

# *Syllabus - CMI H3E*

Parcours Thermique

---

P. Baucour  
FEMTO-ST, Département ENERGIE  
[philippe.baucour@umlp.fr](mailto:philippe.baucour@umlp.fr)

# Table des matières

<b>1</b>	<b>CMI 1</b>	<b>6</b>
1.1	Semestre 1	6
1.1.1	Mathématiques	6
1.1.1.1	Algèbre	6
1.1.1.2	Analyse	7
1.1.2	Physique	7
1.1.2.1	Electricité	7
1.1.2.2	Thermodynamique	8
1.1.3	Sciences pour l'Ingénieur	9
1.1.3.1	Découverte EEA	9
1.1.3.2	Découverte Mécanique	9
1.1.3.3	Base de la programmation	10
1.1.4	Chimie	10
1.1.5	Méthodologie des sciences et du travail universitaire	11
1.1.5.1	PIX	11
1.1.5.2	Anglais	11
1.1.5.3	Méthodologie scientifique	12
1.1.5.4	Documentation	13
1.2	Semestre 2	14
1.2.1	Anglais et Insertion professionnelle	14
1.2.1.1	Anglais CMI1	14
1.2.1.2	Insertion professionnelle CMI1	14
1.2.2	Stage L1 ou L2	15
1.2.3	Outils Mathématiques 1	15
1.2.4	Sciences pour l'ingénieur 1	16
1.2.4.1	Automatique	16
1.2.4.2	Electrocinétique 1	17
1.2.5	Physique Newtonnienne	17
1.2.5.1	Physique newtonnienne 1	17
1.2.5.2	Physique newtonnienne 2	18
1.2.6	Sciences pour l'ingénieur 2	18
1.2.6.1	Electrocinétique 2	18
1.2.6.2	Mécanique et Ingénierie	19
1.2.7	Transverse	19
1.2.7.1	Enjeux socio-écologiques	19
1.2.7.2	Atelier Projet professionnel	20
1.2.7.3	Anglais	20
1.2.8	Insertion professionnelle CMI1	21
1.2.8.1	Portefeuille d'Expériences et de Compétences (PEC)	21

1.2.8.2	Expression Communication . . . . .	21
1.2.9	R&D en laboratoire CMI1 . . . . .	22
<b>2</b>	<b>CMI 2</b>	<b>23</b>
2.1	Semestre 3 . . . . .	24
2.1.1	Maths Info Appliqués aux Sciences 1 . . . . .	24
2.1.1.1	Outils Mathématiques 1 . . . . .	24
2.1.1.2	Informatique 1 . . . . .	24
2.1.2	Sciences pour l'ingénieur 1 . . . . .	25
2.1.2.1	Dimensionnement des structures . . . . .	25
2.1.2.2	Mécanique du solide . . . . .	25
2.1.3	Physique et Energétique 1 . . . . .	26
2.1.3.1	Thermodynamique . . . . .	26
2.1.3.2	Mécanique des fluides . . . . .	27
2.1.4	Physique et EEA 1 . . . . .	27
2.1.4.1	Automatique . . . . .	27
2.1.4.2	Electronique . . . . .	28
2.1.5	Transverse S3 . . . . .	28
2.1.5.1	Atelier Projet professionnel . . . . .	28
2.1.5.2	Projet de recherche documentaire . . . . .	29
2.1.5.3	Projet technique tutoré S3 . . . . .	29
2.1.5.4	Anglais S3 . . . . .	30
2.1.6	Relations internationales . . . . .	30
2.1.6.1	Anglais CMI2 . . . . .	30
2.1.6.2	Insertion professionnelle CMI2 . . . . .	31
2.1.7	Electrochimie . . . . .	31
2.2	Semestre 4 . . . . .	33
2.2.1	Maths Info Appliquées aux Sciences 2 . . . . .	33
2.2.1.1	Outils Mathématiques 2 . . . . .	33
2.2.1.2	Informatique 2 . . . . .	33
2.2.2	Sciences pour l'ingénieur 2 . . . . .	34
2.2.2.1	Informatique Industrielle . . . . .	34
2.2.2.2	Automatismes Industriels . . . . .	34
2.2.3	Physique et Energétique 2 . . . . .	35
2.2.3.1	Physique du rayonnement . . . . .	35
2.2.3.2	Transferts thermiques . . . . .	35
2.2.4	Physique et EEA 2 . . . . .	36
2.2.4.1	Génie Electrique . . . . .	36
2.2.4.2	Electromagnétisme . . . . .	36
2.2.5	Transverse S4 . . . . .	37
2.2.5.1	Culture d'entreprise . . . . .	37
2.2.5.2	Culture générale . . . . .	38
2.2.5.3	Anglais S4 . . . . .	38
2.2.5.4	Projet technique tuteuré S4 . . . . .	39
2.2.6	Chimie . . . . .	39
2.2.7	R&D en laboratoire CMI2 . . . . .	40

<b>3</b>	<b>CMI 3</b>	<b>41</b>
3.1	Semestre 5 . . . . .	42
3.1.1	Mathématiques appliquées . . . . .	42
3.1.1.1	Analyse numérique . . . . .	42
3.1.1.2	Mathématiques pour l'ingénieur . . . . .	42
3.1.2	Thermodynamique et conversion d'énergie . . . . .	43
3.1.2.1	Conversion d'énergie thermique et mécanique . . . . .	43
3.1.2.2	Thermodynamique avancée . . . . .	44
3.1.2.3	Thermodynamique, principes . . . . .	44
3.1.3	Transferts et écoulements, principes . . . . .	45
3.1.3.1	Transferts thermiques - Conduction stationnaire . . . . .	45
3.1.3.2	Dynamique des fluides parfaits . . . . .	45
3.1.3.3	Transferts thermiques - Convection . . . . .	46
3.1.4	Instrumentation et informatique industrielle . . . . .	46
3.1.4.1	Instrumentation, mesures, capteurs . . . . .	46
3.1.4.2	Métrologie thermique et fluidique . . . . .	48
3.1.4.3	Informatique pour l'ingénieur . . . . .	48
3.1.5	Connaissance de l'environnement professionnel . . . . .	49
3.1.5.1	Atelier projet professionnel . . . . .	49
3.1.5.2	Anglais . . . . .	49
3.1.6	Renfort disciplinaire . . . . .	50
3.1.6.1	Cogénération . . . . .	50
3.1.6.2	Similitude et analyse dimensionnelle . . . . .	50
3.1.7	Conduite de projet . . . . .	51
3.2	Semestre 6 . . . . .	52
3.2.1	Traitement de l'information . . . . .	52
3.2.1.1	Traitement des signaux . . . . .	52
3.2.1.2	Automatique . . . . .	52
3.2.2	Systèmes thermiques mécaniques et électriques . . . . .	53
3.2.2.1	Conversion d'énergie électrique . . . . .	53
3.2.2.2	Mécanique des systèmes . . . . .	54
3.2.2.3	Systèmes thermiques . . . . .	54
3.2.3	Transferts et écoulements avancés . . . . .	55
3.2.3.1	Transferts thermiques - Conduction instationnaire . . . . .	55
3.2.3.2	Dynamique des fluides visqueux . . . . .	55
3.2.3.3	Transferts thermiques - Rayonnement, modèles . . . . .	56
3.2.4	Thermique de l'habitat et projet intégrateur . . . . .	56
3.2.4.1	Thermique de l'habitat . . . . .	56
3.2.4.2	Projet . . . . .	57
3.2.5	Stage industriel . . . . .	57
3.2.6	Anglais CMI3 . . . . .	58
3.2.7	Culture d'entreprise . . . . .	58
<b>4</b>	<b>CMI 4</b>	<b>60</b>
4.1	Semestre 7 . . . . .	61
4.1.1	Monde Industriel 1 . . . . .	61
4.1.1.1	Anglais . . . . .	61
4.1.1.2	Communication professionnelle . . . . .	61
4.1.2	Mécanique des fluides . . . . .	62

4.1.2.1	Dynamique des fluides . . . . .	62
4.1.2.2	Introduction à la CFD . . . . .	63
4.1.3	Transferts thermiques et fluidiques . . . . .	64
4.1.3.1	Convection forcée et naturelle . . . . .	64
4.1.3.2	Echangeurs de chaleur . . . . .	65
4.1.3.3	Transferts thermiques diphasiques et transfert de matière . . . . .	66
4.1.4	Sciences Pour L'Ingénieur . . . . .	68
4.1.4.1	Acoustique et vibration des systèmes . . . . .	68
4.1.4.2	Cycles frigorifiques et pompes à chaleur . . . . .	68
4.1.4.3	Technologie des machines à fluides . . . . .	69
4.1.5	Projet Intégrateur . . . . .	69
4.1.6	Hydrogen Energy & Energy Systems . . . . .	70
4.1.6.1	Fuel Cell . . . . .	70
4.1.6.2	Thermal Management of Electric Machines . . . . .	71
4.1.6.3	Energy Branch . . . . .	71
4.1.7	L'entreprise . . . . .	72
4.2	Semestre 8 . . . . .	73
4.2.1	Monde Industriel 2 . . . . .	73
4.2.1.1	Anglais . . . . .	73
4.2.1.2	Economie de la transition énergétique . . . . .	73
4.2.1.3	Gestion de projet . . . . .	74
4.2.2	Production d'Énergie . . . . .	75
4.2.2.1	Combustion . . . . .	75
4.2.2.2	Nucléaire et Hydrogène-énergie . . . . .	76
4.2.2.3	Turbomachines . . . . .	76
4.2.3	Modélisation En Énergétique . . . . .	77
4.2.3.1	Codes de calcul en dynamique des fluides et éléments finis . . . . .	77
4.2.3.2	Méthodes numériques et outils mathématiques pour l'ingénieur . . . . .	78
4.2.4	Efficacité Énergétique . . . . .	79
4.2.4.1	Efficacité énergétique dans le bâtiment et ACV . . . . .	79
4.2.4.2	Energies Renouvelable . . . . .	79
4.2.4.3	Systèmes frigorifiques . . . . .	80
4.2.5	Projet Intégrateur 2 . . . . .	80
4.2.6	Hydrogen Energy & Energy Efficiency . . . . .	81
4.2.6.1	Conversion and Energy Efficiency . . . . .	81
4.2.6.2	Energy Grids . . . . .	82
4.2.6.3	Energy Storage . . . . .	82
<b>5</b>	<b>CMI 5</b>	<b>84</b>
5.1	Semestre 9 . . . . .	85
5.1.1	Monde Industriel 3 . . . . .	85
5.1.1.1	Anglais . . . . .	85
5.1.1.2	Culture juridique et économique . . . . .	85
5.1.1.3	Entreprenariat . . . . .	86
5.1.2	Ingénierie Numérique . . . . .	87
5.1.2.1	Codes de calcul en thermique et dynamique des fluides . . . . .	87
5.1.2.2	Simulation thermique dynamique . . . . .	87
5.1.2.3	CAO-DA . . . . .	88
5.1.3	Systèmes Thermiques . . . . .	88

5.1.3.1	Centrales thermiques conventionnelles . . . . .	88
5.1.3.2	Gestion des fluides et énergie . . . . .	89
5.1.3.3	TP Technologique . . . . .	89
5.1.4	Énergétique Avancée / Advanced Energy Systems (Choix 1) . . . . .	90
5.1.4.1	Machines énergétiques innovantes . . . . .	90
5.1.4.2	Méetrologie avancée . . . . .	91
5.1.4.3	Analyse exergétique . . . . .	92
5.1.5	Projet Intégrateur 3 . . . . .	93
5.1.6	Clean Sustainable Energy Production . . . . .	93
5.1.6.1	Advanced Cogeneration . . . . .	93
5.1.6.2	Advanced Fuell Cell Technologies . . . . .	94
5.1.6.3	Electrolyzis Hydrogen Production . . . . .	95
5.2	Semestre 10 . . . . .	96
5.2.1	UE6 – Stage . . . . .	96
5.2.2	Management, Ingénierie, environnement, société . . . . .	96
5.2.2.1	Management . . . . .	96
5.2.2.2	Ingénierie, environnement, société . . . . .	97

# CMI 1

## 1.1 Semestre 1

### 1.1.1 Mathématiques

#### 1.1.1.1 Algèbre

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Algèbre	FD	10	26	0	0	0	41	36	39	75	3

---

#### Contenu

- Systèmes d'équations linéaires : résolution par la méthode des pivots de Gauss,
- Nombres complexes : ensemble  $\mathbb{C}$  des nombres complexes, opérations dans  $\mathbb{C}$ ,  
Forme algébrique, conjugué, module d'un nombre complexe,  
Équation du second degré dans  $\mathbb{C}$ , formule du binôme,  
Arguments, formes trigonométriques et exponentielles d'un nombre complexe,  
Racines n-ièmes, formules d'Euler, de Moivre,  
Interprétation géométrique,
- Applications : applications injectives, surjectives et bijectives,  
Image directe et image réciproque,
- Initiation au calcul matriciel : définition, opérations sur les matrices,  
Transformations élémentaires, mise sous forme échelonnée d'une matrice, rang d'une matrice,  
Calcul de l'inverse d'une matrice.
- Géométrie analytique dans le plan.

#### Objectifs

- Consolidation des bases en calcul algébrique, savoir mettre en équations un phénomène physique, puis le simplifier et le résoudre.
- Aptitude à manipuler un signal harmonique représenté sous forme complexe.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Emmanuel Cote

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, un examen terminal.

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI111

### 1.1.1.2 Analyse

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Analyse	FD	10	26	0	0	0	41	36	39	75	3

---

#### Contenu

- Inégalités dans  $\mathbb{R}$ , valeur absolue. inégalité triangulaire, partie majorée, minorée.
- Étude des branches infinies d'une fonction,
- Fonctions réciproques d'une fonction continue et strictement monotone, Dérivation de la réciproque,
- Fonctions classiques : arcsin, arccos, arctan, fonctions hyperboliques et leurs réciproques, fonctions puissances,
- Développements limités, formule de Taylor,
- Intégration de fonctions continues, propriétés, techniques de calcul (IPP, changement de variable, intégration de fractions rationnelles),
- Équations différentielles : généralités, Résolution d'équations différentielles linéaire d'ordre 1, Résolution d'équations différentielles linéaires d'ordre 2 à coefficients constants,

#### Objectifs

Acquisition des bases fondamentales de l'analyse pour des utilisations pratiques en physique, chimie, mécanique, EEA, etc.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Emmanuel Cote

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI112

## 1.1.2 Physique

### 1.1.2.1 Electricité

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Electricité	FD	8	10	8	0	0	30	26	49	75	3

---

#### Contenu

- \* Association de dipôles en série et en parallèle
- \* Transformation Etoile - Triangle
- \* Théorèmes généraux de l'électrocinétique en régime continu (Lois d'Ohm et de Pouillet - Diviseurs de tension et de courant - Lois des nœuds et des mailles - Théorèmes de Millman, de Thévenin et de Norton)
- \* Puissances en régime continu

#### Objectifs

Maîtriser

- \* les calculs de résistances équivalentes et transformation de schémas
- \* les calculs de différences de potentiel dans des circuits en régime continu comportant plusieurs branches
- \* la détermination de tensions, de courants et de puissances dans des montages comportant plusieurs branches avec des résistances, des générateurs de tension et de courant en appliquant les différents théorèmes généraux de l'électrocinétique en régime continu.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Didier Chamagne

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, compte-rendu de TP et examen final

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI121

### 1.1.2.2 Thermodynamique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Thermodynamique	FD	8	10	9	0	0	31	27	48	75	3

---

#### Contenu

Thermodynamique :

\* Systèmes thermodynamiques, gaz parfaits, évolutions isobares, isochores et isothermes. Diagramme de Clapeyron.

Thermique :

\* Conduction : relation de Fourier, conductivité thermique, résistance thermique, structures parallélépipédiques, structures cylindriques.

\* Convection : relation de Newton, coefficient d'échange par convection.

\* Rayonnement : le spectre électromagnétique de la lumière, loi de Planck, loi de Wien, émittance, luminance, éclairage, émissivité, le corps noirs, les corps réels (gris, opaque.....) absorptivité, échange radiatif entre 2 surfaces, facteurs de forme.

#### Objectifs

Il s'agit pour les étudiants d'une première approche de la thermodynamique associée aux lois générales et fortement simplifiées des transferts de chaleur.

Cette association intéressante leur permet de modéliser thermiquement des structures simples en régime thermique permanent afin de prévoir dans des cas simples les températures internes.

Les domaines d'application sont les murs multi-couches (isolant, plâtre, béton) auxquels on applique des conditions aux limites convectives.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Raynal Glises De La Riviere

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD et examen final

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI122

## 1.1.3 Sciences pour l'Ingénieur

### 1.1.3.1 Découverte EEA

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Découverte EEA	CDS	6	4	9	0	0	22	19	31	50	2

---

#### Contenu

\* Numération et codage : pourquoi le binaire, la base 2; octal; hexadécimal; code ascii; codage binaire; codage bcd; code complément à 1, code complément à 2; code Gray; écriture des nombres entiers, des nombres fractionnaires

\* Logique combinatoire : lois de bases de l'algèbre de Boole; propriétés; opérateurs Nand, Nor, Xor; écriture des fonctions logiques, première et deuxième formes canoniques; réalisation; simplification des fonctions logiques; multiplexeur

\* Comparateur, additionneur...

#### Objectifs

Acquérir les notions de base de l'électronique numérique en introduction à l'informatique industrielle et aux automatismes

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Roger Bedu

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, compte-rendu de TP et examen final de cours-TD et TP

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI131

### 1.1.3.2 Découverte Mécanique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Découverte Mécanique	CDS	6	4	9	0	0	22	19	31	50	2

---

#### Contenu

Il s'agit de découvrir des aspects de la mécanique via quelques notions :

- La notion de force et ses conséquences
- La notion de mouvement d'un point matériel et ses conséquences
- La notion de rigidité d'un matériau et ses conséquences

#### Objectifs

Etre sensibilisé à l'importance de la mécanique dans la conception.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, compte-rendu de TP, examen final

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI132

### 1.1.3.3 Base de la programmation

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Base de la programmation	CDS	6	6	15	0	0	30	27	23	50	2

---

#### Contenu

- \* Fonctionnement de l'ordinateur (structure interne, les différents composants, codage binaire)
  - \* Notions de base de la programmation : types prédéfinis, variables, opérateurs, expressions, instructions simples et de contrôle (conditionnelles et répétitives) langage utilisé : Python
  - \* Notions de base de l'algorithmique à travers des exemples traités en Travaux Pratiques (Manipulation de tableaux, algorithmes de tri etc...)
- Les aspects programmation orientée objet ne seront pas traités (en L2)

#### Objectifs

L'objectif de ce module est d'expliquer le fonctionnement logique d'un ordinateur et de donner aux étudiants des bases d'algorithmique et de programmation en Python.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, programmes en TP, examen final

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI133

### 1.1.4 Chimie

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Chimie	FD	10	26	15	0	0	56	51	99	150	6

---

#### Contenu

- \* Les atomes : constitution des atomes, structures électroniques, classification périodique, formation d'ions simples, ... Les molécules : liaison covalente, polarisation des liaisons, formules de Lewis, géométrie, ...
- \* Etat gazeux : lois des gaz.
- \* La réaction chimique : bilan molaire et massique, avancement, exemple de l'oxydo-réduction, cinétique chimique, ...
- \* TP : analyse quantitative par dosage acido-basique et d'oxydo-réduction.

#### Objectifs

Déterminer la constitution du noyau et la structure électronique d'un élément à partir de sa position dans la classification périodique.

Déterminer les proportions stœchiométriques d'une réaction à partir de son équation-bilan. Prévoir les masses de produits attendues. Savoir passer de la quantité de matière, à la masse, au volume, en fonction de l'état physique du réactif ou du produit.

Reconnaître une réaction d'oxydo-réduction d'après son équation bilan et savoir l'équilibrer en utilisant les nombres d'oxydation.

Reconnaître d'après le suivi de l'avancement, une réaction d'ordre 0,1 et 2.

TP : savoir déterminer une concentration molaire, une teneur massique, ... à partir d'un dosage effectué avec précision. Ecriture des résultats avec un nombre correct de chiffres significatifs.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Jean-Luc Sanner

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, compte-rendu de TP, examen final de cours-TD et TP

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI1M4

## 1.1.5 Méthodologie des sciences et du travail universitaire

### 1.1.5.1 PIX

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	PIX	SECO	0	0	24	0	0	24	24	26	50	2

---

#### Contenu

\* Connaître quelques aspects juridiques liés à l'informatique (chartre...)

\* Maîtriser son poste de travail et le réseau (répertoires, formats des fichiers, droits sur les fichiers, compression des fichiers, virus ...)

\* Initiation au traitement de texte (gérer des documents d'une page, mise en forme des caractères, paragraphes, listes, insertion d' images, en-tête et pied de page...)

\* Initiation au tableur

\* Maîtrise de l'ENT, cours et activités en ligne, messagerie électronique de l'Université

#### Objectifs

Etre capable d'utiliser de manière réfléchie les moyens informatiques disponibles.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Eric Duverger

**Mode d'évaluation** tests en TP et examen final

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI151

### 1.1.5.2 Anglais

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Anglais	SECO	0	6	0	0	0	6	6	44	50	2

---

## Contenu

Anglais en autoformation

Tâches de consolidation des bases et d'entretien de la langue, à base de plateformes d'apprentissage en ligne : exploitation de documents audios ou écrits variés [lessons to brush up on your English, read about world news, understand more about what is happening in the world of technology, and learn some useful tech vocabulary, etc.] ; renforcement de la compétence grammaticale B1-B2

## Objectifs

Objectifs pédagogiques

¿ Activer des ressources linguistiques (lexicales, phonologiques, syntaxiques, grammaticales) à travers une pratique orale et écrite de la langue

¿ Comprendre, analyser et synthétiser des informations en vue de leur exploitation à l'écrit et/ou à l'oral

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Fanny Lalevee

**Mode d'évaluation** test de niveau B1 en début et fin de semestre.

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI152

### 1.1.5.3 Méthodologie scientifique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Méthodologie scientifique	SECO	0	0	10	0	0	10	10	40	50	2

---

## Contenu

analyse dimensionnelle, étude des incertitudes, représentations graphiques, rédaction d'un compte-rendu de TP.

## Objectifs

Donner aux étudiants les outils et méthodes du travail scientifique

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI153

#### 1.1.5.4 Documentation

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
1	Documentation	SECO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

---

#### Contenu

Visite de la Bibliothèque Universitaire

#### Objectifs

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** Pas d'évaluation

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI154

## 1.2 Semestre 2

### 1.2.1 Anglais et Insertion professionnelle

#### 1.2.1.1 Anglais CMI1

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Anglais CMI1	SECO	0	12	0	0	0	12	12	13	25	1

---

#### Contenu

- \* Reconnaître, utiliser et augmenter le vocabulaire courant / lié aux grands thèmes sociétaux / à l'actualité immédiate / aux problématiques liées à l'enseignement supérieur et la vie étudiante
- \* Reconnaître, utiliser et augmenter le vocabulaire de base (descriptif, argumentatif, scientifique)
- \* Augmenter ses connaissances lexicales propres à la filière, liées aux sciences et énergies, à la technologie (champs d'application des Sciences pour l'Ingénieur, conception et réalisation de produits industriels innovants, etc.)
- ¿ Appliquer la grammaire de base (le groupe verbal, expressions de la modalité, etc.)
- ¿ Mettre en œuvre un niveau minimal de compréhension orale et écrite (repérage d'informations, inférence, stratégie de lecture, etc.)

#### Objectifs

Objectifs : maîtriser la langue de communication générale ; pouvoir comprendre et manipuler en contexte le vocabulaire spécifique à la discipline

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Fabienne Halm

**Mode d'évaluation** Contrôle continu et examen final

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH161

#### 1.2.1.2 Insertion professionnelle CMI1

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Insertion professionnelle CMI1	SECO	0	8	0	0	0	8	8	42	50	2

---

#### Contenu

- \* Mettre en œuvre la démarche PEC
- \* Initiation à la recherche au Laboratoire FEMTO (département électrique)

#### Objectifs

Découvrir les spécificités du CMI H3E

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Daniel Hissel

**Mode d'évaluation** copte-rendu des travaux

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH162

### 1.2.2 Stage L1 ou L2

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Stage L1 ou L2	CDS	0	0	0	0	0	0	0	75	75	3

---

#### Contenu

Le stage d'immersion est positionné en L1 ou L2 et doit se faire préférentiellement à l'étranger et en langue anglaise. Afin de faciliter les choses, les étudiants peuvent travailler en binôme afin de faciliter la réalisation d'un stage à l'étranger.

#### Objectifs

Au niveau du stage d'immersion, les attendus sont une présentation lors d'une soutenance orale en s'appuyant sur un support de présentation type PPT ou PDF.

- \* Se servir aisément des différents registres d'expression écrite et orale de la langue anglaise
- \* Rendre compte et communiquer à l'oral et à l'écrit en s'adaptant au public concerné (professionnels, grand public, universitaires)
- \* Analyser et synthétiser des données en vue de leur exploitation
- \* Développer une argumentation avec esprit critique

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** Evaluations soutenance orale ; rapport ; fiche d'appréciation

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH1M7

### 1.2.3 Outils Mathématiques 1

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Outils Mathématiques 1	FD	12	40	0	0	0	58	52	98	150	6

---

#### Contenu

- Géométrie du plan et de l'espace : produit scalaire, produit vectoriel, déterminant, Systèmes de coordonnées classiques (cartésiennes, polaires cylindriques et sphériques), Changement de base
- Fonctions scalaires de plusieurs variables : continuité, différentiabilité, dérivées partielles, gradient
- Fonctions vectorielles de plusieurs variables : continuité, différentiabilité, dérivées partielles, Opérateurs différentiels : divergence, rotationnel, laplacien,
- Intégrales doubles ou triples, intégration curviligne et surfacique, Circulation d'un champ de vecteurs, flux d'un champ de vecteurs, potentiel scalaire, Théorèmes classiques des intégrales multiples (de Green, de Stokes, de la divergence),

## Objectifs

- Familiariser l'étudiant avec les divers systèmes de coordonnées du plan et de l'espace (cartésiennes, polaires, cylindriques et sphériques), la manipulation du produit scalaire, du produit vectoriel, des déterminants et leurs applications géométriques.
  - connaître la définition et les propriétés des fonctions dérivables de deux ou trois variables (dérivées partielles, gradient, différentielle, dérivée directionnelle, plan tangent au graphe...). Développements limités d'ordre un.
  - Maîtriser les propriétés des champs de vecteurs : circulation sur un chemin, flux à travers une surface paramétrée orientée, calcul de rotationnel et de divergence.
- Etre capable d'utiliser l'analyse vectorielle comme outil dans la résolution de problèmes concrets d'ingénierie.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Emmanuel Cote

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, un devoir à la maison individualisé, un examen terminal.

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI2M6

## 1.2.4 Sciences pour l'ingénieur 1

### 1.2.4.1 Automatique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Automatique	CDS	8	8	12	0	0	32	28	47	75	3

---

### Contenu

- \* Historique de l'automatique ; notion de systèmes, de commandes ; différences entre entrée de commande et entrée de perturbation d'un système.
- \* Système linéaire continu ; équation différentielle ; écriture complexe ; fonction de transfert.
- \* Représentation fréquentielle des systèmes ; diagramme de Bode.
- \* Réponse temporelle des systèmes : exemple de systèmes du premier et du deuxième ordre.

## Objectifs

L'étudiant aura un aperçu historique de l'évolution de l'automatique : de la simple commande d'un système aux systèmes asservis. Il aura acquis les bases mathématiques nécessaires à l'études des systèmes asservis linéaires qui seront approfondis.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Roger Bedu

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, compte-rendu de TP, Examen final de cours-TD et TP

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI271

### 1.2.4.2 Electrocinétique 1

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Electrocinétique 1	CDS	8	10	8	0	0	30	26	49	75	3

---

#### Contenu

- \* Lois régissant le régime continu
- \* Lois régissant le régime transitoire du premier ordre
- \* Lois régissant le régime sinusoïdal permanent appliquées aux circuit RLC en tout genre

#### Objectifs

- Maîtriser
  - \* Représentation des grandeurs sinusoïdales
  - \* Impédance complexe, lois d'Ohm et de Kirchhoff en régime sinusoïdal permanent
  - \* Puissances en régime sinusoïdal permanent
  - \* Circuits résonnant et anti-résonnant

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Didier Chamagne

**Mode d'évaluation** interrogations écrites en TD, compte-rendu de TP et examen final

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI272

## 1.2.5 Physique Newtonnienne

### 1.2.5.1 Physique newtonnienne 1

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Physique newtonnienne 1	FD	10	8	15	0	0	38	33	67	100	4

---

#### Contenu

La mécanique présentée ici concerne exclusivement la mécanique du point. Pratiquement elle concerne les objets matériels dont l'extension spatiale est très faible

- L'analyse des forces les plus courantes
- L'art de repérer les objets et la cinématique
- Les principes de base de la dynamique des points (Lois de Newton)

#### Objectifs

Savoir relier le mouvement d'un système de points aux forces qui lui sont appliquées.

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI281

### 1.2.5.2 Physique newtonienne 2

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Physique newtonienne 2	FD	10	10	0	0	0	25	20	30	50	2

---

#### Contenu

La mécanique présentée ici concerne exclusivement la mécanique du point. Pratiquement elle concerne les objets matériels dont l'extension spatiale est très faible.

Cette partie 2 approfondit les notions de la partie 1.

- Le moment d'une force et le moment cinétique
- L'énergétique

#### Objectifs

Savoir utiliser certaines méthodes (conservation de moment cinétique, conservation de l'énergie mécanique) pour résoudre plus facilement certains problèmes.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** 0

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI282

### 1.2.6 Sciences pour l'ingénieur 2

#### 1.2.6.1 Electrocinétique 2

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Electrocinétique 2	CDS	8	10	8	0	0	30	26	49	75	3

---

#### Contenu

\* Circuits linéaires continus ; Fonction de transfert ; Amplificateur opérationnel.

\* Notion de filtres : passe-bas, passe-haut, passe-bande, coupe-bande.

#### Objectifs

Appréhender la notion de fonction de transfert, savoir calculer et identifier une fonction de transfert, reconnaître le type d'un filtre.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Roger Bedu

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, compte-rendu de TP, Examen final de cours-TD et TP

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI291

### 1.2.6.2 Mécanique et Ingénierie

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Mécanique et Ingénierie	CDS	6	6	15	0	0	30	27	48	75	3

---

#### Contenu

La mécanique est ici abordée à travers l'aspect technologique en expliquant des critères utilisés en conception :

- Les liaisons mécaniques réelles et parfaites
- Pression de contact, matage et grippage
- Liaisons lisses et liaisons complètes

#### Objectifs

Etre en mesure de valider la conception d'une liaison mécanique dans un contexte simplifié

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites en TD, compte-rendu de TP et examen final

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI292

### 1.2.7 Transverse

#### 1.2.7.1 Enjeux socio-écologiques

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Enjeux socio-écologiques	SECO	10	10	0	0	0	25	20	30	50	2

---

#### Contenu

Présentation des grands enjeux socio-écologiques et réflexion sous forme de recherche par groupe à partir d'une liste de sujets

#### Objectifs

Cette UE vise à développer la compréhension des grands enjeux socio-écologiques et la capacité à les appréhender de manière pluri-disciplinaire et systémique. Les grands enjeux concernés sont : le changement climatique, l'érosion de la biodiversité, la disponibilité des ressources, les limites planétaires, les transitions justes et l'équité sociale, la santé environnementale, les leviers et freins au changement, les scénarios de transition.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** QCM, présentations orales

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI2X1

### 1.2.7.2 Atelier Projet professionnel

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Atelier Projet professionnel	SECO	0	0	6	0	0	6	6	19	25	1

---

#### Contenu

- \* Communication écrite professionnelle : rédiger un cv, un email, une lettre...
- \* Techniques de communications orales.

#### Objectifs

Maîtriser l'expression orale et écrite de la langue française

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** compte-rendu de TP, test d'expression oral

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI2X2

### 1.2.7.3 Anglais

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Anglais	SECO	0	22	0	0	0	22	22	53	75	3

---

#### Contenu

Anglais général et de spécialité, s'appuyant sur des thèmes propres à la formation de référence des étudiants (SPI, énergie et industrie, innovations technologiques, problématiques environnementales, etc. ) et sur l'actualité; activation de ressources linguistiques (lexicales, phonologiques, syntaxiques, grammaticales) à travers une pratique orale et écrite de la langue, en réception et production, par le biais notamment de tâches à base de documents audios et/ou vidéos; d'activités d'enrichissement et de mise en pratique du vocabulaire; d'entraînement à la lecture et la compréhension d'articles divers; à la rédaction d'essais; d'exercices structuraux / formels de grammaire

#### Objectifs

Objectifs pédagogiques

- Activer des ressources linguistiques (lexicales, phonologiques, syntaxiques, grammaticales) à travers une pratique orale et écrite de la langue
- Comprendre, analyser et synthétiser des informations en vue de leur exploitation à l'écrit et/ou à l'oral

- Echanger simplement en anglais dans un contexte usuel ou propre à la spécialité, reformuler, donner son avis, prendre position

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Fanny Lalevee

**Mode d'évaluation** Interrogations écrites et orales en TD, examen final

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI2X3

## 1.2.8 Insertion professionnelle CMI1

### 1.2.8.1 Portefeuille d'Expériences et de Compétences (PEC)

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Portefeuille d'Expériences et de Compétences (PEC)	SECO	0	0	6	0	0	6	6	19	25	1

#### Contenu

- \* Utiliser l'outil PEC
- \* Définir les concepts de compétences, métiers, secteurs de l'outil PEC et débiter un diagnostic.

#### Objectifs

L'étudiant devra être en mesure de s'approprier l'outil PEC.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Daniel Hissel

**Mode d'évaluation** compte-rendu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH281

### 1.2.8.2 Expression Communication

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	Expression Communication	SECO	0	12	0	0	0	12	12	38	50	2

#### Contenu

- \* Etre autonome dans l'activité d'écriture : raisonner, savoir communiquer sa pensée, organiser ses connaissances, structurer un texte.
- \* Respecter la syntaxe et l'orthographe
- \* Techniques de communications orales.
- \* Identifier les phénomènes de communication non verbale.
- \* Construire et illustrer un exposé adapté au sujet, aux circonstances et au public.
- \* Communication écrite professionnelle : rédiger un cv, un email, une lettre...

**Objectifs**

Maîtriser l'expression orale et écrite de la langue française

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Daniel Hissel

**Mode d'évaluation** compte-rendu et test écrits et oraux

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH282

### 1.2.9 R&D en laboratoire CMI1

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
2	R&D en laboratoire CMI1	SC	0	16	0	0	0	16	16	59	75	3

---

**Contenu**

La R&D en laboratoire est un projet mené en équipe autour d'un sujet en lien avec les activités de recherche du parcours CMI suivi.

Il s'agit ainsi de s'initier par l'expérience à la gestion de projet, de s'appropriier les enjeux de recherche liés à la discipline du cursus, et d'organiser un évènement de diffusion scientifique à destination d'un public choisi.

**Objectifs**

Trois Objectifs clés :

\* Découvrir les enjeux de la R&D et de l'innovation par l'organisation d'un projet de recherche en travaillant dans des environnements professionnels différents :

- petit bureau d'études (start-up / PME / Associations / Organismes)
- service R&D (grand groupe industriel), collectivité, services de l'état. . .
- laboratoire de recherche (universités/ Organismes nationaux de recherche)

\* Apprendre à gérer, organiser et mener à bien un projet

\* Acquérir de nouvelles compétences (s'ouvrir aux autres, interagir. . .)

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable**

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH2M9

CMI 2

## 2.1 Semestre 3

### 2.1.1 Maths Info Appliqués aux Sciences 1

#### 2.1.1.1 Outils Mathématiques 1

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Outils Mathématiques 1	FD	7	18	0	0	0	28	25	50	75	3

---

#### Contenu

Calcul matriciel et espaces vectoriels,  
Applications linéaires, matrice d'une application linéaire et changement de base,  
Déterminant, polynôme caractéristique, diagonalisation (et trigonalisation) d'une matrice, méthode de réduction de Gauss, Exemples d'application de la diagonalisation aux calculs de puissances,  
Exemples d'application de la diagonalisation à la résolution des systèmes différentiels.

#### Objectifs

L'étudiant maîtrisera les outils mathématiques nécessaires pour la résolution des problèmes rencontrés en physique. L'accent est mis sur les applications en coordination avec les enseignements de spécialité.

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI311

#### 2.1.1.2 Informatique 1

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Informatique 1	FD	10	10	10	0	0	35	30	45	75	3

---

#### Contenu

L'objectif de ce module est d'approfondir les bases d'algorithmique et de programmation en Python abordées en L1. La programmation fonctionnelle, la programmation orientée objet, la récursivité sont traitées en restant dans le contexte scientifique.

#### Objectifs

L'étudiant maîtrisera les bases de la programmation et sera à même de réutiliser tout ou partie d'une bibliothèque existante pour traiter un problème spécifique. Les travaux pratiques portent sur un projet défini en collaboration avec les étudiants.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI312

## 2.1.2 Sciences pour l'ingénieur 1

### 2.1.2.1 Dimensionnement des structures

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Dimensionnement des structures	CDS	10	11	7	0	0	33	28	46	75	3

---

#### Contenu

Résistance et déformations dans les matériaux : cas particulier des poutres.

Torseur de cohésion : relation entre efforts extérieurs et intérieurs.

Déplacement, déformations : dilatation et glissement.

Contraintes : vecteur contraintes, composantes. Lois de comportements : modules d'élasticité longitudinal et transversal.

Résultats dans les cas particuliers de torseurs de cohésion : sollicitations simples (traction, torsion, flexion pure et flexion simple).

Critère de résistance.

Introduction à l'élasticité plane : cercle de Mohr.

Initiation à l'extensométrie : montages à jauges de déformation.

#### Objectifs

L'étudiant sera en mesure de calculer les déplacements et déformations d'une poutre sous charge. Il aura acquis les compétences concernant l'évaluation de la résistance et le dimensionnement d'une poutre ou de structures assimilées.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** Interrogations en TD, compte rendu de TP, examen de tp  
Examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI321

### 2.1.2.2 Mécanique du solide

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Mécanique du solide	CDS	10	11	7	0	0	33	28	46	75	3

---

## Contenu

Mécanique, cas d'un ensemble matériel, cas particulier du solide.

Cinématique : équiprojectivité, champ des vitesses, mouvement plan sur plan dans le cas du solide. Géométrie des masses : centre d'inertie, relation barycentrique, opérateur d'inertie d'un solide. Cinétique : torseur cinétique, relations dans le cas du solide, conservation du moment cinétique. Dynamique : torseur dynamique, relations entre moments cinétique et dynamique, repères galiléens et approchés : PFD.

Energétique : puissance, travail, énergie potentielle, énergie cinétique, expressions dans le cas du solide, théorème de l'énergie cinétique, intégrale première.

## Objectifs

L'étudiant aura la maîtrise du paramétrage et de la recherche de trajectoire, vitesse et accélération.

Il sera en mesure de faire le calcul de forces dans le cas du solide en mouvement accéléré.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** interrogations en TD, compte rendu de tp, examen de tp  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI322

## 2.1.3 Physique et Energétique 1

### 2.1.3.1 Thermodynamique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Thermodynamique	CDS	12	10	9	0	0	37	31	44	75	3

---

## Contenu

Définition d'un système thermodynamique. Variables thermodynamiques. Equation d'état et validité de cette équation. Gaz parfait et gaz réels. Premier principe, quantité de chaleur, énergie interne, enthalpie. Deuxième principe, notion d'entropie. Applications aux machines thermiques (moteurs et cycles frigorifiques), rendement des machines thermiques. Thermique : métrologie thermique. Calorimétrie.

## Objectifs

L'étudiant sera en mesure de définir un système thermodynamique, faire les bilans énergétiques et entropique.

Il saura étudier le fonctionnement d'une machine thermique simple et aura acquis les notions de calorimétrie

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Raynal Glises De La Riviere

**Mode d'évaluation** interrogations en TD, compte rendu de TP, examen de TP  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI331

### 2.1.3.2 Mécanique des fluides

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Mécanique des fluides	CDS	13	14	0	0	0	33	27	48	75	3

---

#### Contenu

Statique des fluides : Pression en un point d'un fluide ; Equation fondamentale de la statique des fluides : fluide incompressible dans le champ de pesanteur (hydrostatique) ; Forces de pression sur une paroi ; Forces d'Archimède ; Fluide compressible dans le champ de pesanteur ; Application à l'atmosphère Phénomènes de tension superficielle. Formule de Laplace. Angles de raccordement. Loi de Jurin.

Cinématique des fluides : Définitions ; Description Lagrangienne ; Description Eulérienne ; Trajectoire ; Ligne de courant Ecoulement plan d'un fluide parfait incompressible : Solutions de l'équation de Laplace ; Fonctions analytiques ; Exemples ; Superposition de plusieurs écoulements ; Ecoulements potentiel avec circulation ; Exemple d'un écoulement autour d'un plan portant

#### Objectifs

L'étudiant aura acquis les notions de base en mécanique des fluides

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Jean-Claude Roy

**Mode d'évaluation** interrogations en td  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI332

### 2.1.4 Physique et EEA 1

#### 2.1.4.1 Automatique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Automatique	CDS	10	9	9	0	0	33	28	47	75	3

---

#### Contenu

Etudes des systèmes linéaires continus : définition, écriture complexe, fonction de transfert et représentations associées (Bode, Black-Nichols, Nyquist), écriture de Laplace, étude des systèmes du premier et du deuxième ordre (étude fréquentielle et temporelle).

Etude des systèmes asservis :

constitution : chaîne d'action, de réaction, consigne, comparateur précision des systèmes asservis : classe d'un système, erreur statique, erreur de traînage stabilité des systèmes asservis

#### Objectifs

L'étudiant aura acquis les bases de l'automatique linéaire continu.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Roger Bedu

**Mode d'évaluation** interrogations en TD, compte rendu de TP, examen de TP  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI341

### 2.1.4.2 Electronique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Electronique	CDS	10	9	9	0	0	33	28	47	75	3

---

#### Contenu

Diode : caractéristique, fonctionnement statique et dynamique petits signaux. Amplificateur opérationnel : caractéristiques, fonctionnement linéaire, fonctionnement non-linéaire, montages linéaires.

Transistor bipolaire : caractéristiques, fonctionnement linéaire et bloqué-saturé, polarisation, modèle dynamique, montages amplificateurs.

#### Objectifs

L'étudiant aura acquis les bases de l'électronique analogique.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Roger Bedu

**Mode d'évaluation** interrogations en TD, compte rendu de TP, examen de TP  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI342

### 2.1.5 Transverse S3

#### 2.1.5.1 Atelier Projet professionnel

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Atelier Projet professionnel	SECO	0	0	5	0	0	5	5	20	25	1

---

#### Contenu

Application de la démarche PEC Utiliser l'outils PEC Définir les concepts de compétences, métiers et perfectionner le diagnostic de compétences

#### Objectifs

L'objectif est d'aider l'étudiant à construire son projet professionnel

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** rapport écrit et/ou exposé oral

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI351

### 2.1.5.2 Projet de recherche documentaire

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Projet de recherche documentaire	SECO	0	0	4	0	0	4	4	21	25	1

---

#### Contenu

Recherche documentaire méthodologique accompagnée par la Bibliothèque Universitaire en appui des sujets choisis dans le cadre des projets techniques tutorés au S3 et S4.

Acquérir de la méthode en recherche documentaire et connaître les outils de recherche disponibles

#### Objectifs

Fournir des éléments de méthodologie et des outils aux étudiants dans le cadre d'une recherche documentaire.

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable**

**Mode d'évaluation** Livrable

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI352

### 2.1.5.3 Projet technique tutoré S3

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Projet technique tutoré S3	SECO	0	0	0	0	0	0	0	25	25	1

---

#### Contenu

Travail bibliographique, théorique et expérimental de type généraliste et dans une discipline choisie par l'étudiant (mécanique, énergétique, ...). Les sujets sont choisis de telle sorte que l'étudiant soit amené à appliquer et à approfondir les connaissances vues en cours. La réalisation est fortement souhaitée. Encadrement par des enseignants et enseignants chercheurs Un travail de recherche de documentation scientifique complétera le travail.

#### Objectifs

Développer les facultés à appréhender un problème et à trouver des solutions Apprendre à rechercher des documentations scientifiques Travailler en équipe

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** livrable sous la forme d'un rapport écrit et examen oral.

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI353

### 2.1.5.4 Anglais S3

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Anglais S3	SECO	0	25	0	0	0	25	25	50	75	3

---

#### Contenu

Anglais général et académique ; anglais de spécialité s'appuyant sur des thèmes propres à la formation de référence de l'étudiant (SPI ; énergie et industrie ; innovations technologiques ; problématiques environnementales) ; activités de compréhension et d'expression écrite et orale (présentation en prise de parole individuelle en continu et/ou interaction de type débat contradictoire portant sur des sujets d'actualité et couvrant les grands espaces de discussion de nos sociétés) ; appréhension des enjeux de la certification de langue

#### Objectifs

Maîtriser les compétences permettant de comprendre et de s'exprimer dans les situations courantes et professionnelles (anglais usuel, scientifique et technique) ; mobiliser des acquis en réception, production et interaction (orale et écrite)

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Fanny Lalevee

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI354

### 2.1.6 Relations internationales

#### 2.1.6.1 Anglais CMI2

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Anglais CMI2	SECO	0	12	0	0	0	12	12	38	50	2

---

#### Contenu

Développer la maîtrise de l'anglais de spécialité

§ Démarche

- L'enseignement s'articulera autour de documents de spécialité
- Présentation en prise de parole en continu (avec remise d'un dossier)
- Préparation pour la certification TOEIC qui interviendra en semestre 6

#### Objectifs

§ Objectifs

- Etre capable de lire et d'analyser la littérature scientifique en anglais
- rédiger et s'exprimer en anglais

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Fabienne Halm

**Mode d'évaluation** interrogations en TD

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH361

### 2.1.6.2 Insertion professionnelle CMI2

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Insertion professionnelle CMI2	SECO	0	8	0	0	0	8	8	17	25	1

---

#### Contenu

\* Mettre en œuvre la démarche PEC

\* Initiation à la recherche au Laboratoire FEMTO (département électrique)

#### Objectifs

Découvrir les spécificités du CMI H3E

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Daniel Hissel

**Mode d'évaluation** compte-rendu des travaux

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH362

### 2.1.7 Electrochimie

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
3	Electrochimie	SC	8	10	0	0	0	22	18	57	75	3

---

#### Contenu

1er principe : énergie interne, enthalpie, capacité calorifique, chaleur latente de changement d'état

second principe : entropie, enthalpie libre

Loi d'action de masse, application aux équilibres chimiques : lois de déplacement des équilibres chimiques

#### Objectifs

Objectif de l'enseignement : connaître les différents paramètres pouvant influencer une réaction chimique et être capable de prévoir l'influence de ces paramètres sur une réaction chimique.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Jean-Pierre Verovic

**Mode d'évaluation** interrogations en td  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH3M7

## 2.2 Semestre 4

### 2.2.1 Maths Info Appliquées aux Sciences 2

#### 2.2.1.1 Outils Mathématiques 2

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Outils Mathématiques 2	FD	10	32	0	0	0	47	42	83	125	5

---

#### Contenu

Séries numériques, entières, séries de Fourier, application à des systèmes physiques, - Exponentielle d'une matrice, - Transformée de Fourier et de Laplace, applications à la résolution des ODE et EDP. - Équations aux dérivées partielles (équation de Laplace, de la diffusion, d'onde...).

#### Objectifs

L'étudiant maîtrisera les outils mathématiques nécessaires pour la résolution des problèmes rencontrés en physique L'accent est mis sur les applications en coordination avec les enseignements de spécialité.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable**

**Mode d'évaluation** interrogations en TD,  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI461

#### 2.2.1.2 Informatique 2

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Informatique 2	FD	0	0	10	0	0	10	10	15	25	1

---

#### Contenu

Perfectionnement dans l'utilisation d'outils informatiques : traitement de texte, tableur, diaporama Utilisation d'outils informatiques utilisés dans les domaines des mathématiques et de la physique (mécanique, thermique, automatique ...)

#### Objectifs

L'étudiant maîtrisera divers outils informatiques nécessaires dans divers domaines : mathématiques, physique

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** interrogations en TD, compte rendu de TP, examen de TP  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI462

## 2.2.2 Sciences pour l'ingénieur 2

### 2.2.2.1 Informatique Industrielle

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Informatique Industrielle	CDS	10	10	8	0	0	33	28	47	75	3

---

#### Contenu

Logique combinatoire. Multiplexage, démultiplexage, Codage, décodage, Additionneur, circuits combinatoires.

Logique séquentielle Les compteurs, Les bascules, les registres à décalage. Circuits logiques programmables ASIC et composants à réseaux logiques programmable PAL, PLD, CPLD, FPGA

#### Objectifs

L'étudiant aura acquis les bases de la logique en vue d'appréhender par la suite les automatismes industriels

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Roger Bedu

**Mode d'évaluation** interrogations en TD, compte rendu de TP, examen de TP  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI471

### 2.2.2.2 Automatismes Industriels

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Automatismes Industriels	CDS	10	10	8	0	0	33	28	47	75	3

---

#### Contenu

Introduction aux systèmes techniques automatisés Etude et Analyse fonctionnelle d'un automate Notions de PO/PC (Partie Opérative - Partie commande) Automates programmables Industriels (API) et Interfaçage PC / PO Langages de programmation d'un Automate : Ladder, Grafset Etude du Grafset Exemples d'applications et mise en oeuvre d'un automatisme

#### Objectifs

L'objectif est la maîtrise de l'analyse du fonctionnelle d'un système technique automatisé, dit automatisme industriel, en vue de sa mise en oeuvre ou de sa maintenance.

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Youcef Ait-Amirat

**Mode d'évaluation** interrogations en TD, compte rendu de TP, examen de TP  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI472

## 2.2.3 Physique et Energétique 2

### 2.2.3.1 Physique du rayonnement

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Physique du rayonnement	CDS	10	8	0	0	0	23	18	57	75	3

---

#### Contenu

1/ Des équations de Maxwell aux ondes électromagnétiques dans le vide  
2/ Modes de vibration d'une cavité "remplie" de vide  
3/ Energie rayonnée - spectres  
4/ Notion de corps noir  
5/ Quantification de l'énergie - Loi de Planck  
6/ Rayonnement thermique : flux, intensité, émittance, luminance, éclairage  
7/ Exercices et problèmes d'application  
Les applications abordent des points fondamentaux comme le calcul d'angles solides, l'échange radiatif entre surfaces orientées arbitrairement et l'absorption/transmission des milieux semi-transparents. Des exercices très appliqués sur les sources de rayonnement (soleil, radiateur, ampoule électrique, four, flamme), les milieux de propagation (vide, vapeurs (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O), solides (verre)) et les récepteurs (surfaces, capteurs) permettent de se familiariser avec les définitions et concepts élémentaires. La détermination de la température des planètes, la modélisation de l'effet de serre, l'absorption des océans, les phénomènes d'albédo forment un ensemble de problèmes appliqués, destinés à fournir les clés pour comprendre une part importante des mécanismes physiques qui opèrent dans le changement climatique.  
Pré-requis : Equations de Maxwell dans le vide. Thermodynamique des gaz parfaits.

#### Objectifs

Comprendre l'origine du rayonnement thermique et des lois physiques qui le régissent. Introduction à la physique quantique.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Yannick Bailly

**Mode d'évaluation** Contrôles écrits

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI481

### 2.2.3.2 Transferts thermiques

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Transferts thermiques	CDS	10	12	15	0	0	42	37	38	75	3

---

#### Contenu

Généralités sur les transferts d'énergie. Génération de chaleur. Initiation aux transferts de chaleur par convection, conduction et rayonnement. Echauffement/refroidissement d'un solide et d'un fluide. Modélisation élémentaire des échanges de chaleur dans les systèmes. Certains problèmes industriels et de la

vie courante seront abordés à travers des cas d'école et permettront d'obtenir des résultats rapides et satisfaisants à des critères d'ordre de grandeur réalistes.

### Objectifs

Les étudiants seront en mesure de modéliser de manière simplifiée des phénomènes et des systèmes (machines, procédés industriels) à partir de bilans thermiques nécessitant des formulations mathématiques élémentaires.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Laurent Thiery

**Mode d'évaluation** interrogations en TD, compte rendu de TP, examen de TP  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI482

## 2.2.4 Physique et EEA 2

### 2.2.4.1 Génie Electrique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Génie Electrique	CDS	12	10	8	0	0	36	30	45	75	3

---

### Contenu

Transformateur monophasé : principe, bilan des puissances et hypothèse de Kapp Machine asynchrone : principe, circuit équivalent électrique, bilan de puissance

### Objectifs

Acquérir les connaissances de base en électrotechnique et maîtriser les principes de fonctionnement des machines courantes (machine à courant continu, transformateur monophasé et machine asynchrone).

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** David Bouquain

**Mode d'évaluation** interrogations en TD, compte rendu de TP, examen de TP  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI491

### 2.2.4.2 Electromagnétisme

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Electromagnétisme	CDS	15	16	0	0	0	38	31	44	75	3

---

## Contenu

1/ Place de l'électromagnétisme en physique : Interactions fondamentales Charge et courant électrique Equations de Maxwell  
2/ Électrostatique du vide : Force, champ, potentiel et énergie électrostatique Généralisation : répartitions linéiques, surfacique et volumique de charge  
3/ Notions d'électrostatique dans la matière : Conducteur en équilibre, phénomène d'influence, capacités Dipôles électrostatiques Diélectriques : polarisation, champ dépolarisant  
4/ Magnétostatique du vide Origine du magnétisme Force, champ, potentiel vecteur et énergie magnétique Dipôle magnétique  
5/ Notions de magnétostatique dans la matière : Matériaux aimantés : aimantation, champ et excitation magnétique Notions sur les matériaux magnétiques : paramagnétiques, diamagnétiques et ferromagnétiques  
6/ Électrodynamique dans l'approximation des régimes quasi stationnaires : Phénomènes d'induction, champ électromoteur, loi de Lenz et applications

## Objectifs

L'étudiant aura acquis les connaissances des phénomènes électromagnétiques dans le vide et dans la matière.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Yannick Bailly

**Mode d'évaluation** interrogations en TD  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI492

## 2.2.5 Transverse S4

### 2.2.5.1 Culture d'entreprise

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Culture d'entreprise	SECO	0	10	0	0	0	10	10	15	25	1

---

## Contenu

1. Introduction à la gestion : l'entreprise et ses parties prenantes. (15h)

L'entreprise, ses finalités, ses fonctions et leurs articulations

- Introduction à la stratégie d'entreprise
- Les différents types d'entreprises, les modes d'organisation et les principales formes juridiques
- L'entreprise et ses parties prenantes
- L'entreprise dans sa filière : notion de chaîne de valeur
- Les relations inter firmes : concurrence et coopération

## Objectifs

Situer une entreprise ou une organisation dans son contexte socio-économique, identifier les personnes ressources et les diverses fonctions d'une organisation

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sasa Radosavljevic

**Mode d'évaluation** interrogations  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI4X1

### 2.2.5.2 Culture générale

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Culture générale	SECO	0	10	0	0	0	10	10	15	25	1

---

#### Contenu

- Épistémologie et histoire des sciences
- Ethiques conférences
- Citoyenneté et éco citoyenneté, déontologie

#### Objectifs

Fournir des éléments de culture générale aux étudiants

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Igor Agbossou

**Mode d'évaluation** rapport écrit

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI4X2

### 2.2.5.3 Anglais S4

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Anglais S4	SECO	0	22	0	0	0	22	22	28	50	2

---

#### Contenu

Prolongement des activités du semestre 3 : Enrichissement du vocabulaire et des faits de langue en lien avec les Sciences de l'Ingénieur, présentation de documents ou de projets scientifiques en individuel ou en groupe, initiation aux attentes de la certification Toeic

#### Objectifs

Evaluation niveau TOEIC 720

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Claire Greber

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI4X3

#### 2.2.5.4 Projet technique tuteuré S4

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Projet technique tuteuré S4	SECO	0	0	0	0	0	0	0	50	50	2

---

##### Contenu

Poursuite du projet du semestre 3 Travail bibliographique, théorique et expérimental de type généraliste et dans une discipline choisie par l'étudiant (mécanique, énergétique, ...). Les sujets sont choisis de telle sorte que l'étudiant soit amené à appliquer et à approfondir les connaissances vues en cours. La réalisation est fortement souhaitée. Encadrement par des enseignants et enseignants chercheurs Un travail de recherche de documentation scientifique complète le travail.

##### Objectifs

Développer les facultés à appréhender un problème et à trouver des solutions Apprendre à rechercher des documentations scientifiques Travailler en équipe

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** livrable sous la forme d'un rapport écrit et examen oral.

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ESI4X4

#### 2.2.6 Chimie

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	Chimie	SC	8	10	0	0	0	22	18	57	75	3

---

##### Contenu

Equilibres d'oxydo-reduction en solution, piles électrochimiques, potentiométrie, diagramme E-pH Diagrammes d'Ellingham

##### Objectifs

Les étudiants auront acquis les connaissances de bases pour appréhender la pile à combustible

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Jean-Luc Sanner

**Mode d'évaluation** interrogations en td  
examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH4M8

## 2.2.7 R&D en laboratoire CMI2

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
4	R&D en laboratoire CMI2	SC	0	16	0	0	0	16	16	59	75	3

---

### Contenu

La R&D en laboratoire est un projet mené en équipe autour d'un sujet en lien avec les activités de recherche du parcours CMI suivi.

Il s'agit ainsi de s'initier par l'expérience à la gestion de projet, de s'appropriier les enjeux de recherche liés à la discipline du cursus, et d'organiser un évènement de diffusion scientifique à destination d'un public choisi.

### Objectifs

Trois Objectifs clés :

- \* Savoir débriefer en groupe.
- \* Faire un bilan individuel et collectif de l'action réalisée.
- \* Savoir présenter un bilan de l'action écrit et oral

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable**

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH4M9

**CMI 3**

## 3.1 Semestre 5

### 3.1.1 Mathématiques appliquées

#### 3.1.1.1 Analyse numérique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Analyse numérique	FD	9	4	12	0	0	29	25	50	75	3

---

#### Contenu

Introduction, appels sur les matrices, notion de conditionnement  
Résolution de systèmes particuliers, Les systèmes triangulaires, Les systèmes tridiagonaux  
Algorithme de Gauss, La factorisation LU, Equation Différentielle Ordinaire, Problèmes : Valeur initiale, Problèmes : Conditions limites  
Méthode d'Euler (Explicite, Implicite) La méthode de Runge-Kutta, L'ordre 2 et 4  
Les méthodes multi-pas (Adams)

#### Objectifs

A l'issue du cours, l'étudiant sera à même d'appliquer les méthodes numériques classiques pour résoudre des problèmes de physique (thermique et électrique). L'étudiant sera à même de choisir la méthode adéquate en fonction du problème posé. Par exemple, dans le cas des EDOs, il privilégiera les méthodes implicites aux méthodes explicites quand c'est possible. L'ensemble des techniques abordées sont mises en application sur des problèmes concrets en TD ou en TP.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST511

#### 3.1.1.2 Mathématiques pour l'ingénieur

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Mathématiques pour l'ingénieur	FD	13	16	0	0	0	35	29	46	75	3

---

#### Contenu

Equations différentielles du premier ordre (rappels)  
Equations différentielles linéaires du second-ordre à coefficients constants  
Systèmes d'équations différentielles linéaires du premier ordre et équations différentielles d'ordre supérieur à deux  
La transformation de Laplace, application à la résolution d'équations et de systèmes d'équations différentielles  
Probabilités généralités et variable aléatoire (rappels)  
Les lois de probabilités classiques, dont la loi normale et son application à des problèmes disciplinaires

## Objectifs

- Résoudre analytiquement des équations différentielles du 1er et 2ème ordre
- Linéariser des phénomènes physiques autour d'un point d'équilibre et sa modélisation mathématique
- Maîtriser différentes techniques de résolution analytique d'équations ou de systèmes d'équations différentielles
- Connaître les lois classiques en probabilités
- Connaître les concepts fondamentaux probabilistes que l'on retrouve dans le traitement du signal et de la fiabilité
- Maîtriser l'approche probabiliste de la résolution des équations (variables aléatoires, variance, écart type, ...)

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Emmanuel Cote

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST512

## 3.1.2 Thermodynamique et conversion d'énergie

### 3.1.2.1 Conversion d'énergie thermique et mécanique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Conversion d'énergie thermique et mécanique	CDS	7	8	0	0	0	18	15	35	50	2

---

## Contenu

Présentation générale de la situation de l'énergie dans le monde, utilisation des combustibles fossiles, pouvoirs calorifiques et émissions CO<sub>2</sub>. Conversion de la chaleur en énergie mécanique, les systèmes mécaniques de conversion de la chaleur technique et cycles thermodynamiques.

## Objectifs

- Connaître et savoir manipuler les unités pour les différentes sources d'énergie.
- Estimer des quantités de chaleur dégagées.
- Manipuler les rendements de conversion de la chaleur en énergie mécanique.
- Connaître le fonctionnement de base des principaux convertisseurs de la chaleur en énergie mécanique (moteurs, turbines ...).

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Jean-Claude Roy

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST521

### 3.1.2.2 Thermodynamique avancée

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Thermodynamique avancée	CDS	15	10	8	0	0	40	33	17	50	2

---

#### Contenu

Dans un premier temps, l'utilisation des formes différentielles et intégrées des 1er et 2nd principes de la thermodynamique permet d'établir les équations nécessaires à la réalisation des bilans d'énergies mécanique et thermique sur des systèmes solides et fluides monophasiques. Dans un second temps, on aborde la thermodynamique des systèmes ouverts en régimes stationnaires ou instationnaires. Les phénomènes de changement de phase dans les machines thermiques sont abordés en troisième partie à travers des bilans thermodynamiques (fonctions d'état, lois de Clapeyron, de Rankine) et l'utilisation de diagrammes thermodynamiques (T-s, h-s, h-logP).

#### Objectifs

Savoir réaliser un bilan thermodynamique sous forme différentielle et intégrée pour un système (fermé, ouvert). Utiliser les tables thermodynamiques des fluides. Manipuler les diagrammes thermodynamiques

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Francois Lanzetta

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST522

### 3.1.2.3 Thermodynamique, principes

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Thermodynamique, principes	CDS	15	10	4	0	0	36	29	21	50	2

---

#### Contenu

Thermodynamique des systèmes fermés : Définition des systèmes thermodynamiques. Températures et flux de chaleur. Evolutions isobares, isochores, isothermes, adiabatiques, polytropiques. Cycles thermodynamiques. 1er principe. 2ème principe de la thermodynamique : énoncé de Clausius. Machines dithermes et multithermes : efficacité thermodynamique, rendement de Carnot. Entropie des transformations irréversibles. Thermodynamique des systèmes ouverts Potentiel chimique, énergie de Gibbs, diagrammes binaires diphasiques.

#### Objectifs

Dimensionner des systèmes thermodynamiques dithermes de types moteurs, pompes à chaleur et machines frigorifiques.

Savoir définir l'efficacité afin de proposer des améliorations fondamentales.

Maîtriser les outils scientifiques nécessaires pour imaginer d'autres types d'installations thermodynamiques, en particulier pour des applications cogénératives.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Raynal Glises De La Riviere

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST523

### 3.1.3 Transferts et écoulements, principes

#### 3.1.3.1 Transferts thermiques - Conduction stationnaire

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Transferts thermiques - Conduction stationnaire	CDS	12	16	4	0	0	38	32	18	50	2

---

#### Contenu

Rappels, définitions et notions élémentaires, loi de Fourier, loi de Newton, équation de la chaleur. Problèmes de conduction monodimensionnels et stationnaires en coordonnées cartésienne, cylindrique et sphérique. Notions de résistances thermiques et équivalence électrique. Couplage conducto-convectif : théorie des ailettes. Couplage solide-solide : résistance de contact.

#### Objectifs

Maîtriser l'établissement d'un bilan thermique et sa résolution en régime stationnaire.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Laurent Thiery

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST531

#### 3.1.3.2 Dynamique des fluides parfaits

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Dynamique des fluides parfaits	CDS	17	10	8	0	0	43	35	15	50	2

---

#### Contenu

Etude des écoulements de fluides parfaits :  
Bilan de la quantité de mouvement dans un volume de contrôle fluide ; théorème d'Euler  
Applications aux machines  
Relation de Bernoulli  
Etudes des écoulements internes, pertes de charge

## Objectifs

- Modéliser un écoulement de manière globale et déterminer les interactions fluides - machines
- Déterminer les caractéristiques d'un écoulement interne à l'aide de la relation de Bernoulli
- Déterminer les pertes de charge dans un écoulement interne
- Utiliser la relation d'Euler pour modéliser les interactions fluides - machines
- Dimensionner des dispositifs simples de conversion d'énergie (pompes ; éoliennes, ...)

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Jean-Claude Roy

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST532

### 3.1.3.3 Transferts thermiques - Convection

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Transferts thermiques - Convection	CDS	7	8	4	0	0	22	19	31	50	2

---

## Contenu

Phénomène physique, notion de couches limites dynamiques et thermiques, définition du nombre de Nusselt, corrélations pour la plaque plane et le cylindre en convection forcée externe, analogie de Reynolds. Etude de cas pratiques.

## Objectifs

Savoir calculer les échanges par convection forcée dans les cas simples. Déterminer un coefficient d'échange convectif en écoulement forcé externe dans les géométries usuelles (plaque plane, cylindre). Savoir choisir une corrélation appropriée en fonction des données du cas d'étude.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** Contrôle continu et terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST533

### 3.1.4 Instrumentation et informatique industrielle

#### 3.1.4.1 Instrumentation, mesures, capteurs

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Instrumentation, mesures, capteurs	CDS	10	9	15	0	0	39	34	41	75	3

---

## Contenu

Les capteurs et la chaîne d'acquisition

Grandeurs électriques et grandeurs non électriques ; Définitions et généralités sur les capteurs ; Différents types de capteurs (passif, actif, numérique, intelligent, composite) ; Phénomènes physiques utilisés dans les capteurs (Loi d'induction électromagnétique, effet hall, effet thermoélectrique, effet magnéto-résistif, effet photoélectrique, effet piézo-électrique, effet Doppler, ...) ; Structure globale d'une chaîne de mesure complète : acquisition, traitement, restitution.

Caractéristiques métrologiques

Sensibilité, Linéarité, Courbe d'étalonnage, Résolution, Rapidité, Temps de réponse et bande passante, Limites d'utilisation, étalonnage-étendue de mesure, domaine nominal d'emploi, zone de non détérioration, Erreurs de mesure, critères de choix d'un capteur.

Conditionneurs des capteurs passifs

Caractéristiques générales des conditionneurs de capteurs passifs ; Montage potentiométrique (mesure des résistances, mesure des impédances complexes, inconvénients du montage potentiométrique) ; Montage en pont (pont de Wheatstone, les ponts complexes : pont de Sauty, pont de Maxwell) ; les oscillateurs.

Introduction à la dynamique des capteurs

Capteurs d'ordre 0, 1, 2. Caractéristiques dynamiques. Interprétation des grandeurs mesurées.

## Objectifs

L'objectif général de cet enseignement est d'expliquer les principes physiques de différents capteurs, de présenter leurs caractéristiques et leur mise en œuvre dans une chaîne de mesure.

A l'issue de cet enseignement, l'étudiant est capable de :

- Choisir un capteur selon la grandeur physique mesurée et son ordre de grandeur
- Exploiter la documentation technique d'un capteur
- Tracer la courbe d'étalonnage d'un capteur
- Conditionner un capteur passif
- Conditionner le signal de mesure : filtrage, amplification, linéarisation
- Mettre en œuvre une mesure fiable utilisant un capteur
- Exploiter la documentation technique d'un capteur
- Programmer des acquisitions de mesures sous LabVIEW

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Yannick Bailly

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST541

### 3.1.4.2 Métrologie thermique et fluidique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Métrologie thermique et fluidique	CDS	10	8	0	0	0	23	18	32	50	2

---

#### Contenu

Introduction à la mesure des grandeurs physiques en thermofluidiques : température, vitesse (ou débit) et pression. Principes physiques des capteurs. Problématiques liées aux erreurs inhérentes aux mesures thermiques, avec ou sans contact.

#### Objectifs

Comprendre le fonctionnement de différents capteurs en thermique et en mécanique des fluides. Savoir utiliser les capteurs dans différents environnements industriels.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Laurent Thiery

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST542

### 3.1.4.3 Informatique pour l'ingénieur

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Informatique pour l'ingénieur	CDS	0	0	12	0	0	12	12	13	25	1

---

#### Contenu

Utilisation des outils tableur / traitement de texte / diaporama pour le traitement l'interprétation et la présentation de résultats de mesures.

#### Objectifs

Rédaction de rapport. Présentation de résultats. Interprétation de résultats de mesure .

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Dimitri Bonnet

**Mode d'évaluation** Contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST543

### 3.1.5 Connaissance de l'environnement professionnel

#### 3.1.5.1 Atelier projet professionnel

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Atelier projet professionnel	SECO	0	0	9	0	0	9	9	16	25	1

---

#### Contenu

Méthodologie du Portefeuille d'Expériences et de compétences (PEC)

Accompagnement PEC, auto-évaluation, techniques de recherche de stage et d'emploi

#### Objectifs

Définir son bilan, développer un projet, appréhender le marché de l'emploi

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Yannick Bailly

**Mode d'évaluation** Contrôle continu, contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST551

#### 3.1.5.2 Anglais

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Anglais	SECO	0	30	0	0	0	30	30	95	125	5

---

#### Contenu

Approfondir la discrimination et l'analyse de documents sonores et écrits par l'écoute et la lecture de supports variés en lien avec l'actualité, le quotidien ou le domaine d'enseignement de l'étudiant. Asseoir l'utilisation appropriée des règles syntaxiques, grammaticales et phonologiques et accroître le bagage lexical (exercices d'application + interaction orale et écrite)

#### Objectifs

Reconnaître, utiliser et augmenter le vocabulaire usuel et spécifique au domaine universitaire ; - Comprendre les nuances et l'articulation de documents écrits et audios ; - Rédiger de façon structurée ; - Être capable et à l'aise pour prendre la parole en public (présenter et défendre un point de vue, exposer un argument/une thématique de façon critique et organisée)

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Claire Greber

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST552

### 3.1.6 Renfort disciplinaire

#### 3.1.6.1 Cogénération

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Cogénération	CDS	6	6	4	0	0	19	16	34	50	2

---

##### Contenu

Cycles thermodynamiques des machines à apport de chaleur externe (Stirling, Ericsson, thermoacoustiques, magnétocaloriques). Bilans thermiques et électriques appliqués aux machines de production simultanée de chaleur (chaud, froid) et d'électricité.

##### Objectifs

Prendre connaissance des différents systèmes de cogénération existants sur la marché.

Connaître les applications concernent l'habitat, la production d'électricité, la production d'énergie multi-sources.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Francois Lanzetta

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH561

#### 3.1.6.2 Similitude et analyse dimensionnelle

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Similitude et analyse dimensionnelle	CDS	6	4	0	0	0	13	10	40	50	2

---

##### Contenu

Notions de dimensions et d'unités

Notions de similitude / groupements adimensionnels

Théorème de pi / approche matricielle

Application du théorème de pi : méthode de Rayleigh, Huntley et Siano

##### Objectifs

Etudier un phénomène sans connaissance au préalable

Etre capable de réaliser des mesures expérimentales corroborant l'analyse dimensionnelle

Introduire les groupements adimensionnels adéquats

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** Contrôle continu, contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH562

### 3.1.7 Conduite de projet

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
5	Conduite de projet	SECO	0	16	0	0	0	16	16	34	50	2

---

#### Contenu

Cette UE vient sous forme de pédagogie inversée, reprendre le thème de conduite de projet sachant que les étudiants ont mené au cours de l'année de L2 un projet sur la R&D.

La conduite de projet :

- Conduire le changement (équation de Strebel) changement incrémental et changement de logique-Mesurer et rédiger un rapport d'activités
- Conduire de réunion : différencier les types de réunion, pourquoi faire une réunion ? Convoquer ou inviter ?
- Utiliser des outils de régulation.
- Gérer les cas difficiles.
- Réaliser un compte-rendu et un plan d'action.
- Utiliser des techniques pour animer de plus grands groupes (Phillips 6X6, World café... )
- Utiliser un métaplan, un Brain Storming ou autres outils de créativité.
- Définir un problème, puis mettre en place une démarche projet, rôle du chef de projet et initiation à la méthodologie de projet, notion de brevet

#### Objectifs

- Acquérir et maîtriser les outils du Management.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Youcef Ait-Amirat

**Mode d'évaluation** - Épreuve théorique écrite ou orale.

- Contrôle continu sous forme d'interrogations écrites, orales ou mise en situation. Éventuellement, rapport ou compte-rendus écrit.

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH5M7

## 3.2 Semestre 6

### 3.2.1 Traitement de l'information

#### 3.2.1.1 Traitement des signaux

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Traitement des signaux	CDS	8	8	12	0	0	32	28	47	75	3

---

#### Contenu

Introduction au traitement du signal, Représentation des signaux continus, Représentation des signaux discrets, Filtrage

#### Objectifs

L'objectif général de cet élément est de donner aux étudiants les outils pour comprendre et mettre en œuvre le traitement du signal de mesure, sa programmation et l'analyse de ses résultats. En cours de formation, les enseignements permettront aux étudiants d'être progressivement capables de : Différencier le traitement analogique et le traitement numérique du signal. Améliorer la qualité d'un signal de mesure : amplification, filtrage analogique, filtrage numérique. Analyser un signal vibratoire périodique et déterminer sa composition fréquentielle. Analyser un signal transitoire d'énergie finie au moyen d'une FFT. Interpréter physiquement la signification de la convolution et de la déconvolution. Décrire les conséquences spectrales de l'échantillonnage d'un signal. Justifier le choix de la fréquence d'échantillonnage selon l'analyse temporelle ou fréquentielle réalisée. Relater les différentes étapes du processus de conversion analogique-numérique ou numérique-analogique. Programmer des opérations de traitement du signal sous LabVIEW et/ou Python

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Yannick Bailly

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST661

#### 3.2.1.2 Automatique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Automatique	CDS	12	10	8	0	0	36	30	45	75	3

---

#### Contenu

Définition d'un système linéaire continu, représentations (fonction de transfert complexe, de Laplace), Etude temporelle d'un système, étude fréquentielle (Bode, Black, Nyquist), systèmes du premier et du deuxième ordre

Système bouclé :

différents types d'entrées (consigne, perturbation), fonction de transfert en boucle ouverte, en boucle fermée

classe d'un système, précision, erreur statique, de traînage

stabilité des systèmes, critère de Routh, critère de Nyquist, marge de sécurité (marge de gain, marge de phase)  
 utilisation de l'abaque de Black-Nichols  
 opposition précision-stabilité : introduction aux correcteurs PID

### Objectifs

Modéliser un système linéaire continu,  
 Identifier les différents éléments d'un système asservi,  
 Calculer l'évolution des réponses temporelles du système.  
 Posséder les outils nécessaires à l'étude et à l'amélioration des systèmes asservis  
 Savoir étudier un cas pratique

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Roger Bedu

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST662

## 3.2.2 Systèmes thermiques mécaniques et électriques

### 3.2.2.1 Conversion d'énergie électrique

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Conversion d'énergie électrique	CDS	8	6	8	0	0	26	22	28	50	2

### Contenu

Transformateur monophasé : principe de fonctionnement, circuit équivalent électrique basé sur l'hypothèse de Kapp, bilan de puissances, rendement. Machine asynchrone triphasée : principe et fabrication d'un actionneur électrique, Circuit équivalent électrique, Bilan de puissances, Rendement

### Objectifs

Acquérir des connaissances de base en électrotechnique  
 Réaliser des bilans énergétiques intégrant différents vecteurs énergétiques de type mécaniques, thermiques et électriques  
 Aborder les multiples systèmes et procédés physiques de transformation de l'énergie (par exemple, éolienne).

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Didier Chamagne

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST671

### 3.2.2.2 Mécanique des systèmes

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Mécanique des systèmes	CDS	12	12	12	0	0	42	36	39	75	3

---

#### Contenu

Vecteur force, vecteur moment, couples, équilibres  
Frottement de glissement, de roulement. Application aux embrayages et freins.  
Géométrie des masses, action d'inertie, moments d'inertie, Théorème de Huyghens  
Transmetteurs, couples ramenés, inertie ramenées  
Énergétique, rendement, couple global développé par les frottements sur un axe donné  
Équilibrage des rotors sur machine et in situ

#### Objectifs

Être capable de modéliser la chaîne cinématique d'un système réel sous la forme d'un schéma bloc, calculer et ramener les caractéristiques du système sur un axe donné.  
Savoir se placer en régime transitoire et en régime permanent, dimensionner un actionneur selon les performances attendues.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST672

### 3.2.2.3 Systèmes thermiques

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Systèmes thermiques	CDS	0	14	0	0	0	14	14	11	25	1

---

#### Contenu

Rappels de thermodynamique, application aux systèmes ouverts, transformations thermodynamiques générales polytropiques, présentation des bilans exergétiques, conversion d'énergie dans les machines : applications aux compresseurs volumétriques, aux moteurs à combustion internes et externes, aux turbines à gaz et aux turbines à vapeur.

#### Objectifs

Réaliser les calculs de performances des systèmes de conversion de la chaleur en énergie mécanique, bilans énergétiques et exergétiques des installations.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Laurent Thiery

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST673

### 3.2.3 Transferts et écoulements avancés

#### 3.2.3.1 Transferts thermiques - Conduction instationnaire

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Transferts thermiques - Conduction instationnaire	CDS	14	8	0	0	0	29	22	28	50	2

---

#### Contenu

Solutions temporelles des problèmes à faible nombre de Biot. Rôle du nombre de Fourier. Introduction aux techniques de résolution des équations aux dérivées partielles. Milieux semi-infinis, solution intégrale du contact. Milieux finis, méthode de la séparation des variables, extension aux problèmes non-homogènes. Cas particulier des solutions en régime périodique. Introduction aux transformations intégrales, utilisation de la transformation de Laplace.

#### Objectifs

Assimiler les notions de thermocinétique, et leurs bases mathématiques. Comprendre les lois de comportement des matériaux en fonction des sollicitations temporelles internes ou externes, par exemple le régime de flux périodique surfacique, et des dimensions caractéristiques qui leur sont associées.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Laurent Thiery

**Mode d'évaluation** contrôle continu ; examen terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST681

#### 3.2.3.2 Dynamique des fluides visqueux

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Dynamique des fluides visqueux	CDS	14	14	0	0	0	35	28	47	75	3

---

#### Contenu

Relations entre contraintes et déformation dans un fluide visqueux.  
Equations de l'écoulement : équation de continuité, équation de Navier-Stokes  
Viscosité, rhéologie des fluides  
Etude de la couche limite dynamique

#### Objectifs

Modéliser les écoulement visqueux et déterminer les distribution de vitesse et de pression dans des cas simples  
Déterminer les caractéristiques des écoulements à prendre en compte pour une résolution par méthode numérique (simulation)

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Jean-Claude Roy

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST682

### 3.2.3.3 Transferts thermiques - Rayonnement, modèles

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Transferts thermiques - Rayonnement, modèles	CDS	8	6	0	0	0	18	14	11	25	1

---

#### Contenu

Échanges radiatifs purs entre surfaces : Concept de facteurs de forme. Calculs des échanges radiatifs entre deux surfaces. Plusieurs surfaces : méthodes par résistances de radiation . Influence Radiation des gaz et des flammes, techniques numériques de résolution des systèmes complexes.

#### Objectifs

L'étudiant sera capable de choisir le modèle de rayonnement le mieux adapté à la situation étudiée. Il sera capable d'utiliser les fonctionnalités des modèles de rayonnement présents dans les outils numériques multi-physiques.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** David Ramel

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST683

### 3.2.4 Thermique de l'habitat et projet intégrateur

#### 3.2.4.1 Thermique de l'habitat

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Thermique de l'habitat	CDS	4	4	12	0	0	22	20	30	50	2

---

#### Contenu

Cet enseignement est une introduction à la thermique de l'habitat. Les déperditions par l'enveloppe et par la ventilation sont calculées.

Les méthodes pour rendre un bâtiment économe en énergie voire positif sont abordées. Les différents labels et réglementation sont décrits. Des cas pratiques sont traités à l'aide de logiciels de calculs de déperditions et de calculs règlementaires.

#### Objectifs

A l'issue de cet enseignement, les étudiants sauront calculer les déperditions d'un bâtiment et vérifier qu'un bâtiment satisfait ou non la réglementation thermique. Ils sauront proposer des améliorations énergétiques.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST691

### 3.2.4.2 Projet

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Projet	CDS	0	0	0	0	0	0	0	100	100	4

---

#### Contenu

Mise en application sur un sujet spécifique industriel, scientifique ou pédagogique des compétences pluridisciplinaires acquises.

Le projet peut constituer une préparation au stage

#### Objectifs

Mobiliser les connaissances scientifiques, techniques et en sciences humaines et les appliquer au sujet traité

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Yannick Bailly

**Mode d'évaluation** Evaluations soutenance orale ; rapport

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST692

### 3.2.5 Stage industriel

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Stage industriel	CDS	0	0	0	0	0	0	0	150	150	6

---

#### Contenu

Le stage permet à l'étudiant de découvrir par immersion l'entreprise ou le laboratoire en mettant en application les connaissances et compétences acquises sur un projet spécifique proposé par le responsable en entreprise. Il donne lieu à la rédaction d'un rapport et à une présentation orale en français ou en anglais.

#### Objectifs

Savoir s'adapter à et évoluer dans un environnement technico-économique

Maîtriser la communication écrite et orale

Travailler en équipe et en autonomie

Respecter les consignes et des délais

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Yannick Bailly

**Mode d'évaluation** Evaluations soutenance orale ; rapport ; fiche d'appréciation

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EST6UX

### 3.2.6 Anglais CMI3

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Anglais CMI3	SECO	0	20	0	0	0	20	20	55	75	3

---

#### Contenu

#### Objectifs

Reconnaître, utiliser et augmenter le vocabulaire lié aux outils issus des nouvelles technologies de l'information et de la communication

Prendre la parole en public, présenter et défendre un point de vue, un produit, un projet

Mettre en œuvre une compréhension orale et écrite étendue (repérage d'informations, inférence, stratégie de lecture, etc.)

Rédiger sans maladresse rendant la lecture malaisée ; pour cela savoir exploiter ou réinvestir les ressources linguistiques disponibles et les plus authentiques possibles

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Fanny Lalevee

**Mode d'évaluation** Contrôle continu ; contrôle terminal

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH6M8

### 3.2.7 Culture d'entreprise

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
6	Culture d'entreprise	SECO	9	9	0	0	0	22	18	57	75	3

---

#### Contenu

Partie 3 : L'approche comptable de l'entreprise :

- a) les notions de charges et produits
- b) l'enregistrement des opérations comptables
- c) le compte de résultat
- d) le compte de bilan

Partie 4 : l'approche financière de l'entreprise

- a) l'analyse financière du compte de résultat

b) l'analyse financière du bilan

Partie 5 : le calcul d'un coût de production :

a) les différents types de coût

b) le calcul d'un coût de production par la méthode des coûts complets

c) le calcul d'un coût de production par la méthode des coûts partiels

Appliquer les Techniques de Recherche d'Emploi (TRE) pour le stage de spécialisation :

- Adapter son CV et sa LM (y compris pour l'international)

- Ouverture sur l'international

**Objectifs**

Connaissance approfondie du monde économique des entreprises.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Youcef Ait-Amirat

**Mode d'évaluation** - Épreuve théorique écrite ou orale.

- Contrôle continu sous forme d'interrogations écrites, orales ou mise en situation. Éventuellement, rapport ou compte-rendus écrit.

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH6M9

CMI 4

## 4.1 Semestre 7

### 4.1.1 Monde Industriel 1

#### 4.1.1.1 Anglais

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Anglais	SECO	0	20	0	0	0	20	20	55	75	3

---

#### Contenu

Anglais usuel, scientifique et technique, s'appuyant sur des thèmes propres à la formation de référence des étudiants (parcours énergie électrique).

#### Objectifs

Mettre en œuvre les outils nécessaires à une compréhension et une expression écrite et orale efficaces dans les domaines scientifiques et techniques propres à la filière ou aux thématiques d'actualité ;  
Repérer et transférer les éléments constitutifs d'une argumentation ou d'un discours ;  
Analyser et synthétiser des données en vue de leur exploitation à l'écrit ou à l'oral ;  
Établir et utiliser avec pertinence et efficacité les supports visuels (powerpoint, schémas, tableaux, etc) ;  
Présenter un argumentaire clair et documenté en interaction directe ou/et devant un groupe, écouter, débattre, défendre une opinion, convaincre (acquisition de savoir-faire et de savoir-être) ;  
Sensibilisation à la passation d'une certification de niveau B2 (type TOEIC) en fin de Master ;  
Travail individuel, en binôme ou en groupe réduit.

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Fabienne Halm

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EEE711

#### 4.1.1.2 Communication professionnelle

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Communication professionnelle	SECO	0	18	0	0	0	18	18	57	75	3

---

#### Contenu

Maîtriser les composantes de la communication interpersonnelle ;  
Transmettre un message avec efficacité, s'adapter au(x) destinataire(s), comprendre la typologie des interlocuteurs, savoir argumenter ;  
Identifier des techniques de communication utiles au quotidien ;  
Construire la relation (avec le hiérarchique, les collègues, les clients) ;  
Savoir faire face à des situations relationnelles difficiles ;  
Développer son assertivité, optimiser les éléments non verbaux de la communication, valoriser l'image de soi.

## Objectifs

Communiquer efficacement dans des situations professionnelles courantes ;  
Réagir de manière performante aux principales difficultés relationnelles rencontrées en entreprise.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Lucia Tribouley

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EEE712

## 4.1.2 Mécanique des fluides

### 4.1.2.1 Dynamique des fluides

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Dynamique des fluides	CDS	26	14	15	0	0	68	55	45	100	4

---

### Contenu

Phénoménologie des écoulements en vue de décrire les efforts aérodynamiques qu'exercent un fluide en mouvement sur un corps immergé dans le fluide. ?  
Description de la portance et de la traînée. ?  
Traduction des efforts aérodynamique sur une structure en coefficients aérodynamiques. ?  
Diagrammes de polaires liant les coefficients aérodynamiques. ?  
Description des écoulements compressibles. ?  
Reprise des équations de mécanique des fluides et de thermodynamique pour application à des écoulements compressibles. ?  
Illustration des écoulements compressibles dans les cas mono-dimensionnels (fluide parfait, avec frottement, avec chauffage, avec changement de section...). ?  
Calculs de grandeurs d'intérêt (pression, vitesse, échange thermique...) dans les écoulements compressibles et description des ondes de choc. ?  
Applications des écoulements compressibles dans les tuyères. ?  
Description des phénomènes de turbulence dans les écoulements. ?  
Conséquences de la turbulence dans les écoulements et sur les transferts thermiques. ?  
Principe de la modélisation de la turbulence (traitement statistique des équations de transport, modèles de fermeture). ?  
Introduction aux différents modèles de turbulence usuellement utilisés en simulation numérique CFD en détaillant leur concept, spécificités points forts et limites. ?  
Illustrations des divers phénomènes sous forme de TP : souffleries, banc de mesure optique, TP numériques ?

## Objectifs

Comprendre les phénomènes de la dynamique des fluides afin d'être capable de prédire, quantifier ou optimiser les pertes de charge, les transferts thermiques ou certains phénomènes dans des structures faisant intervenir un écoulement (libre, interne ou externe). ?

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Dimitri Bonnet

**Mode d'évaluation** Contrôle continu et/ou rendu de livrable

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT721

#### 4.1.2.2 Introduction à la CFD

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Introduction à la CFD	CDS	0	0	12	0	0	12	12	38	50	2

---

#### Contenu

Phénoménologie des écoulements en vue de décrire les efforts aérodynamiques qu'exercent un fluide en mouvement sur un corps immergé dans le fluide.

Description de la portance et de la traînée.

Traduction des efforts aérodynamique sur une structure en coefficients aérodynamiques.

Diagrammes de polaires liant les coefficients aérodynamiques

Description des écoulements compressibles.

Reprise des équations de mécanique des fluides et de thermodynamique pour application à des écoulements compressibles.

Illustration des écoulements compressibles dans les cas mono-dimensionnels (fluide parfait, avec frottement, avec chauffage, avec changement de section...).

Calculs de grandeurs d'intérêt (pression, vitesse, échange thermique...) dans les écoulements compressibles et description des ondes de choc.

Applications des écoulements compressibles dans les tuyères.

Description des phénomènes de turbulence dans les écoulements.

Conséquences de la turbulence dans les écoulements et sur les transferts thermiques.

Principe de la modélisation de la turbulence (traitement statistique des équations de transport, modèles de fermeture).

Introduction aux différents modèles de turbulence usuellement utilisés en simulation numérique CFD en détaillant leur concept, spécificités points forts et limites

Illustrations des divers phénomènes sous forme de TP : souffleries, banc de mesure optique, TP numériques

#### Objectifs

Donner aux étudiants les connaissances initiales pour leur permettre d'assimiler l'utilisation et l'exploitation des logiciels de calculs numériques en CFD. Cela passe par la prise de connaissance et la compréhension des outils ANSYS et des futurs outils complémentaires qui apparaîtront sur le marché.

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Dimitri Bonnet

**Mode d'évaluation** Contrôle continu et/ou livrable

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT722

## 4.1.3 Transferts thermiques et fluidiques

### 4.1.3.1 Convection forcée et naturelle

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Convection forcée et naturelle	CDS	14	10	8	0	0	39	32	18	50	2

---

#### Contenu

Chapitre 1. Introduction et rappels, régimes de convection, loi de Newton, gamme des valeurs de  $h$ , facteurs intervenant dans le calcul de  $h$ , couche limite, formulation générale, nombre de Nusselt, grandeurs locales et grandeurs moyennes

Chapitre 2. Convection forcée externe  $\zeta$ - Couche limite, plaque plane en régime laminaire, résolution des équations de conservation sous les hypothèses de Prandtl, plaque plane en régime turbulent, écoulement autour d'une nappe de tubes

Chapitre 3. Convection forcée interne - régime établi, longueur d'entrée, écoulement laminaire dans un tube, écoulement turbulent dans un tube

Chapitre 4. Convection naturelle - - Coefficient de dilatation thermique. Poussée d'Archimède. Nombres de Grashof et de Rayleigh  $\zeta$  Couche limite. Plaques verticales et horizontales - Cylindres

----

Chapter 1. Introduction , convection regimes, Newton's law, range of  $h$  values, factors involved in the calculation of  $h$ , boundary layer, general formulation, Nusselt number, local quantities and mean quantities

Chapter 2. External forced convection  $\zeta$  Boundary layer, flat plate in laminar regime, resolution of conservation equations in the Prandtl hypothesis, flat plate in turbulent regime, flow around a sheet of tubes

Chapter 3. Internal forced convection - Fully developed flow regime, inlet length, laminar flow in a tube, turbulent flow in a tube

Chapter 4. Natural convection - Coefficient of thermal expansion. Buoyancy force. Grashof and Rayleigh numbers  $\zeta$  Boundary layer. Vertical and horizontal plates - Cylinders

#### Objectifs

Donner les éléments pour que les étudiants puissent prédire et quantifier les échanges de chaleur par convection entre une paroi et un fluide en mouvement

-----

Provide the elements for students to predict and quantify convective heat exchange between a wall and a moving fluid

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** Examen et rendu de livrables après les travaux pratiques

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT731

### 4.1.3.2 Echangeurs de chaleur

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Echangeurs de chaleur	CDS	12	4	4	0	0	26	20	30	50	2

---

#### Contenu

The plan of the course is :

#### 1/ Introduction to Heat exchangers

Introduction

Heat exchanger principle

Classification

Heat transfer basics

Thermal Resistance

Fins

Exercices

Engine

Fuel Cell

#### 2/ Log Mean Temperature Difference

Energy balance on a single tube

Energy balance

One tube calculations

Heat exchanger

Overall energy balance

Parallel flow heat exchanger

Counterflow heat exchanger

#### 3/ The Effectiveness; NTU Method

Effectiveness

Definition

Ideal counterflow heat exchanger

Function of the cold or hot side

NTU

Definition

Example of parallel flow heat-exchanger

Conclusion for PF heat-exchanger

Expressions for a variety of heat exchangers

#### 4/ Heat Exchangers grids

Introduction

Series architecture

Architecture?

Temperature ratio

Effectiveness

NTU

Parallel - series architecture

Cold fluid in parallel and hot fluid in series

Hot fluid in parallel and cold fluid in series

## Objectifs

The student will acquire the ability to conduct an analysis of a heat exchanger, including a review of fin designs and calculations. The technology of heat exchangers will be explored.

Various criteria will be defined, such as effectiveness and NTU (Number of Transfer Units). Special attention will be given to the design of a heat exchanger based on available inputs, such as temperatures (inlet and/or outlet) or heat fluxes. The student will gain the capability to design and select the optimal heat exchanger for a specific scenario.

Furthermore, the final lecture will focus on heat exchanger grids.

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** Final exam

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT732

### 4.1.3.3 Transferts thermiques diphasiques et transfert de matière

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Transferts thermiques diphasiques et transfert de matière	CDS	12	8	8	0	0	34	28	22	50	2

---

## Contenu

This course consists of 2 parts : 1) Two-phase heat transfer, 2) Matter transfer

1) Two-phase heat transfer 6CM, 4TD, 4TP

- introduction to the physical mechanisms of phase change

- boiling : Nukyama curve, nucleate and film boiling, critical flows, two-phase flows

- condensation : physical mechanisms, laminar and turbulent condensation, flat-plate and tube condensation

- heat exchange intensification, examples of two-phase heat exchangers

2) Mass transfer, 6CM, 4TD, 4TP

Lecture 1 : Mass Transfer

Introduction

Objectives

Bibliography

Review

Quantifying Energy and Matter

Mass and Energy Balances

Mixture of Components

Flux Density for Binary Mixtures  
Mass Diffusivity or Diffusion Coefficient  
Fluid Flow Problems  
Definitions  
Expression of Mass Fluxes  
Summary  
Transient Regime  
Formulation  
Heat-Mass Analogy  
Exercise

#### Lecture 2 : Mass Transfer - Boundary Conditions

Gas/Liquid Equilibrium  
Henry's Law  
Raoult's Law  
Gas/Solid Equilibrium  
Solubility  
Sorption  
Sorption Isotherm  
Boundary Conditions  
Introduction to the Problem  
Continuity of Variables

#### Lecture 3 : Heat-Mass Analogies

Boundary Layer Analogy  
Heat Convection/Mass Convection  
Lewis Number  
Synthesis  
Evaporation  
Convection and Evaporation  
Link between Heat and Mass Fluxes  
Thermal-Mass Equivalence

### **Objectifs**

- Gaining an understanding of the physical phenomena involved in phase change and mass transfer in industrial systems.
- Acquiring the ability to calculate heat transfers during different phase changes (thermal fluxes, fluid states, fluid temperatures).
- The student will gain the ability to comprehend and calculate mass transfer, with a specific focus on diffusion processes. Emphasis is placed on understanding boundary conditions. Mass transfer between fluids and gases is examined, highlighting the distinctions between solubility (S), Henry's constant (H), and sorption isotherms. Numerous applications will be presented, such as water mass transfer through a wall and the mechanisms allowing fishes to breathe underwater.
- In order to facilitate the understanding of phenomena, mass-thermal analogies will be employed. This will allow students to work with both heat transfer and mass transfer simultaneously.

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** Final exam

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT733

## 4.1.4 Sciences Pour L'Ingénieur

### 4.1.4.1 Acoustique et vibration des systèmes

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Acoustique et vibration des systèmes	FD	20	10	9	0	0	49	39	36	75	3

---

#### Contenu

Acoustique : définitions, propagation en milieu ouvert et en milieu fermé, application aux bâtiments et aux machines, techniques d'atténuation. Vibrations : discrétisation d'une structure fréquences et modes de vibrations, vibrations des poutres, application aux machines tournantes, isolation, analyse spectrale, défauts, équilibrage, maintenance prédictive.

#### Objectifs

Comprendre les phénomènes vibratoires et les techniques mises en œuvre pour atténuer ou corriger les effets néfastes aux machines et aux utilisateurs.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** examen écrit

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT741

### 4.1.4.2 Cycles frigorifiques et pompes à chaleur

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Cycles frigorifiques et pompes à chaleur	FD	10	10	4	0	0	29	24	26	50	2

---

#### Contenu

Ce cours aborde les principes fondamentaux des cycles des machines frigorifiques et pompes à chaleur

#### Objectifs

- connaître les principaux cycles à compression de vapeur (machines frigorifiques et pompes à chaleur)
- connaître les fluides frigorigènes (propriétés thermophysiques)
- tracer les cycles dans les diagrammes enthalpiques (Mollier)
- calculer les puissances des principaux organes (compresseur, évaporateur et condenseur)
- déterminer les coefficients de performance des systèmes

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Francois Lanzetta

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT742

#### 4.1.4.3 Technologie des machines à fluides

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Technologie des machines à fluides	FD	6	4	3	0	0	16	13	12	25	1

---

#### Contenu

Architectures des moteurs thermiques à combustion interne, des pompes et moteurs hydrauliques à pistons axiaux et radiaux, des compresseurs pneumatiques. Aspect dynamique : équilibrage des efforts. Aspect technologique : critères de conception, modèles de pression de contact dans une liaison mécanique, pression de mâtage, échauffement et grippage.

#### Objectifs

Comprendre les phénomènes vibratoires et les techniques mises en oeuvre pour atténuer ou corriger les effets néfastes aux machines et aux utilisateurs.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT743

#### 4.1.5 Projet Intégrateur

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Projet Intégrateur	SC	0	0	0	0	0	0	0	150	150	6

---

#### Contenu

Les sujets de projets tuteurés sont donnés par des enseignants chercheurs ou des chercheurs ainsi que par des ingénieurs ou des industriels ;

Ils sont en phases avec les activités de recherches des laboratoires d'appui et des attentes industrielles ;

Les sujets abordés doivent permettre la mise en oeuvre expérimentale et/ou de la simulation ;

Les projets communs entre le parcours EE et ITE sont menés en équipe de 2 à 8 étudiants.

#### Objectifs

Mettre en oeuvre de façon globale, sur une étude donnée, les connaissances acquises lors de la formation en master qui permettent de mettre en corrélation enseignements et projet ;

Développer ses « savoir-faire » par une mise en situation propice à l'observation et à l'échange au sein du groupe et dans l'organisme impliqué dans le projet ;  
 Apprendre à travailler dans un groupe-projet de façon efficace et enrichissante dans une double perspective de développement de son autonomie et de capacité à travailler et à s'organiser en équipe ;  
 Prendre conscience de la distance à prendre pour développer une réflexion critique, constructive, pertinente et apprendre à la communiquer à son « commanditaire » ;  
 Apprendre à chercher et synthétiser l'information ;  
 Maîtriser les facteurs clés pour la réussite d'un projet et la connaissance de la boîte à outils utile pour la conduite d'un projet ;  
 Savoir organiser, orienter, planifier et piloter un projet.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** David Bouquain

**Mode d'évaluation** 0

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT7U5

## 4.1.6 Hydrogen Energy & Energy Systems

### 4.1.6.1 Fuel Cell

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Fuel Cell	CDS	8	4	3	0	0	19	15	35	50	2

---

#### Contenu

Different technologies, thermodynamics, electrochemistry and mass transfer for fuel cells, polarization curve, efficiency, basic calculations for PEMFC and SOFC

Différentes technologies, thermodynamique, électrochimie et transfert de masse pour les piles à combustibles, courbe de polarisation, rendement, calculs de base pour les PEMFC et SOFC

#### Objectifs

The student will be able to describe the phenomena involved in a fuel cell, write the operating equations for simple models

A l'issue du module, l'étudiant saura décrire les phénomènes intervenant dans une pile à combustible, écrire les équations de fonctionnement pour les modèles simples

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Nadia Steiner

**Mode d'évaluation** 0

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EER751

#### 4.1.6.2 Thermal Management of Electric Machines

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Thermal Management of Electric Machines	CDS	6	3	6	0	0	18	15	35	50	2

---

##### Contenu

Electrical machines have broadly been used in many industries including the transportation industry. Electrical machines with higher power density and higher efficiency are demanded and, thus, more stringent thermal management requirements are needed for electrified vehicle applications. Design considerations, challenges, and methods for enhanced thermal management concern this course. Fundamental thermal properties of common materials are presented and sources of losses in various parts of machines are explained. Furthermore, typical cooling techniques and thermal analysis approaches for electrical machines are reviewed in detail.

##### Objectifs

- Provide students a relative autonomy using the "project-based learning" method.
- Develop a experience in the field of research and development.
- Develop the need to work on coupled physical problems, especially magnetic and thermal.
- Develop the ability to work in English.
- Develop to work in a team with a designated team manager (switch roles during learning)
- Develop the ability to work on a common topic while having different academic backgrounds/cultures

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Raynal Glises De La Riviere

**Mode d'évaluation** 0

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EER752

#### 4.1.6.3 Energy Branch

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	Energy Branch	CDS	8	2	0	0	0	14	10	40	50	2

---

##### Contenu

- Syllabus :
- Current (fossil, nuclear, hydraulic) and alternative (renewable, H2);
  - Resource estimation methods and key figures.

##### Objectifs

- Competencies targeted :
- Classify and characterize the different energy sectors.

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Nadia Steiner

**Mode d'évaluation** Exams, Practicals

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EER753

#### 4.1.7 L'entreprise

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
7	L'entreprise	SECO	10	8	0	0	0	23	18	32	50	2

---

#### Contenu

L'entreprise est un cours proposé aux étudiants afin d'approfondir leur connaissance du monde de l'entreprise, dans des thématiques en lien avec les secteurs d'activité qui les concerneront.

Une présentation des doctorats en entreprise est aussi organisée.

#### Objectifs

Les cours prendront la forme d'un serious game sur la création d'entreprise. Le projet de société porté par un groupe d'étudiants est présenté à un panel d'industriels. Ce module est piloté par la Chambre de Commerce et d'Industrie.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable**

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH7M7

## 4.2 Semestre 8

### 4.2.1 Monde Industriel 2

#### 4.2.1.1 Anglais

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Anglais	SECO	0	20	0	0	0	20	20	30	50	2

---

#### Contenu

Anglais usuel, scientifique et technique, s'appuyant sur des thèmes propres à la formation de référence des étudiants (parcours énergie électrique).

#### Objectifs

Mettre en œuvre les outils nécessaires à une compréhension et une expression écrite et orale efficaces dans les domaines scientifiques et techniques propres à la filière ou aux thématiques d'actualité ;  
Repérer et transférer les éléments constitutifs d'une argumentation ou d'un discours ;  
Analyser et synthétiser des données en vue de leur exploitation à l'écrit ou à l'oral ;  
Établir et utiliser avec pertinence et efficacité les supports visuels (powerpoint, schémas, tableaux, etc) ;  
Présenter un argumentaire clair et documenté en interaction directe ou/et devant un groupe, écouter, débattre, défendre une opinion, convaincre (acquisition de savoir-faire et de savoir-être) ;  
Sensibilisation à la passation d'une certification de niveau B2 (type TOEIC) en fin de Master ;  
Travail individuel, en binôme ou en groupe réduit.

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Fabienne Halm

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EEE861

#### 4.2.1.2 Economie de la transition énergétique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Economie de la transition énergétique	SECO	18	0	0	0	0	27	18	32	50	2

---

#### Contenu

Ce cours vise à comprendre le fonctionnement des marchés électriques (formation du prix, rentes infra-marginales, impact de l'introduction des ENR, mécanismes de réserves pour assurer la stabilité du réseau électrique, effacement de la demande, NEBEF, mécanismes de capacités, réglage de la fréquence, etc.) et le lien avec le marché du carbone. L'organisation générale du secteur électrique est expliquée avec les rôles du régulateur, des gestionnaires des réseaux de transport et de distribution, producteurs et fournisseurs d'électricité, agrégateurs, etc. Les origines de l'ouverture à la concurrence du secteur électrique sont expliquées en faisant appel aux notions d'économies d'échelle, de monopole naturel et à l'évolution des technologies et des coûts dans cette industrie.

Une part importante du cours est également dédiée à expliquer comment fonctionne le marché européen du carbone, quels sont les déterminants qui permettent d'expliquer la formation du prix du carbone et quelles sont les stratégies des producteurs d'électricité pour réduire leurs émissions de CO2 en réponse au prix du carbone (inversion dans l'ordre d'appel des centrales, co-combustion de bois dans les centrales charbon, d'hydrogène dans les centrales gaz, etc.).

De nombreux exercices d'illustration sont proposés aux étudiants pour calculer le prix de l'électricité à différentes heures, les rentes, la rémunération des opérateurs d'ENR bénéficiant de divers mécanismes de soutien (feed-in tariffs, contrats pour la différence, certificats verts, etc.), etc. Des exercices permettent également de mettre en valeur les stratégies d'abattement des émissions de CO2 pour des entreprises confrontées à un prix du carbone, avec en particulier le calcul de fuel-switching prices pour les producteurs d'électricité (indicateur très utilisé par les acteurs du secteur électrique et des marchés financiers).

### Objectifs

Compréhension de la formation du prix de l'électricité (merit-order, centrale marginale, etc.) et des rentes infra-marginales pour financer les coûts d'investissement ;

Appréhender les enjeux pour le système électrique de l'injection croissante d'ENR : fonctionnement des mécanismes de soutien mis en place, impact sur la formation du prix de l'électricité (merit order effect) et sur la rémunération des investissements (missing money), nécessité de mettre en place de marchés de réserves et capacités pour gérer l'intermittence et assurer la stabilité du système électrique, etc.

Connaissance des mécanismes de marché mis en place pour assurer la stabilité des réseaux électriques à différents horizons temporels allant du très court terme (service système et mécanisme d'ajustement) au long terme (mécanisme de capacités) ;

Comprendre le fonctionnement de différents types de services pour le réseau électrique : effacement de la demande (qui peut être valorisé sur différents mécanismes de marché selon l'horizon temporel pertinent), service à la hausse ou à la baisse, rémunération en capacité activable et/ou en capacité activée, etc.

Capacité à expliquer la formation du prix du carbone : impact des changements dans les objectifs de réduction des émissions fixés par le régulateur ou encore d'événement exogènes tels que les variations de températures ou encore l'évolution du prix relatif du gaz par rapport au charbon ;

Capacité à calculer les indicateurs utilisés par les praticiens de l'industrie électrique pour déterminer les stratégies de réduction des émissions de CO2 en réponse au prix du carbone (e.g. fuel-switching prices).

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Vincent Bertrand

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EEE862

#### 4.2.1.3 Gestion de projet

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Gestion de projet	SECO	12	6	0	0	0	24	18	32	50	2

---

## Contenu

Connaître les étapes clés de la conduite de projet ;

Manager un projet et utiliser les outils adaptés : objectifs, acteurs, tâches, responsabilités, moyens matériels, délais et planification, budget, contraintes particulières, évaluation des risques...

Travailler en équipe projet : constituer l'équipe, coordonner l'avancement du projet, assurer le suivi, collaborer et communiquer, gérer les problématiques projet, s'adapter aux outils spécifiques de l'entreprise,

## Objectifs

Savoir mettre en œuvre une méthodologie de conduite de projet (de son émergence à son évaluation) ;

Identifier les outils associés à la gestion de projet.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** David Bouquain

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EEE863

## 4.2.2 Production d'Énergie

### 4.2.2.1 Combustion

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Combustion	FD	12	6	0	0	0	24	18	32	50	2

---

## Contenu

Historique de la combustion (combustion lente, combustion vive, oxydo-réduction, utilisation). Phénoménologie de la combustion et propriétés (flammes de diffusion et de prémélange, le triangle du feu, combustibles liquides et solides, différents types d'oxydation, auto inflammation, loi de le Chatelier). Les carburants. Thermodynamique de la combustion et de la flamme (énergie d'activation, pouvoir calorifique, point éclair, (P, T, V) de combustion et richesse, déflagration et détonation, chimiluminescence, risques, autres oxydants que l'air). Cinétique chimique. Polluants et émissions. Application de la combustion au fonctionnement des turbines gaz.

## Objectifs

Donner aux étudiants une description claire, exhaustive et synthétique des combustions et de leur bilan en règle générale. Faire la liaison entre la thermodynamique des systèmes ouverts et la thermodynamique de la flamme. Leur faire appréhender la notion d'efficacité de combustion tout en insistant sur les phénomènes induits de pollution et de risque. Faire un pont entre la combustion académique et les fonctionnement industriel des turbines gaz.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Francois Lanzetta

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT871

#### 4.2.2.2 Nucléaire et Hydrogène-énergie

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Nucléaire et Hydrogène-énergie	FD	16	8	8	0	0	40	32	18	50	2

---

#### Contenu

NUCLEAIRE Centrale nucléaire : historique, principe de fonctionnement et éléments d'une centrale nucléaire. Chaîne de production de l'électricité : cuve nucléaire, circuit primaire, générateur de vapeur, circuit secondaire, couplage turbine vapeur et alternateur. Elements de physique nucléaire : propriétés nucléaires de base, masse, charge, moment angulaire du noyau, propriétés dynamiques, l'onde de DE BROGLIE, équation de SCHRÖDINGER et cas d'application, énergie nucléaire de liaison, niveaux d'énergie des noyaux, désintégrations radioactives (alpha, bêta), les différentes réactions nucléaires, les sections efficaces, la fission...Éléments de métallurgie nucléaire.

ENERGIE HYDROGENE historique, composition, utilisation de l'hydrogène, hydrogène comme vecteur énergétique, les différentes applications, PEM en particulier. Le stockage, la combustion de l'H<sub>2</sub>, l'oxydation dans les PEM, les risques inhérents à l'hydrogène, les procédés de fabrication, la politique actuelle et ses évolutions dans le domaine.

#### Objectifs

Ces deux cours de nature bien différente malgré des rapprochements envisagés en terme de production d'H<sub>2</sub> ont pour objectifs de présenter deux domaines d'avenir dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique. L'étudiant connaîtra les principes non seulement généraux mais aussi les principes de détails de ces deux technologies. Il pourra dimensionner sommairement ces systèmes avec pour objectif la détermination des bilans énergétiques de sortie. Ainsi pour le domaine nucléaire, il saura calculer le taux de fission pour satisfaire à une puissance requise en sortie. Pour l'aspect énergie hydrogène, il sera en mesure de déterminer l'efficacité thermodynamique des systèmes expérimentaux et la consommation pour une puissance requise. Dans les deux cas, il aura une parfaite connaissance du triptyque "risques, avantages, inconvénients".

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Raynal Glises De La Riviere

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT872

#### 4.2.2.3 Turbomachines

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Turbomachines	FD	18	10	0	0	0	37	28	22	50	2

---

## Contenu

Ce cours s'intéresse aux turbomachines de type compresseurs et turbines industrielles

## Objectifs

- définitions des machines à action, à réaction
- rappels de thermodynamique des fluides compressibles et incompressibles
- définition du triangle des vitesses
- détermination des performances des turbomachines : puissances, rendement, nombre adimensionnels caractéristiques (coefficient de débit, de puissance), collines de rendement
- étude de cycles thermodynamiques industriels : diagrammes TS, HS, PV

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Francois Lanzetta

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT873

## 4.2.3 Modélisation En Énergétique

### 4.2.3.1 Codes de calcul en dynamique des fluides et éléments finis

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Codes de calcul en dynamique des fluides et éléments finis	FD	0	0	30	0	0	30	30	45	75	3

---

## Contenu

Formation sur le logiciel par EF multiphysique COMSOL et sur le logiciel par EF FLUENT (MdF laminaire et turbulente). Définition de la géométrie étudiée et définition des paramètres d'étude (paramètres thermophysiques et conditions aux limites). Maillage et optimisation. Résolution et optimisation. Exploitation des résultats. Etude de cas concrets en régimes permanents et transitoires. Cas particuliers d'études de couplage de problèmes (ex thermofluidiques, thermoélectriques....)

## Objectifs

L'étudiant deviendra autonome dans la construction, la gestion et l'exploitation de modèles thermophysiques simples. Il saura exploiter les points forts de ces outils de modélisation tout en faisant la juste et fiable interprétation des résultats.

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Yannick Bailly

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT881

### 4.2.3.2 Méthodes numériques et outils mathématiques pour l'ingénieur

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Méthodes numériques et outils mathématiques pour l'ingénieur	FD	20	10	9	0	0	49	39	36	75	3

---

#### Contenu

Introduction à la classification des équations aux dérivées partielles utilisées en thermique et mécanique des fluides : méthode des caractéristiques.

Paramètres nécessaires à la résolution : domaine, conditions aux limites

Méthodes des différences finies : choix d'une méthode adaptée au problème physique à traiter : méthode de Crank-Nicolson, méthode des directions alternées.

Méthode des volumes finis : domaine d'application, description de la méthode pour les équations de la dynamique des fluides. Choix des options présentes dans les outils de CFD permettant l'optimisation des simulations

1/ Introduction à l'optimisation

Formulation d'un problème d'optimisation

Exemple de programmation linéaire

Les minimums locaux et globaux

2/ Méthodes d'optimisation

1D : Elimination d'intervalles, méthode de Powell, méthode de Newton-Raphson

ND : méthode du Simplex, méthode de Newton-Raphson, méthode des gradients conjugués, Algorithme de Davidon-Fletcher-Powell (DFP), Algorithme de Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS)

3/ Résolution d'EDP - approche matricielle

Discrétisation de l'espace et du temps

Relation vectorielle, Représentation matricielle

Formulation

Formulation explicite, Formulation implicite, Analyse de stabilité

#### Objectifs

Réaliser l'objectif du problème "bien posé" :

Définir les éléments nécessaires à la simulation d'un problème de thermique et/ou de dynamique des fluides : domaine, conditions aux limites, méthode numérique adaptée, analyse critique des résultats de simulation numérique.

Conditionner les éléments d'un problème pour alimenter un outil de CFD permettant de réaliser les simulations des situations envisagées.

Capable de formaliser un problème d'optimisation en distinguant les critères des variables et les méthodes avec ou sans dérivées.

A travers des TPs, L'étudiant sera capable d'écrire un programme Python permettant de résoudre en instationnaire un problème de transfert de chaleur dans une géométrie 2D. Les différents formalismes (implicite, explicite, Crank-Nicolson, ADI) seront comparés en termes de performances, précision et stabilité

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT882

## 4.2.4 Efficacité Énergétique

### 4.2.4.1 Efficacité énergétique dans le bâtiment et ACV

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Efficacité énergétique dans le bâtiment et ACV	CDS	16	4	6	0	0	34	26	24	50	2

---

#### Contenu

#### Objectifs

Permettre de étudiants de calculer les besoins énergétiques d'un bâtiment ainsi que ses émissions tout au long du cycle de vie.

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT891

### 4.2.4.2 Energies Renouvelable

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Energies Renouvelable	CDS	14	8	16	0	0	45	38	37	75	3

---

#### Contenu

Thème 1. Energie éolienne : Ressources éoliennes (Distribution de Weibull, Analyse de données), puissance du vent (limite de Betz), Aérodynamique des rotors, production électrique des éoliennes  
Thème 2. Energie solaire thermique : ressource solaire, capteurs solaires thermiques plans et à tubes sous-vides : principes, rendement.  
Thème 3. Energie solaire photovoltaïque Conversion photovoltaïque, technologies de panneaux solaires, association de cellules et de panneaux, installations en site isolé et connectées au réseau

#### Objectifs

Permettre aux étudiants de déterminer les ressources éoliennes et solaires et d'en déduire la production correspondante avec les technologies de conversion.

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** Cours, travaux dirigés et études de cas pratiques

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT892

#### 4.2.4.3 Systèmes frigorifiques

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Systèmes frigorifiques	CDS	8	5	0	0	0	17	13	12	25	1

---

#### Contenu

- Synthèse historique sur le froid
- Introduction : principes physiques
- Fluides frigorigènes
- Système à compression mono-étagée : description des cycles thermodynamiques, rôle des composants, identification des pertes
- Systèmes à compression bi-étagée : à économiseur ouvert, à économiseur partiel, cycles cascade à deux fluides
- Conception des installations commerciales

#### Objectifs

- Connaître les propriétés des fluides frigorigènes
- Choisir les composants mécaniques et thermiques d'une installation
- Savoir dimensionner une installation commerciale de production de froid
- Déterminer les critères de performance d'une installation : efficacité, coefficient de performance

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Francois Lanzetta

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT893

#### 4.2.5 Projet Intégrateur 2

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Projet Intégrateur 2	CDS	0	0	0	0	0	0	0	150	150	6

---

#### Contenu

- Les sujets de projets tuteurés sont donnés par des enseignants chercheurs ou des chercheurs ainsi que par des ingénieurs ou des industriels ;
- Ils sont en phases avec les activités de recherches des laboratoires d'appui et des attentes industrielles ;
- Les sujets abordés doivent permettre la mise en oeuvre expérimentale et/ou de la simulation ;
- Les projets commun entre le parcours EE et ITE sont menés en équipe de 2 à 8 étudiants.

## Objectifs

Mettre en œuvre de façon globale, sur une étude donnée, les connaissances acquises lors de la formation en master qui permettent de mettre en corrélation enseignements et projet ;  
Développer ses « savoir-faire » par une mise en situation propice à l'observation et à l'échange au sein du groupe et dans l'organisme impliqué dans le projet ;  
Apprendre à travailler dans un groupe-projet de façon efficace et enrichissante dans une double perspective de développement de son autonomie et de capacité à travailler et à s'organiser en équipe ;  
Prendre conscience de la distance à prendre pour développer une réflexion critique, constructive, pertinente et apprendre à la communiquer à son « commanditaire » ;  
Apprendre à chercher et synthétiser l'information ;  
Maîtriser les facteurs clés pour la réussite d'un projet et la connaissance de la boîte à outils utile pour la conduite d'un projet ;  
Savoir organiser, orienter, planifier et piloter un projet.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** David Bouquain

**Mode d'évaluation** 0

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT8UX

## 4.2.6 Hydrogen Energy & Energy Efficiency

### 4.2.6.1 Conversion and Energy Efficiency

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Conversion and Energy Efficiency	SC	12	4	4	0	0	26	20	30	50	2

---

## Contenu

Conversion d'énergie et efficacité énergétique : différentes sources (combustibles fossiles, fission et fusion, soleil, vents et marées, géothermie ), différentes formes (chimique, nucléaire, mécanique, électricité), technologies de conversion et rendements associés,

## Objectifs

A l'issue du module, l'étudiant saura  
?classer les différents types de conversion d'énergie,  
écrire les équations de principe,  
calculer les rendements

At the end of the module, the student will be able to  
classify the different types of energy conversion,  
write the principle equations,  
calculate the efficiency

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Francois Lanzetta

**Mode d'évaluation** 0

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EER891

#### 4.2.6.2 Energy Grids

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Energy Grids	SC	12	4	4	0	0	26	20	30	50	2

---

#### Contenu

Réseaux énergétiques : réseaux de distribution des hydrocarbures, réseaux électriques (principes, technologies, pertes), réseaux de chaleur (principes, technologies, pertes)

Energy networks : hydrocarbon distribution networks, electrical networks (principles, technologies, losses), heating networks (principles, technologies, losses)

#### Objectifs

A l'issue du module, l'étudiant saura

classer les différents réseaux de distribution d'énergie,  
identifier les principes qui les régissent,  
calculer leurs pertes dans les cas simples

At the end of the module, the student will be able to  
classify the different energy distribution networks,  
identify the principles that govern them,  
calculate their losses in simple cases

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Frederic Dubas

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EER892

#### 4.2.6.3 Energy Storage

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
8	Energy Storage	SC	12	4	4	0	0	26	20	30	50	2

---

#### Contenu

Stockage d'énergie : nécessité du stockage, différentes technologies (électrochimie, électrostatique, supraconducteurs, volant d'inertie, stockage gravitaire, chaleur sans et avec changement de phase, air comprimé)

et chiffres clés

Energy storage : storage need , different technologies (electrochemistry, electrostatics, superconductors, flywheel, gravity storage, heat without and with phase change, compressed air) and key figures

**Objectifs**

A l'issue du module, l'étudiant saura classer les différentes formes de stockage d'énergie, écrire les équations de principe, calculer les rendements

At the end of the module, the student will be able to classify the different forms of energy storage, write the principle equations, calculate the yields

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** David Bouquain

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EER893

**CMI 5**

## 5.1 Semestre 9

### 5.1.1 Monde Industriel 3

#### 5.1.1.1 Anglais

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Anglais	SECO	0	20	0	0	0	20	20	30	50	2

---

#### Contenu

Anglais des affaires (business English).

#### Objectifs

Mettre en œuvre les outils nécessaires à une compréhension et une expression écrite et orale efficaces dans les domaines scientifiques et techniques propres à la filière ou aux thématiques d'actualité ;  
Repérer et transférer les éléments constitutifs d'une argumentation ou d'un discours ;  
Analyser et synthétiser des données en vue de leur exploitation à l'écrit ou à l'oral ;  
Établir et utiliser avec pertinence et efficacité les supports visuels (powerpoint, schémas, tableaux, etc) ;  
Présenter un argumentaire clair et documenté en interaction directe ou/et devant un groupe, écouter, débattre, défendre une opinion, convaincre (acquisition de savoir-faire et de savoir-être) ;  
Sensibilisation à la passation d'une certification de niveau B2 (type TOEIC) en fin de Master ;  
Travail individuel, en binôme ou en groupe réduit.

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Fabienne Halm

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EEE911

#### 5.1.1.2 Culture juridique et économique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Culture juridique et économique	SECO	6	12	0	0	0	21	18	32	50	2

---

#### Contenu

Cet enseignement vise à atteindre deux catégories d'objectifs :

Permettre la découverte du monde professionnel sous l'angle juridique, à travers une introduction générale au droit, au droit des contrats et au droit du travail.

Il s'agira également de découvrir l'entreprise sous ses aspects juridiques : typologie, propriété intellectuelle...

#### Objectifs

Disposer d'une culture économique, juridique et managériale nécessaire à la compréhension des enjeux et des défis auxquels doivent répondre les entreprises ;

S'approprier le cadre économique, juridique et managérial de son activité professionnelle.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** David Bouquain

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EEE912

### 5.1.1.3 Entreprenariat

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Entreprenariat	SECO	0	12	0	0	0	12	12	38	50	2

---

#### Contenu

Cette UE est traitée par séquence puis agrégée (en projet concret de groupe) :

; la définition d'un produit/service (type golden circle) dans une vision intégrée de marché (benchmark sectoriel et/ou produit/service) ;

les fondamentaux d'une organisation industrielle et/ou de service agile (type deep dive, scrum, ...) ;

la rédaction d'un plan marketing de positionnement du produit/service (gamme, prix et canaux de vente, cycle de vie et relance de version, ...) ;

le pricing du produit/service (construction de leur coût de revient, de leurs frais de fonctionnement, ...) ;

la construction d'un management des organisations de leur projet (s'appuyant sur les appétences et profils psycho-sociaux du groupe) ;

la présentation synthétique du projet (avec faq circonstanciée de la promo) du projet.

#### Objectifs

l'acquisition des fondamentaux de constitution d'un business plan produit, organisationnel, financier, etc... (sur une base canvas) ;

l'acquisition des fondamentaux de la présentation/promotion communicationnelle de leur projet entrepreneurial (en groupe).

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** David Bouquain

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EEE913

## 5.1.2 Ingénierie Numérique

### 5.1.2.1 Codes de calcul en thermique et dynamique des fluides

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Codes de calcul en thermique et dynamique des fluides	FD	0	0	33	0	0	33	33	17	50	2

---

#### Contenu

Utilisation avancée des outils de CFD - optimisation de géométrie - optimisation de maillage - modélisation de cas concrets.

#### Objectifs

Savoir utiliser un outils de CFD pour déterminer et optimiser des solutions pour répondre à un problème concret de mécanique des fluides et/ou de transfert thermique. Connaître et mettre en oeuvre les bonnes pratiques en CFD. Savoir interpréter des résultats de simulation.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Dimitri Bonnet

**Mode d'évaluation** Livrable

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT921

### 5.1.2.2 Simulation thermique dynamique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Simulation thermique dynamique	FD	0	0	18	0	0	18	18	32	50	2

---

#### Contenu

Principes de simulation thermique dynamique appliqués aux cas des bâtiments, apports "gratuits" (solaires, métaboliques, pertes des appareils), pertes par transmission et ventilation, confort d'été, architectures bioclimatiques, optimisation de bâtiment pour assurer à la fois de faibles besoins de chauffage et un confort d'été

-----  
Principles of dynamic thermal simulation applied to buildings, "free" inputs (solar, metabolic, losses from appliances), losses through transmission and ventilation, summer comfort, bioclimatic architectures, building optimisation to ensure both low heating requirements and summer comfort.

#### Objectifs

- maîtriser l'utilisation d'un logiciel de simulation thermique dynamique
  - simuler un bâtiment existant en vue d'un diagnostic énergétique et d'une optimisation
  - simuler un bâtiment neuf en vue de sa conception conformément aux attentes actuelles
- 
- master the use of dynamic thermal simulation software
  - simulate an existing building with a view to energy diagnostics and optimisation
  - simulate a new building with a view to designing it in line with current expectations

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT922

### 5.1.2.3 CAO-DA

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	CAO-DA	FD	0	0	12	0	0	12	12	38	50	2

---

#### Contenu

- Raccordement en 3D d'un ballon d'eau chaude sanitaire / Exécution 3D d'un réseau d'aspenseurs
- Exécution 3D d'un système de chauffage par chaudière ou par panneaux solaires / Exécution 3D d'un système de ventilation / Fabrication de blocs "intelligents" connectables

#### Objectifs

- maîtriser un logiciel de CAO, DAO (application bâtiment / Process)
- capacité à créer, modifier les réseaux fluidiques (air / eau) d'un plan existant

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Cyrille Verna

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT923

### 5.1.3 Systèmes Thermiques

#### 5.1.3.1 Centrales thermiques conventionnelles

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Centrales thermiques conventionnelles	CDS	16	12	0	0	0	36	28	22	50	2

---

#### Contenu

- Marché de l'énergie
- Les combustibles fossiles
- La thermodynamique des centrales
- La technologie des centrales charbon et des chaudières à combustibles solides
- Élément sur la capture de CO<sub>2</sub>

#### Objectifs

- Dimensionner et évaluer les performances d'une centrale thermique conventionnelle.
- Connaître les différentes technologies de chaudières

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Francois Lanzetta

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT931

### 5.1.3.2 Gestion des fluides et énergie

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Gestion des fluides et énergie	CDS	12	4	0	0	0	22	16	34	50	2

---

#### Contenu

Calcul et dimensionnement de réseaux fluidiques et énergétiques. Calcul de pompes de réseaux et du point de fonctionnement. Calcul de perte de charge sur un réseau complexe. Dimensionnement d'un ventilateur et adéquation aux usages.

#### Objectifs

Obtenir la bonne méthodologie pour le calcul de réseaux fluidiques

Capaciter à appréhender un réseau complexe dans son ensemble et à chiffrer son coût d'installation et de fonctionnement

Maîtriser la technologie des turbomachines (axiales et centrifuges)

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT932

### 5.1.3.3 TP Technologique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	TP Technologique	CDS	0	0	32	0	0	32	32	18	50	2

---

#### Contenu

Déterminer sur bancs d'essais les performances de systèmes de conversion d'énergie à l'échelle industrielle

#### Objectifs

Etude des performances des machines et systèmes thermiques suivants :

- chaudières à granulés, à condensation
- pompe à chaleur au CO<sub>2</sub>
- production de vapeur
- système de simulation du climat d'un volume habitable
- chambre froide positive
- compresseur

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Thierry Laudet

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT933

## 5.1.4 Énergétique Avancée / Advanced Energy Systems (Choix 1)

### 5.1.4.1 Machines énergétiques innovantes

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Machines énergétiques innovantes	CDS	12	6	0	0	0	24	18	32	50	2

---

#### Contenu

- Ecoulements alternés, Prise en compte de milieux poreux et/ou structuré (cogénérateur)
- Machines à apport thermique externe (Cogénérateurs, Systèmes thermoacoustiques, Stirling, Ericsson),
- Systèmes refroidisseurs innovants (Magnétocaloriques).

- 
- Alternating flows, consideration of porous and/or structured media (cogenerators)
  - Machines with external heat input (cogenerators, thermoacoustic systems, Stirling, Ericsson),
  - Innovative cooling systems (Magnetocalorics).

#### Objectifs

Maîtrise des écoulements alternés et des échanges de chaleur associés

Maîtriser les phénomènes physiques et compréhension du fonctionnement de ces machines

Calculer pré-dimensionnement d'un convertisseur d'énergie

Déterminer les performances énergétiques de tels systèmes

---

Master alternating flows and associated heat exchanges

Master the physical phenomena and understand how these machines work

Pre-dimensioning calculation of an energy converter

Determine the energy performance of such systems

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Sylvie Begot

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ET4941

### 5.1.4.2 Métrologie avancée

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Métrologie avancée	CDS	19	11	9	0	0	48	39	11	50	2

---

#### Contenu

- Dynamic temperature measurement
- Thermal micrometry in fluids (temperatures and flows) : principles and applications
- Infrared spectroscopy for temperature and species concentration measurements in semi-transparent media
- Radiative Transfer Equation
- Principles and experimental set-ups
- Data processing (inversion method)
- Optical measurements in flows
- Flow visualization techniques (tomography, ombroscopy, strioscopy).
- Velocimetry techniques (Laser Doppler Velocimetry, Particle Image Velocimetry, data processing).
- Methods for measuring other quantities (Pressure Sensitive Paints, Fluorescence, Granulometry).
- Intrusive measurement methods using wired microsensors.

=====

- Mesures de températures dynamiques
- Micromesures thermiques dans les fluides (températures et flux) : principes et réalisations
- Spectroscopie infrarouge pour les mesures de températures et de concentrations d'espèces dans les milieux semi-transparents
- Equation du Transfert Radiatif : ETR
- Principes et montages expérimentaux
- Traitements des données (méthode d'inversion)
- Mesures optiques dans les écoulements
- Techniques de visualisation d'écoulements (tomographie, ombroscopie, strioscopie).
- Techniques de vélocimétrie (Vélocimétrie Laser Doppler, Vélocimétrie par Images de Particules, traitement des données).
- Méthodes de mesures d'autres grandeurs (Peintures Sensibles à la Pression, Fluorescence, Granulométrie).
- Méthodes de mesures intrusives à l'aide de microcapteurs filaires

#### Objectifs

- understand the physical principles of fluidics diagnostic methods and tools
- be familiar with the metrological performance and application constraints of the various techniques.
- be able to define the methods to be used to characterize a system or flow.
- know how to use measurement results to obtain precise information.
- Processing experimental data
- Basic knowledge of lasers and laser safety
- Notions of granulometry

=====

- connaître les principes physiques des méthodes et outils de diagnostic en fluidique

- connaître les performances métrologiques et les contraintes d'application des différentes techniques.
- être en mesure de définir les méthodes à mettre en œuvre pour la caractérisation d'un système ou d'un écoulement.
- savoir exploiter des résultats de mesure afin de remonter à une information précise.
- Traitement des données expérimentales
- Connaissances élémentaires sur les Laser et la sécurité liée à leur utilisation
- Notions de granulométrie

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Dimitri Bonnet

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ET4942

#### 5.1.4.3 Analyse exergetique

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Analyse exergetique	CDS	12	6	0	0	0	24	18	32	50	2

---

#### Contenu

1. Introduction
2. Fundamental transforms
3. Exergetic analyse of the compression processes
4. Exergetic analyse of the expansion processes
5. Exergetic analyse of the heat exchanges
6. Applications

#### Objectifs

Enable the students to analyze energy and exergy flow in thermal energy systems, and calculate the flow of energy cost. To give understanding of the importance of exergy as the foundation of energy cost calculation, and to use systematic methods for energy system performance improvement.

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Francois Lanzetta

**Mode d'évaluation** Contrôle continu

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ET4943

### 5.1.5 Projet Intégrateur 3

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Projet Intégrateur 3	SC	0	0	0	0	0	0	0	150	150	6

---

#### Contenu

Les sujets de projets tuteurés sont donnés par des enseignants chercheurs ou des chercheurs ainsi que par des ingénieurs ou des industriels ;  
Ils sont en phases avec les activités de recherches des laboratoires d'appui et des attentes industrielles ;  
Les sujets abordés doivent permettre la mise en œuvre expérimentale et/ou de la simulation ;  
Les projets commun entre le parcours EE et ITE sont menés en équipe de 2 à 8 étudiants.

#### Objectifs

Mettre en œuvre de façon globale, sur une étude donnée, les connaissances acquises lors de la formation en master qui permettent de mettre en corrélation enseignements et projet ;  
Développer ses « savoir-faire » par une mise en situation propice à l'observation et à l'échange au sein du groupe et dans l'organisme impliqué dans le projet ;  
Apprendre à travailler dans un groupe-projet de façon efficace et enrichissante dans une double perspective de développement de son autonomie et de capacité à travailler et à s'organiser en équipe ;  
Prendre conscience de la distance à prendre pour développer une réflexion critique, constructive, pertinente et apprendre à la communiquer à son « commanditaire » ;  
Apprendre à chercher et synthétiser l'information ;  
Maîtriser les facteurs clés pour la réussite d'un projet et la connaissance de la boîte à outils utile pour la conduite d'un projet ;  
Savoir organiser, orienter, planifier et piloter un projet.

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Frederic Dubas

**Mode d'évaluation** 0

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETT9U5

### 5.1.6 Clean Sustainable Energy Production

#### 5.1.6.1 Advanced Cogeneration

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Advanced Cogeneration	CDS	10	4	6	0	0	25	20	30	50	2

---

#### Contenu

Analyse de système de co-génération et de tri-génération fioul, gaz, solaire, piles à combustible  
Bilan d'énergie sur une installation de cogénération : adaptation des puissances thermiques, électriques

Conditions de fonctionnement optimales  
 Etude de cas  
 Analysis of oil, gas, solar, fuel cell co-generation and tri-generation systems  
 Energy balance on a cogeneration installation : adaptation of thermal and electrical powers  
 Optimal operating conditions  
 Case study

### Objectifs

- Connaissances des différentes technologies de production simultanée d'électricité, de froid et de chaleur
- Savoir proposer une solution technologique adaptée à un marché concurrentiel
  
- Knowledge of the different technologies for simultaneous production of electricity, cooling and heating - Ability to propose a technological solution adapted to a competitive market

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable**

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EER931

### 5.1.6.2 Advanced Fuell Cell Technologies

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Advanced Fuell Cell Technologies	CDS	10	4	6	0	0	25	20	30	50	2

---

### Contenu

Systèmes pile à combustible : définition, limites, contraintes, optimisation  
 Modélisation des différentes stratégies de gestion de l'énergie dans des applications transport

Fuel cell systems : definition, limits, constraints, optimization  
 Modeling of different energy management strategies in transportation applications

### Objectifs

- Transmettre à l'étudiant des connaissances techniques de haut niveau sur le fonctionnement d'une pile à combustible et d'un système pile à combustible - Compétences en caractérisation expérimentale de piles à combustible
  
- Give to the student the high-level technical knowledge on the operation of a fuel cell and a fuel cell system - Skills in experimental characterization of fuel cells

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable**

**Mode d'évaluation** 0

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EER932

### 5.1.6.3 Electrolysis Hydrogen Production

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
9	Electrolysis Hydrogen Production	CDS	10	4	6	0	0	25	20	30	50	2

---

#### Contenu

Apprentissage des différentes technologies, de la thermodynamique, de l'électrochimie et du transfert de masse pour les électrolyseurs. Etude des courbes de polarisation, rendement. Calculs de base

Learning about different technologies, thermodynamics, electrochemistry and mass transfer for electrolysers. Study of polarization curves, efficiency. Basic calculations

#### Objectifs

The student will be able to describe the phenomena involved in an electrolyser, write the operating equations for simple models

A l'issue du module, l'étudiant saura décrire les phénomènes intervenant dans un électrolyseur, écrire les équations de fonctionnement pour les modèles simples

**Langue** Anglais

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable**

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4EER933

## 5.2 Semestre 10

### 5.2.1 UE6 – Stage

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
10	UE6 – Stage	CDS	0	0	0	0	0	0	0	750	750	30

---

**Contenu**

0

**Objectifs**

0

**Langue** Non Renseignée

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Philippe Baucour

**Mode d'évaluation** - rapport de fin de stage  
- soutenance orale

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ETTXU6

### 5.2.2 Management, Ingénierie, environnement, société

#### 5.2.2.1 Management

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
10	Management	SECO	0	12	0	0	0	12	12	63	75	3

---

**Contenu**

**Objectifs**

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable** Christian Arbez

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH961

### 5.2.2.2 Ingénierie, environnement, société

---

Semestre	Module	Type	CM	TD	TP	AMSP	AMSE	TD eq.	Présentiel	Personnel	Total [h]	ECTS
10	Ingénierie, environnement, société	SECO	0	12	0	0	0	12	12	38	50	2

---

#### Contenu

L'activité Ingénierie, environnement, société est un séminaire autour des thématiques disciplinaires des différents parcours CMI. L'objectif est de donner aux étudiants l'opportunité d'échanger sur des projets ou travaux en lien avec les activités de recherche, et de les placer en contexte d'une journée de conférences.

#### Objectifs

L'organisation de l'activité sera similaire à celle d'une conférence avec la mise en place d'un comité de pilotage, un comité d'organisation scientifique, un comité d'organisation logistique. Ces comités seront mutualisés sur l'ensemble des CMIs. Un site de dépôts d'abstract, puis d'orientation vers une communication sous forme de poster ou de présentation sera mis en place. Des prix pour les meilleures contributions pourront être proposés.

- \* Identifier le périmètre de l'inter-CMI en formation et recherche
- \* Organiser un évènement scientifique
- \* Communiquer à l'écrit et à l'oral
- \* Développer un réseau professionnel

**Langue** Français

**Positionnement** Obligatoire

**Responsable**

**Mode d'évaluation**

**Pré-requis** Aucun

**Code** Y4ECH962