

## **S5UE1 Outils mathématiques et informatiques (6 ECTS)**

Cette UE a pour objectif d'acquérir les compétences et les connaissances sur les outils mathématiques et informatiques nécessaires au métier d'ingénieur. Les premières séances permettront d'homogénéiser les connaissances. Il s'agira ensuite de maîtriser les concepts mathématiques et numériques nécessaires au métier de l'ingénieur ainsi que de maîtriser certains langages structurés de programmation.

### **Harmonisation (Coefficient 0,5)**

**Objectif :** Le but de ce module est d'uniformiser le niveau de base en mathématiques.

**Contenu :** Algèbre linéaire, Calcul d'intégrales, calcul matriciel

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** Cours INSA Toulouse ou formation L2 scientifique

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Mathématiques (Coefficient 1)**

**Objectif :** Il s'agira ici de donner les outils de l'analyse utiles pour le traitement mathématiques de problèmes de physique/électronique

**Contenu :**

Calcul différentiel (gradient, Jacobienne, Hessienne, Laplacien, Rotationnel)

Equations différentielles et équations aux dérivées partielles se ramenant à des EDO

Systèmes différentiels et de Cauchy

Formes différentielles et intégrales curvilignes

Analyse spectrale et conditionnement de systèmes linéaires

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** Cours INSA Toulouse ou formation L2 scientifique

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Informatique (Coefficient 1)**

**Objectif :** Maîtrise les bases de l'algorithmique et la programmation impérative.

Maîtrise des bibliothèques de calcul scientifique (et des objets qui les compose)



**Contenu :** Découverte de l'environnement Linux, Programmation en python : types, boucle, conditions logiques, utilisation des modules, écriture de fonction, lecture/écriture de fichier, algorithmique, prise en main de Numpy et Matplotlib.

**Méthodes d'évaluation :** Évaluation sur machine

**Prérequis :** Cours INSA Toulouse

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## **S5UE2 : Sciences de l'ingénieur (14 ECTS)**

L'objectif est d'apporter les outils de base en thermodynamique, transferts thermiques, mécanique des fluides, mécanique du solide, électricité et électronique. En termes de compétences, il s'agit de posséder des connaissances et une compréhension approfondie des bases scientifiques et techniques dans les différentes matières abordées. A la fin de ce module, l'étudiant devra avoir compris et pourra expliquer les principaux concepts. Cela se traduit en particulier par savoir établir les bilans (matière, quantité de mouvement, énergie) dans un volume de contrôle ainsi que dans un système énergétique, de pouvoir appliquer les principes fondamentaux de l'électricité et de l'électronique au domaine de la conversion et du stockage de l'énergie électrique.

### **Thermodynamique (Coefficient 1)**

**Objectif :** Appliquer rigoureusement les principes de conservation aux systèmes ouverts afin d'analyser les procédés de conversion énergétiques.

**Contenu :**

Premier et second principes

Bilans systèmes fermés, systèmes ouverts

Bilans transitoires (masse, énergie, entropie)

Propriétés thermodynamiques des corps purs (diagrammes thermodynamiques)

Flux de matière et d'énergie dans les systèmes thermodynamiques

Application : Etude et analyse des convertisseurs énergétiques

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit, documents autorisés.

**Prérequis :** Outils mathématiques pour la physique, ...

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Transferts thermiques (Coefficient 1)**

**Objectif :** Acquérir des connaissances de base permettant de comprendre les 3 modes de transferts de la chaleur afin de modéliser des problèmes simples.

**Contenu :**

Notions générales : champs de température, énergie, puissance, flux, gradient, bilan de chaleur

Analyse dimensionnelle

Transfert par conduction : l'équation de la chaleur

Conditions aux limites : transferts convectifs, loi de Newton

Transferts radiatifs, lois fondamentales du rayonnement

**Méthode d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** Outils mathématiques pour la physique, système international d'unités.

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Mécanique des fluides (Coefficient 1)

**Objectif** : Savoir appliquer le théorème de Bernoulli et calculer des pertes de charge afin de dimensionner des pompes et des turbines dans un circuit hydraulique.

### Contenu

Statique des fluides  
Cinématique des fluides  
Fluides Newtoniens, fluide parfait  
Pertes de charge, singularités, réseaux  
Dimensionnement des pompes et des turbines

**Prérequis** : Outils mathématiques pour la physique, système international d'unités, mécanique classique

**Méthodes d'évaluation** : Contrôle écrit

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## Mécanique du solide (Coefficient 1)

**Objectif** : Acquérir la compréhension des lois de la mécanique. Maîtriser l'application des théorèmes généraux de la statique à une série de configurations de complexité croissante. Maîtriser l'application des lois de la dynamique et de l'énergétique à la tribologie.

### Contenu :

Mécanique des systèmes matériels  
Etude statique des systèmes matériels  
Etude dynamique des systèmes matériels  
Etude énergétique des systèmes matériels  
Contact entre deux solides – lois de frottement

**Méthodes d'évaluation** : Contrôle continu

**Prérequis** : Outils mathématiques pour la physique.

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## Electricité (Coefficient 1)

**Objectif** : Acquérir de bonnes bases en électrocinétique et électrotechnique, pour comprendre dimensionner et modéliser des systèmes de production électrique d'origine renouvelable

### Contenu :

Rappels des formes de l'énergie électrique  
Les régimes : monophasé, triphasé  
Production et transport de l'énergie électrique

Circuit équivalent, modélisation  
Transformateurs

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** Dipôles électriques passifs, Lois de Kirchhoff, Théorèmes fondamentaux, Maitrise du calcul Complexe

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Electronique (Coefficient 1)

**Objectif :** Acquérir des connaissances de base sur le filtrage, le redressement et la régulation d'un signal électrique ; connaître les composants fondamentaux de l'électronique.

**Contenu :**

Quadripôles : fonctions de transfert, impédance d'entrée, impédance de sortie.

Représentation de Bode, étude des filtres, filtres passifs, filtres actifs, premier et second ordre.

Composants : Diode, Transistor, Amplificateur opérationnel.

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit, sans document.

**Prérequis :** Nombres complexes, lois de Kirchhoff.

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Harmonisation 2 (Coefficient 0.5)

**Objectif :** Révision des bases d'électrocinétique et d'électrotechnique afin d'acquérir les connaissances suffisantes pour dimensionner et modéliser des systèmes de production électrique d'origine renouvelable

**Contenu :**

Révisions des formes de l'énergie électrique

Les régimes : monophasé, triphasé

Production et transport de l'énergie électrique

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit, sans document.

**Volume horaire :** 12h (TD)

## Travaux Pratiques Fondamentaux (Thermique, thermodynamique, Mécanique, Mécanique des fluides, Electricité, Electronique) (Coefficient 2)

**Objectif** : Etude et mise en œuvre d'un point de vue expérimental les concepts fondamentaux abordés dans l'UE sciences de l'ingénieur.

**Contenu** :

Mécanique des fluides (Bernoulli, Pertes de charge, Aérodynamique)

Transfert thermique conductif et radiatif

Calorimétrie

Electricité (Notion d'impédance, Résonance, Les puissances, Générateurs et récepteurs)

**Prérequis** : Principes fondamentaux étudiés dans les cours de l'UE sciences de l'ingénieur, utilisation de matériel de mesure usuels, maîtrise des outils informatiques de bases (bureautique, tableur, ...)

**Méthodes d'évaluation** : Compte rendu de TP par binôme sous format numérique

**Volume horaire** : 60 h TP (a priori on a que 36 h de TP y a t'il les projets dans les 60 h)

## **S5UE3 : Ingénierie énergétique (4 ECTS)**

L'objectif est de présenter aux élèves les enjeux actuels en matière d'énergie et d'environnement, leur montrer, à travers des exemples concrets, la logique, les moyens d'action et les technologies qui répondent de façon optimale à ces enjeux compte tenu des contraintes physiques, économiques et sociétales. L'enseignement est complété par l'analyse des différentes ressources et les modes de conversion associés.

### **Contexte énergétique et environnemental (Coefficient 1)**

**Objectif :** Il s'agit de comprendre le « système énergétique », depuis les besoins d'une société jusqu'aux produits livrés aux consommateurs, de connaître les grandes filières énergétiques et savoir analyser et décrire l'état des réserves fossiles et fissiles et les potentiels des EnR, de comprendre les facteurs agissant sur le contexte et la politique énergétique, d'acquérir les notions de bases sur les aspects économiques et environnementaux de l'exploitation des ressources énergétiques et d'acquérir des notions de développement durable et se familiariser avec une approche multidisciplinaire.

#### **Contenu :**

Introduction à l'énergie

Histoire de l'énergie

Contexte énergétique et environnemental

Energies fossiles et fissiles : charbon, pétrole, gaz, nucléaire

Aspects techniques, économiques, géopolitiques et environnementaux

Energies renouvelables : solaire, éolien, hydraulique et marin, biomasse et déchets, géothermie

Aspects techniques, économiques, politiques et environnementaux

Analyse de scénarios énergétiques

Bilans et perspectives

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Sources d'énergie et modes de conversion 1 (Coefficient 1)**

**Objectif :** Il s'agit d'acquérir une connaissance "exhaustive" du rayonnement solaire, de sa transmission de la photosphère à la surface terrestre, de sa réception par une surface, et d'avoir un premier contact avec les grandes catégories de procédés solaires déclinées à partir de la gamme spectrale utilisée.

#### **Contenu :**

Ressource solaire, le soleil notre étoile, caractéristiques du rayonnement solaire, influence de l'atmosphère terrestre et du positionnement terre/soleil, mesure et estimation du gisement, les grandes voies d'utilisation du rayonnement solaire, focus sur les capteurs à concentration, conclusion.

Ressource éolienne, origine du vent, variabilité du vent, profil de vitesse, distribution de probabilité de vitesse (distribution de Weibull), théorie de Betz, potentiel éolien d'un site, principe aérodynamique (portance, traînée...)

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### Projet technologique (Coefficient 1)

**Objectif :** Mise en œuvre dans le cadre d'un travail de groupe des concepts fondamentaux abordés dans l'ensemble de la formation pour répondre à une problématique proposée par un membre de l'équipe pédagogique, ou un organisme extérieur (entreprise, collectivité territoriale, association...).

**Contenu :**

Présentation des projets

Réalisation des projets par les étudiants avec le soutien de l'équipe pédagogique

Rédaction des rapports et soutenances orales

**Prérequis :** Principes fondamentaux étudiés dans les cours de l'UE sciences de l'ingénieur, maîtrise des outils informatiques de bases (bureautique, tableur, ...)

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit et soutenance orale en fin d'année (évaluation de la capacité à mettre en œuvre un protocole expérimental)

**Volume horaire :** 12h (encadrées), 80h (perso)

## **S5UE4 : Culture de l'ingénieur (6 ECTS)**

L'objectif est de comprendre les enjeux économiques, sociaux, humains et juridiques des entreprises dans lesquelles les élèves ingénieurs vont travailler. En termes de compétences, il s'agit de savoir mobiliser les concepts et maîtriser les instruments et mécanismes économiques et financiers fondamentaux, de saisir les enjeux de l'environnement économique des entreprises, d'être capable de communiquer en anglais (Niveau B2), de maîtriser les bases d'une seconde langue.

### **Environnement économique des entreprises (Coefficient 1)**

**Objectif :** Comprendre les différents facteurs pouvant influencer le rendement d'une entreprise

**Contenu :**

Notions d'entreprise et d'environnement économique,  
L'entreprise comme un système en interaction avec son environnement  
Logiques de l'entreprise en tant que producteur  
Contexte et stratégies liés au développement durable

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Anglais (Coefficient 1)**

**Objectif :** Perfectionner son anglais

**Contenu :**

Compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale, l'expression écrite et interaction orale. Une attention particulière est portée sur l'interaction orale et sur l'expression écrite.

Suite à une analyse de besoins, le contenu du cours, linguistique et civilisationnel, est arrêté en fonction du niveau, de l'intérêt, des besoins des élèves et est axé vers la réalisation d'une présentation orale en lien avec un projet professionnel.

Interaction orale ; Débats autour de projets interculturels.

Expression orale, présentation orale des projets

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit et oral

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Langue vivante 2 (Coefficient 1)

**Objectif :** Apprendre une autre langue que l'anglais (Espagnol, Chinois, Allemand)

**Contenu :**

Au choix : espagnol, allemand, chinois

Compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale, l'expression écrite et interaction orale. Une attention particulière est portée sur l'interaction orale et sur l'expression écrite.

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit et oral

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## **S6UE1 : Outils mathématiques et informatiques (6 ECTS)**

Cette UE a pour objectif d'approfondir les connaissances abordées au précédent semestre. Il s'agit d'acquérir les concepts mathématiques et numériques nécessaires à la résolution de problèmes. L'étudiant doit être capable de modéliser mathématiquement et numériquement un problème, ainsi que de mettre en œuvre les méthodes de résolution adaptées.

### **Mathématiques (Coefficient 1)**

**Objectif :** Le thème développé dans ce module est l'optimisation, de la modélisation de problème à la résolution numérique, en passant par les résultats d'existence et d'unicité et les conditions d'optimalité (formulation Karush-Kuhn-Tucker)

**Contenu :**

Modélisation de problèmes d'optimisation, vocabulaire

Optimisation sans contrainte (existence, unicité, conditions nécessaires et/ou suffisantes d'optimalité)

Optimisation avec contraintes (Existence et unicité, conditions nécessaires et/ou suffisantes d'optimalité)

Résolution numérique (utilisation de bibliothèques)

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** Connaissances en calcul différentiel (Mathématiques du S5UE1)

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Outils numériques (Coefficient 1)**

**Objectif :**

- Connaissances générales sur les méthodes numériques
- Mise en place d'une démarche de résolution différences finies pour des problèmes de transferts 1D ou 2D stationnaire ou instationnaire
- Savoir discuter la pertinence d'un schéma numérique pour un problème donné
- Implémentation numérique d'un algorithme de résolution

**Contenu :**

- Introduction et généralité sur les méthodes numériques
- Différences finies et étapes de résolution
- Problème 1D et 2D stationnaire et transitoire
- Notion de stabilité, consistance et convergence d'un schéma

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit + projet numérique

**Prérequis :** aucun

- Base d'analyse mathématique : série de Taylor, calcul différentiel
- Base de programmation informatique : écrire un programme simple en langage python

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## **Programmation informatique (Coefficient 1)**

**Objectif** : Connaissance des stratégies de conception de programmes orientés objets. Maîtrise des outils d'implémentation de Programme Orienté Objet en langage Python.

**Contenu** :

Programmation orienté objet, mise en pratique de méthode d'analyse numérique : résolution d'équations différentielles, analyse de données expérimentales, Introduction à l'impact environnemental du numérique

**Méthodes d'évaluation** : Évaluation sur machine

**Prérequis** : Cours d'Informatique TIEN1IN1

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## **S6UE2 : Sciences de l'ingénieur (14 ECTS)**

L'objectif est d'approfondir la thermodynamique en abordant ses applications aux machines, la thermique appliquée à différents secteurs, la mécanique des fluides, l'électricité appliquée aux machines, d'apporter les outils de base de la science des matériaux et de l'électronique de puissance. Enfin, les travaux pratiques doivent conduire à la maîtrise d'un point de vue expérimental des principaux phénomènes rencontrés dans les domaines de l'énergétique. L'étudiant devra être capable de qualifier des cycles thermodynamiques et de calculer les grandeurs associées, d'établir des bilans thermiques en vue du dimensionnement d'installations énergétiques, de dimensionner des pompes et des réseaux hydrauliques et aérauliques.

Il s'agit enfin de pouvoir appliquer les principes de la conversion électrique et de l'électronique de puissance au domaine de la gestion de l'énergie électrique.

### **Thermodynamique des machines (Coefficient 1)**

**Objectif :** Appliquer les notions de thermodynamiques aux machines pour étudier leurs performances et leurs comportements

**Contenu :**

Classification des cycles  
Critères de performance  
Cycle moteur de Hirn  
Cycles frigorifiques multiétagés  
Cycles frigorifiques à absorption

**Prérequis :** Premier et second principes, Bilans systèmes fermés, systèmes ouverts, Propriétés thermodynamiques des corps purs (diagrammes thermodynamiques)

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit, notes de cours et TD autorisées

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Thermique appliquée (Coefficient 1)**

**Objectif :** ce cours a pour objectif de mettre en application les bases de transferts thermiques vues dans le cours précédent "Transferts Thermiques". Les phénomènes de conduction, convection et rayonnement sont analysés dans des cas pratiques et utilisés pour résoudre des problèmes complexes

**Contenu :**

Bilans macroscopiques  
Transferts multi-directionnels, régime transitoire  
Transferts couplés, traitement d'air  
Applications aux secteurs du bâtiment, transport, industrie, captation et conversion de l'énergie solaire

**Prérequis :** Transferts de chaleur, Conduction, Convection Rayonnement

**Evaluation** : contrôle écrit

**Volume horaire** : 12h CM, 12h TD

## Mécanique des fluides (Coefficient 1)

**Objectif** : Acquérir les notions de base en mécanique des fluides pour la modélisation des écoulements présents dans les systèmes à énergie renouvelable

**Contenu** :

Equation de Navier-Stokes  
Equation d'Euler  
Equation de Stokes  
Solutions analytiques  
Equation de la couche limite  
Turbulence

**Prérequis** : propriétés des fluides, dérivée partielle

**Méthodes d'évaluation** : Contrôle écrit, notes de cours et TD autorisées

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## Matériaux (Coefficient 1)

**Objectif** : Acquérir les notions de base sur les différents types de matériaux, les relations entre leurs caractéristiques physico-chimiques et leurs propriétés fonctionnelles

**Contenu** :

Rappels de mécanique quantique  
Liaisons dans le solide  
Matériaux cristallins, amorphes et vitreux : structures et diagrammes de phase de base  
Défauts dans les matériaux  
Grands principes en propriétés mécaniques, électriques et thermiques : relations matériaux/propriété, lois et paramètres physiques correspondants

**Prérequis** : mécanique quantique, physique de base

**Méthodes d'évaluation** : Contrôle écrit

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## Machines électriques (Coefficient 1)

**Objectif** : comprendre le fonctionnement des machines tournantes utilisées pour la conversion électromécanique de l'énergie.

**Contenu** : les champs magnétiques tournants. Les machines tournantes synchrones, asynchrones et à courant continu. La modélisation des machines tournantes. Applications aux EnR.

**Prérequis** : notions de base sur l'énergie électrique et le magnétisme.

**Evaluation** : 1 examen de 2 h avec pour seul document autorisé une 1/2 feuille A4 manuscrite recto verso.

**Volume horaire** : 12 h CM, 12 h TD.

### Electronique de puissance (Coefficient 1)

**Objectif** : Acquérir des notions de bases en électronique, pour comprendre dimensionner et modéliser des systèmes de régulation et de conversion électrique d'origine renouvelable ou pas.

**Contenu** :

Rappels sur les composants actifs en électronique de puissance  
Principe de la régulation, du redressement et du filtrage  
Dispositifs et convertisseurs électroniques de puissance : régulateurs, hacheurs, onduleurs, et alimentations commutées.  
Circuit équivalent, modélisation

**Pré requis** : Electrocinétique, Connaissance des composants à semi-conducteur, Puissances, rendements, Théorèmes fondamentaux, Calcul différentiel

**Méthodes d'évaluation** : Contrôle écrit

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

### Travaux Pratiques Fondamentaux (Thermique, thermodynamique, Mécanique, Mécanique des fluides, Electricité, Electronique) (Coefficient 2)

**Objectif** : Etude et mise en œuvre d'un point de vue expérimental les concepts fondamentaux abordés dans l'UE sciences de l'ingénieur.

**Contenu** :

Résistance des matériaux (essai de traction et flexion)  
Composants hydrauliques (pompes et mesure de débit)  
Transferts thermiques convectifs avec et sans changement de phase  
Compression détente d'un gaz

**Prérequis** : Principes fondamentaux étudiés dans les cours de l'UE sciences de l'ingénieur, utilisation de matériel de mesure usuels, maîtrise des outils informatiques de bases (bureautique, tableur, ...)

**Méthodes d'évaluation** : Rapport écrit et examen individuel en salle de TP en fin de cycle (évaluation de la capacité à mettre en œuvre un protocole expérimental)

**Volume horaire** : 36h (TP)

## **S6UE3 : Ingénierie énergétique (4 ECTS)**

L'objectif est de compléter l'analyse des différentes ressources et les modes de conversion associés. Un projet multidisciplinaire est mené afin de confronter l'étudiant à une problématique réelle. Sous forme d'un travail collaboratif, le projet est l'occasion d'appliquer les notions scientifiques et techniques acquises précédemment ou en cours d'acquisition à un cas concret. L'étudiant devra être capable de quantifier le potentiel en termes de ressources énergétiques et de savoir évaluer les principaux modes de conversion adaptés.

### **Sources d'énergie et mode de conversion 2 (Coefficient 1)**

**Objectif :** Maîtriser les connaissances sur les principales sources d'énergies renouvelables d'origine marine, en connaître les principes et analyser le potentiel d'une zone géographique (application à la Méditerranée). Maîtriser et mobiliser les connaissances sur les gisements de biomasse (agricole, forestière et résiduaire) pour produire des vecteurs énergétiques par voies thermo-chimique et biologique.

**Contenu :**

Ressource géothermale, principe du géosolaire, géothermies basse, moyenne, haute température, flux géothermique...

Ressource énergie marine (fleuve, marée, courants marins,...), principe hydrodynamique, énergie cinétique, potentielle...

Ressource en biomasse, constitution de la matière végétale, exploitation du bois, cultures et types d'agro-carburants, biochimie et principe de transformation de la matière végétale, déchets verts...

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Projet technologique (Coefficient 1)**

**Objectif :** Mise en œuvre dans le cadre d'un travail de groupe des concepts fondamentaux abordés dans l'ensemble de la formation pour répondre à une problématique proposée par un membre de l'équipe pédagogique, ou un organisme extérieur (entreprise, collectivité territoriale, association...).

**Contenu :**

Présentation des projets

Réalisation des projets par les étudiants avec le soutien de l'équipe pédagogique

Rédaction des rapports et soutenances orales

**Prérequis :** Principes fondamentaux étudiés dans les cours de l'UE sciences de l'ingénieur, maîtrise des outils informatiques de bases (bureautique, tableur, ...)



**Méthodes d'évaluation** : Rapport écrit et soutenance orale en fin d'année (évaluation de la capacité à mettre en œuvre un protocole expérimental)

**Volume horaire** : 12h (encadrées), 80h (perso)

## **S6UE4 : Culture de l'ingénieur (6 ECTS)**

Les objectifs sont d'être capable de communiquer en anglais dans les diverses situations professionnelles, de maîtriser les bases de l'anglais technique, d'approfondir les bases de la seconde langue. Il s'agit en outre d'appréhender les grandes problématiques des marchés de l'énergie et les méthodes d'évaluation environnementale.

### **Économie de l'énergie et de l'environnement (Coefficient 1)**

**Objectif :** Comprendre le fonctionnement du marché de l'énergie, les mécanismes économiques permettant de lutter contre le réchauffement climatique (normes environnementales, taxe carbone, marchés des droits à polluer...) et comment évaluer l'aspect environnemental de manière économique (évaluation contingente, méthode des prix hédoniques). Enfin les politiques de soutien aux énergies renouvelables ainsi que leurs mises en œuvre sera également abordé.

**Contenu :**

Chapitre 1 : Les grandes problématiques des marchés de l'énergie

Chapitre 2 : L'approche économique de l'environnement et l'évaluation des biens environnementaux

Chapitre 3 : Les instruments de la politique environnementale

Chapitre 4 : Les énergies renouvelables - Indications sur les mécanismes de soutien

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** Cours d'économie du semestre 5

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Anglais (préparation TOEIC) (Coefficient 1)**

**Objectif :** Préparation au TOEIC

**Contenu :**

Compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale, l'expression écrite et interaction orale. Une attention particulière est portée sur l'interaction orale et sur l'expression écrite. Débats autour de projets interculturels. Présentation orale des projets.

Le contenu du cours, linguistique et civilisationnel, est en fonction du niveau d'avancement et des besoins des élèves et est axé vers la réalisation d'une présentation orale en lien avec un projet professionnel.

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit et oral

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## Langue vivante 2 (Coefficient 1)

**Objectif** : Apprendre une autre langue que l'anglais (Espagnol, Chinois, Allemand)

Chinois : prendre contact avec les locuteurs chinois dans le respect du code socio-culturel

**Contenu** :

Compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale, l'expression écrite et interaction orale. Une attention particulière est portée sur l'interaction orale et sur l'expression écrite.

Espagnol : Les élèves sont amenés à travailler sur l'Amérique Latine et l'Espagne à travers les aspects culturels, économiques et scientifiques. Des visites peuvent être programmées en Espagne afin de mettre en œuvre les acquis et découvrir l'environnement soit naturel soit culturel.

Chinois : dans le respect du code culturel, savoir se présenter, présenter son pays, ses hobbies, ses compétences en langue et ses expériences de voyage ; saluer l'autre selon sa position sociale, prendre un RDV.

**Méthodes d'évaluation** : Contrôle écrit et oral

**Prérequis** : aucun

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## **S7UE1 : Outils mathématiques et informatiques (4 ECTS)**

Les objectifs sont d'être capable de mobiliser les outils et connaissances mathématiques ainsi que de mettre en œuvre et d'utiliser différents moyens ou outils informatiques de simulation ou de programmation afin de modéliser un problème énergétique.

### **Mathématiques (Coefficient 1)**

**Objectif :** Il s'agit ici de donner des compléments de mathématiques en analyse et statistiques

**Contenu :**

Statistiques descriptives et inférentielles (univariés et bivariés)  
Manipulation et analyse de données statistiques  
Ordonnancement de tâches  
Courbes paramétrées dans le plan et l'espace

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** Cours INSA Toulouse ou formation L2 scientifique

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Logiciels de l'énergétique (Coefficient 1)**

**Objectif :** Utilisation de logiciels de résolution d'EDP afin de répondre à une problématique de l'énergétique

**Contenu :**

- Utilisation du logiciel commercial Comsol.
- Résolution de problèmes couplés transferts thermiques et mécanique des fluides (couche limite thermique, échangeur tubulaire co-axial et dépôt de couche mince pour le photovoltaïque par exemple).
- Résolution approchée des EDP.
- Schémas de discrétisation et résolution de système linéaire.
- Conditions aux limites.
- Maillages et domaines de calcul.
- Propriétés de conservation : bilan de masse, d'énergie et de quantité de mouvement.
- Validation des résultats (vérification des bilans, comparaison avec des corrélations, des résultats analytiques, expérimentaux et numériques).

**Méthodes d'évaluation :** Projet sur une étude de cas (rapport écrit)

**Prérequis :** Mécanique des fluides, transferts thermiques, outils numériques, thermiques appliquées.

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## **S7UE2 : Sciences de l'ingénieur (10 ECTS)**

L'objectif est d'apporter les bases de la cinétique chimique et la combustion, de fournir les notions essentielles à la compréhension de la transformation de la matière et des moyens utilisés pour cela. Il s'agit aussi de fournir les bases de l'étude des échangeurs de chaleur et des réacteurs, les bases de la mécanique des structures et de la résistance des matériaux. Les compétences visées concernent aussi ici la maîtrise des aspects fondamentaux et technologiques du traitement du signal, de l'instrumentation et de la métrologie rencontrés dans la thermique, l'électricité et l'énergétique.

### **Cinétiques et combustion (Coefficient 1)**

**Objectif :** Appréhender la place de la combustion dans le mix énergétique, maîtriser les principes de bases de la combustion (processus physico-chimiques et thermodynamique de la combustion) et acquérir des notions de base sur la technologie des foyers de combustion.

**Contenu :**

Rôle de la combustion dans le mix énergétique mondial  
Les combustibles  
Les équations de combustion  
La thermodynamique de la combustion  
Processus physico-chimiques de la combustion  
Technologies et bilan énergétique des chaudières

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit ou projet en groupe de 3/4 étudiants avec rapport écrit suivi d'un entretien oral individuel (choix entre les deux modes d'évaluation soumis au vote des étudiants)

**Prérequis :** Premier principe de de thermodynamique, réactions chimiques, gaz humide

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Échangeurs et réacteurs (Coefficient 1)**

**Objectif :** Maîtrise des opérations unitaires impliquant des transferts de chaleur et/ou de masse

**Contenu :**

**Échangeurs de chaleur :**

- Technologies et types d'échangeurs thermiques : choix d'une technologie d'échangeur en fonction des conditions opératoires, de la compacité, des performances visées, ...
- Calcul ou estimation de coefficient global d'échange d'un échangeur en fonction des propriétés calovectrices des fluides caloporteurs, des conditions d'écoulement, ...
- Techniques d'Intensification des échanges thermiques selon la typologie de l'échangeur : ajout de surface (ailettes); actions sur les couches limites, rugosités et rainures, mouillage,...

- Détermination des performances d'un échangeur donné : puissance thermique, efficacité thermique, températures de sortie des fluides caloporteurs, ...
- Dimensionnement et fonctionnement optimal des échangeurs thermiques en fonction de divers objectifs (performance, température, ...)

**Air humide et séchage :**

- Définitions des grandeurs fondamentales et formalisme lié à l'air humide
- Utilisation et compréhension du diagramme psychrométrique
- Opérations unitaires sur l'air humide
- Dimensionnement des séchoirs

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** cours fondamental transferts de chaleur

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

**Mécanique des structures, Résistance des matériaux (Coefficient 1)**

**Objectif :** Savoir calculer les déformations et les efforts au sein des structures

**Contenu :**

Poutre, systèmes mécaniques  
Sollicitations, actions extérieures, efforts internes  
Elasticité, plasticité  
Dimensionnement

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** physique de base, notion en matériaux

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

**Traitement du signal (Coefficient 1)**

**Objectif :** acquérir les connaissances de base de l'analyse spectrale et du filtrage

**Contenu :** signaux continus et discrets usuels, convolution, analyse de Fourier en temps continu, transformée de Laplace, échantillonnage et quantification, transformée en z, analyse de Fourier en temps discret, analyse spectrale numérique, filtrage numérique.

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit



**Prérequis** : bases des mathématiques et de Matlab.

**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## Métrologie et capteur (Coefficient 1)

**Objectif** : Acquérir les bases concernant le calcul d'incertitudes dans des situations diverses et la législation correspondante (normes, accréditation) ii) Connaître le principe de fonctionnement et savoir mettre en œuvre les capteurs courants

### Contenu :

Cours/TD : Notion de base sur la métrologie et le concept de chaîne de mesure (acquisition et traitement des données). Définition et calcul d'incertitudes de type A et B, mise en situation. Visite du CESP (laboratoire d'essai) - discussion autour de la notion de norme et d'accréditation. Découverte du processus de mise sur le marché d'un produit (certification, qualité, etc.) et échange sur les bonnes pratiques en métrologie.

Projet : Travail par groupe de 6. Mise en œuvre concrète de différents types de capteurs courants (mesure de débit, force, pression, rayonnement, déplacement, température...) au fablab, gestion de l'interface et acquisition des données avec LabVIEW. Réalisation de fiches techniques sur les capteurs et de vidéos explicatives sur vos montages. Création d'un site web pour partager vos travaux.

**Méthodes d'évaluation** : création de site web + présentation orale

**Prérequis** : Motivation, base de LabVIEW (pas absolument nécessaire)

**Volume horaire** : 3h (CM), 3h (TD) + 18h Projet

## **S7UE3 : Ingénierie énergétique (8 ECTS)**

L'objectif principal est de comprendre, pour la conception d'un procédé voire d'une infrastructure de conversion d'énergie (chaîne énergétique), les contraintes techniques et économiques, ainsi que les principales recommandations des guides techniques en vue d'une production d'énergie optimale. Dans une deuxième partie relative à l'introduction du système d'information géographique, il s'agit de connaître et savoir utiliser une base de données cartographique, connaître l'intérêt des SIG dans un projet d'aménagement, savoir utiliser des données géographiques pour réaliser des analyses spatiales simples, et enfin savoir réaliser des cartes thématiques utiles au diagnostic, à la décision ou à la communication.

### **Technologies EnR (Coefficient 1)**

**Objectif :** Connaissance des technologies solaires thermique, thermodynamique et photovoltaïque

**Contenu :**

Conversion de l'énergie solaire : capteurs, concentrateurs, cellule photovoltaïque, chauffe-eau solaire, climatisation solaire, centrale électro solaire...

Matériaux pour la conversion PV (Filière silicium : cristallin, multicristallin, silicium amorphe, composés III-V, multi-jonctions, cellules PV en couches minces, cellules PV organiques)

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Technologies Energies nucléaire et fossiles (Coefficient 1)**

**Objectif :** Connaissance des énergies nucléaires et fossiles

**Contenu :**

Conversion de l'énergie nucléaire (panorama de l'énergie nucléaire, radioactivité, réactions nucléaires, technologie des réacteurs à eau pressurisée du parc français, sûreté des réacteurs et accident de Fukushima Daiichi)

Conversion des énergies fossiles (hydrocarbures, brûleurs, chaudières, turbines)

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** Notions de thermodynamique des cycles de conversion d'énergie

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Système d'information géographique (SIG) (Coefficient 1)

**Objectif :** Initiation à l'outil cartographique SIG avec prise en main du logiciel sur des exemples concrets d'installation d'EMR.

**Contenu :**

Géoréférencement/bases de données  
Acquisition, visualisation, représentation cartographie  
Simulation et analyses spatio-temporelles  
Solutions logicielles

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## TP Technologies EnR (Coefficient 2)

**Objectif :** Étude et mise en œuvre d'un point de vue expérimental des procédés énergétiques abordés dans l'UE sciences de l'ingénieur.

**Contenu :**

Capteurs solaires thermiques (capteur avec ou sans concentration)  
Turbines (air et eau)  
Éolienne  
Échangeurs de chaleur  
Machine frigorifique à compression mécanique de vapeur  
Fabrication et caractérisation d'une cellule photovoltaïque

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit et soutenance orale en binôme sur leur TP de référence et évaluation par les pères sur l'ensemble des comptes-rendus

**Prérequis :** Principes fondamentaux et procédés énergétiques étudiés dans les cours de l'UE sciences de l'ingénieur, utilisation de matériel de mesure usuels, maîtrise des outils informatiques de bases (bureautique, tableur, ...)

**Volume horaire :** 60h (TP)

## Projet technologique (Coefficient 1)

**Objectif :** Mise en œuvre dans le cadre d'un travail de groupe des concepts fondamentaux abordés dans l'ensemble de la formation pour répondre à une problématique proposée par un membre de l'équipe pédagogique, ou un organisme extérieur (entreprise, collectivité territoriale, association...).

**Contenu :**

Présentation des projets

Réalisation des projets par les étudiants avec le soutien de l'équipe pédagogique

Rédaction des rapports et production de la vidéo de restitution

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit, vidéo de restitution (en groupe de 3/4 étudiants)

**Prérequis :** Principes fondamentaux et procédés étudiés dans les cours des UE sciences de l'ingénieur, maîtrise des outils informatiques de bases (bureautique, tableur, ...)

**Volume horaire :** 12h (encadrées), 80h (perso)

## **S7UE4 : Culture de l'ingénieur (8 ECTS)**

Les objectifs sont d'apporter les fondamentaux du management de projet et d'introduire les problématiques de l'aménagement durable en lien avec les infrastructures de transport ou des équipements, depuis l'analyse d'un territoire jusqu'à l'élaboration et l'étude technique de projets répondant aux problèmes identifiés. Enfin, il s'agit d'être capable de communiquer en anglais dans les diverses situations professionnelles et d'approfondir les bases de la seconde langue.

### **Management de projet (Coefficient 1)**

**Objectif :** Savoir organiser le bon déroulement d'un projet pour en atteindre les objectifs en temps et en heures

**Contenu :**

Définitions, typologies, enjeux

Organisation et pilotage de projet (coût, relations humaines, planification, gestion des risques...)

Les outils et méthodes de management, démarches, conduite d'un projet, communication avant, pendant et après le projet

Etude de cas

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit, rapport

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Aménagement du territoire et développement durable (Coefficient 1)**

**Objectif :** Appréhender les enjeux de l'aménagement du territoire avec intégration du développement durable

**Contenu :**

Une acculturation aux enjeux et au contexte de l'aménagement du territoire avec l'intégration du développement durable. Une approche institutionnelle et territoriale de l'aménagement avec l'identification des chaînes de décisions et de l'ensemble des acteurs qui concourent à l'aménagement.

Cadres législatifs, outils et méthodes de l'aménagement permettant d'intégrer le DD (lois, études d'impacts, ...)

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit/oral

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Anglais (préparation TOEIC) (Coefficient 1)

**Objectif :** Préparation TOEIC

**Contenu :**

Compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale, l'expression écrite et interaction orale. Débats autour de projets interculturels.

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit et oral

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Langue vivante 2 (Coefficient 1)

**Objectif :** savoir présenter son univers familial, gérer des moments de socialisation et échanger sur des phénomènes climatiques en lien avec les énergies renouvelables.

**Contenu :**

Compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale, l'expression écrite et interaction orale. Une attention particulière est portée sur l'interaction orale et sur l'expression écrite.

Chinois : présenter sa famille, savoir offrir différentes boissons selon les habitudes culturelles chinoises, présenter une météo, faire des recommandations d'activités selon la météo et maîtriser la base du vocabulaire des énergies renouvelables.

**Méthodes d'évaluation :** contrôle écrit et oral

**Prérequis :** débutant initié

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## **S8UE1 : Sciences de l'ingénieur (10 ECTS)**

L'objectif est d'approfondir l'énergétique quant à l'efficacité et l'optimisation afin de savoir dimensionner et optimiser d'un point de vue thermodynamique, économique ou environnemental un système énergétique complexe. L'objectif est aussi d'apporter les notions essentielles qui sous-tendent les outils d'analyses tels que les écobilans. Les compétences visées dans cette UE concernent aussi la maîtrise de l'ingénierie des systèmes de puissance. Il s'agit enfin de maîtriser les principes de régulation rencontrés dans la spécialité, le choix et l'utilisation des contrôleurs et des régulateurs, et de façon plus générale l'utilisation de l'automatisme dans l'industrie.

### **Logiciels de l'énergétique (Coefficient 1)**

**Objectif :** Maîtriser les fonctions de base du logiciel Engineering Equation Solver (EES) pour la simulation statique et dynamique de procédés énergétiques complexes.

**Contenu :**

Introduction à la simulation numérique de procédés énergétiques  
Introduction à la programmation EES  
Études de sensibilité paramétrique  
Traitement des résultats  
Structuration avancée des codes EES et fonctions internes

**Méthodes d'évaluation :** Projet individuel avec rapport écrit et examen individuel sur ordinateur

**Prérequis :** Thermodynamique appliquée (1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> principe, cycles de base), transfert de chaleur

**Volume horaire :** 24h (TD)

### **Efficacité et optimisation énergétique (Coefficient 1)**

**Objectif :** Concevoir, sous forme de mini-projet, une installation complète de conversion d'énergie thermique (centrale solaire par exemple), optimisée sur des critères énergétique et/ou économiques.

**Contenu :**

Présentation des méthodologies associées à l'Analyse '2nd principe' : méthode du pincement (Pinch), minimisation de la production d'entropie, analyse exergétique, Thermodynamique en Temps/Dimensions finies.

Mise en application de ces méthodologies à l'aide de logiciels thermodynamiques

Présentation des indicateurs économiques relatifs aux systèmes énergétiques : Coût du cycle de vie, valeur actuelle nette, taux de rentabilité interne, temps de retour actualisé, Coût actualisé de l'énergie.



Projet : dimensionnement d'une installation, évaluation des indicateurs énergétiques et économiques, optimisation

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit

**Prérequis :** Thermodynamique appliquée, Notions mathématiques liées à l'optimisation

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### Analyse de Cycle de Vie (ACV) et éco-conception (Coefficient 1)

**Objectif :** Connaître les notions essentielles qui sous-tendent les outils d'analyses tels que les écobilans

**Contenu :**

Écobilans et outils d'aide à la décision

Normes : NF P 01-010 et série ISO 14040-14043

Réalisation d'une ACV (définition des objectifs et du système, inventaire, analyses et interprétation)

Outils logiciels

Eco-conception

Etude de cas

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit

**Prérequis :** Energétique et thermique du bâtiment, matériaux de construction

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### Ingénierie des systèmes de puissance (Coefficient 1)

**Objectif :** Se familiariser avec le transport et la distribution de l'énergie électrique pour aborder la connexion sur le réseau de générateurs intermittents.

**Contenu :**

Représentation et analyse des systèmes de puissance.

Composants : lignes de transport, transformateurs, machines synchrones.

Distribution : puissance, exploitation et commande.

Analyse des défauts et protection des systèmes de puissance.

Stabilité des systèmes.

**Méthodes d'évaluation :** 1 examen écrit de 2 h avec pour seul document autorisé une 1/2 feuille A4 manuscrite recto verso.

**Prérequis :** notions de base en électricité

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Automatique et contrôle des procédés (Coefficient 1)

**Objectif :** Apprendre à modéliser les systèmes et découvrir l'ensemble des disciplines scientifiques et techniques utilisées pour la conception et l'emploi des dispositifs qui fonctionnent sans l'intervention d'un opérateur humain. Notion de signaux temporels et causaux. Transformées de Laplace et équations différentielles. Fonction de transfert de systèmes du premier et du second ordre. Notions de rapidité, stabilité et précision.

### Contenu :

Notion de contrôle et exemples d'applications.

Caractéristiques dynamiques des systèmes (réponse transitoire, régime permanent, stabilité,...).

Systèmes bouclés et réglages.

Types de contrôleurs et régulateurs.

Automatisation et optimisation.

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit + Rapports

**Prérequis :** Bases des mathématiques, nombres complexes et représentations spatiales.

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD).

## **S8UE2 : Ingénierie énergétique (10 ECTS)**

L'objectif principal est de comprendre, pour la conception d'un procédé voire d'une infrastructure de conversion d'énergie, les contraintes techniques et économiques, ainsi que les principales recommandations des guides techniques en vue d'une production d'énergie optimale.

Dans une deuxième partie, l'objectif est de savoir mettre en application les technologies énergétiques dans des secteurs tels que le bâtiment, les réseaux de transport...

### **Technologies EnR 1 (Coefficient 1)**

#### **Objectif : Hydroélectricité**

- Comprendre le cadre général de l'hydroélectricité à l'échelle territoriale
- Identifier, calculer et dimensionner les différentes composantes d'une centrale
- Comprendre l'encrage culturel et historique des équipements hydrauliques
- Découvrir l'importance de la question « Eau » dans un projet
- Appréhender la question réglementaire
- Maîtriser les principales étapes de développement d'un projet hydroélectrique

#### **Contenu :**

Conversion de l'énergie hydraulique (configurations, turbines, dimensionnement, ...)

Dimensionner et développer un projet hydroélectrique

Conversion de l'énergie géothermique (captages horizontaux, forages, sondes, pompes à chaleur, usines géothermiques)

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit, Rapport

#### **Prérequis : Hydroélectricité**

- Hydraulique et hydrologie élémentaire
- Calculs énergétiques
- Électricité et électromécanique

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Technologies EnR 2 (Coefficient 1)

**Objectif :** Connaître les technologies de conversion de la biomasse et de l'énergie éolienne

**Contenu :**

Conversion de la biomasse (chaudières bois, à granulés, moteur et agro-carburants, bio-digesteurs, turbines biogaz, gazéification, production d'hydrogène)

Conversion de l'énergie éolienne

- types d'aérogénérateurs
- constituants d'une éolienne
- dimensionnement d'une éolienne : théorie de Betz, théorie de l'élément de pale (BEM : blade element method), théorie de Glauert

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit, Rapport

**Prérequis :** Ressource en vent

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## Energétique du bâtiment (Coefficient 1)

**Objectif :** Appréhender les enjeux et problématiques énergétiques dans le bâtiment

**Contenu :**

- Physique du bâtiment
- Confort thermique
- Isolation et inertie thermique
- Traitement de l'air et génie climatique
- Bilans thermiques d'un local
- Réglementation et études réglementaires
- L'énergétique dans le bâtiment

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit

**Prérequis :** Transfert thermique

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

## TP Technologies EnR (Coefficient 2)

**Objectif :** Étude et mise en œuvre d'un point de vue expérimental des procédés énergétiques abordés dans l'UE sciences de l'ingénieur.

**Contenu :**

Machines frigorifiques thermodynamiques tri-thermes (absorption et éjecto-compresseur)  
Machine motrice de Stirling  
Éolienne  
Mise en œuvre de capteurs photovoltaïques  
Méthanisation

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit et soutenance orale en binôme sur leur TP de référence et évaluation par les pères sur l'ensemble des comptes-rendus

**Prérequis :** Principes fondamentaux et procédés énergétiques étudiés dans les cours de l'UE sciences de l'ingénieur, utilisation de matériel de mesure usuels, maîtrise des outils informatiques de bases (bureautique, tableur, ...)

**Volume horaire :** 60h (TP)

## Projet technologique (Coefficient 1)

**Objectif :** Mise en œuvre dans le cadre d'un travail de groupe des concepts fondamentaux abordés dans l'ensemble de la formation pour répondre à une problématique proposée par un membre de l'équipe pédagogique, ou un organisme extérieur (entreprise, collectivité territoriale, association...).

**Contenu :**

Présentation des projets  
Réalisation des projets par les étudiants avec le soutien de l'équipe pédagogique  
Rédaction des rapports et production de la vidéo de restitution

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit, vidéo de restitution (en groupe de 3/4 étudiants)

**Prérequis :** Principes fondamentaux et procédés étudiés dans les cours des UE sciences de l'ingénieur, maîtrise des outils informatiques de bases (bureautique, tableur, ...)

**Volume horaire :** 12h (encadrées), 80h (perso)

## **S8UE3 : Culture de l'ingénieur (8 ECTS)**

Les objectifs sont de maîtriser les outils de communication afin de rendre l'élève-ingénieur apte à répondre aux demandes de la société civile, de positionner les futurs ingénieurs dans une attitude active par rapport à tous les flux de communication qui circuleront au sein et autour des organisations qu'ils rejoindront. La partie liée à l'insertion professionnelle doit permettre à l'étudiant d'être apte à faire un bilan personnel, à construire un projet professionnel, à utiliser des outils de recherche actuels, à préparer efficacement un entretien...

En termes de compétences, il s'agit aussi de connaître les fondamentaux du droit du travail et du droit de l'environnement en lien avec le concept d'évaluation environnementale.

### **Communication et insertion professionnelle (Coefficient 1)**

**Objectif :** Acquérir les compétences et les outils nécessaires à la stratégie de recherche de stage ou d'emploi.

Etre capable de savoir identifier ses compétences et ses axes d'améliorations  
Etre capable de faire son bilan et de mesurer les écarts quant à une candidature  
Etre capable de parler de ses axes d'améliorations de manière positive  
Etre capable de pouvoir présenter un argumentaire quant à une candidature  
Etre capable de comprendre le marché de l'offre et de la demande  
Etre capable d'être interactif lors d'un entretien  
Etre capable de se projeter quant à une offre ou candidature spontanée  
Etre un candidat acteur

**Contenu :**

Méthodologie de recherche  
Outils pour la recherche (cv, lettres de motivation...)  
Présentation pour entretien  
Réflexion sur la suite de parcours

**Méthodes d'évaluation :** Rapport écrit, exposé oral

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Droit du travail (Coefficient 1)**

**Objectif :** Déterminer le cadre juridique de la relation de travail et les obligations respectives des parties au contrat de travail. Montrer que les évolutions juridiques de cette relation ne sont pas neutres quant à leurs conséquences socio-économiques. Le droit du travail poursuit des objectifs sociétaux notamment en prônant la réduction des inégalités, l'intégration de la RSE... Les bouleversements du mode de travail traditionnel avec la banalisation du télétravail sera aussi un exemple étudié pour ses répercussions sociales, économiques et même environnementales.

**Contenu :**

Le cours suit une logique chronologique : l'avant-contrat / l'exécution du contrat / ses modifications / sa rupture.

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Droit de l'environnement (Coefficient 1)**

**Objectif :** Permettre aux étudiants de mieux cerner la place grandissante des problématiques environnementales au sein de nos sociétés ; reprendre la genèse des textes internationaux fondateurs et montrer leur lente maturation dans le processus de création de normes jusqu'à leur intégration dans des normes contraignantes (code de l'environnement, de l'énergie) et la Constitution d'un pays comme la France. Présenter quelles sont les contraintes juridiques qui s'exercent sur les projets liés à la production d'énergie renouvelable afin de saisir la tension entre besoin de réglementation et liberté d'entreprendre. Les TD sont l'occasion de faire intervenir des juristes de grands groupes (Veolia, Engie) ainsi que des porteurs de projets citoyens, dans le domaine de l'éolien, du photovoltaïque, de l'hydroélectricité ou encore de la méthanisation, afin d'exposer aux étudiants plus concrètement quels sont les obstacles juridiques rencontrés et comment ceux-ci sont solutionnés.

**Contenu :**

Droit de la protection du patrimoine naturel  
Protection des milieux  
Droit concernant la lutte contre les pollutions et nuisances  
Evaluation environnementale  
Concertation  
Les institutions

**Méthodes d'évaluation :** Contrôle écrit

**Prérequis :** Aucun

**Volume horaire :** 12h (CM), 12h (TD)

### **Anglais (TOEIC) (Coefficient 1)**

**Objectif :** TOEIC

**Contenu :**

Compréhension de l'oral, compréhension de l'écrit, expression orale, l'expression écrite et interaction orale. Débats autour de projets interculturels.

**Méthodes d'évaluation :** TOEIC, Exposé oral

**Prérequis :** aucun



**Volume horaire** : 12h (CM), 12h (TD)

## **S8UE4 : Stage (2 ECTS)**

### **Stage (Coefficient 1)**

L'objectif du stage est d'appliquer les compétences génériques et techniques dans un environnement professionnel et d'approfondir ses compétences en cohérence avec son projet professionnel. Il s'agit de développer les compétences sociales en termes de travail en équipe, de communication, les compétences linguistiques en vue de la rédaction d'un rapport en anglais et les compétences organisationnelles telles que la conception d'un planning....

**Méthodes d'évaluation** : Rapport écrit

## Sup'EnR – 5<sup>th</sup> school year - semester 9

The aim is to raise the awareness of future engineers about the challenges of the energy transition, which is now one of the priorities of the Ministry of Ecology and Sustainable Development and the main orientations of planning and local development policies. This comes in different modules that provide knowledge about technologies, infrastructure, resources, policies put in place to respond to societal issues. These modules lead to explore the different paths of this transition that correspond to various modes of occupation of space, displacement, and energy production. Some of these modules are at the interface between professions such as energy technician, regional developer, town planner and economist. Apart from the Innovative technological project, Energy software, Language (English), the student will choose 6 modules from the 9 proposed in the teaching unit Energy Engineering and 4 out of 5 in the teaching unit Humanities.

### S9UE1: Energy engineering (20 ECTS)

#### **Innovative technological project (Coefficient 3)**

**Objective:** The end-of-studies project typically consists in designing and developing a complete energy chain, integrating aspects related to innovation. These projects are carried out in partnership with companies or research laboratories.

**Contains:**

Presentation of the projects

Realization of the projects by the students with the support of the teaching staff

Writing of the reports and preparation of the defence

**Assessment methods:** group (3/4 students) project report and oral presentation

**Prerequisites:**

Fundamental principles and processes studied in the courses of the UE sciences of the engineer, to be able to use basic data-processing tools (word processing, spreadsheet, ...)

**Number of hours:** 10h (project)

#### **Software for energy R&D (Coefficient 1)**

**Objective:** This module is dedicated to the use of an open-source software for solving partial differential equations. Future engineers will simulate energy processes integrating physical mechanisms related to flows and / or heat transfer.

**Contains:**

- Use of an open source EDP resolution software.
- Linux basic commands.
- Initiation to parallel computation.
- Initiation to turbulence modelling.

- Initiation to two-phase flow simulations.
- Initiation to strongly anisothermal flow simulations (quasi-compressible equations).

**Assessment methods:** project report and presentation

**Prerequisites:** Fluid dynamics, Heat transfer, Numerical analysis, Programming

**Number of hours:** 12h lecture, 12h exercise session

## Energy storage (Coefficient 1)

**Objective:** The aim is to know the stakes in terms of energy management and storage, to acquire the essential notions on energy storage: order of magnitude, rules of pre-sizing, constraints, and limitations..., to know all the storage solutions with their advantages and disadvantages.

### Contains:

Generalities on energy storage

Means of energy storage.

The different energy storage modes used in energy processes are described and illustrated by their applications. The material and process aspects are systematically approached in synergy.

- Chemical, electro-chemical storage: biofuels, hydrogen, batteries, accumulators, supercapacitors ...
  - Mechanical storage: flywheel, hydroelectric dam, compressed air
  - Thermal storage: sensible heat (liquid, solid, vapor), latent heat (gas / liquid, liquid / solid), composite materials with intensified transfer properties.
  - Thermo-chemical storage: reactive systems, energy upgrading, production storage.
- Comparison between systems (performances, economic, environmental impacts...)  
Case studies

**Assessment methods:** project report and oral presentation

**Prerequisites:** energy conversion, Heat transfer, mechanics, electricity

**Number of hours:** 21h exercise session

## District heating network and recovery of industrial waste heat (Coefficient 1)

**Objective:** This module focuses on defining and studying district heating and energy networks, with an emphasis on their evolution towards hybrid systems that integrate multiple energy sources. It explores the identification and utilization of industrial waste heat, along with various technologies for heat recovery, conversion, storage, and upgrading, all contributing to industrial decarbonization. The concept of eco-industrial parks is introduced as a framework for optimizing energy synergies between industries. The course relies on thermodynamic analysis, technological descriptions, and real-world application examples to support the study of these topics.

**Contains:**

District heating  
Evolution of district energy networks  
Hybrid energy networks  
Industrial waste heat resources  
Waste heat valorisation processes

**Assessment methods:** group (3/4 students) oral presentation

**Prerequisites:** Applied thermodynamic (1er et 2nd law, basic thermodynamic cycles)

**Number of hours:** 21h exercise session

### Materials for energy (Coefficient 1)

**Objective:** Respond to the various constraints imposed on energy materials.

**Contains:**

What's next after Silicon PV?

- The limits of Silicon PV: intrinsic performance limitations and production market analysis.
- The alternative of thin film photovoltaics (CIGS, CdTe technologies), advantages and drawbacks.
- New emerging PV technologies: working principle and fabrication approaches of Organic PV, perovskites, and quantum dot solar cells.

Materials for solar thermal (ST) energy

- Low and high temperature ST technologies: basic principles, associated materials, efficiencies.
- Thermo-optical behaviour of materials for ST: definitions, expectations, simulation, characterization.
- Design of ST materials: surface functionalization, optical optimization, aging, and durability issues.

Materials for high temperatures

- Chemical Thermodynamics: phase diagrams, phase changes, CALPHAD modelling
- High temperature materials: properties, selection criteria, potential materials
- Materials for energy: From mines to final product, application to nuclear fuels.

**Assessment methods:** project report, presentation, written exam

**Prerequisites:** Knowledge of energy conversion technologies

**Number of hours:** 21h exercise session

## Grids and smart grid (Coefficient 1)

**Objective:** the aim is to develop algorithms using Matlab in order to manage flexibilities and ensure the stability of a suburban low-voltage power distribution grid with high penetration of distributed energy resources (solar photovoltaics).

**Contains:**

Power grid architecture: transmission grid, distribution grid, transformer substations, mesh structure, radial structure, tree structure.

Power transportation and distribution.

Management of power distribution grids: distribution centres, protection, diagnostic and supervision.

Observability of power distribution grids.

Stability of power distribution grids.

From power distribution grids to smart grids.

Distributed generation.

Instrumentation, new information and communication technologies, automatic control, artificial intelligence.

**Assessment methods:** project report and presentation.

**Prerequisites:**

Scientific programming with Matlab.

Basics in system identification.

Basics in numerical optimization.

Basics in automatic control.

**Number of hours:** 21h exercise session.

## Supervision and energy management (Coefficient 1)

**Objective:** Developing a model-based predictive controller to manage electrical power in a smart building equipped with PV panel and batteries.

**Contains:**

Course outline

- Introduction to Smart Buildings
- Introduction to numerical optimization with Matlab
- Introduction to model-based predictive control

Learning outcomes

- The student will be familiar with different issues in smart buildings.
- The student will be familiar with different optimization methods that can be used in Matlab (linear, nonlinear, local and global).
- The student will be familiar with model-based predictive control methods for supervising electrical power in a residential micro-grid equipped with PV panels and batteries.

**Assessment methods:** project report and presentation

**Number of hours:** 21h exercise session

### Prerequisites

- Basics of Control Engineering
- Discrete Time Systems
- Simulation of Ordinary Differential Equations
- Scientific Programming with Matlab

## Concentrated solar processes (Coefficient 1)

### Objective:

- Develop the student's awareness of the potentialities of concentrated solar resource for energy vectors production
- Develop the student's understanding of concentration optics theory
- Develop the student's understanding of the different solar concentrating systems: linear concentration, point concentration, high concentration systems

### Contains:

#### Solar concentrating systems and receiver

- The solar resource for concentrating systems
- Introduction to concentration optics
- Linear concentration: parabolic trough
- Point concentration: Central receiver systems and solar furnace
- Solar receivers (absorbers) for linear concentrators and point focusing systems

#### Solar Collectors theory and technologies

- Energy collection and heat transfer in solar collectors
- Design and simulation
- Overview of the solar collector's technologies

#### Solar power plants

- Introduction to Concentrating Solar Power (CSP): various options, plants in operation, industry
- Tools for CSP design and performance evaluation
- Implementation

#### Learning outcomes

The student will be familiar with solar collectors' design and technologies and with solar power plants technologies for energy applications.

The student will be familiar with simulation tool and optimization method dedicated to CSP.

**Assessment methods:** project report, presentation, and written exam

**Prerequisites** Basic Understanding in Thermal Transfers, Optics, Thermodynamics, Chemistry, Chemical Engineering

**Number of hours:** 21h exercise session

### Water and energy: Desalination and pollutant treatment (Coefficient 1)

**Objective:** Introducing the sanitary and environmental issues relative to water treatment, and the main technologies for desalination and water treatment, pointing out the energy issues in water treatment and identifying recent advances in the energetic approaches of water treatment.

**Contains:**

Marine energies

- Overview of the technologies exploiting the different forms of ocean energy: Marine current, Wave power, Tidal power, Ocean thermal energy, Osmotic power, Marine biomass.

Desalination

Issues on water access in the world, Importance of desalination and technical development. Initiation to the quality of saline waters and objectives of desalination depending on the water uses. Technical and environmental issues in desalination treatment lines. Overview of the different desalination technologies: membrane based and thermal based. Focus on reverse osmosis, with initiation of basic knowledge on the process. A group project on “Energy efficiency, energy recovery and renewable energies for thermal and membrane-based desalination”.

Depollution: issues, associated technologies micropollutants in the environment. Clean processes, real reactors.

**Assessment methods:** project report and presentation

**Prerequisites:** none

**Number of hours:** 21h exercise session

## Bioclimatic architecture and positive energy building (Coefficient 1)

**Objective:** discover the way of designing buildings based on the local climate

**Contains:** Basic concepts, parameters, comfort in the building.  
Design Principles, Spaces, Envelopes, Resources, Dedicated Techniques, Strategies.  
Integration of renewable energy and energy production.  
Self-consumption and energy management in housing.

**Assessment methods:** project report and presentation

**Prerequisites:** none

**Number of hours:** 21h exercise session

## Low-tech (Coefficient 1)

**Objective:**

Acquire knowledge of low-tech systems and approaches; Be able to lead a low-tech project from design to completion; Understand the integration of low-tech at different organizational scales

**Contains:**

Introduction to the Low-Tech Approach  
Economic Model, Low-Tech Project Management: What economic models are available for low-tech companies (associations, SCICs, businesses, etc.) and how to implement these "alternative entrepreneurship" models?  
Low-Tech at the organizational and territorial levels  
Culture of Cooperation: Tools and fundamentals of cooperation (shared governance, different decision-making methods, etc.)  
Improvement and/or study of a low-tech prototype: experimentation and life cycle assesment  
Collective cooking using low-tech systems

**Assessment methods:** project report and presentation

**Prerequisites:** none

**Number of hours:** 21h exercise session

## **S9UE2: Humanities (10 ECTS)**

### **Energy transition and land management of developing country (Coefficient 1)**

**Objective:** Acquire notions of energy transition in developing countries

**Contains:** After a general presentation of the specific challenges related to developing countries (poverty, demographic growth, rise of the middle class, etc.), the course will highlight the particularities of energy transition in those countries: a huge demand for energy, generally not driven by ecological issues, the need of an affordable energy, etc. Then, students will endorse the role of a leading organisation trying to implement development actions in the country of their choice.

**Assessment methods:** project report and presentation

**Prerequisites:** none

**Number of hours:** 21h exercise session

### **Transition and corporate social responsibility management (Coefficient 1)**

**Objective:** The course will look at corporate strategies in terms of social responsibility (environmental, economic and social issues) and transitions in the broadest sense. Students will study a specific company to determine the extent to which it is responsible or irresponsible. The social and solidarity economy, as an economic alternative to the dominant model, will also be addressed.

**Contains:**

The ability to find relevant information, to evaluate it and to use it: information competence.

The ability to take into account the challenges of the company: economic dimension, respect for quality, competitiveness and productivity, commercial requirements, economic intelligence.

The ability to take environmental issues into account, in particular by applying the principles of sustainable development

The ability to take into account the issues of labor relations, ethics, safety and health at work.

The ability to take into account the challenges and needs of society

**Assessment methods:** project report

**Prerequisites:** none

**Number of hours:** 21h exercise session

## Energy transition and land management (Coefficient 1)

**Objective:** Acquire notions of planning policies for the energy transition

**Contains:** Integration of the paradigm shift (energy transition) into planning policies and practices. Identification of actors, operational tools, planning procedures, new professional standards (smart-grid, regional plans for wind development, Territorial Energy Climate Plan ...).

**Assessment methods:** project report and presentation

**Prerequisites:** none

**Number of hours:** 21h exercise session

## Energy market (Coefficient 1)

**Objective:** The aim of this course is;

- to present the main characteristics of electricity markets around the world;
- to describe the interdependence between energy markets;
- to analyse the economic regulation of transportation and distribution in electricity networks;
- to study rationale and impacts of public support schemes for renewable electricity production;
- to introduce the functioning of demand-side management and the concept of aggregator;
- to describe the main characteristics of energy and pollution regulation (coal, oil, gas...).

These items will be illustrated by examples in different countries.

**Contains:**

Energy markets and regulation (deregulated electricity markets, adjustment market, other energy market)

Pollution regulation

Modern energy management: Demand-side management and aggregators

**Assessment methods:** project report and presentation

**Number of hours:** 21h exercise session

**Prerequisites:** Modulus S6UE1 on optimisation

## Industrial property and patent (Coefficient 1)

**Objective:** This teaching unit will bring students knowledges in innovation, intellectual and industrial property, and patents.

The aim of this course is :

- To know elementary principles of intellectual property law
- To be able to think about protection
- To have tools and reflex in practical situations

**Contains:** trade secret and know-how; general aspects of IP rights; software and databases; trademarks; patents

**Assessment methods:** project report and presentation

**Prerequisites:** none

**Number of hours:** 21h exercise session

## English (Coefficient 1)

**Objective:** Fluent in English

**Contains:** All the work is based on actual and recent developments in technology with main focus on renewables. Courses are based on:

- Listening comprehension of actual talks, process descriptions, actual installations.
- Reading comprehension.
- Oral expression.
- Written expression and oral interaction.
- Scientific article analysing.
- Abstract reporting.
- Project debating.
- Grammar

**Assessment methods:** written exam, speaking, listening comprehensions

**Prerequisites:** B2

**Number of hours:** 21h exercise session