensionner les différents éléments composant une centrale de traitement d'air
- Savoir dimensionner les éléments de production de chaleur et de froid

---

#### **UE083 EAT - Systèmes constructifs - EAT / Semestre S8**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 6 / 9 / - / -

#### **Contenu de la formation**

Les principaux systèmes constructifs des bâtiments sont présentés avec leurs problématiques thermiques et acoustiques. Le vocabulaire technique et la connaissance des matériaux sont abordés à partir de lecture de plans pour des constructions neuves et des projets de réhabilitation. Les procédés d'isolation extérieure et intérieure sont détaillés ainsi que le calcul des déperditions surfaciques et linéiques. Des cas concrets sont traités sous forme de projets.

#### **Compétences attendues**

- Identifier les composants d'un bâti existant,
- Proposer des solutions d'isolation compatibles,
- Calculer des déperditions thermiques ponctuelles.

---

#### **UE083 EAT - Thermique du bâtiment 1 - EAT / Semestre S8**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9 / 9 / - / 15

#### **Contenu de la formation**

Il s'agit d'un cours d'initiation à la thermique du bâtiment, à la réglementation thermique en cours et à venir. Ce cours traite tout particulièrement des enveloppes, des déperditions (ponts thermiques, ventilation, menuiseries...) et permet d'introduire les notions de niveau de performances thermiques des bâtiments (Labels, E+/C-) au sens de la RT en vigueur. L'initiation aux démarches de minimisation des besoins énergétiques et l'optimisation vers le bâtiment passif voire à énergie zéro ou positif (BEPOS) est réalisée dans ce cours. Un projet est proposé avec l'utilisation d'un logiciel commercial pour traiter les cas statiques de thermique du bâtiment et l'impact des systèmes énergétiques retenus sur le niveau de performance.

#### **Compétences attendues**

- Savoir choisir et dimensionner des installations énergétiques d'un bâtiment pour le chauffage en hiver et la climatisation en été.

---

#### **UE083 EAT - Eclairage intérieur et extérieur - EAT / Semestre S8**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 10.5 / 7.5 / - / 9

#### **Contenu de la formation**

Les luminaires en éclairage intérieur et extérieur : caractéristiques optiques, électriques et mécaniques. Les différentes étapes de réalisation d'un projet d'éclairage intérieur et extérieur. Comparatif des calculs manuels et informatiques - analyse - compréhension. Réalisation d'un projet sur logiciel (Dialux ou Relux) : paramétrage du local ou de la voie de circulation, sélection des objets et textures, choix et implantation des luminaires, calculs d'éclairement, de luminance et UGR ou GR.

Les étudiants devront travailler sur un projet de dimensionnement d'éclairage public ou d'éclairage intérieur. Des intervenants professionnels complètent la formation en éclairage extérieur (nouvelles normes et règlements en éclairage extérieur, réseaux d'alimentation en éclairage public, gestion en éclairage public).

#### **Compétences attendues**

- Connaître les fondamentaux en éclairage intérieur et extérieur
- Savoir effectuer des calculs d'éclairage par logiciel de calcul en univers tertiaire/industriel et éclairage public.

---

### **UE083 EI/H2 - Conversion et stockage d'énergie par voie électrochimique - EI/H2 / Semestre S8**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 15 / 6 / 3 / 13.5

#### **Contenu de la formation**

Cet enseignement est dédié à la conversion et au stockage d'énergie des énergies renouvelables, par le vecteur hydrogène. En effet les énergies renouvelables, par nature intermittentes, nécessitent le développement d'une infrastructure de stockage de l'énergie adaptée en taille et en exibilité. Une des voies envisagées est la conversion de l'électricité d'origine solaire ou éolienne en hydrogène. Les avantages et inconvénients du vecteur hydrogène vous sont présentés. Les différents éléments de la chaîne sont détaillés de l'échelle de la cellule électrochimique (matériaux des composants, structuration, potentiel électrochimique, transfert de chaleur, de charge et de matière) à l'échelle du système (principe de l'électrolyse, pile à combustible, stockage gaz, liquide, solide de l'H<sub>2</sub>).

#### **Compétences attendues**

- Connaître le principe de fonctionnement des systèmes électrochimiques (électrolyseurs, piles à combustibles, batteries, supercapacités)
- Etudier les phénomènes multiphysiques de la conversion électrochimique (distribution primaire, secondaire et tertiaire du courant)
- Appliquer la Thermodynamique aux piles et électrolyseurs,
- Savoir faire des bilans énergétiques des systèmes électrochimiques.

---

### **UE083 EI - Electrothermie - EI / Semestre S8**

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 12 / 0 / - / 27

#### **Contenu de la formation**

Ce cours est une introduction à l'électrothermie. Après un rappel sur les ondes électromagnétiques et les équations de Maxwell, on aborde les différents procédés suivants : chauffage par conduction électrique, chauffage par induction électromagnétique, chauffage par rayonnement infrarouge, chauffage par hautes fréquences et microondes, chauffage par faisceau laser et par plasma. Des projets numériques en petits groupes de travail sur des sujets pratiques viennent compléter le cours. Cette activité de projet est également l'occasion d'une première initiation des étudiants aux techniques numériques de modélisation multi-physique et multi-échelles.

#### **Compétences attendues**

- Connaître les différents procédés électrothermiques existants.
- Savoir réaliser un projet numérique basé sur la modélisation multi-physique et multi-échelles.

---

### **UE083 EI/H2 - Transfert de matière - EI/H2 / Semestre S8**

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 15 / 18 / 16 / -

#### **Contenu de la formation**

Les équations bilans sont présentées sous forme intégrale, puis sous forme locale. Les principaux modes de transfert sont alors présentés : diffusion en régime permanent dans différents milieux (solide, liquide, gazeux) sans réaction chimique ; diffusion en présence de réactions chimiques homogènes (réactions dans le volume) ; diffusion en présence de réactions chimiques hétérogènes (réactions en surface) ; diffusion en régime non permanent (saut de concentration et impédance de diffusion) ; diffusion dans un milieu non isotherme. Par la suite, on s'intéresse au transport de matière dans les électrolytes en particulier au mode de transfert par migration. La seconde partie de ce module aborde le transport de matière par convection en utilisation des corrélations semi empiriques. Les notions sur le transport de matière turbulent sont également présentées. La similitude entre les phénomènes de transport de matière et transferts de chaleur est discutée. La troisième partie se consacre à l'étude de la formation de la couche de diffusion par la résolution des équations diffusion-convection. Les différents problèmes abordés sont : la dissolution de gaz dans un film liquide en écoulement, le transfert de matière dans des tubes (hydrodynamique établie) et au voisinage d'une plaque (hydrodynamique non établie). Ces notions seront appliquées en travaux pratiques.

### **Compétences attendues**

- Acquérir les connaissances des principaux mécanismes liés au transfert de matière,
- Identifier les différents modes de transfert et les phénomènes physiques associés, sans ou avec réaction chimique,
- Maîtriser l'utilisation des corrélations semi-empiriques
- Comprendre la résolution des équations de diffusion-convection dans l'approximation de la couche limite et maîtriser les hypothèses utilisées.

---

### **UE083 H2 - Vecteur hydrogène - H2 / Semestre S8**

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 12 / 3 / - / 24

### **Contenu de la formation**

Ce cours est une introduction au vecteur H2. Il est complémentaire au cours Conversion et stockage d'énergie. Les différentes briques technologiques telles que l'électrolyse de l'eau, le stockage gaz sous haute pression et la conversion de l'énergie chimique de l'hydrogène en électricité via une pile à combustible seront introduites. Une fois les différents phénomènes et leurs applications à l'échelle des systèmes maîtrisés, un projet de dimensionnement d'un vecteur H2 à l'aide d'un bilan énergétique et des rendements de chaque système sera effectué permettant de synthétiser et d'appliquer sur un cas réel les notions abordées dans le cours.

### **Compétences attendues**

- Identifier les différentes briques du vecteur H2,
- Dimensionner une chaîne de vecteur énergétique basée sur l'H2,
- Maîtriser les ordres de grandeurs énergétiques et l'efficacité des systèmes qui composent le vecteur H2,
- Connaître les différents moyens de stockage de l'énergie (puissance, temporalité, adéquation mix énergétique, ...),
- Analyser et évaluer le Bilan Carbone de l'Hydrogène sur le Climat

---

### **UE083 MEE - Informatique industrielle - MEE / Semestre S8**

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 7.5 / 9 / 22 / -

### **Contenu de la formation**

En premier lieu sont examinés les éléments de base du Grafcet, ses règles d'évolution et ses extensions. Les notions d'automatismes séquentiels sont alors appliquées à des automates programmables industriels. Après une étude des parties constitutives d'un automate industriel, nous verrons alors comment le configurer et le programmer grâce au logiciel dédié. Une application sera faite sur des parties opératives de type industriel. Dans un second temps seront abordées, sous forme de travaux pratiques, les problématiques liées à la programmation des microcontrôleurs.

### **Compétences attendues**

- Connaître les règles du langage de programmation grafcet,
- Programmer un automate industriel.

---

### **UE083 MEE - Projet informatique industrielle - MEE / Semestre S8**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 3 / 1.5 / - / 16

#### **Contenu de la formation**

*Un projet avancé est réalisé afin de mettre en évidence les problèmes relatifs à l'acquisition de données, la quantification et l'échantillonnage, les convertisseurs analogique/numérique et numérique/analogique...*

#### **Compétences attendues**

- Réaliser un prototype rapide à base d'une carte micro-contrôleur,
- Gérer dans son ensemble un projet d'informatique industrielle.

---

### **UE083 MEE - Electrotechnique 1 - MEE / Semestre S8**

Coef 40 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 21 / 16.5 / 20 / -

#### **Contenu de la formation**

*Ce module de cours rappelle dans une première partie les notions fondamentales d'électromagnétisme permettant d'étudier les circuits magnétiques élémentaires puis présente la modélisation et les caractéristiques de fonctionnement des transformateurs monophasés et triphasés. L'étude des régimes triphasés déséquilibrés est également abordée. Puis dans une deuxième partie, ce cours aborde la modélisation et le fonctionnement des machines tournantes à courant alternatif (machines asynchrones et synchrones). Une introduction de différentes étapes allant de la conception à partir d'un cahier des charges client à la fabrication des machines électriques est également effectuée et les caractéristiques de quelques machines spéciales sont présentées : machine pas à pas, machine à réluctance variable, moteur piézoélectrique, micromachines, machines synchrones à aimants.*

#### **Compétences attendues**

---

### **UE083 MEE - Stockage d'énergie par batterie Lithium-ion - MEE / Semestre S8**

Coef 5 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 2 / 6 / 3 / -

#### **Contenu de la formation**

*Ce cours introduit divers aspects liés aux batteries. Commenant par une analyse de l'état de l'art des batteries, le cours décrit le fonctionnement des accumulateurs et les technologies des batteries Lithium sont présentées. Certains composants nécessaires pour le développement d'un pack de batterie complet sont également décrits : le BMS (Système de Gestion de Batterie), les éléments mécaniques intégrés tels que les barrières thermiques, le système de refroidissement, etc. Des travaux dirigés permettront de suivre la conception d'un pack de batterie en accord avec des spécifications précises. Enfin, un TP sera proposé pour détailler l'utilisation du potentiostat dans la caractérisation des batteries (focus sur la mesure de spectroscopie d'impédance).*

#### **Compétences attendues**

- Comprendre la conception d'un pack de batteries avec des spécifications précises,
- Comprendre l'utilisation du potentiostat dans la caractérisation des batteries.

---

### **UE084 - Stage 2A - TC ENSIP / Semestre S8**

Coef 100 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / - / -

### Contenu de la formation

Stage assistant ingénieur

### Compétences attendues

Acquérir de nouvelles compétences professionnelles et renforcer celles déjà acquises à l'ENSI Poitiers.

---

### **UE091 - Anglais 5 - TC ENSIP / Semestre S9**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 30 / - / -

### Contenu de la formation

La priorité absolue de ce cours est la prise en charge par les étudiants des situations de communication aussi proches que possible de la réalité professionnelle: la direction / participation aux simulations de réunions professionnelles, à des tables rondes et à des cas d'études scientifiques, internationales et éthiques basés sur des sujets d'actualité du monde de l'ingénierie .

### Compétences attendues

- Mener (avec préparation) et participer activement à une réunion professionnelle en anglais,
  - Pouvoir faire des présentations professionnelles sur des sujets scientifiques et/ou d'actualité,
  - Faire une analyse logique sur une question morale et/ou éthique soulevée dans le monde de l'ingénierie,
  - Faire le lien entre le cours de langue et la formation scientifique et professionnelle de l'ENSI Poitiers.
- 

### **UE091 - Gestion 2 - TC ENSIP / Semestre S9**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9 / 10.5 / - / -

### Contenu de la formation

Ce cours permet d'aborder l'initiation à la lecture et l'analyse d'états financiers (bilan, compte de résultat, soldes intermédiaires de gestion) au travers d'une présentation des informations contenues dans les états et d'un entraînement à la résolution d'exercices simples de comptabilité générale. De plus, on y développe la comptabilité générale : matière première de l'analyse. Informations contenues dans le bilan et dans le compte de résultat. Grandeurs caractéristiques de l'activité : les soldes intermédiaires de gestion.

### Compétences attendues

Analyser des états financiers (bilan, compte de résultat, soldes intermédiaires de gestion) au travers d'une présentation des informations contenues dans les états et d'un entraînement à la résolution d'exercices simples de comptabilité générale et de l'étude de la comptabilité générale.

---

### **UE091 - Qualité - TC ENSIP / Semestre S9**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 10.5 / - / -

### Contenu de la formation

La qualité est un élément fondamental de toute production. C'est pourquoi ce cours aborde les points suivants: positionnement humain dans la fonction qualité ; connaissance des performances, rapport aux objectifs, relation causes à effets ; les indicateurs relevés et leurs utilisations, la réactivité préventive. Gestion des processus, outils d'analyse associés ; management par la qualité TQM, déploiement de la qualité QFD ; approche norme ISO 9000 version 2000 ; système d'amélioration continue ; pérennisation d'une démarche qualité.

### Compétences attendues

- Expliquer le positionnement humain dans la fonction qualité,
- Connaître les performances, rapport aux objectifs, relation causes à effets, les indicateurs relevés et leurs utilisations, la réactivité préventive,

- Gérer des processus et les outils d'analyse associés,
- Manager par la qualité TQM, déploiement de la qualité QFD,
- Appliquer les normes ISO,
- Appréhender les systèmes d'amélioration continue,
- Pérenniser la démarche qualité.

---

**UE091 - Santé et sécurité au travail 3 - TC ENSIP / Semestre S9**

Coef - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 3 / 3 / - / -

**Contenu de la formation**

**Compétences attendues**

Développer une approche managériale à la fois technique et stratégique de la RSE, du développement durable et de la maîtrise des risques QSE en entreprise.

---

**UE091 - Vie de l'entreprise - TC ENSIP / Semestre S9**

Coef 0 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 32 / - / -

**Contenu de la formation**

*Présentation par groupe de spécialité par un chef du personnel ou directeur des ressources humaines d'entreprises.*

*Formation création entreprise : Formation sur les démarches à réaliser afin de se préparer à la création d'une PME PMI*

*Collectivités territoriales et développement durable : Les actions mises en œuvre par les Collectivités territoriales dans le cadre du développement durable.*

**Compétences attendues**

- Se sensibiliser à la recherche de stage ou 1er emploi
- Simuler un entretien collectif
- Apprendre les bases de la création d'entreprise,
- Comprendre son contrat de travail et les relations sociales collectives dans l'entreprise
- Aborder l'éthique du cadre dans l'entreprise
- Faire une simulation speed meeting
- Valoriser ses compétences

---

**UE091 - Projet Innovation-Etudes-Recherche - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S9**

Coef 60 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / 24 / 1

**Contenu de la formation**

*Réaliser une étude approfondie apportant une contribution originale au développement des techniques dans des domaines liés à la spécialité professionnelle. Cette étude est élaborée au cours d'un projet en partenariat avec une entreprise ou au sein d'un laboratoire de recherche.*

**Compétences attendues**

- Savoir travailler en groupe,
- Mener un projet avec différents partenaires et interlocuteurs,
- Faire de la veille technologique,
- Savoir présenter leur travail final en vrai professionnel.

---

**UE092 EAT - CAO/DAO 2 - BIM - EAT / Semestre S9**

Coef 5 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / 9 / -

### Contenu de la formation

L'utilisation fréquente des logiciels de DAO au cours des stages en entreprise nécessite une révision et un approfondissement des travaux réalisés avec AUTOCAD en 1ère année. Les sujets proposés en TP permettent de s'approprier des connaissances dans le domaine du dessin d'architecture et dans la conception de schémas techniques spécialisés à partir de projets récents de construction.

### Compétences attendues

- Connaitre et utiliser les principales commandes d'AUTOCAD,
- Coter un dessin,
- Gérer des blocs,
- Configurer un format d'impression.

---

## **UE092 EAT - Optimisation de la performance énergétique du bâtiment - EAT / Semestre S9**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 14 / 14 / - / 15

### Contenu de la formation

Notion de performances des bâtiments : du classique vers le BBC, le passif, ou le bâtiment à énergie positive. Aspects technologiques : ventilation, filtration, perméabilité à l'air. Aspects technologiques de production d'énergie : énergies fossiles, énergies renouvelables (géothermie, photovoltaïque...), micro-installations. Aspects environnementaux : émission de gaz à effet de serre (GES), % CO<sub>2</sub>, bilan carbone dans le milieu thermique industriel. Labels : Effinergie, PassivHaus...

### Compétences attendues

- Savoir prendre en compte les préoccupations écologiques et environnementales lors des phases de conception, de réalisation, d'entretien, de maintenance et savoir en estimer la faisabilité technologique en tenant compte des aspects économiques,
- Etre capable d'adopter une démarche de minimisation des besoins énergétiques et rechercher un niveau élevé de performances énergétiques pour les bâtiments : rechercher le BBC, voire le passif et même le BEPOS.

---

## **UE092 EAT - Thermique du bâtiment 2 - EAT / Semestre S9**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 7.5 / 7.5 / - / 15

### Contenu de la formation

Ce cours permet d'acquérir des compétences en termes de simulation thermique dynamique (STD). Dans le but de satisfaire aux exigences liées à la transition énergétique, des modèles du transfert de chaleur transitoire sont considérés dans le cadre d'un bâtiment. Après une saisie de la maquette numérique du bâtiment, les simulations du comportement thermique transitoire vont être effectuées à l'aide du code commercial de STD (Comfie-Pléiades) qui prend en compte la conduction et l'inertie des matériaux, le rayonnement des parois, la convection du milieu fluide (air), les apports solaires externes ou encore les sources internes, paramètres variables dans le temps (process, ordinateurs, éclairage, personnes). L'objectif est de procéder à une optimisation dynamique des systèmes énergétiques nécessaires au confort thermique d'hiver mais aussi d'été des individus ou au bon état des process. Applications aux pavillons individuels, aux bâtiments tertiaires (bureaux, logements, salle de grand volume...) et étude de l'influence de la localisation et de l'orientation du bâtiment, de la nature des parois avec ou sans isolation thermique interne ou externe, de la menuiserie etc. Le programme est complété par des interventions de professionnels portant sur : la thermique dynamique, la rénovation énergétique du bâtiment existant, la règlementation thermique.

### Compétences attendues

- Savoir résoudre les équations de conservation en régime dynamique,
- Etre capable d'optimiser un système énergétique de façon dynamique,
- Savoir analyser des résultats issus de simulations numériques (cohérence des hypothèses, regard critique sur les résultats obtenus, propositions de solutions techniques adaptées).

### **UE092 EAT - Ventilation et Qualité d'air intérieur - EAT / Semestre S9**

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 14.5 / 13 / - / 16

#### **Contenu de la formation**

*L'Homme passe entre 80 et 90 % de son temps en lieu clos et respire 26000 fois par jour soit 15 000 litres d'air. Avec l'évolution des réglementations thermiques (2000, 2005, 2012) et celle prévue à l'échelle 2020, les bâtiments sont devenus de plus en plus clos et "hermétiques" aux conditions extérieures. Dans ces conditions, la ventilation devient en même temps un enjeu de pérennité des bâtiments à cause des développements possibles de zones d'humidité locale (condensations, moisissures...) et un enjeu de santé publique pour l'homme.*

*Ce module de cours aborde différents éléments afin de comprendre les besoins actuels en terme de ventilation et de qualité d'air intérieur, de proposer et de dimensionner les systèmes techniques permettant d'assurer les besoins. Il est organisé autour d'un projet de développement portant sur la qualité d'air et la ventilation en milieu hospitalier pour diverses salles à environnement "contrôlé" dont les spécificités sont différentes.*

*Pour se faire, différents thèmes seront présentés : initiation aux problèmes de confort, d'hygiène, de bien-être et de santé en milieu clos ; construction, composition et performances énergétiques des CTA et de ses composants (ventilateurs, filtres, déshumidificateurs, systèmes de soufflage, systèmes de reprise, réseaux de gaines, récupérateurs d'énergie... et classification type Eurovent) ; filtration qui sera traitée plus en détail : identification des polluants, impact sur la santé, modes de fonctionnement des média filtrant, réglementation en cours, classification des média... . L'évaluation du coût énergétique des solutions techniques retenues est systématiquement abordé, ainsi que la recherche d'optimisation et/ou de compromis technique/coût. Des TD permettent de mettre en application ces notions et de les appliquer à différents contextes : pavillons résidentiels (VMC ...), bâtiments tertiaires (groupes scolaires, bureaux, immeubles résidentiels ...), milieu industriel (électronique, pharmacologie, agroalimentaire ...). Un logiciel d'installation de ventilation mécanique (BBS Slama, ANJOS, ALDES. . . ) permet l'aide au dimensionnement. De plus, l'analyse des risques de condensation dans un bâtiment à l'aide du logiciel WUFI doit permettre de mieux comprendre les liens entre les matériaux (enveloppe) et l'air circulant dans un bâtiment.*

#### **Compétences attendues**

- Savoir identifier les problématiques de la ventilation selon le type de bâtiment (tertiaire, industriel, résidentiel),
- Savoir quantifier les besoins normatifs et réglementaires de ventilation (renouvellement d'air, hygiénique, air neuf...),
- Connaitre et identifier les systèmes de ventilation à mettre en place,
- Connaitre et utiliser les principaux outils de dimensionnement des systèmes de ventilation,
- Savoir évaluer le coût énergétique des systèmes utilisés (VMC, ventilateurs, filtres, batteries ...),
- Savoir produire de la recherche documentaire dans le domaine par rapport au projet proposé,
- Savoir mettre en oeuvre les compétences à des domaines concrets : milieu hospitalier, domaine tertiaire, domaine scolaire...

---

### **UE092 EI/H2 - Initiation aux logiciels de CFD - EI/H2 / Semestre S9**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / - / 30

#### **Contenu de la formation**

*Ce module sert de support pour montrer les avantages pratiques de la modélisation numérique pour l'ingénieur. Il concerne les domaines de la mécanique des fluides, des transferts thermiques au sens large (conduction, convection, rayonnement), et de la combustion. Des conférences faites par des professionnels spécialistes dans le domaine de la modélisation numérique viennent compléter l'initiation à des logiciels de CFD dits "commerciaux" dans les domaines cités précédemment en régime stationnaire comme transitoire. L'intérêt est d'initier les élèves à un ou plusieurs de ces logiciels et de développer leurs compétences dans le domaine de la simulation numérique : stabilité des schémas numériques, critère de convergence, définition et influence du maillage, influence du modèle de turbulence... Ces aspects sont mis en oeuvre dans le cadre d'un*

projet industriel appliqué tuteuré d'une part, et peuvent être aussi développés dans le cadre du Projet Innovation Etudes Recherche (PIER).

### Compétences attendues

- Savoir développer une approche de modélisation simplifiée d'un problème industriel concret,
- Etre apte à identifier le ou les logiciels commerciaux de CFD et leurs spécificités (maillage, système d'exploitation requis, méthode de résolution. . .), dans les domaines de l'énergie,
- Savoir mener à bien une simulation numérique complète depuis la phase de modélisation jusqu'à la phase d'exploitation et d'interprétation des résultats dans les domaines de la mécanique des fluides, de la thermique au sens large ou encore de la combustion,
- Avoir un sens critique des résultats obtenus : savoir évaluer l'influence du maillage, du modèle retenu, des conditions aux limites ; savoir évaluer le niveau de convergence des calculs ; savoir identifier les points à optimiser dans les différentes phases de modélisation et de simulation.

---

### **UE092 EI/H2 - Méthodes numériques 3 : Eléments finis et volumes finis - EI/H2 / Semestre S9**

**Coef 30** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 10.5 / 12 / - / 12

### Contenu de la formation

*L'objectif de cet enseignement est de former les étudiants à deux techniques très répandues de résolution numérique des équations aux dérivées partielles des sciences de l'ingénieur lorsque les solutions ne peuvent être obtenues de manière analytique ou lorsque les géométries concernées sont complexes : les éléments finis d'une part, et les volumes finis d'autre part. Dans un premier temps, les éléments finis sont introduits via le formalisme de minimisation de la fonctionnelle de Lax-Milgram. Puis la méthode des résidus pondérés, proposant un cadre unifié aux techniques des éléments finis et des volumes finis, est présentée. Les aspects stationnaires et le traitement de termes convectifs sont également abordés. Cet enseignement comporte un nombre important de séances de TD et de projet qui permettent aux étudiants de s'approprier les notions vues en cours et de les appliquer à des problèmes concrets.*

### Compétences attendues

- Connaître les principes mathématiques des techniques de simulation numérique par éléments finis et volumes finis.
- Savoir réaliser un projet numérique : écriture d'un programme (Matlab ou Python) mettant en œuvre l'une de ces deux techniques appliquée à un problème thermique concret.

---

### **UE092 EI/H2 - Transfert de chaleur / Rayonnement thermique 2 - EI/H2 / Semestre S9**

**Coef 25** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 24 / 9 / - / -

### Contenu de la formation

*Ce cours est une introduction au rayonnement thermique dans les Milieux Semi-Transparents (MST) anisothermes. Après une brève séquence de rappel des notions vues dans le cours de rayonnement de S7 et le traitement de quelques TD de dimensionnement thermique présentant des transferts couplés, les notions fondamentales du rayonnement en MST (absorption, émission, diffusion, équation du transfert radiatif, vecteur flux radiatif et sa divergence) sont introduites. Le modèle du mur semi-transparent 1D anisotherme est ensuite examiné en détail : mur optiquement mince (rayonnement balistique), mur optiquement épais (rayonnement diffusif et loi de Fourier radiative), couplage conduction-rayonnement (nombre de Planck). Le problème de l'écriture de conditions aux limites radiatives "non noires" est également abordé : frontière partiellement émettrice (et donc partiellement réfléchissante) d'une part, contact entre deux MST non absorbants d'autre part. Ce cours se termine par l'exposé de quelques théories physiques permettant de déterminer les propriétés radiatives des MST homogènes (donc non diffusants) (modèle des oscillateurs de Lorentz pour les matériaux diélectriques, et modèle de Drude pour les matériaux conducteurs électriques) et hétérogènes (donc diffusants) (interaction rayonnement-matière et théorie de Lorenz-Mie).*

### Compétences attendues

- Acquérir des connaissances de base dans le domaine du rayonnement thermique dans les milieux semi-transparents.
- Savoir mettre en équation des problèmes de transferts thermiques couplés (essentiellement conduction-rayonnement).
- Savoir écrire les principaux types de conditions aux limites radiatives.
- Connaître quelques théories physiques permettant de déterminer les propriétés radiatives des milieux semi-transparents homogènes et hétérogènes.

---

### **UE092 EI/H2 - Transition énergétique - EI/H2 / Semestre S9**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9.5 / 17.5 / - / -

### Contenu de la formation

*La transition énergétique désigne une modification structurelle profonde des modes de production et de consommation de l'énergie, et constitue l'un des volets de la transition écologique. Elle résulte des évolutions techniques, des prix et de la disponibilité des ressources énergétiques, mais aussi d'une volonté politique des gouvernements, des populations, des entreprises ... qui souhaitent réduire les effets négatifs du secteur énergétique sur l'environnement. Dans ce contexte, il s'agit d'informer, de présenter des scénarios, des démarches et surtout des solutions mises en œuvre tant en milieu industriel, qu'en milieu institutionnel sur ce thème général.*

*La formation se présente sous forme de cours / conférences thématiques pouvant aborder plusieurs niveaux qui intègrent les dimensions technique, technologique, économique, écologique, financière, sociétale et spirituelle. Parmi ces différentes notions, le mix-énergétique basé principalement sur le développement des ressources renouvelables (géothermie, éolien, hydraulique, énergie marine, biomasse, solaire thermique, solaire photovoltaïque...) est abordé à travers des cours/conférences. Ceci implique des alternatives aux combustibles fossiles, ressources fossiles limitées et non renouvelables, remplacés par des sources d'énergie renouvelables pour la quasi-totalité des domaines d'activités humaines (transport, industrie, chauffage, production d'énergie...).*

*Une autre voie complémentaire de cette transition énergétique et tout aussi importante concerne la réduction de la demande d'énergie obtenue notamment au moyen d'une augmentation de l'efficacité énergétique des systèmes, des procédés, des technologies ou encore des bâtiments, des véhicules, la modération dans la consommation de l'énergie (sobriété) ou encore l'optimisation de la consommation d'énergie au moyen du déploiement de solutions de stockage (batterie, pile à combustible, thermique - chaud, froid -, ...) qui peuvent permettre de répondre en partie à la problématique actuelle de réchauffement climatique et de diminution programmée des ressources fossiles.*

### Compétences attendues

- Etre formé à la production et l'exploitation d'énergies renouvelables diverses autres que solaires (hydraulique, géothermie, énergies marines...)
- Savoir analyser et proposer des solutions de transition énergétique (ENR, stockages, mix énergétique ...) pertinentes.
- Savoir analyser et proposer des scénarios prospectifs autour des problématiques Energie / Climat / Société

---

### **UE092 MEE - Compatibilité électromagnétique - MEE / Semestre S9**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 8 / 6 / - / -

### Contenu de la formation

*Après avoir défini la notion de compatibilité électromagnétique (CEM) et les normes, ce cours introduit les perturbations conduites, rayonnées et électrostatiques. On étudie alors les couplages associés aux différentes perturbations. Ce cours s'intéresse alors à l'étude des techniques de protection dans le domaine de la CEM*

(Câblage spéciaux, différents blindages, caractérisation des harmoniques, filtrage actif, filtrage passif), aux tests d'immunité et aux mesures des performances des matériels vis-à-vis de la CEM.

#### **Compétences attendues**

- Connaître les normes utilisées en CEM,
- Connaître différentes solutions de protection CEM.

---

#### **UE092 MEE - Identification 2 - MEE / Semestre S9**

**Coef 30** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 15 / 10.5 / - / -

#### **Contenu de la formation**

L'étude menée dans le module Identification 1 a porté sur les approches de type moindres carrés pour les systèmes régis par des équations différentielles. Cette deuxième partie s'intéresse aux systèmes discrets régis par des équations aux différences. Après des rappels et des définitions sur les méthodes d'identification à erreur d'équation et à erreur de sortie, ce cours est consacré à l'étude des propriétés des estimateurs, en particulier l'erreur d'estimation, le biais et la variance de l'estimation. L'étude de ces différentes propriétés permet d'introduire des techniques de réduction ou d'élimination du biais des approches à erreur d'équation telles que les techniques de filtrage des résidus (approches MCG, MCE, Maximum de vraisemblance, . . .) et la méthode de la variable instrumentale. Enfin, on s'intéresse à la précision des estimateurs.

#### **Compétences attendues**

- Maîtriser les outils d'analyse utilisés pour étudier les algorithmes,
- Maîtriser le principe des algorithmes présentés et leur mise en œuvre,
- Analyser un algorithme non étudié en cours.

---

#### **UE092 MEE - Électrotechnique 2 - MEE / Semestre S9**

**Coef 60** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 36 / 30 / 20 / -

#### **Contenu de la formation**

L'objectif de ce cours est de présenter le principe de la variation de vitesse de la machine à courant continu et des machines à courant alternatif. Ce cours introduit la modélisation en régime dynamique des machines électriques à courant alternatif (machines synchrones et machines asynchrones) ainsi que le principe de la commande vectorielle qui est utilisée pour la variation de vitesse. A cet effet, les notions de conversion d'énergie sont rappelées et la transformation de Park appliquée aux machines asynchrones et synchrones est définie. Enfin, quelques applications particulières de la variation de vitesse des machines électriques à courant alternatif sont traitées.

#### **Compétences attendues**

- Connaître le principe de variation de vitesse de la machine à courant continu
- Connaître la modélisation en régime dynamique des machines synchrones et asynchrones
- Maîtriser la transformation de Park
- Connaître le principe de l'autopilotage et de la commande vectorielle de la machine synchrone
- Connaître le principe de la commande scalaire et de la commande vectorielle de la machine asynchrone. Connaître le principe de la variation de vitesse de la machine à courant continu et des machines à courant alternatif.

---

#### **UE093 EAT - Méthodes numériques EAT - EAT / Semestre S9**

**Coef 20** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9 / 6 / 15 / -

#### **Contenu de la formation**

Cet enseignement aborde les principes généraux de l'ingénierie de la simulation et du calcul numérique. Les techniques de résolution des Equations aux Dérivées Partielles (EDP) sont présentées avec des mises en œuvre

sur les équations de Navier-Stokes, de la convection naturelle et de la propagation en géométrie complexe (volumes finis non structurés, éléments finis...). Une partie de l'enseignement s'appuie sur l'utilisation de logiciels multiphysique dans le cadre de TP-projets en relation étroite avec les thématiques abordées dans le diplôme.

#### **Compétences attendues**

- Connaître les grands concepts mis en œuvre lors de la simulation des lois physiques dans les logiciels présents sur le marché ;
- Réaliser des codes mettant en œuvre des méthodes numériques ;
- Evaluer la pertinence d'un résultat numérique.

---

### **UE093 EAT - Sources acoustiques et propagation - EAT / Semestre S9**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 15 / 9 / 8 / -

#### **Contenu de la formation**

Phénoménologie des sources acoustiques; Aspects temporels, fréquentiels et directionnels; mesures des sources acoustiques; Etablissement des équations de l'acoustique avec sources; Sources canoniques (Monopôles, dipôles, quadripôles); Introductions à la résolution des équations avec sources (équations intégrales); Introduction à la méthode des rayons; Application à la propagation extérieure; prise en compte des effets de réfraction atmosphériques et de diffraction par des écrans. Le programme est complété par des interventions de professionnels et illustré par des travaux pratiques.

#### **Compétences attendues**

- Savoir analyser et modéliser une source acoustique
- Résoudre des problèmes de propagation extérieure
- Connaître les méthodes de mesures de sources

---

### **UE093 EAT - Systèmes électroacoustiques - EAT / Semestre S9**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 6 / 6 / 8 / -

#### **Contenu de la formation**

Modélisation de l'acoustique par éléments localisés (hypothèse basse fréquence); Principes des transducteurs électroacoustiques (électrodynamique, électrostatique); Application à la modélisation des systèmes de diffusion à base de haut-parleurs; Modèle de rayonnement par piston plan; Modélisation des microphones de sonorisation et de mesure; principes de base des mesures acoustiques. Le programme est illustré par des travaux pratiques.

#### **Compétences attendues**

- Savoir analyser un système électroacoustique (haut-parleur ou microphone),
- Etre capable de concevoir une source électroacoustique,
- Connaître les principaux capteurs acoustiques et leur utilisation dans le cadre d'une chaîne de mesure.

---

### **UE093 EAT - Eclairage Naturel et Mixte - EAT / Semestre S9**

Coef 40 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 15 / 19.5 / - / 9

#### **Contenu de la formation**

Une partie cet enseignement est consacrée aux projets d'éclairage intérieur visant à coordonner l'éclairage naturel et l'éclairage artificiel dans une démarche environnementale (utilisation de systèmes de commandes de gestion technique du bâtiment). Les notions de facteur de lumière du jour (FLJ), d'autonomie en lumière naturelle, de protections solaires sont abordées. La Réglementation Thermique est présentée du point de vue de l'éclairage. L'ergonomie visuelle appliquée aux postes de travail est introduite ainsi que les normes et textes réglementaires relatifs à l'éclairage des lieux de travail. Le programme est illustré par des séances de projet au

cours desquelles les élèves réalisent des mesures in-situ de FLJ qu'ils confrontent à des simulations numériques d'éclairage naturel en utilisant des logiciels classiques de bureaux d'étude (ex Dialux, DialuxEvo, Relux, Dial+). Une deuxième partie concerne l'éclairage muséographique et scénique : éclairage comme facteur d'interprétation des œuvres exposées (moyen d'expression), confort et bien être des visiteurs (élément d'ergonomie visuelle), facteur de dégradation sur un grand nombre de matériaux. Des visites commentées d'un musée et d'un théâtre sont organisées pour illustration. Une dernière partie est dédiée à l'éclairage sportif et des grands espaces et vient compléter la formation en éclairage (intérieur et extérieur) : éclairage pour assurer de bonnes conditions visuelles tant au niveau des parties en présence sur l'aire de sport, qu'au niveau des spectateurs et des médias.

### **Compétences attendues**

Être capable d'établir un cahier des charges et proposer des solutions techniques concernant:

- l'éclairage intérieur des bâtiments (éclairage naturel, contraintes énergétiques, réglementation thermique en vigueur, environnement, conditions de travail des usagers, normes et labels),
- l'éclairage muséographique (musée, exposition, ...) en utilisant l'outil lumière comme moyen de communication et de mise en scène,
- l'éclairage sportif.

---

### **UE93 EI/H2 - Analyse énergétique - EI/H2 / Semestre S9**

Coef 35 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 13.5 / 6 / - / 24.5

#### **Contenu de la formation**

*Il s'agit de donner ici les bases de l'analyse énergétique. En effet, les combustibles fossiles fournissent à l'humanité, depuis environ deux siècles, de l'énergie bon marché et concentrée. Cela a permis d'atteindre, pour la majorité des habitants, un niveau de vie encore jamais égalé dans le passé. Ces richesses fossiles sont toutefois finies, donc épuisables, et leur utilisation massive rejette du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), ce qui accroît l'effet de serre et contribue au réchauffement climatique. L'humanité est confrontée aujourd'hui à un défi énergétique qui consiste, d'une part à réduire ses émissions de CO<sub>2</sub>, d'autre part à substituer progressivement les combustibles fossiles par des sources d'énergie durables et décarbonées comme les énergies renouvelables ou le nucléaire. Il va aussi falloir être plus sobre et utiliser plus efficacement l'énergie.*

*Ce module est organisé en deux parties. La première complète le module de première année et revient sur l'état des lieux des ressources énergétiques disponibles dans le monde (sources primaires d'énergie : situation actuelle et tendances ; énergies fossiles et renouvelables ; géopolitique de l'énergie) et de la consommation d'énergie (par secteurs industriels, par vecteurs énergétiques, par pays...).*

*Forts de ces connaissances, l'objectif de ce module est de contribuer à faire progresser la prise de conscience pour améliorer l'efficacité énergétique dans l'industrie au regard de nombreux facteurs et enjeux : techniques, économiques, réglementaires, managériaux, sociaux, environnementaux ... Il s'agit de donner les outils utiles et indispensables à l'ingénieur énergéticien pour savoir effectuer des analyses énergétiques pertinentes, évaluer des ordres de grandeurs cohérents, et proposer des solutions réalisables et efficaces. Pour cela, le cours revient sur des principes et des orientations générales, introduit des concepts et outils (CEE, cycle de vie...) ainsi que la méthodologie des audits énergétiques dans l'industrie et les bénéfices pour l'entreprise de s'engager dans une démarche de management de l'énergie (SME...). Tous les secteurs industriels peuvent faire l'objet d'un telle démarche : l'un d'entre eux sera abordé dans le cadre d'un projet tuteuré important dans la formation. Pour atteindre cet objectif dans le cas d'un site industriel, il est nécessaire de comprendre les étapes des procédés, de cartographier et quantifier les consommations et leurs évolutions dans le temps, pour optimiser in fine le rapport, corrigé de facteurs non maîtrisables (conditions météorologiques...) entre l'énergie consommée et la production réalisée. Pour chaque environnement métier, des indicateurs pertinents doivent être définis, caractérisant de façon détaillée cet objectif global. Des conférences réalisées par des professionnels du domaine (CEE, efficacité énergétique) viennent compléter la formation.*

### **Compétences attendues**

- Comprendre et identifier les enjeux techniques, économiques, scientifiques et environnementaux liés au domaine de l'énergie,

- Connaître les outils de l'analyse énergétique, du management de l'énergie (SME, CEE, Bilan Carbone, empreinte carbone, empreinte écologique...),
- Savoir réaliser une analyse énergétique en milieu industriel efficace : audit énergétique, analyse pertinente des indicateurs, plans de comptage, évaluation des consommations par poste, par zone type, par activité, performances, plan de préconisations pertinent.

---

### **UE93 EI/H2 - Transferts thermiques avec changement de phase - EI/H2 / Semestre S9**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 16.5 / 18 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Après une introduction générale et la mise en évidence de l'intérêt de cette problématique (exemples d'application: stockage thermique, matériaux d'interface, dépôt métallique, fusion au cœur d'un réacteur, congélation en milieu dispersé. . .), le cours se divise en 2 thèmes : changement de phase et systèmes diphasiques.*

*En ce qui concerne la première partie, elle comprend 4 chapitres : 1- analyse des transferts par solidification/fusion : aspects fondamentaux, notion d'interface mobile, changement d'état avec transfert purement conductif ou couplage conduction/convection, solidification des mélanges multicomposants; 2- ébullition : conditions limites à l'interface, propriétés thermophysiques et nombres adimensionnels propres à l'ébullition (Jacob, Bond, Weber), modes d'ébullition (en vase, en convection forcée externe, en convection forcée interne, écoulement diphasique) ; 3-condensation: différentes configurations et modes de condensation : surface, volume, gouttes, jets, brouillard...; condensation en film sur plaque plane verticale en régime laminaire (théorie, modèle simplifiée de Nusselt), extension aux régimes ondulant et turbulent, condensation sur des systèmes radicaux : sphère ou tube, condensation en film dans des tuyaux horizontaux (application aux échangeurs), condensation en gouttelettes. En complément, le quatrième chapitre aborde les matériaux à changement de phase (nature, fabrication, intérêt, performances, utilisation, densité énergétique ...). Une dernière partie aborde les notions de stockage thermique (froid, chaud) les techniques de mises en oeuvre et leurs performances.*

*La seconde partie du cours concerne les systèmes diphasiques (boucles, caloducs, thermosiphon, boucles à pompage capillaire...) dont les applications portent en particulier sur le domaine du refroidissement en électronique de puissance. L'intérêt de tels systèmes est mis en évidence au travers notamment de la notion de densité de flux.*

#### **Compétences attendues**

- Savoir identifier les problèmes industriels faisant intervenir des mécanismes de transfert de chaleur avec changements d'état ou des changements de phase,
- Etre apte à qualifier les mécanismes lors d'un changement d'état, et quantifier les transferts de chaleur qui lui sont associés (ébullition, condensation, évaporation, solidification, fusion...),
- Savoir évaluer des ordres de grandeurs des transferts thermiques mis en jeu (puissance, densité de flux) et les limites de fonctionnement des systèmes.
- Pouvoir résoudre par différentes méthodes (analytiques, numériques, ...) des problèmes complexes faisant intervenir ces phénomènes.

---

### **UE93 EI/H2 - Projet Utilisation Rationnelle de l'Energie - EI/H2 / Semestre S9**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / - / 22

#### **Contenu de la formation**

*Par groupe de deux ou trois, les élèves réalisent une synthèse bibliographique autour d'un thème lié à l'utilisation rationnelle de l'énergie. Le sujet de projet est proposé, défini et encadré par des enseignants de l'école, en relation avec le milieu industriel ou de la recherche appliquée. Cette synthèse fait l'objet d'un mémoire écrit et d'un exposé oral.*

#### **Compétences attendues**

- Savoir conduire une recherche bibliographique en rapport avec un thème scientifique ou technique en trouvant des articles pertinents sur un sujet d'intérêt pour un ingénieur, à travers des bases de données universitaires, traditionnelles ou sur internet,
- Savoir mettre en oeuvre une veille technologique ou réglementaire,
- Rédiger un rapport de synthèse sur un sujet proposé à partir d'une recherche bibliographique comprenant au minimum 15 articles dans des revues scientifiques à comité de lecture,
- Savoir restituer par une présentation multimédia le travail de synthèse réalisé,
- Augmenter sa capacité d'expression et son argumentation à l'oral sur un sujet scientifique ou technique.
- Maîtriser les outils nécessaires à la maîtrise de la communication et de l'information scientifique.

---

### **UE093 EI/H2 - Mécanique des fluides / Transferts turbulents - EI/H2 / Semestre S9**

**Coef 20** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 12 / 12 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Pour compléter l'enseignement de mécanique des fluides en régime turbulent, on se propose d'étudier dans ce module les transferts en régime turbulent sur un plan théorique et applicatif. Le cours aborde donc : les panaches thermiques turbulents, les écoulements turbulents libres en convection forcée, les transferts turbulents dans des écoulements pariétaux. Sur le plan de la modélisation, les modèles de turbulence plus évolués et la prise en compte des effets thermiques sont présentés en détails, en mettant en avant leurs avantages et leurs inconvénients (stabilité, temps de calcul, précision. . .).*

#### **Compétences attendues**

- Faire un dimensionnement des transferts de chaleur générés par un écoulement turbulent en utilisant les lois de bilan,
- Analyser le rôle de la turbulence sur ces transferts, connaître les différentes classes de modèle statistiques (RANS), les hypothèses simplificatrices sous-jacentes, leurs avantages et inconvénients,
- Comprendre les mécanismes physiques qui pilotent l'évolution de la turbulence et les raisonnements conduisant à leur modélisation,
- Comprendre la démarche de modélisation (contraintes physiques et mathématiques) des flux de chaleur turbulents et de leurs équations de transport.

---

### **UE093 MEE - Méthodes de commande 2 - MEE / Semestre S9**

**Coef 40** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 30.5 / 22 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Commande et estimation optimale : ce cours présente les bases théoriques de l'estimation et de la commande optimale en se focalisant plus précisément sur les systèmes linéaires multivariables. Afin d'introduire ce cas particulier d'une théorie plus générale, le cours porte, dans un premier temps, sur la commande optimale telle qu'elle a initialement été posée. Cette approche permet de mettre en évidence les principaux outils mathématiques utilisés par la théorie du calcul variationnel et d'introduire des conditions nécessaires et suffisantes d'optimalité. Le problème de commande des systèmes linéaires est ensuite considéré sous l'hypothèse d'un vecteur d'état complètement mesuré dans un contexte déterministe. Le problème d'observation et d'estimation du vecteur d'état dans un contexte stochastique est ensuite traité. Les filtres de Kalman discrets puis continus sont plus précisément présentés. Finalement, la commande linéaire quadratique gaussienne est étudiée.*

*Commande prédictive : ce cours présente les bases théoriques de la commande prédictive. Après avoir introduit les notions préliminaires nécessaires à la mise en oeuvre de cette techniques, le cours définit les quatre principes sur lesquels elle repose à savoir le modèle interne, la trajectoire de référence, le calcul de l'algorithmique de commande et la notion d'auto-compensateur. La mise en oeuvre de la commande prédictive est étudiée, en particulier la détermination d'une solution explicite, la prise en compte des contraintes dans la loi de commande, l'obtention d'une solution implicite, le régulateur linéaire équivalent, les propriétés de réglage qui repose les critères de performance, de stabilité et le compromis performance/robustesse. Le deuxième volet du cours traite la modélisation système (cycle en V, démarche de modélisation, décomposition*

hiérarchique d'un système, les différentes représentations d'un système physique, la simulation numérique, la validation, ...).

Application de l'automatique en génie électrique : ce cours porte sur le contrôle de l'énergie sur les réseaux électriques et présente en particulier la modélisation et la commande de FACTS (Flexible Alternative Current Transmission System) pour les réseaux électriques.

#### **Compétences attendues**

- Synthétiser un observateur de Luenberger (ordre minimal) ou d'ordre plein (Kalman),
- Combiner les méthodes de placement de pôles et d'observateur d'ordre plein afin de proposer une loi de commande sous forme retour de sortie,
- Poser un problème de commande quadratique, c.-à-d. préciser la forme de la fonction coût à minimiser correspondant au problème de commande considéré,
- Résoudre les problèmes de commande LQ à horizon fini et infini en utilisant les équations différentielles et algébriques de Riccati,
- Construire un filtre de Kalman en temps discret et continu,
- Connaître les principes de base d'une commande prédictive par modèle, mettre en œuvre cette technique sur des exemples académiques, régler ses paramètres au moins dans le cas nominal, situer la méthode par rapport aux autres méthodes de contrôle/commande, appliquer ces démarches en simulation numérique.

---

#### **UE093 MEE - Commande pour Robotique Mobile (projet) - MEE / Semestre S9**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / - / 24

#### **Contenu de la formation**

Nous cherchons, dans ce module, à introduire des concepts théoriques de l'automatique en passant par le monde ludique des robots mobiles construits grâce aux kits LEGO® MINDSTORMS® EV3. Pour cela, nous serons amenés à programmer en utilisant le langage de programmation Python et à résoudre des petits challenges que nos robots mobiles devront relever. Ce module est possible grâce à la mise en commun du matériel disponible entre l'IUT, l'ENSIP et le laboratoire LIAS.

#### **Compétences attendues**

- Modéliser le processus à piloter et estimer ses paramètres,
- Mettre en œuvre en simulation différents schémas de commande de ce système,
- Implanter ces lois de commande sur le système à l'aide d'un logiciel de prototypage rapide.

---

#### **UE093 MEE - Électronique de puissance 2 - MEE / Semestre S9**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 23 / 14 / 12 / -

#### **Contenu de la formation**

L'objectif de ce cours est d'étudier les convertisseurs DC/AC mono et triphasés avec les différentes stratégies de commande des semi-conducteurs, les convertisseurs AC/AC et les alimentations à découpages quasi-résonantes.

#### **Compétences attendues**

- Connaître le principe de fonctionnement des montages DC/AC et AC/AC
- Savoir tracer la forme d'ondes des courants et tensions de sortie des montages DC/AC et AC/AC et savoir déterminer leurs grandeurs caractéristiques
- Connaître le principe de fonctionnement des alimentations à découpage quasi-résonantes.

---

#### **UE096 EAT - Acoustique des salles - EAT / Semestre S9**

Coef 45 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 20 / 18.5 / 16 / -

#### **Contenu de la formation**

Ce cours aborde l'acoustique des salles en présentant les approches ondulatoire, géométrique et statistique. On définit les notions de champ diffus, de temps de réverbération, de champ direct / champ réverbéré. Un des objectifs est également de comprendre les effets de la réverbération sur l'intelligibilité et le confort d'écoute. On présente les critères de qualité des salles basés sur la réponse impulsionnelle ou l'échogramme ainsi que le Speech Transmission Index. On aborde également les salles couplées. Ce programme est illustré par quatre travaux pratiques portant sur : la transparence acoustique d'éléments de construction, la mesure du coefficient d'absorption en incidence diffuse, la décroissance du niveau de pression acoustique émis par une source dans un local, l'étude d'une salle polyvalente à l'aide d'un logiciel de lancer de rayon.

#### **Compétences attendues**

Etre capable d'aborder un problème d'acoustique des salles

---

#### **UE096 EAT - Architecture - EAT / Semestre S9**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9 / 9 / - / -

#### **Contenu de la formation**

Ce cours apporte une série de repères fondamentaux relatifs à la culture architecturale afin de permettre aux étudiants de comprendre et se situer dans le futur jeu des acteurs de la construction. Le but est la compréhension des mutations des pratiques en cours dans le domaine de l'environnement bâti; la compréhension des solutions techniques et architecturales retenues; la compréhension des enjeux auxquels sont confrontés les professionnels de l'architecture. Le cours est décomposé selon 6 ateliers : Histoire de l'architecture, L'architecte et les métiers de l'architecture, Les étapes d'un projet (étude de cas), Vie d'un projet, Projeter et construire : un travail d'équipe, La réalisation. Une visite de projets réalisés ou en cours de réalisation complète le cours.

#### **Compétences attendues**

- Etre capable de donner les grands repères de l'architecture et ce qui les caractérisent,
  - Savoir identifier les différentes phases d'un projet architectural,
  - Etre capable de situer le rôle de l'ingénieur dans un projet architectural.
- 

#### **UE096 EAT - Objets et bâtiments communicants - EAT / Semestre S9**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 8 / 5.5 / - / -

#### **Contenu de la formation**

Héritage de la domotique, la gestion intelligente des bâtiments a pris son envol grâce aux récentes innovations technologiques : capteurs communicants, compteurs intelligents, monitoring énergétique, smart grids, etc. Elle permet notamment de contrôler, fonction des besoins et contextes d'utilisation du bâtiment, éclairage, chauffage/climatisation, ouverture/fermeture des ouvrants, alimentation en énergie de certains équipements, etc. Le but de cet enseignement est de donner aux étudiants d'une part des notions liées aux différents protocoles qui permettent la communication entre les différents composants du réseau et d'autre part de les sensibiliser aux problèmes de sécurité réseau. Le cours est complété par une intervention d'un professionnel.

#### **Compétences attendues**

- Savoir identifier les différents éléments d'une gestion centralisée d'un bâtiment ou d'un réseau d'éclairage public,
  - Connaître les différents protocoles de communication.
- 

#### **UE096 EAT - Option 1: Aéroacoustique - EAT / Semestre S9**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 15.5 / 15.5 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Introduction et exemples de sources de bruit d'écoulement - Propagation des ondes en écoulement, Equations d'Euler Linéarisées, - Propagation guidée en écoulement, matériaux absorbants, effet de singularité - Bruit d'un écoulement turbulent : analogie de Lighthill, loi en puissance du bruit d'un jet libre et en conduite - Effet de parois : analogie de Fowcs-Williams et Hawkings - Approche tourbillonnaire et potentiel acoustique. Des compléments applicatifs porteront plus spécifiquement sur les bruit des ventilateurs, les silencieux industriels, la simulation numérique, ... (intervenants extérieurs).*

#### **Compétences attendues**

- Appréhender les problématiques de base en aéroacoustique appliquée aux secteurs du bâtiment (bruit des systèmes de conditionnement d'air, des écoulements autour des bâtiments), des transports, etc,
- Maitriser les notions physiques et les outils quantitatifs élémentaires en aéroacoustique.

---

#### **UE096 EAT - Option 2: Apparence des matériaux - EAT / Semestre S9**

**Coef 25** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 17 / 14 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Ce cours se propose de relier les propriétés optiques intrinsèques des matériaux (indice de réfraction complexe) à leur apparence (couleur, brillant, translucidité). En adoptant une approche d'abord électromagnétique puis radiométrique, la première partie est consacrée aux interactions lumière/matière aux interfaces (réflexion, réfraction et diffusion de surface) et dans le volume du matériau (absorption et diffusion de volume). Dans un second temps, les étudiants doivent mener puis présenter un projet original et individuel sur les propriétés optiques ou des effets visuels de matériaux (fabrication, caractérisation de l'apparence, modélisation prédictive, synthèse d'images, expérience psycho-visuelle, ...).*

*Le programme est complété par des interventions de professionnels portant sur la valorisation de l'espace urbain (mise en place de schéma directeur d'aménagement lumière et de plan lumière) et la mise en lumière ainsi que sur la simulation numérique de scènes d'éclairage.*

#### **Compétences attendues**

- Savoir décrire les concepts généraux pour simuler des scènes d'éclairage de manière réaliste;
- Etre capable de d'expliquer une large gamme d'effets visuels (reflets vitreux ou métalliques, translucidité, brillant, iridescence, fluorescence, effet de la polarisation, ...);
- Etre capable de qualifier et de quantifier l'apparence visuelle des matériaux éclairés.

---

#### **UE096 EAT - Urbanisme - EAT / Semestre S9**

**Coef 10** - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 4.5 / 4.5 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*L'objectif de ce cours est de sensibiliser les futurs ingénieurs à l'urbanisme et l'aménagement du territoire (métiers, situations, enjeux, acteurs, outils).*

*- Apport théorique pour mieux cerner l'urbanisme et l'aménagement et en dégager les grands enjeux : Définition de l'urbanisme, de ses métiers. Les différentes échelles de l'urbanisme et de l'aménagement. Les acteurs et le management d'un projet d'aménagement. Les enjeux (modernes) de l'urbanisme ( Développement/renouvellement de la ville et de ses équipements ; Equilibre social de l'habitat ; Organisation urbaine et émissions de GES).*

*- Travail en atelier pour approcher l'enjeu essentiel de densification du tissu urbain, de façon concrète : Stratégie de localisation des ménages, Stratégie de densification d'un quartier pavillonnaire.*

#### **Compétences attendues**

- Etre capable de comprendre des éléments pratiques de l'urbanisme
- Etre capable d'identifier les principaux enjeux de l'urbanisme aujourd'hui d'une part et les principaux enjeux en matière de logement social en France d'autre part.

### **UE096 EI - Energie Nucléaire & Sécurité - EI / Semestre S9**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 18 / 12 / - / 3

#### **Contenu de la formation**

*Ce module est divisé en deux parties. La première a pour objectif de donner aux élèves ingénieurs les moyens de comprendre les étapes de la production d'énergie nucléaire : mécanismes de la radioactivité, radioactivités dans l'environnement et effets sur le vivant, fonctionnement d'un réacteur, liens de l'énergie nucléaire, sécurité des réacteurs, amont du cycle du combustible (gisement et enrichissement), aval du cycle du combustible (traitement et enfouissement) ; réacteurs du futur, réacteur de 4<sup>e</sup> génération. La seconde partie du module est plutôt orientée sécurité incendie dans le domaine nucléaire. L'objectif de cette formation consiste à améliorer la connaissance de base en termes de sécurité-incendie des installations industrielles (entrepôt, tunnel, aéroport, bâtiment, système de ventilation. . .) et plus particulièrement dans le secteur nucléaire. Elle est assurée par des spécialistes dans le domaine (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire IRSN et CNRS) à la fois sur les aspects expérimentaux et de modélisation. Il s'agit de décrire les phénomènes physiques rencontrés lors d'un incendie compartimenté, présenter les approches expérimentales et les outils de prédiction et de simulation. Elle est complétée par une présentation de codes adaptés à ce type de problématique. Cet enseignement fait l'objet de conférences et d'un projet à l'aide d'un code de champ FDS (Fire Dynamics Simulator).*

#### **Compétences attendues**

- Connaître les principes et les technologies actuelles et en devenir de production d'énergie nucléaire,
- Savoir identifier et analyser les risques incendie en milieu industriel sévère de type nucléaire,
- Savoir utiliser un code à champ pour simuler le développement potentiel d'un incendie.

---

### **UE096 EI - Echangeur de chaleur - Optimisation - EI / Semestre S9**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 7.5 / 18.5 / - / 4

#### **Contenu de la formation**

*Ce module vient en complément du module général présenté aux élèves de 2<sup>ème</sup> année du diplôme Energie. La première partie reprend très brièvement les éléments du premier module « Echangeurs » et apporte des compléments : identification des architectures et complexité des échangeurs industriels ; dimensionnement et performances des échangeurs monophasiques (DTLM, NUT, efficacité). Ces notions sont ici étendues aux structures complexes des échangeurs à courant croisés (DTLM modifiée, NUT, efficacité, coefficient d'échange global) en mode X, U, Z, à fluides multiples ...*

*La grande partie de ce module est surtout consacrée à l'optimisation d'un échangeur de chaleur et aux moyens de contribuer à l'intensification des échanges : géométrie, matériaux, écoulement, encrassement. Les réseaux d'échangeurs sont aussi approfondis : généralités, réseaux maillés (application aux échangeurs tubulaires), notions sur les réseaux à courants multiples (application au circuit de chauffage en cogénération, dans le domaine nucléaire. . .) ; échangeurs à courants croisés multiples, réseaux d'échangeurs. Enfin la dernière partie de ce cours aborde les échangeurs à changement de phase : principe, évaporateurs, condenseurs, caloducs, boucles diphasiques s'appuyant sur le module précédent. De nombreuses études de cas viennent à l'appui des cours théoriques. La formation est complétée par des conférences de spécialistes du domaine (GRETH, industrie, recherche) et se traduit par un projet de dimensionnement et d'optimisation est proposé par groupe aux élèves dans le domaine de la récupération de chaleur fatale par l'intermédiaire d'un outil industriel collaboratif (EchTherm). Enfin, la notion de pincement est présentée et illustrée sur différents cas, puis mise en application avec le logiciel Thermoptim sur des cas industriels réels.*

#### **Compétences attendues**

- Identifier les différentes topologies d'échangeurs thermiques ou de réseaux d'échangeurs,
- Etre apte à effectuer le choix et les dimensionnements d'échangeurs compatibles et adaptés au secteur industriel visé,
- Savoir proposer et mener à bien une procédure d'optimisation technique et énergétique d'échangeurs thermiques,

- Savoir utiliser les outils de modélisation adaptés.

---

---

### **UE096 EI - Méthodes Inverses et estimation de paramètres - EI / Semestre S10**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 7.5 / 7.5 / - / 12

#### **Contenu de la formation**

*Ce cours est une introduction aux méthodes mathématiques utilisées pour résoudre des problèmes inverses (détermination de conditions aux limites par exemple) ou identifier des paramètres (estimation d'une conductivité thermique par exemple). Après une courte séquence de sensibilisation au phénomène d'amplification du bruit expérimental induit par ces techniques d'inversion, la problématique de l'estimation de paramètres par la méthode des moindres carrés est abordée, dans des problèmes d'abord linéaires puis non-linéaires. Dans les deux cas, l'impact du bruit expérimental sur les propriétés statistiques (domaines de confiance) des paramètres estimés est étudié de manière théorique. Enfin, quelques techniques de régularisation des solutions de problèmes inverses mal posés sont présentées : troncature de la SVD d'une part, et régularisations de Tikhonov d'autre part. Cet enseignement se conclut par une activité de projet numérique qui permet aux étudiants de mettre en application les notions vues en cours et de traiter un cas concret d'estimation de paramètre (identification d'une diffusivité thermique à partir d'un thermogramme "flash").*

#### **Compétences attendues**

- Connaître les notions de problème inverse, de problème d'estimation de paramètre, de problème bien ou mal posé, et de matrice bien ou mal conditionnée.
- Connaître quelques théories et techniques numériques permettant de résoudre ces problèmes et de quantifier les incertitudes associées.
- Savoir réaliser un projet numérique : écriture d'un programme (Matlab ou Python) d'estimation d'un paramètre physique et de son incertitude associée à partir d'un signal expérimental réel.

---

---

### **UE096 EI - Combustion en milieu industriel - EI / Semestre S9**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9 / 12 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Ce cours permet de constituer une base de connaissance sur la complexité conjuguée du système réactif, liée au couplage entre les nombreux paramètres, mettant en jeu des aspects chimiques, thermiques et de dynamiques des fluides. Le phénomène de combustion étant complexe, les premier et second principes seront rappelés, permettant de tenir compte de la réaction chimique complète et de l'équilibre chimique. Le concept de deux scalaires passifs, telles que la fraction de mélange et l'enthalpie totale du mélange est posé, permettant la description d'une flamme de diffusion. L'application pratique concerne les longueurs de flamme des brûleurs pour les tubes circulaires et les fentes. Elle concerne aussi la vitesse de combustion des gouttes de combustible, le rayon de la flamme ou encore la température de la flamme dans la chambre de combustion des turboréacteurs et des turbines à combustible liquide. Ces phénomènes de combustion allient, d'une part, l'aspect de la cinétique chimique, et d'autre part, l'aspect thermodynamique (transfert de chaleur et de masse entre les gouttes et la flamme).*

#### **Compétences attendues**

- Acquérir les outils de compréhension, de modélisation et de métrologie adaptés aux écoulements réactifs turbulents et souvent très complexes,
- Quantifier les effets thermiques, chimiques et dynamiques des écoulements réactifs en milieu industriel,
- Procéder à une optimisation de brûleurs industriels réels (espèces rejetées, énergie produite).

---

---

### **UE096 EI - Energie Eolienne (approfondissements) - EI / Semestre S9**

Coef 10 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 1.5 / 1.5 / - / 12

### Contenu de la formation

Ce second module relatif à l'énergie éolienne permet d'approfondir les notions et les connaissances acquises dans le module général. Deux directions sont évoquées : l'aérodynamique d'une éolienne et l'évaluation de la production. Pour le premier point, l'aérodynamique de l'éolienne est décrite avec précision : disque moteur, ligne portante, interaction vide/structure, aéroacoustique. . . Pour le second point, l'évaluation des ressources nécessite : de réaliser une évaluation du vent, de modéliser une éolienne, d'évaluer la ressource à partir d'un logiciel type Wasp. Le cours fait l'objet de présentation des modèles, et est complété par de la modélisation numérique, des applications pratiques sur banc, ainsi que des conférences sur le petit éolien par un spécialiste dans le domaine.

### Compétences attendues

- Avoir la culture nécessaire pour savoir dimensionner une éolienne (aspect aérodynamique),
- Savoir évaluer la production électrique issue du fonctionnement de l'éolienne,
- Savoir utiliser les outils de modélisation adaptés à cette problématique énergétique.

---

### **UE096 H2 - Matériaux et ressources - H2 / Semestre S9**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 9.5 / 5.5 / - / 10

### Contenu de la formation

Ce projet est dédié à l'étude et l'approfondissement des bases en électrochimie et chimie des matériaux. Un focus est effectué sur l'analyse de cycle de vie des matériaux stratégiques et un projet bibliographique est proposé pour étudier les nouveaux matériaux pour les piles et électrolyseurs et stockage d'H2.

### Compétences attendues

- Etudier l'électrochimie et introduction à la chimie des matériaux,
- Analyser le Cycle de Vie des matériaux stratégiques,
- Développer un état de l'art sur les nouveaux matériaux pour les piles et électrolyseurs et stockage.

---

### **UE096 H2 - Vecteur H2: application Transport - H2 / Semestre S9**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 3 / 3 / - / 24

### Contenu de la formation

Intervention d'un industriel avec proposition d'un cahier des charges présentant les contraintes technico-socio-économiques d'un projet à taille réelle d'une mise en place d'un vecteur H2 en application transport. Un projet de type bureau d'études est proposé et les différentes solutions sont exposées et critiquées par les étudiants.

### Compétences attendues

- Savoir analyser un cahier des charges sur un projet H2 industriel dédié au Transport,
- Dimensionner et fournir une analyse technico-économique d'un projet industriel Hydrogène.

---

### **UE096 H2 - Vecteur H2: Production et stockage - H2 / Semestre S9**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 3 / 3 / - / 24

### Contenu de la formation

Intervention d'un industriel avec proposition d'un cahier des charges présentant les contraintes technico-socio-économiques d'un projet à taille réelle d'une mise en place d'un vecteur H2 en application à la production et stockage d'H2. Un projet de type bureau d'études est proposé et les différentes solutions sont exposées et critiquées par les étudiants.

### Compétences attendues

- Savoir analyser un cahier des charges sur un projet H2 industriel dédié à la Production et au Stockage,

- Dimensionner et fournir une analyse technico-économique d'un projet industriel Hydrogène.
- 

### **UE096 H2 - Certification, sécurité et acceptabilité - H2 / Semestre S9**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 6 / 6 / - / 9

#### **Contenu de la formation**

*En collaboration avec l'entreprise Cesame-Exadebit, une formation aux normes, risques et certification est faite au sein de ce module. Une mise en application des connaissances est poursuivie sous forme de petit projet. Une composante SHS est également développée pour l'acceptabilité et l'identification des usages opportuns du vecteur H2 vis à vis de la société.*

#### **Compétences attendues**

- Développer ses connaissances en débitmétrie, certification des tests et normalisation de l'utilisation de l'hydrogène,
  - Evaluer les risques et maîtriser la sécurité H2,
  - Connaître le droit des développements et usages de l'H2, Travailler sur l'acceptabilité de l'H2,
  - Analyser/critiquer le mix énergétique actuel et futur.
- 

### **UE096 H2 - Gestion électrique des réseaux - H2 / Semestre S9**

Coef 15 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 6 / 6 / - / 9

#### **Contenu de la formation**

*La gestion intelligente des réseaux et la prise en compte de l'intermittence des énergies renouvelables sont étudiées pour permettre une maîtrise des réseaux électriques. Les problématiques d'appels de puissance, de résilience du réseau et d'injection multisources d'électricité sont abordés. La partie hybridation, lissage et stockage des énergies électriques est également étudiée.*

#### **Compétences attendues**

- Maîtriser la gestion électrique multisource du mix énergétique et de son imbrication avec le vecteur H2,
  - Etudier les problématiques autour de l'intermittence, de la gestion intelligente et des appels de puissances des réseaux électriques.
- 

### **UE096 MEE - Gestion et qualité de l'énergie électrique - MEE / Semestre S9**

Coef 30 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 19.5 / 12 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Le module du cours est divisé en deux parties.*

*La première partie consiste à analyser les transferts d'énergie qui ont lieu au sein d'un mini-réseau constitué d'un système électrique autonome comportant divers moyens de production (générateur photovoltaïque, groupe électrogène, éolienne, voire pile à combustible) et de stockages et de donner des éléments de dimensionnement de ces moyens de production et de stockage en vue d'en améliorer leur fiabilité tout en augmentant l'efficacité énergétique.*

*Après avoir introduit les principales perturbations pouvant dégrader la qualité de l'énergie électrique sur un réseau, la deuxième partie de cours s'attache à décrire les phénomènes mis en jeu et à présenter les normes et les réglementations en matière de qualité d'énergie électrique et de respect de l'environnement. Il présente enfin des solutions pour améliorer la qualité de l'énergie électrique (correction du facteur de puissance, filtrage actif, ...).*

#### **Compétences attendues**

- Connaître les différents moyens de stockage de l'énergie,
- Maîtriser le dimensionnement de ces moyens de production et de stockage,
- Connaître les stratégies de contrôle des systèmes multi-sources,

- Connaître les différentes sources de perturbations des réseaux électriques,
  - Connaître les solutions pour améliorer la continuité et la qualité de l'énergie électrique,
  - Maîtriser la normalisation en vigueur et les procédures de vérification de la qualité de l'énergie électrique.
- 

### **UE096 MEE - Automatique Industrielle - MEE / Semestre S9**

Coef 20 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / 12 / -

#### **Contenu de la formation**

*Cet enseignement, dispensé sous forme de mini-projet, permet aux étudiants de se mettre dans l'univers de l'ingénieur désirant piloter un process industriel. L'idée est d'utiliser un Automate Programmable Industriel (API) pour établir le contrôle d'un process via une boucle de rétro-action. En exploitant la documentation technique de l'API, les étudiants doivent trouver le moyen de réaliser le type d'asservissement qu'on leur propose : PI, PID ou encore commande par modèle interne.*

#### **Compétences attendues**

- Savoir effectuer le câblage des e/s de l'API avec un process
  - Savoir paramétrer les blocs de régulation interne à l'API pour asservir le process
- 

### **UE096 MEE - Réseaux locaux Industriels - MEE / Semestre S9**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 11.5 / 10 / 15 / -

#### **Contenu de la formation**

*Dans le cadre des réseaux locaux industriels, nous nous intéresserons à l'architecture des réseaux, aux supports de transmission ainsi qu'aux méthodes de transmissions de données. Seront aussi abordés les modes d'accès à ces supports et les moyens de gérer les erreurs de transmission. Enfin, nous étudierons les protocoles de communication dans les véhicules et les réseaux de terrain en milieu industriels..*

#### **Compétences attendues**

- Connaître les protocoles de communication pour le véhicule et les réseaux de terrain
- 

### **UE096 MEE - Réseaux Informatiques - MEE / Semestre S9**

Coef 25 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : 10.5 / 8.5 / 27 / -

#### **Contenu de la formation**

*Le cours sur les réseaux TCP/IP présente le modèle de référence OSI et le modèle en couches TCP/IP, ainsi que les protocoles internet (famille TCP/IP : IP, TCP, UDP,...). Les protocoles de la couche application (POP, SMTP, HTTP) sont étudiés ainsi que l'interconnexion des réseaux, le routage, la sécurité des réseaux et les méthodes de chiffrement.*

#### **Compétences attendues**

- Maîtriser la pile TCP/IP
  - Programmer des applications réseau (client ou serveur)
- 

### **UE102 - Stage 3A - ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENT / Semestre S10**

Coef 100 - Volume horaire encadré Cours / TD / TP/ Projet (h) : - / 0 / - / -

#### **Contenu de la formation**

*Stage Ingénieur 3ème année*

#### **Compétences attendues**

Acquérir de nouvelles compétences professionnelles et renforcer celles déjà acquises à l'ENSI Poitiers.