



Programme et contenus pédagogiques

Spécialité

Énergie 2017



<http://ensip.univ-poitiers.fr>

Table des matières

La spécialité Énergie	3
Les parcours	4
Parcours CréE	4
Organisation des enseignements	5
Semestre 5 - 1 ^{re} année	5
Semestre 6 - 1 ^{re} année	5
Semestre 7 - 2 ^e année	6
Semestre 8 - 2 ^e année	6
Semestre 9 - 3 ^e année	7
Semestre 10 - 3 ^e année	8

La spécialité Énergie

Le diplôme Énergie forme des ingénieurs possédant des expertises fortes au travers des trois parcours proposés. Les ingénieurs sortant de l'ENSI Poitiers sont opérationnels dans les domaines de la production, de la distribution optimale et de l'utilisation rationnelle des énergies classiques et renouvelables dans les secteurs du bâtiment, du génie civil, des transports, des industries manufacturières et de transformation.

Les contenus de formation scientifique sont accompagnés d'une ouverture au milieu professionnel garantie par les stages en entreprises, les interventions de professionnels des secteurs concernés et les visites de sites.

Le diplôme Énergie s'articule autour d'un tronc commun réparti sur les trois années de formation, de trois parcours spécifiques démarrant dès la 2^e année :

- Éclairage Acoustique Thermique : EAT
- Énergétique Industrielle : EI
- Maîtrise de l'énergie électrique : MEE



Les parcours

Le parcours EAT forme des ingénieurs à la triple compétence en éclairage, acoustique et thermique. Cette formation originale leur offre un large éventail de débouchés et leur permet de s'adapter aux mutations énergétiques dans le domaine du bâtiment et de ses abords. Les enseignements sont organisés autour de trois grandes thématiques :

- l'acoustique et l'éclairage architectural,
- les performances énergétiques du bâtiment (résidentiel, tertiaire et industriel)
- la protection et la qualité de l'environnement (ambiances thermiques, nuisances sonores et lumineuses, confort intérieur, qualité et sécurité dans les bâtiments).

Les ingénieurs issus du parcours EAT trouvent leur place au sein de la maîtrise d'œuvre (MOE), de l'assistance à la maîtrise d'ouvrage (AMO), des fabricants, des bureaux d'études, des installateurs et des collectivités.

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

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

Parcours CréE

Destiné aux élèves des deux diplômes de l'école, il est organisé avec la CCI de la Vienne et les organisations patronales pour mettre en place un écosystème dédié à la reprise d'entreprise à plus ou moins longue échéance. Les élèves peuvent substituer des enseignements des parcours classiques (équivalent à 2 UE) par des contenus de formation qui leur donneront toutes les compétences pour créer ou reprendre une entreprise.

Organisation des enseignements

Semestre 5 - 1^{re} année

UE051		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>
	Analyse du cycle de vie	1.5	3	0	1	<i>9</i>
	CAO/DAO - Building Information Modelling	0	6	0	2	<i>9</i>
	Conduite de projets (Méthodes et outils)	0	0	0	1	<i>9</i>
	Mathématiques 1	0	34.5	0	2	<i>9</i>
	Santé et sécurité au travail 1	3	0	0	0	<i>9</i>
	Statistiques	6	10.5	0	1	<i>10</i>
	Thermodynamique	0	30	15	3	<i>10</i>
Total		10.5	84.0	15	10	

UE052		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>
	Algorithmique et Programmation	0	9	15	2	<i>10</i>
	Anglais 1	0	24	0	2	<i>11</i>
	Compétences numériques	0	3	0	1	<i>11</i>
	Introduction à l'Électrotechnique	9	9	15	2	<i>11</i>
	Mécanique des fluides 1	9	10.5	0	1	<i>12</i>
	Mécanique des milieux continus	12	9	0	2	<i>12</i>
Total		30	64.5	30	10	

UE053		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>
	Capteurs	9	12	0	2	<i>13</i>
	Energies (conférences professionnelles)	18	0	0	1	<i>13</i>
	Optique et Matériaux	16.5	12	0	3	<i>14</i>
	Risques en milieu professionnel	9	9	0	1	<i>14</i>
	Vibrations	12	12	15	3	<i>14</i>
Total		64.5	45	15	10	

Semestre 6 - 1^{re} année

UE061		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>
	Anglais 2	0	24	0	2	<i>15</i>
	Gestion 1	0	15	0	1	<i>15</i>
	Introduction aux méthodes numériques	0	15	12	2	<i>15</i>
	Mathématiques 2	0	21	0	1	<i>16</i>
	Signaux	0	24	12	2	<i>16</i>
	Travail d'application	0	0	0	2	<i>16</i>
Total		0	99	24	10	

UE062		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>
	Communication	0	0	15	1	<i>16</i>
	Histoire et Philosophie des sciences	0	12	0	1	<i>17</i>
	Introduction aux bases de données	0	4.5	6	1	<i>17</i>
	Mécanique des fluides 2	12	12	15	3	<i>17</i>
	Résistance des matériaux	12	21	15	4	<i>18</i>
Total		24	49.5	51	10	

UE063		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>
	Electronique	0	33	18	4	<i>19</i>
	Machines thermiques	7.5	15	12	3	<i>19</i>
	Plans d'expérience	0	7.5	0	1	<i>20</i>
	Électromagnétisme	9	12	12	2	<i>18</i>
Total		16.5	67.5	42	10	

Semestre 7 - 2^e année

UE071		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>	
	Anglais 3	0	22	0	2		<i>20</i>
	Conduite de réunion - Gestion de conflits	0	9	0	1		<i>20</i>
	Santé et sécurité au travail 2	3	3	0	0		<i>20</i>
	Systèmes	0	33	15	4		<i>21</i>
	Transfert de chaleur - Conduction	0	22.5	0	2		<i>21</i>
	Turbomachines	6	12	0	1		<i>21</i>
Total		9	101.5	15	10		

UE072		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>	
	Distribution et conversion de l'énergie électrique	18	15	0	3		<i>22</i>
	Energie éolienne	15	3	0	1		<i>22</i>
	Estimation	0	18	0	1		<i>22</i>
	Transfert de chaleur - Convection	0	13.5	0	1		<i>23</i>
	Transfert de chaleur - Echangeurs	0	12	15	3		<i>23</i>
	Transfert de chaleur - Rayonnement	0	15	0	1		<i>24</i>
Total		33	76.5	15	10		

UE073		Cours	TD	TP	ECTS	EAT	EI	MEE	<i>p.</i>
	Acoustique fondamentale	20	20	16	4	•	.	.	<i>24</i>
	Electronique de puissance 1	24	22.5	20	5	.	.	•	<i>24</i>
	Electrothermie	12	0	0	3	.	•	.	<i>25</i>
	Identification 1 - Analyse de données	10.5	6	0	1	.	.	•	<i>25</i>
	Informatique	4.5	4.5	15	2	.	.	•	<i>25</i>
	Mathématiques et automatique	0	15	0	2	.	.	•	<i>25</i>
	Mécanique des fluides 3	10.5	16.5	0	2.5	•	•	.	<i>26</i>
	Physique de l'air humide	4.5	12	0	1.5	•	•	.	<i>26</i>
	Radiométrie et Photométrie	14.5	10.5	0	2	•	.	.	<i>26</i>
	Thermodynamique des mélanges réactifs	15	15	12	3	.	•	.	<i>27</i>

Semestre 8 - 2^e année

UE081		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>	
	Anglais 4	0	24	0	2		<i>29</i>
	Energie solaire	18	0	0	1		<i>27</i>
	Méthodes numériques 1	0	24	15	4		<i>28</i>
	Programmation	0	9	15	2		<i>28</i>
	Turbomachines - Turbines	6	12	0	1		<i>28</i>
Total		24	69	30	10		

UE082		Cours	TD	TP	ECTS	EAT	EI	MEE	<i>p.</i>
	Acoustique du bâtiment	18	18	0	3.5	•	.	.	<i>29</i>
	Colorimétrie	19.5	12.5	16	3.5	•	.	.	<i>30</i>
	Electrotechnique 1	21	16.5	20	4	.	.	•	<i>30</i>
	Identification 1 - Identification à temps continu	12	7.5	0	2	.	.	•	<i>31</i>
	Mécanique des fluides - Turbulence	15	12	12	3	.	•	.	<i>31</i>
	Méthodes de Commande 1	28.5	21	0	4	.	.	•	<i>31</i>
	Technologies de l'éclairage	13	13	16	3	•	.	.	<i>32</i>
	Transfert de chaleur - Convection naturelle et mixte	10.5	12	12	3	.	•	.	<i>32</i>
	Énergie Solaire (approfondissements)	4.5	4.5	0	4	.	•	.	<i>30</i>

UE083		Cours	TD	TP	ECTS	EAT	EI	MEE	<i>p.</i>
	Ambiances climatiques	16.5	16.5	16	3	●	.	.	33
	Conversion et stockage d'énergie	15	3	12	2	.	●	.	33
	Eclairage intérieur et extérieur	10.5	7.5	0	2.5	●	.	.	34
	Informatique industrielle	12	12	51	5	.	.	●	34
	Machines à fluides inertes	12	12	6	3	.	●	.	34
	Machines à fluides réactifs	4.5	6	6	2	.	●	.	35
	Projet automatique 1	0	0	30	3	.	.	●	35
	Systèmes constructifs	6	9	0	1.5	●	.	.	35
	Thermique du bâtiment 1	9	9	0	3	●	.	.	36
	Transfert de matière	15	18	16	3	.	●	.	36
	Véhicule hybride/électrique et automatique	6	6	7.5	2	.	.	●	36

Semestre 9 - 3^e année

UE091		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>
	Anglais 5	0	32	0	2	37
	Gestion 2	9	10.5	0	1	37
	Projet de Fin d'Etudes	0	0	0	6	37
	Qualité	0	10.5	0	1	37
	Santé et sécurité au travail 3	3	3	0	0	38
	Vie de l'entreprise	0	32	0	0	38
Total		12	88.0	0	10	

UE092		Cours	TD	TP	ECTS	EAT	EI	MEE	<i>p.</i>
	CAO/DAO 2 - BIM	0	0	9	0.5	●	.	.	38
	Compatibilité électromagnétique	6	6	0	1	.	.	●	39
	Identification 2	15	10.5	0	3	.	.	●	39
	Mécanique des fluides - Transferts turbulents	12	10.5	12	2.5	.	●	.	40
	Méthodes numériques 2 (EI) - Problèmes directs et inverses	9	12	0	4	.	●	.	40
	Performances énergétiques	9	9	0	3	●	.	.	40
	Thermique du bâtiment 2	14.5	14.5	0	3.5	●	.	.	41
	Transfert de chaleur - Rayonnement thermique 2	24	9	0	2.5	.	●	.	41
	Valorisation de projets innovants	3	3	0	1	.	●	.	42
	Ventilation et Qualité d'air intérieur	12	12	12	3	●	.	.	42
	Électrotechnique 2	37.5	30	20	6	.	.	●	39

UE093		Cours	TD	TP	ECTS	EAT	EI	MEE	<i>p.</i>
	Analyse énergétique	18	0	0	3.5	.	●	.	42
	Combustion en milieu industriel	9	12	0	2	.	●	.	43
	Echangeurs de chaleur - performances et optimisation	6	9	0	2.5	.	●	.	43
	Méthodes de commande 2	28.5	21	0	4	.	.	●	45
	Méthodes numériques 2 (EAT)	9	6	15	2.5	●	.	.	45
	Projet Automatique 2	0	0	0	3	.	.	●	46
	Projet Utilisation Rationnelle de l'Energie	0	0	0	2	.	●	.	46
	Sources acoustiques et propagation	15	9	8	2.5	●	.	.	46
	Systèmes électroacoustiques	6	6	8	1.5	●	.	.	47
	Éclairage naturel et mixte	14	20	0	3.5	●	.	.	44
	Électronique de puissance 2	24	15	12	3	.	.	●	44

Semestre 10 - 3^e année

UE101		Cours	TD	TP	ECTS	EAT	EI	MEE	<i>p.</i>
	Acoustique des salles	20	18.5	16	4.5	●	.	.	<i>47</i>
	Architecture	9	9	0	1	●	.	.	<i>47</i>
	Energie Eolienne (approfondissements)	3	6	12	2	.	●	.	<i>48</i>
	Energie nucléaire et sécurité	18	12	0	3	.	●	.	<i>48</i>
	Gestion et qualité de l'énergie électrique	19.5	12	0	3	.	.	●	<i>49</i>
	Géothermie	6	6	0	1	.	●	.	<i>48</i>
	Habilitation électrique	3	15	0	2	.	.	●	<i>49</i>
	Initiation aux logiciels de CFD	3	3	0	2	.	●	.	<i>49</i>
	Objets et bâtiment communicants	6	6	0	1	●	.	.	<i>50</i>
	Option 1 : Aéroacoustique	17.5	13.5	0	2.5	●	.	.	<i>50</i>
	Option 2 : Apparence visuelle	17.5	11.5	2	2.5	●	.	.	<i>50</i>
	Réseaux informatiques et industriels	21	18	36	5	.	.	●	<i>51</i>
	Transferts thermiques avec changement de phase	15	16.5	0	2	.	●	.	<i>51</i>
	Urbanisme	4.5	4.5	0	1	●	.	.	<i>51</i>

UE102		Cours	TD	TP	ECTS	<i>p.</i>
	Stage de 1e année	0	0	0	2	<i>52</i>
	Stage de 2e année	0	0	0	4	<i>52</i>
	Stage de 3e année	0	0	0	14	<i>52</i>
	Total	0	0	0	20	

Analyse du cycle de vie	1 crédit
code-apo	4.5-0-0-10

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

Compétences attendues :

- Manipulation d'outils dédiés à la réalisation d'ACV : logiciel d'ACV bâtiment EQUER ;
- Mise en application des connaissances par le biais de travaux pratiques et d'un atelier portant sur la réalisation d'un bilan écologique d'une maison individuelle.

CAO/DAO - Building Information Modelling	2 crédits
code-apo	6-0-9-15

Compétences attendues :

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

Évaluations : contrôle continu : dessins notés

Conduite de projets (Méthodes et outils)	1 crédit
code-apo	0-0-7.5-15

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

Compétences attendues :

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

Mathématiques 1	2 crédits
code-apo	34.5-0-0-0

Description : Ce cours permet de remobiliser des compétences en termes de mathématiques de base

Compétences attendues :

- savoir utiliser des matrices, des tenseurs
- être capable de dériver, d'intégrer
- savoir appliquer les théorèmes incontournables

Évaluations : 1 examen

Santé et sécurité au travail 1	0 crédit
code-apo	3-0-0-10

Description : appréhender de façon transverse et interdisciplinaire les différents aspects de la gestion des risques, de la santé et de la sécurité au travail ainsi que de la protection de l'environnement, au sein d'entreprises et administrations.

Compétences attendues : Sensibiliser les élèves aux différents points concernant la sécurité dans une entreprise

Statistiques	1 crédit
code-apo	16.5-0-0-0

Description : Ce cours est une introduction aux statistiques dont la connaissance est indispensable à l'exercice moderne du métier d'ingénieur. Après des rappels indispensables, ce cours présente le cadre mathématique (dénombrément, espaces de probabilités discrets et continus) puis quelques outils statistiques de base permettant l'analyse de données expérimentales et de fonctions aléatoires (ex. théorie de l'échantillonnage, estimation, intervalle de confiance, tests d'hypothèses).

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Thermodynamique	3 crédits
code-apo	30-15-0-0

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

Compétences attendues :

- analyser et quantifier les échanges d'énergies,
- caractériser les états de la matière, les changements d'état, les matériaux à changements de phases,
- donner les critères de sélection des matériaux à changement de phase,
- exploiter des diagrammes binaires,
- expliquer et utiliser les équilibres chimiques,
- différencier un système idéal d'un système réel et utiliser les relations thermodynamiques correspondantes (fugacité, activité, potentiel chimique...),
- connaître les caractéristiques des différents états de la matière, les relations de Clapeyron,
- exploiter des diagrammes binaires,
- qualifier l'évolution d'un équilibre chimique

Évaluations : Contrôle continu 2 examens coef 0,33 moyenne des 5 compte rendus de TP coef 0,33

Algorithmique et Programmation	2 crédits
code-apo	9-15-0-6

Description : Après quelques **rappels** sur le codage (nombres, images, son), les différentes structures algorithmiques sont passées en revue (variables, test, boucles, fonctions).

Puis, en s'appuyant sur le langage Python plusieurs notions générales sont abordées : récursivité, calcul de complexité, utilisation de types complexes (listes, tableaux associatifs, ensembles) Quelques exercices types sont traités en TD.

Durant les travaux pratiques, certains exercices vus en travaux dirigés sont programmés, puis différents thèmes peuvent être traités : images fractales, cryptographie, traitement d'image, automates cellulaires...

[Lien vers les supports de cours et de TP](#)

Compétences attendues :

- codage numérique de données
- conception d'algorithmes simples
- résolution de problèmes divers par programmation

Évaluations : un contrôle écrit, évaluations pendant la période de TD, contrôle de TP.

Anglais 1

2 crédits

code-apo

24-0-0-10

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit, exposés et rapports écrits exigés tout au long du semestre.

Compétences numériques

1 crédit

code-apo

3-0-0-20

Description : Ce module suit les évolutions du dispositif national PIX afin d'offrir un socle de compétences numériques solide. Les travaux relatifs à la recherche documentaire et à la veille, ainsi qu'à la gestion et la protection des données personnelles seront traités en présentiel. En autonomie, les étudiants aborderont les questions d'identité numérique, de licences, ainsi que la réalisation de documents numériques.

Compétences attendues :

- Connaître les problématiques d'accessibilité de l'outil informatique
- Maîtriser ses traces et gérer les données personnelles pour protéger sa vie privée et celle des autres. Adopter une pratique éclairé : paramètres de confidentialité, surveillance régulière de ses traces par des alertes ou autres outils, etc.
- Mener une recherche et une veille d'information, avec un moteur de recherche, au sein d'un réseau social, par abonnement à des flux ou des lettres d'information, ou tout autre moyen.
- Maîtriser son identité numérique privée, institutionnelle et professionnelle
- Connaître les questions sur le droit d'auteur, les licences, et les appliquer.
- Structurer et mettre en forme un document
- Réaliser un document composite
- Exploiter des données dans des feuilles de calcul

Évaluations : Passage sur machine et validation de compétences, éventuels travaux de synthèse à rendre

Introduction à l'Électrotechnique

2 crédits

code-apo

18-15-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit, évaluation des travaux pratiques

Mécanique des fluides 1

1 crédit

code-apo

19.5-0-0-4

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : contrôle continu (20%), 1 contrôle écrit (80%).

Mécanique des milieux continus

2 crédits

code-apo

21-0-0-4

Description :

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : contrôle continu (20%), 1 examen écrit (80%)

Capteurs	2 crédits
code-apo	21-0-0-10

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

Compétences attendues :

- connaître les principes de fonctionnement des principales familles de capteurs ;
- lire et extraire les principales caractéristiques des documentations techniques de capteurs ;
- intégrer un capteur dans un système de mesure ;

- caractériser et étalonner les principaux capteurs des chaînes d'instrumentation.

Évaluations : 1 contrôle écrit + 1 projet (soutenance orale)

Energies (conférences professionnelles)	1 crédit
code-apo	18-0-0-0

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

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Optique et Matériaux	3 crédits
code-apo	28.5-0-0-10

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

Chapitre 1 « Structure des solides » :

- effet photoélectrique
- Modèle atomique de Bohr
- Atome et mécanique quantique
- Liaisons atomiques
- Solides / Théorie des bandes d'énergie.

Chapitre 2 « Propriétés électroniques & optiques des solides » :

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

Chapitre 3 « Les photodétecteurs » :

- Courant d'obscurité, Sensibilité spectrale
- Bande passante
- Bruits des capteurs optiques
- Rapport signal à bruit
- Défectivité & NEP
- Efficacité quantique
- Détecteur passif (Photorésistance ou cellule photoconductrice)
- Détecteur actif (Capteurs photoémissifs : Photomultiplicateur, photodiode)
- Détecteurs thermiques (thermistance, thermocouple ou thermopile, détecteurs pyroélectriques).

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

Compétences attendues : Etre capable d'expliquer les différences de propriétés électroniques et par conséquent optiques entre métal/isolant/semiconducteur ; Etre capable d'expliquer le fonctionnement de photodétecteurs thermiques et photoniques ; Savoir choisir le détecteur de lumière adéquate (UV-Visible-proche IR) pour des applications pratiques en fonction de leurs caractéristiques techniques ; Etre capable d'effectuer un travail de synthèse sur un sujet bibliographique et de le présenter de manière ordonnée et claire auprès d'un public initié.

Évaluations : 1 contrôle écrit + 1 synthèse bibliographique

Risques en milieu professionnel	1 crédit
code-apo	18-0-0-0

Évaluations : 1 contrôle écrit

Vibrations	3 crédits
code-apo	24-15-0-4

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

Compétences attendues :

- prédire l'évolution d'un système mécanique vibratoire dont les caractéristiques varient au cours du temps à partir des équations de base de la mécanique des milieux continus,
- reconnaître l'équation du mouvement d'un phénomène mécanique vibratoire,
- utiliser les fonctions circulaires et les fonctions exponentielles complexes,
- appliquer les notions d'amortissement et de résonance,
- résoudre l'équation du mouvement pour divers systèmes physiques oscillants,
- interpréter les équations.

Évaluations : 1 contrôle écrit + 2 QCM + compte-rendus de TP

Anglais 2

2 crédits

code-apo

24-0-0-10

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

Compétences attendues :

- s'exprimer à l'oral,
- connaître la civilisation anglophone,
- faire une note de synthèse en utilisant des médias anglophones..

Évaluations : exposés, essais, 1 contrôle (TOEIC), oral.

Gestion 1

1 crédit

code-apo

15-0-0-4

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

Compétences attendues : connaître les interrelations entre les fonctions de l'entreprise.

Évaluations : Rapport écrit

Introduction aux méthodes numériques

2 crédits

code-apo

15-12-0-4

Description : Ce cours est une introduction aux méthodes numériques, indispensables pour l'étude de nombreux phénomènes physiques. L'enseignement se divise en trois parties : cours théorique (théorèmes et outils mathématiques), exercices, et travaux pratiques (application en MatLab). Ces trois composantes sont appelées à interagir en permanence. On abordera notamment les méthodes de résolutions approchées d'équations, systèmes linéaires, interpolation polynomiale, intégration numériques et équations différentielles ordinaires.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit, évaluation des travaux pratiques

Mathématiques 2	1 crédit
code-apo	21-0-0-0

Description : Ce cours permet d’asseoir des compétences dans les domaines des équations différentielles ainsi que des équations aux dérivées partielles et de découvrir les distributions. Les techniques classiques de résolution analytiques des EDO et des EDP sont étudiées en particulier à l’aide de séries de Fourier, des transformations de Fourier et de Laplace. L’aspect des distributions (Dirac, Heaviside) est aussi abordé

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 examen

Signaux	2 crédits
code-apo	24-12-0-0

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

Compétences attendues :

- classer les signaux,
- calculer la transformée de Fourier d’un signal analytique et représenter son spectre,
- transposer le spectre d’un signal à différentes fréquences,
- comprendre un schéma de principe de modulation ou d’analyse spectrale.

Évaluations : 1 contrôle écrit, évaluation des travaux pratiques

Travail d’application	2 crédits
code-apo	0-0-5-40

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : Rapport écrit et soutenance

Communication	1 crédit
code-apo	0-15-0-10

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : rapport et soutenance de TAP

Histoire et Philosophie des sciences

1 crédit

code-apo

12-0-0-4

Description : Après une présentation des objectifs du cours d'histoire des sciences, une bibliographie illustrée de l'histoire, de la philosophie et de l'épistémologie des sciences est proposée. Les rapports entre sciences et techniques, sciences et religions et sciences et politiques sont abordés. Le chapitre 1 débute par la place des femmes, les grandes idées en philosophie et épistémologie des sciences et une réflexion sur la notion de progrès scientifique. Le chapitre 2 traite de la révolution scientifique au XVII^e siècle. Le chapitre 3 concerne l'histoire de la thermodynamique, notamment par la lecture de l'ouvrage de Sadi Carnot. Le chapitre 4 est consacré à la vie et aux travaux d'Albert Einstein. Le chapitre 5 relate le cheminement de pensée qui a amené les grandes idées de la théorie du Big Bang. Le dernier chapitre concernant le voyage et les travaux de Charles Darwin fait l'objet d'une présentation en anglais en présence de l'enseignant d'anglais.

Compétences attendues :

- expliquer le développement des concepts scientifiques,
- justifier les évolutions scientifiques en fonction des époques, des connaissances, et des besoins,
- expliquer les avancées scientifiques en fonction des réussites et des erreurs.

Évaluations : 1 contrôle écrit

Introduction aux bases de données

1 crédit

code-apo

4.5-6-0-0

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

Compétences attendues :

- compréhension du schéma relationnel d'une base de données, lien entre les tables, clés primaires et étrangères.
- expression algébrique et SQL de requêtes sur un schéma donné.
- interrogation d'une base de données.

Évaluations : 1 contrôle écrit, compte-rendu de TP

Mécanique des fluides 2

3 crédits

code-apo

24-15-0-9

Description : L'extension de l'application des lois et principes généraux de la mécanique au mouvement d'un fluide réel (visqueux) est présentée. La modélisation mathématique associée à l'hypothèse de Stokes, permettant de relier le tenseur des contraintes et les vitesses de déformation, est précisée. La forme locale des équations de bilan pour un fluide incompressible est établie (équations de Navier-Stokes) et les principales solutions exactes des équations sont présentées (écoulements de Poiseuille et Couette). Les approches permettant la détermination des pertes de charges linéaires et singulières dans les écoulements en conduite sont développées (Bernoulli généralisé). Enfin, des notions d'analyse dimensionnelle (théorème PI) et de similitude sont introduites.

Compétences attendues :

- connaître la modélisation mathématique de base apte à fournir des solutions à différents problèmes d'écoulements de fluides,
- savoir résoudre les problèmes de base d'écoulements de fluides incompressibles,
- calculer des pertes de charge,
- définir l'ensemble des caractéristiques d'un réseau hydraulique.

Évaluations : 1 contrôle écrit, comptes-rendus de TP

Résistance des matériaux

4 crédits

code-apo

33-15-0-5

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

- relations entre contraintes et déformations, - outil numérique de calcul (RDM 6).

Compétences attendues :

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

Évaluations : Contrôle continu 1 examen coef 0,45 1 partiel coef 0,22 moyenne des 5 compte rendus de TP coef 0,33

Électromagnétisme

2 crédits

code-apo

21-12-0-0

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

Compétences attendues : Adapter les équations générales de Maxwell à la résolution de problèmes simples d'électromagnétisme.

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Electronique

code-apo

4 crédits

33-18-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Machines thermiques

code-apo

3 crédits

22.5-12-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Plans d'expérience	1 crédit
code-apo	7.5-0-0-10

Description : Ce cours permet d'acquérir des compétences en termes de stratégie pour la détermination des facteurs clés, pour l'optimisation des réglages d'un procédé ou d'un appareil ainsi que la prédiction par modélisation du comportement d'un procédé. Les plans d'expériences sont utilisés dans de nombreux domaines industriels car ils s'inscrivent notamment dans une démarche générale d'amélioration de la qualité. Le principe réside dans la possibilité d'interprétation de résultats avec un effort minimal sur le plan expérimental : la minimisation du nombre nécessaire d'expériences dans le but d'un gain de temps et financier. Après une présentation du vocabulaire de base (facteurs contrôlables, d'entrée, réponses), les différentes étapes d'une étude par plan d'expériences sont menées. Les notions de régression multilinéaire, de variables codées ou centrées réduites ainsi que celle de matrice d'expériences, matrice des effets et celle des plans factoriels est abordée lors d'exemples ayant trait à différents domaines.

Compétences attendues : Savoir mettre en place un plan d'expériences et en interpréter les résultats.

Évaluations : 1 projet (rapport écrit)

Anglais 3	2 crédits
code-apo	22-0-0-0

Description : Groupes 2 et 3 : préparation au TOEIC (Listening, Reading) Groupe 1 : revoir brièvement le TOEIC Développement de compétences langagières relatives de l'anglais du monde professionnel : rédaction de CV, voir des modèles de lettres de motivation.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit (TOEIC), exposés et rapports écrits.

Conduite de réunion - Gestion de conflits	1 crédit
code-apo	9-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Santé et sécurité au travail 2	0 crédit
code-apo	6-0-0-0

Description : utilisation du MOOC Impact de l'Ecole des Mines de NANTES

Compétences attendues :

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

Évaluations : Rapport de stage

Systèmes	4 crédits
code-apo	33-15-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit, évaluation des travaux pratiques

Transfert de chaleur - Conduction	2 crédits
code-apo	22.5-0-0-0

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

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Turbomachines	1 crédit
code-apo	18-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Distribution et conversion de l'énergie électrique	3 crédits
code-apo	33-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Energie éolienne	1 crédit
code-apo	18-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Estimation	1 crédit
code-apo	18-0-0-0

Description : Après avoir introduit la définition de données temporelles, les principaux outils de traitement de données (covariance, corrélation, . . .) les techniques de type moindres carrés seront présentées pour déterminer des modèles de régression.

Compétences attendues : Analyser des données temporelles, déterminer des modèles par approche de type régression linéaire

Évaluations : 1 contrôle écrit

Transfert de chaleur - Convection	1 crédit
code-apo	13.5-0-0-0

Description : Ce cours s'organise autour de la convection forcée. Le premier chapitre introduit les bases de la convection comme mode de transfert de chaleur et identifie les différentes convections : naturelle, mixte et forcée. On décrit ensuite les mécanismes de transfert par convection d'un point de vue microscopique (advection, diffusion). Les équations bilan abordées en mécanique des fluides (masse, NS, énergie) sont reprises et adaptées aux problèmes de convection forcée en régime laminaire, stationnaire ou transitoire, pour des fluides incompressibles. La notion de couche limite thermique laminaire est introduite : concept, analyse des ordres de grandeur, approximations, nombres caractéristiques (Pr, Nu, St). Deux thèmes sont traités en détails : plaque plane (solution affine de Blasius, solution intégrale de Karman-Polhausen, grandeurs caractéristiques : épaisseur de couche limite, densité de flux, coefficient d'échange, corrélations générales) et les problèmes de conduite (notion d'établissement dynamique et thermique, température moyenne, influence de la zone d'entrée, corrélations pratiques). Ce premier thème introduit enfin la convection forcée en régime turbulent et l'intérêt de ce type d'échange (intensification, frottement)... Ce module est complété par des travaux pratiques : étude d'un jet chaud en espace libre, ejecto convecteur de TGV (transport), étude des transferts couplés dans une vitrine réfrigérée (alimentation), refroidissement de composants électroniques de puissance (electronique)...

Compétences attendues :

- acquérir les compléments de connaissance des mécanismes de convection forcée,
- savoir calculer les grandeurs caractéristiques des couches limites thermiques (Nusselt, Grashof, coefficient d'échange, puissance...),
- savoir identifier les corrélations adaptées pour résoudre des problèmes thermiques réels de type industriel (échangeur, moteurs électriques, composants électroniques, refroidissement, fours, bâtiment...).

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Transfert de chaleur - Echangeurs	3 crédits
code-apo	12-15-0-10

Description : Ce premier module "Echangeurs" a pour objectif de donner les bases de formation nécessaires aux ingénieurs dans ce domaine. Les échangeurs de chaleur sont présents partout dans l'industrie, l'habitat (chauffage solaire, géothermie, récupération de chaleur, stockage...), l'énergie (raffinerie, centrale nucléaire, électronique...). Ce module est divisé en plusieurs parties complémentaires. On aborde tout d'abord les généralités et l'identification des architectures (échangeurs industriels : tube, calandre, plaques, joints, spirales, compacts, échangeurs à changement de phase). La seconde partie met l'accent sur le dimensionnement et les performances des échangeurs monophasiques (moyenne logarithmique DTLM, NUT, efficacité) co-courants, contre-courants, en série, en ligne, en série parallèle.

Compétences attendues :

- identifier les différentes topologies d'échangeurs thermiques ou de réseaux d'échangeurs,
- être apte à effectuer le choix et les dimensionnements d'échangeurs compatibles et adaptés au secteur industriel visé.

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Transfert de chaleur - Rayonnement

1 crédit

code-apo

15-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Acoustique fondamentale

4 crédits

code-apo

40-16-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Electronique de puissance 1

5 crédits

code-apo

46.5-20-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte rendus de TP

Electrothermie	3 crédits
code-apo	12-0-27-0

Description : Ce cours est une introduction à l'électrothermie. Après un rappel sur les ondes électromagnétiques et les équations de Maxwell, on abordera les différents procédés suivants : chauffage par conduction électrique, chauffage par induction électromagnétique, chauffage par rayonnement infrarouge, chauffage par hautes fréquences et microondes, chauffage par faisceau laser. Des projets numériques en petits groupes de travail sur des sujets pratiques viennent compléter le cours. Ce cours permet en outre aux élèves d'aborder la modélisation multi-physique et multi-échelles.

Compétences attendues :

- sensibiliser aux différents procédés électrothermiques existants.
- mener à bien un projet numérique basé sur la modélisation multi-physique et multi-échelles.

Évaluations : Compte rendu de projet

Identification 1 - Analyse de données	1 crédit
code-apo	16.5-0-0-0

Description : Dans un objectif d'identification, les données acquises sur le système réel doivent être préalablement analysées afin d'étudier leurs propriétés et leur pertinence pour l'objectif souhaité. Ainsi, après avoir défini la notion de bruit, on s'intéresse aux outils qui permettent d'étudier les liaisons qui peuvent exister entre les différentes variables mise en jeu, à savoir la corrélation et l'analyse en composantes principales.

Compétences attendues : Maitriser les outils de corrélation, d'analyse en composantes principales et d'analyse spectrale.

Évaluations : 1 contrôle écrit

Informatique	2 crédits
code-apo	9.0-15-0-0

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

- introduction au langage C (lien informatique industrielle et Arduino)
- approfondissement en algorithmique et structures de données
- utilisation avancée du langage Python
- introduction à Linux

Compétences attendues :

- choisir l'outils informatique (matériel, langage, os) de manière avisée
- avoir une vue d'ensemble des traitement informatiques possibles et savoir en mettre en oeuvre une partie

Mathématiques et automatique	2 crédits
code-apo	15-0-0-0

Description : Ce module a pour objectif de faire quelques rappels préalablement nécessaires pour le suivi des autres modules en MEE. On abordera ainsi des rappels en algèbre linéaire, sur les espaces normés, les probabilités et les statistiques. Les bases d'optimisation non linéaire seront également abordés.

Compétences attendues : Maîtriser les outils classiques d'algèbre linéaire, d'espaces normés, de statistique et d'optimisation dans un objectif d'identification et de commande des systèmes.

Évaluations : 1 contrôle écrit

Mécanique des fluides 3	2.5 crédits
code-apo	27.0-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Physique de l'air humide	1.5 crédits
code-apo	16.5-0-0-0

Description : Cet enseignement porte sur l'étude de l'air en présence d'humidité. Une introduction montrera la nécessité de prendre en compte l'humidité dans l'air lorsque que l'on veut le traiter dans différents environnements. On décrira ensuite la physique de l'air humide et les différentes grandeurs utilisées en traitement de l'air seront définies. Les équations de conservation (masse/humidité/énergie) et les diagrammes de l'air humide seront alors présentés. Dans une deuxième partie, on s'attachera à étudier les évolutions caractéristiques de l'air humide : chauffage, refroidissement, humidification, déshumidification, etc. Ces notions sont ensuite appliquées aux centrales de traitement de l'air.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Radiométrie et Photométrie	2 crédits
code-apo	25.0-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Thermodynamique des mélanges réactifs

3 crédits

code-apo

30-12-0-0

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

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

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Energie solaire

1 crédit

code-apo

18-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Méthodes numériques 1

code-apo

4 crédits

24-15-0-10

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

Compétences attendues : Maîtriser les concepts essentiels de l'analyse numérique et les principales bases pour le calcul scientifique ; réaliser des codes mettant en œuvre des méthodes numériques ; savoir porter un regard critique pour juger de la pertinence d'un résultat numérique.

Évaluations : compte-rendus de travaux réalisés en séances (contrôle continu + projet)

Programmation

code-apo

2 crédits

9-15-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : travaux pratiques

Turbomachines - Turbines

code-apo

1 crédit

18-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Anglais 4	2 crédits
code-apo	24-0-0-0

Description : Sur ce semestre, les groupes sont hétérogènes et le cours est orienté sur le monde anglophone et sur le monde scientifique. Les étudiants vont développer leur pratique d'un anglais adapté aux nouvelles technologies dans le but de pouvoir les mettre au service du monde du travail. Ils doivent préparer deux présentations orales conséquentes : une recherche sera menée afin de pouvoir approfondir leurs compétences linguistiques et professionnelles en anglais sur un thème actuel ; un autre travail de synthèse sera présenté sur des recherches scientifiques et internationales devant un jury.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit, exposés.

Acoustique du bâtiment	3.5 crédits
code-apo	36-0-0-15

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

1. La première séquence est un rappel des définitions et des enjeux de l'acoustique pour le bâtiment : son, bruit, production des sons, pression acoustique, décibel, échelle des niveaux sonores, fréquence, spectre, octave, pondération fréquentielle, bruit blanc, bruit rose, mesure de pression acoustique.
2. Absorption : mécanismes de l'absorption, matériaux absorbants, coefficients d'absorption, réverbération, correction acoustique, aire d'absorption équivalente, formule de sabine, réduction du bruit.
3. Isolation : généralités sur les matériaux acoustiques, taux de transmission acoustique, exemples de valeurs de R, loi de masse théorique – incidence normale & incidence oblique, loi de masse expérimentale, Parois simples – fréquence critique, Parois multiples – fréquences critiques & fréquences de résonance, doublages de parois, parois avec ouverture, isolation acoustique, indice d'affaiblissement acoustique, indices uniques in situ, bruit Rose – bruit route, calcul de DnTw et des termes C et Ctr, calcul prévisionnel du DnTw+C.
4. Bruit solidien : mesures & machine à chocs, méthode de calcul de l'indice L'ntw, prévision du L'ntw, voies de transmission, chape flottante, revêtements de sol, sonorité à la marche, bruits solidiens d'équipements & transmission solidienne, bruits solidiens d'origine ferroviaires
5. Environnement & Réglementations
6. Simulations

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

Compétences attendues : Etre capable de traiter un problème d'acoustique du bâtiment.

Évaluations : projet (rapport écrit)

Colorimétrie	3.5 crédits
code-apo	32.0-16-0-0

Description : La température de couleur et l'indice de rendu des couleurs de sources de lumière sont des paramètres importants dans le domaine de l'éclairage et permettent de donner une indication sur la qualité de la lumière. L'objectif du cours est de définir différentes notions liées à la mesure de la couleur telles que : les illuminants de référence, les diagrammes de chromaticité ((x,y), (u',v')), la longueur d'onde dominante et la pureté d'excitation, les espaces chromatiques CIELAB et CIELUV. Les méthodes de détermination de la température de couleur et de l'indice de rendu des couleurs sont présentées ainsi que les nouvelles méthodes émergentes (IES) pour définir l'indice de fidélité (Rf) et l'indice de gamut (Rg) des sources de lumière actuelles. Ce programme est illustré par quatre travaux pratiques orientés vers : des mesures photométriques (mesures de luminance, d'éclairement, de facteur de réflexion), des mesures colorimétriques (température de couleur, IRC, Rg, Rf) de différents types de lampes (tubes fluo, lampes à décharges, LED), de différences de couleurs d'objets (discrimination colorée) et enfin par l'utilisation d'un logiciel de retouche d'image (Photoshop) pour le rendu en éclairage et la présentation de projets de mise en lumière. Le programme est complété par des interventions de professionnels portant sur la conception lumière et l'éclairage intérieur.

Compétences attendues :

- déterminer les coordonnées trichromatiques d'un stimulus coloré ;
- calculer la différence de couleur entre deux objets colorés ;
- déterminer les caractéristiques colorimétriques de sources de lumière (Température de couleur, Indice de Rendu de Couleur, Indice de fidélité, Indice de Gamut).

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Electrotechnique 1	4 crédits
code-apo	37.5-20-0-10

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte rendus de TP

Énergie Solaire (approfondissements)	4 crédits
code-apo	9.0-0-42-9

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

Compétences attendues : Mise en place de dispositifs de conversion d'énergie solaire en chaleur.

Évaluations : projet + soutenance orale

Identification 1 - Identification à temps continu

2 crédits

code-apo

19.5-0-0-0

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

Compétences attendues : Savoir estimer les paramètres de systèmes régis par des équations différentielles.

Évaluations : 1 contrôle écrit

Mécanique des fluides - Turbulence

3 crédits

code-apo

27-12-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Méthodes de Commande 1

4 crédits

code-apo

49.5-0-0-0

Description : Ce module est divisé en trois parties. On s'intéresse tout d'abord à l'étude des systèmes discrets grâce à la transformée en z . Puis, on étudie différentes méthodes de commande qui permettent, pour certains systèmes, d'atteindre des objectifs inatteignables avec un simple correcteur PID. Enfin, la représentation des systèmes par un modèle d'état est introduite pour conduire à la commande par retour d'état. Transformée en z : cette partie aborde l'étude des systèmes à représentation discrète via la transformée en z (définitions, théorèmes, propriétés, fonction de transfert discrète d'un système continu, équations aux différences), l'analyse des systèmes à représentation discrète (stabilité, performances) et la synthèse de correcteur numérique de type PID. Étude de différentes méthodes de commande : ce cours s'intéresse à différentes méthodes de commande couramment rencontrées. Après un bref aperçu de méthodes graphiques de synthèse de correcteur de types PID, il aborde le principe d'autoréglage de ces mêmes correcteurs ainsi que celui des dispositifs d'anti-saturation. Différents schémas de commande sont alors étudiés tels que la commande par modèle interne, le prédicteur de Smith et la commande feedforward. Enfin, dans le cas des systèmes discrets, la commande par placement de pôles associée au correcteur RST est étudiée. Représentation d'état : ce cours introduit une nouvelle représentation des systèmes qu'est la forme d'état. Plus précisément, son origine, son intérêt et ses principales propriétés sont explicités. Ses liens avec d'autres représentations classiques de l'automatique telle que la fonction de transfert ou l'équation différentielle sont présentés. Une fois ce modèle introduit, l'étude de la réponse temporelle des modèles d'état est considérée. Il est ainsi montré comment analyser la stabilité d'un tel modèle. Les notions bien moins familières de commandabilité et d'observabilité d'une représentation d'état sont ensuite analysées pour déboucher sur la commande et l'observation de ces systèmes dans le cas monovarié. L'étude des modèles d'état discrets est également brièvement abordée.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 2 contrôles écrits

Technologies de l'éclairage

3 crédits

code-apo

26-16-0-0

Description : D'un point de vue technologique, les LED surpassent les sources de lumière électriques traditionnelles. Néanmoins, le renouvellement est assez lent et la co-existence des différentes technologies va persister pendant plusieurs années. Une première partie de ce cours est donc consacrée à une présentation des différents processus d'émission de lumière : incandescence, photoluminescence, décharge électrique dans les gaz, électroluminescence. A chaque principe physique, sont associées des sources de lumière artificielle : lampes à incandescence, lampes à décharge, tubes fluorescents et lampes fluocompactes, diodes électroluminescentes. L'accent est mis dans une deuxième partie sur les luminaires LED, et sur leur pilotage. Les protocoles de communication sont présentés en mettant l'accent sur le protocole DALI, actuellement le plus utilisé en éclairage. Le programme est réalisé en partie par des intervenants professionnels. Les problématiques plus récentes de l'éclairage (effets non visuels de la lumière, pilotage par réseau Ethernet, communication Li-fi, etc.) sont abordées en partie par les élèves eux-mêmes sous forme de fiches et exposés bibliographiques. Le programme est illustré par 4 travaux pratiques : mesures photométriques sur les LEDs, mesures électriques et gestion de l'éclairage (protocole DALI) pour différentes sources de lumière, pilotage de l'éclairage par DMX, mesures au vidéoluminancemètre pour l'ergonomie visuelle et la détermination de l'UGR. Le programme est complété par deux interventions de professionnels portant sur la technologie des LEDs (avantages, comparaison avec les autres sources traditionnelles, limite d'utilisation et substitution), et sur la gestion de l'éclairage.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Transfert de chaleur - Convection naturelle et mixte

3 crédits

code-apo

22.5-12-0-6

Description : Ce cours permet de réaliser une introduction aux transferts de chaleur par convection naturelle et mixte (habitat, homme, ailettes. . .). La première partie permet de poser les bases phénoménologiques de la convection naturelle sur plaque plane verticale en régime laminaire : mise en équations, hypothèse de Boussinesq, ordres de grandeurs, nombres caractéristiques (Gr , Ra), résolution par méthodes affines, résolution par méthodes intégrales, coefficient d'échange, principales corrélations à température ou densité de flux constant. Cet aspect est complété par l'analyse en régime turbulent : effet de la turbulence, couche limite turbulente, effets et applications. D'autres géométries sont étudiées en espace libre : parois inclinées, plaques horizontales, cylindres, sphères, panache thermique turbulent. . . ou en espace confiné (ailettes d'échangeurs, habitat). Enfin le module se termine par une introduction à la convection mixte (phénoménologie, nombre caractéristique, Ar , Ri) soit externe (cylindre, plaque plane immobile, plaque plane en mouvement), soit interne (tube vertical ou horizontal).

Compétences attendues :

- analyser les phénomènes physiques et déterminer le régime d'écoulement convectif,
- identifier les corrélations adaptées au problème rencontré,
- calculer précisément des paramètres caractéristiques : température moyenne, coefficient d'échange, puissance échangée...
- résoudre des problèmes concrets : refroidissement en microélectronique, confort thermique dans l'habitat ...

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TD/projet + compte-rendus de TP

Ambiances climatiques

3 crédits

code-apo

33.0-16-0-0

Description : Ce cours porte sur le traitement des ambiances climatiques dans le bâtiment. Cet enseignement consiste à dimensionner les éléments de ventilation, de chauffage et de production de froid nécessaires pour assurer une ambiance climatique spécifique dans un bâtiment. Une première partie du cours portera sur la production de chaleur par combustion. Un rappel sur les machines thermiques, appliquées à la production de chaleur de froid dans le bâtiment sera fait. Des travaux dirigés permettront d'illustrer les notions théoriques abordées dans ce cours mais aussi dans les cours de machines thermiques et de physique de l'air humide. Quatre travaux pratiques sont associés à cet enseignement. Le programme est complété par deux interventions de professionnels portant sur la perméabilité à l'air, les systèmes de ventilation, les systèmes de production de chaleur et les matériaux et systèmes intelligents pour le bâtiment.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Conversion et stockage d'énergie

2 crédits

code-apo

18-12-0-0

Description : Cet enseignement est dédié à la conversion et au stockage d'énergie des énergies renouvelables, par le vecteur hydrogène. En effet les énergies renouvelables, par nature intermittentes, nécessitent le développement d'une infrastructure de stockage de l'énergie adaptée en taille et en exibilité. Une des voies envisagées est la conversion de l'électricité d'origine solaire ou éolienne en hydrogène. Les avantages et inconvénients du vecteur hydrogène vous sont présentés. Les différents éléments de la chaîne sont détaillés de l'échelle de la cellule électrochimique (matériaux des composants, structuration, potentiel électrochimique, transfert de chaleur, de charge et de matière) à l'échelle du système (principe de l'électrolyse, pile à combustible, stockage gaz, liquide, solide de l'H₂).

Compétences attendues :

- Principe de fonctionnement de l'électrolyse et des piles à combustibles,
- Bilans énergétiques des systèmes électrochimiques,
- Calcul de dimensionnement d'une chaîne de vecteur hydrogène,
- Analyse/Critique du mix énergétique actuel et futur.

Évaluations : 1 contrôle oral + compte-rendus de TD/projet + compte-rendus de TP

Eclairage intérieur et extérieur	2.5 crédits
code-apo	18.0-0-9-15

Description : Les luminaires en éclairage intérieur et extérieur : caractéristiques optiques, électriques et mécaniques. Les différentes étapes de réalisation d'un projet d'éclairage intérieur et extérieur . Comparatif des calculs manuels et informatiques - analyse - compréhension. Réalisation d'un projet sur logiciel (Dialux ou Relux) : paramétrage du local ou de la voie de circulation, sélection des objets et textures, choix et implantation des luminaires, calculs d'éclairement, de luminance et UGR ou GR. Les étudiants devront travailler sur un projet de dimensionnement d'éclairage public ou d'éclairage intérieur (au choix). Des intervenants professionnels complètent la formation en éclairage extérieur (nouvelles normes et règlements en éclairage extérieur, réseaux d'alimentation en éclairage public, gestion en éclairage public).

Compétences attendues :

- connaître les fondamentaux en éclairage intérieur ou extérieur
- savoir effectuer des calculs d'éclairage par logiciel de calcul en univers tertiaire/industriel ou éclairage public.

Évaluations : projet (rapport écrit et soutenance orale)

Informatique industrielle	5 crédits
code-apo	24-51-0-0

Description : En premier lieu sont examinés les éléments de base du Grafcet, ses règles d'évolution et ses extensions. Les notions d'automatismes séquentiels sont alors appliquées à des automates programmables industriels. Après une étude des parties constitutives d'un automate industriel, nous verrons alors comment le configurer et le programmer grâce au logiciel dédié. Dans un second temps seront abordées, sous forme d'un mini-projet, les problématiques liées à la programmation des microcontrôleurs. Enfin, un projet plus avancé sera réalisé, afin de mettre en évidence les problèmes relatifs à l'acquisition de données, la quantification et l'échantillonnage, les convertisseurs analogique/numérique et numérique/analogique...

Compétences attendues : Connaître les règles du langage de programmation grafcet, ; programmer un automate industriel ; réaliser un prototype rapide à base d'une carte micro-contrôleur ; gérer dans son ensemble un projet d'informatique industrielle.

Machines à fluides inertes	3 crédits
code-apo	24-6-0-0

Description : Cet enseignement vient compléter les connaissances acquises dans le module Machines thermiques . L'analyse des cycles est approfondie a n d'illustrer les enjeux énergétiques des machines à uides inertes (sans combustion) à gaz ou à vapeur et avec changement d'état, en particulier par une analyse exergétique approfondie : des cycles spéci ques sont analysés (surchau e, prélèvement, avec glissement. . .). Ce cours concerne donc les machines telles que machines à vapeur, séchoirs, conditionneurs d'air, machines frigori ques et pompes à chaleur à compression, machines à absorption. Les cycles à gaz et à vapeur font l'objet d'études énergétique et exergétique (rendements, consommation spéci que. . .).

Compétences attendues :

- Savoir identifier et analyser les cycles des machines à uides inertes (sans combustion) à gaz ou à vapeur, avec ou sans changement d'état,
- quanti er les énergies mises en jeu, et évaluer les enjeux énergétiques de ces machines réelles par une analyse exergétique approfondie.

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Machines à fluides réactifs	2 crédits
code-apo	10.5-6-0-0

Description : Ce cours vient en complément des modules Thermodynamique des mélanges réactifs et Machines thermiques. Sur les bases de la combustion, il entre dans le détail du fonctionnement des moteurs à combustion interne : généralités, schéma de principe, classification, fonctionnement schématique, cycles 2 temps, cycle 4 temps. Les cycles théorique et appliqué, simple ou mixte, des MACI sont décrits avec précision : cycle de Beau de Rochas, de Sabathé, de Diesel, calcul des rendements énergétique et exergetique, consommation spécifique et pression moyenne. Les turbines à gaz à combustion font aussi l'objet d'un chapitre spécifique : analyse de fonctionnement, calcul du travail utile, rendements thermique et énergétique, consommation spécifique sont estimés en fonction des différents paramètres comme le rapport de pression et la dilution du mélange combustible. Les cycles à récupérations sont passés en revue et analysés, et on évalue les différents procédés de cogénération à partir de ces turbines. Ce cours permet enfin d'aborder les problématiques des cycles des turbines en aéronautique.

Compétences attendues : Savoir comprendre et savoir décrire les étapes de fonctionnement d'une machine à combustion interne, quantifier les étapes élémentaires des cycles des MACI : énergie, puissance, travail mécanique, calculer les paramètres caractéristiques globaux des MACI (rendements, consommation) sur le plan énergétique et exergetique, résoudre des problèmes réels industriels utilisant des turbines à gaz à combustion, des procédés de cogénération.

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Projet automatique 1	3 crédits
code-apo	0-30-0-15

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

Compétences attendues : Savoir modéliser le processus à piloter et estimer ses paramètres, mettre en oeuvre en simulation différents schémas de commande de ce système, implanter ces lois de commande sur le système à l'aide d'un logiciel de prototypage rapide.

Évaluations : 1 projet (rapport écrit)

Systèmes constructifs	1.5 crédits
code-apo	15-0-0-10

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

Compétences attendues :

- identifier les composants d'un bâti existant,
- proposer des solutions d'isolation compatibles,
- calculer des déperditions thermiques ponctuelles.

Évaluations : projet (1 rapport écrit)

Thermique du bâtiment 1	3 crédits
code-apo	18-0-15-12

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

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

Évaluations : projet (rapport écrit + soutenance orale)

Transfert de matière	3 crédits
code-apo	33-16-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Véhicule hybride/électrique et automatique	2 crédits
code-apo	12-7.5-0-2

Description : Ce cours est une application de la modélisation et des techniques de simulation aux véhicules électriques et hybrides. Y sont présentées, la problématique de la modélisation, les méthodes de modélisation, les méthodes de simulation en automatique.

Compétences attendues :

- connaître les architectures, la gestion de l'énergie et la modélisation des véhicules hybrides,
- connaître leurs composants, et plus spécialement le stockage de l'énergie par batterie,
- simuler le fonctionnement de véhicules hybrides sous Matlab/Simulink.

Évaluations : Compte-rendus de projet

Anglais 5	2 crédits
code-apo	32-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Gestion 2	1 crédit
code-apo	19.5-0-0-0

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

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Projet de Fin d'Etudes	6 crédits
code-apo	0-0-25-75

Description : les projets de fin d'études consistent en une étude approfondie apportant une contribution originale au développement des techniques dans des domaines liés à la spécialité professionnelle. Cette étude est élaborée au cours d'un projet en partenariat avec une entreprise ou au sein d'un laboratoire de recherche.

Compétences attendues :

- savoir travailler en groupe,
- mener un projet avec différents partenaires et interlocuteurs,
- faire de la veille technologique.

Évaluations : Rapport écrit et soutenance

Qualité	1 crédit
code-apo	10.5-0-0-0

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

Compétences attendues :

- expliquer le positionnement humain dans la fonction qualité,
- connaître les performances, rapport aux objectifs, relation causes à effets, les indicateurs relevés et leurs utilisations, la réactivité préventive,
- gérer des processus et les outils d'analyse associés,
- manager par la qualité TQM, déploiement de la qualité QFD,
- appliquer les normes ISO,
- appréhender les systèmes d'amélioration continue,
- pérenniser la démarche qualité.

Évaluations : 1 contrôle écrit

Santé et sécurité au travail 3	0 crédit
code-apo	6-0-0-0

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

Évaluations : Rapport de stage

Vie de l'entreprise	0 crédit
code-apo	32-0-0-10

Description : Présentation par groupe de spécialité par un chef du personnel ou directeur des ressources humaines d'entreprises. Formation création entreprise : Formation sur les démarches à réaliser afin de se préparer à la création d'une PME PMI Collectivités territoriales et développement durable : Les actions mises en œuvre par les Collectivités territoriales dans le cadre du développement durable.

Compétences attendues :

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

CAO/DAO 2 - BIM	0.5 crédit
code-apo	0-9-0-0

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

Compétences attendues :

- connaître et utiliser les principales commandes d'AUTOCAD,
- coter un dessin,
- gérer des blocs,
- configurer un format d'impression.

Évaluations : production de dessins CAO/DAO

Compatibilité électromagnétique	1 crédit
code-apo	12-0-0-0

Description : Après avoir défini la notion de compatibilité électromagnétique (CEM) et les normes, ce cours introduit les perturbations conduites, rayonnées et électrostatiques. On étudie alors les couplages associés aux différentes perturbations. Ce cours s'intéresse alors à l'étude des techniques de protection dans le domaine de la CEM (Câblage spéciaux, différents blindages, caractérisation des harmoniques, filtrage actif, filtrage passif), aux tests d'immunité et aux mesures des performances des matériels vis-à-vis de la CEM.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Électrotechnique 2	6 crédits
code-apo	67.5-20-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Identification 2	3 crédits
code-apo	25.5-0-0-3

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Mécanique des fluides - Transferts turbulents

2.5 crédits

code-apo

22.5-12-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 2 contrôles écrit + compte-rendus de TP

Méthodes numériques 2 (EI) - Problèmes directs et inverses

4 crédits

code-apo

21-0-21-21

Description : L'objectif de cet enseignement est de former l'ingénieur à la maîtrise de diverses méthodes numériques et des techniques de simulation afin de résoudre des problèmes réalistes qui ne peuvent être résolus par des méthodes analytiques. Les applications consistent à résoudre des problèmes concrets en faisant appel à plusieurs notions de physique et de mathématiques acquises dans d'autres cours. La matière repose sur i) un cours magistral et ii) un ensemble de problèmes à résoudre sous forme de devoirs sur ordinateur (sessions d'exercices et travail personnel). En fonction des parcours suivis, les thèmes traités abordent une introduction à l'optimisation, la représentation d'état, la résolution des équations de diffusion, transport de diffusion, Navier-Stokes, l'équation des ondes, les méthodes de discrétisation en géométrie complexe (volumes maillés non structurés, éléments finis. . .). De plus, ce cours est une introduction aux méthodes utilisées pour résoudre des problèmes inverses en conduction et en rayonnement thermique. Les techniques de régularisation (SVD, Tikhonov ..) sont également abordées. Le cours est illustré par des exemples issus d'applications industrielles (identification de conditions aux limites en situations extrêmes par exemple).

Compétences attendues :

- Savoir résoudre des problèmes inverses en conduction et en rayonnement thermique en ayant recours aux méthodes et aux techniques de régularisation.
- Connaître les techniques de simulation numérique et la programmation en calcul scientifique.

Évaluations : projet (rapport écrit + soutenance orale)

Performances énergétiques

3 crédits

code-apo

18-0-15-12

Description : Notion de performances des bâtiments : du classique vers le BBC, le passif, ou le bâtiment à énergie positive. Aspects technologiques : ventilation, filtration, perméabilité à l'air. Aspects technologiques de production d'énergie : énergies fossiles, énergies renouvelables (géothermie, photovoltaïque. . .), micro-installations. Aspects environnementaux : émission de gaz à effet de serre (GES), % CO₂, bilan carbone dans le milieu thermique industriel. Labels : Effinergie, PassivHaus . . .

Compétences attendues :

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

Évaluations : projet (rapport écrit + soutenance orale)

Thermique du bâtiment 2

3.5 crédits

code-apo

29.0-0-15-12

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

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

Évaluations : projet (rapport écrit + soutenance orale)

Transfert de chaleur - Rayonnement thermique 2

2.5 crédits

code-apo

33-0-0-0

Description : Ce cours est une introduction au rayonnement thermique dans les milieux semi-transparentes anisothermes. Une première partie concerne l'introduction des notions fondamentales (luminance, absorption, diffusion, vecteur flux radiatif, équation du transfert radiatif...). Différentes méthodes de résolution sont ensuite abordées : méthodes semi-analytiques, méthode PN, méthode des ordonnées discrètes, méthode de Monte-Carlo... Enfin, le couplage du rayonnement avec la conduction et/ou la convection est abordé.

Compétences attendues :

- Compétences :
- Acquérir les connaissances dans le domaine du rayonnement thermique dans les milieux semi-transparentes,
- Mettre en équation et résoudre des problèmes de transferts couplés (rayonnement / conduction ; rayonnement / convection).

Évaluations : 1 contrôle écrit + projet (rapport écrit + soutenance orale)

Valorisation de projets innovants	1 crédit
code-apo	6-0-9-0

Description : Ce module a pour objectif d'initier les élèves au développement d'un projet innovant technique, technologique ou scienti que de préférence. Il se divise en deux approches. La première est orientée vers l'étude de faisabilité, l'initiation à la recherche de nancement (Oseo, Feder, fonds privé, fonds publics), la ré exion sur le potentiel industriel, la création d'entreprise, le montage de budget, l'estimation de valeur ajoutée par rapport à un projet initial... La seconde consiste à donner une vue générale du management de projet et des techniques pour mener à bien un projet innovant. Le module est assuré par un professionnel du domaine de l'innovation. Les élèves repartis en groupe réalisent un mini-projet dans un temps limité et présentent le résultat oralement.

Compétences attendues :

- être capable de mettre en ÷uvre et valoriser un projet innovant dans les domaines technique ou technologique,
- être capable de rechercher les financements possibles au montage financier du projet, et assurer la pérennité du projet, manager et conduire un projet.

Évaluations : projet (soutenance orale)

Ventilation et Qualité d'air intérieur	3 crédits
code-apo	24-12-4-4

Description : L'Homme passe entre 80 et 90 % de son temps en lieu clos et respire 26000 fois par jour soit 15 000 litres d'air. Avec l'évolution des réglementations thermiques (200, 2005, 2012) et celle prévue à l'échelle 2020, les bâtiments sont devenus de plus en plus isolés et "hermétiques" aux conditions extérieures. Dans ces conditions, la ventilation devient un enjeu de pérennité des bâtiments à cause des développements possibles de zones d'humidité locale (condensations, moisissures...) mais aussi de santé publique pour ces mêmes raisons. Ce cours s'organisera donc autour de 5 thématiques successives : a) initiation aux problèmes de confort , d'hygiène, de bien être et de santé en milieu clos... ; b) identification, analyse et dimensionnement des systèmes de ventilations existants (VMC simple flux, VMC double flux, ventilateurs, filtres, déshumidificateurs, systèmes de soufflage, systèmes de reprise, réseaux de gaines...); c) aspects réglementaires (RT2012, normes en vigueur... , normes acoustiques de bruit de gaines...); d) logiques de claucl d'instalaltion de VMC (BBS Slama, ANJOS, ALDES...); e) aspect énergétique des solutions techniques, optimisation. Ce cours sera complété par : d'une part des TP relatifs à ces problématiques (VMC...); d'autre part un projet d'analyse des risques de condensation dans un bâtiment avec WUFI viendra parfaire la compréhension des liens entre les matériaux (enveloppe) et l'air circulant à l'intérieur du bâtiment.

Compétences attendues :

- savoir identifier les problématiques de la ventilation selon le type de bâtiment (tertiaire, industriel, individuel).
- savoir quantifier les besoins de ventilation (renouvellement d'air, hygiène, bien être, normes appliquées).
- connaître et identifier les systèmes de ventilation à mettre en place.
- connaître et utiliser les principaux outils de dimensionnement des systèmes de ventilation.
- gestion énergétique des systèmes (VMC, ventilateurs, filtres...).

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Analyse énergétique	3.5 crédits
code-apo	18-0-30-9

Description : Il s'agit de donner les bases de l'analyse énergétique. Une première partie permet de faire un bilan des énergies dans le monde actuel, des sources d'énergie disponibles (sources primaires d'énergie : situation actuelle et tendances ; énergies fossiles et renouvelables). La seconde partie est plus orientée en direction de la consommation d'énergie : besoins industriels, conservation d'énergie et vecteurs énergétiques, production de chaleur et de froid, analyse des principaux postes de consommation mondiale ou régionale. En n une dernière partie permet d'identifier les différentes approches pour effectuer l'analyse de données pertinentes, et mettre en place une analyse énergétique : transport d'énergie, stockage d'énergie, pertes énergétiques, exergie, analyse des cycles de vie, risques énergétiques, contraintes environnementales.

Compétences attendues :

- comprendre et identifier les enjeux économiques, scientifiques et environnementaux liés au domaine de l'énergie,
- réaliser une analyse énergétique efficiente.

Évaluations : projet (rapport écrit + soutenance orale)

Combustion en milieu industriel	2 crédits
code-apo	21-0-0-0

Description : Ce cours permet de constituer une base de connaissances sur la complexité conjuguée d'un système réactif, liée au couplage entre les nombreux paramètres, mettant en jeu des aspects chimiques, thermiques et de dynamiques des fluides. Les principaux types de flammes sont abordés : flammes de prémélange, flammes de diffusion, mécanismes d'auto-inflammation, détonation. La cinétique chimique d'une réaction de combustion est décrite. Deux variables scalaires : une passive (fraction de mélange) décrivant l'état du mélange du combustible et du comburant et une réactive (taux d'avancement) décrivant l'évolution de la réaction chimique sont introduites. La structure interne des flammes : prémélange et diffusion sont étudiées. Le comportement des flammes dans un écoulement sont étudiés en détails : propagation, mélange, expansion, ... L'objectif est d'être capable de décrire le comportement d'un mélange réactifs dans des situations réelles (chaudières, turbines, incendies, explosions accidentelles) par l'étude d'écoulement simplifié. Les équations décrivant l'évolution de la quantité de mouvement, de la température, des espèces chimiques sont introduites et sont mis en oeuvre par l'utilisation d'outils numériques : calculs 1D de structures de flammes prémélangées ou non, de réacteurs (0D) basés sur des mécanismes réactionnels détaillés ou CFD pour aborder des configurations complexes : turbines à gaz, brûleurs... Une introduction à la combustion en écoulement turbulent constitue le point final de ce cours.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Echangeurs de chaleur - performances et optimisation	2.5 crédits
code-apo	15-0-12-9

Description : On rappelle tout d'abord les généralités et l'identification des architectures (échangeurs industriels : tube, calandre, plaques, spirales, compacts, échangeurs à changement de phase). La seconde partie fait l'objet de rappels sur le dimensionnement et les performances des échangeurs monophasiques (moyenne logarithmique DTLM, NUT, efficacité) co-courants, contre-courants, en série, en ligne, en série parallèle. La suite est consacrée à l'optimisation d'un échangeur de chaleur et aux moyens de contribuer à l'intensification des échanges : géométrie, matériaux, encrassement. Les réseaux d'échangeurs sont aussi étudiés : généralités, réseaux maillés (application aux échangeurs tubulaires), notions sur les réseaux à courants multiples (application au circuit de chauffage en cogénération, dans le domaine nucléaire...); échangeurs à courants croisés. Enfin la dernière partie de ce cours aborde les échangeurs à changement de phase : principe, évaporateurs, condenseurs, caloducs, boucles diphasiques... et des études de cas viennent à l'appui des cours théoriques. Une analyse de dispositifs expérimentaux disponibles en sein de nos laboratoires de recherche fera l'objet de travaux d'application. La formation est complétée par des conférences de spécialistes (industrie et recherche) et un projet dans le domaine.

Compétences attendues :

- identifier les différentes topologies d'échangeurs thermiques ou de réseaux d'échangeurs,
- être apte à effectuer le choix et les dimensionnements d'échangeurs compatibles et adaptés au secteur industriel visé,
- développer des outils de modélisation adaptés.

Évaluations : 1 contrôle écrit + projet (rapport écrit)

Éclairage naturel et mixte	3.5 crédits
code-apo	34-0-9-15

Description : Une partie cet enseignement est consacrée aux projets d'éclairage intérieur visant à coordonner l'éclairage naturel et l'éclairage artificiel dans une démarche environnementale (utilisation de systèmes de commandes de gestion technique du bâtiment). Les notions de facteur de lumière du jour (FLJ), d'autonomie en lumière naturelle, de protections solaires sont abordées. La Réglementation Thermique est présentée du point de vue de l'éclairage. L'ergonomie visuelle appliquée aux postes de travail est introduite ainsi que les normes et textes réglementaires relatifs à l'éclairage des lieux de travail. Le programme est illustré par des séances de projet au cours desquelles les élèves réalisent des mesures in-situ de FLJ qu'ils confrontent à des simulations numériques d'éclairage naturel en utilisant des logiciels classiques de bureaux d'étude (ex Dialux, DialuxEvo, Relux, Dial+). Une deuxième partie concerne l'éclairage muséographique et scénique : éclairage comme facteur d'interprétation des œuvres exposées (moyen d'expression), confort et bien être des visiteurs (élément d'ergonomie visuelle), facteur de dégradation sur un grand nombre de matériaux. Des visites commentées d'un musée et d'un théâtre sont organisées pour illustration. Une dernière partie est dédiée à l'éclairage sportif et des grands espaces et vient compléter la formation en éclairage (intérieur et extérieur) : éclairage pour assurer de bonnes conditions visuelles tant au niveau des parties en présence sur l'aire de sport, qu'au niveau des spectateurs et des médias.

Compétences attendues :

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

Évaluations : projet (rapport écrit)

Électronique de puissance 2	3 crédits
code-apo	39-12-0-0

Description : Ce cours a pour objet l'étude des convertisseurs DC/AC monophasés et triphasés avec leurs différentes commandes (pleine onde, MLI, MLI vectorielle), l'étude des convertisseurs AC/AC avec leurs structures et commandes (gradateurs à train d'onde et angle de phase), l'étude de l'influence des pertes en conduction dans les convertisseurs DC/DC, l'exploitation des modèles équivalents moyens dans les convertisseurs DC/DC, le principe et la caractérisation de la commutation douce dans la conversion statique (alimentations à découpage quasi-résonantes, onduleurs à résonance).

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Méthodes de commande 2

4 crédits

code-apo

 49.5-0-0-0

Description : Commande optimale : ce cours présente les bases théoriques de la commande optimale en se focalisant plus précisément sur un cas relativement répandu en pratique : la théorie de commande optimale des systèmes linéaires multivariables. Afin d'introduire ce cas particulier d'une théorie plus générale, le cours porte, dans un premier temps, sur la commande optimale telle qu'elle a initialement été posée. Cette approche permet de mettre en évidence les principaux outils mathématiques utilisés par la théorie du calcul variationnel et d'introduire des conditions nécessaires et suffisantes d'optimalité. Le problème de commande des systèmes linéaires est ensuite considéré sous l'hypothèse d'un vecteur d'état complètement mesuré dans un contexte déterministe. Le problème d'observation et d'estimation du vecteur d'état dans un contexte stochastique est ensuite traité. Le filtre de Kalman continu (et discret) est plus précisément présenté. Finalement, la commande linéaire quadratique gaussienne est étudiée. Commande prédictive : ce cours présente les bases théoriques de la commande prédictive. Après avoir introduit les notions préliminaires nécessaires à la mise en oeuvre de cette technique, le cours définit les quatre principes sur lesquels elle repose à savoir le modèle interne, la trajectoire de référence, le calcul de l'algorithme de commande et la notion d'auto-compensateur. La mise en oeuvre de la commande prédictive est étudiée, en particulier la détermination d'une solution explicite, la prise en compte des contraintes dans la loi de commande, l'obtention d'une solution implicite, le régulateur linéaire équivalent, les propriétés de réglage qui reposent sur les critères de performance, de stabilité et le compromis performance/robustesse. Le deuxième volet du cours traite la modélisation système (cycle en V, démarche de modélisation, décomposition hiérarchique d'un système, les différentes représentations d'un système physique, la simulation numérique, la validation, ...). Application de l'automatique en génie électrique : ce cours porte sur le contrôle de l'énergie sur les réseaux électriques et présente en particulier la modélisation et la commande de FACTS (Flexible Alternative Current Transmission System) pour les réseaux électriques.

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

Évaluations : 2 contrôles écrits

Méthodes numériques 2 (EAT)

2.5 crédits

code-apo

 15-15-0-0

Description : Cet enseignement aborde les principes généraux de l'ingénierie de la simulation et du calcul numérique. Les techniques de résolution des Equations aux Dérivées Partielles (EDP) sont présentées avec des mises en oeuvre sur les équations de Navier-Stokes, de la convection naturelle et de la propagation en géométrie complexe (volumes finis non structurés, éléments finis...). Une partie de l'enseignement s'appuie sur l'utilisation de logiciels multiphysique dans le cadre de TP-projets en relation étroite avec les thématiques abordées dans le diplôme.

Compétences attendues :

- connaissance des grands concepts mis en oeuvre lors de la simulation des lois physiques dans les logiciels présents sur le marché ;
- réaliser des codes mettant en oeuvre des méthodes numériques ;
- évaluer la pertinence d'un résultat numérique.

Évaluations : compte-rendus de travaux réalisés en séances (contrôle continu + projet)

Projet Automatique 2	3 crédits
code-apo	0-0-24-12

Description : Le projet d'automatique 2 est l'occasion d'appliquer sur des systèmes réels les enseignements vus en dernière année en donnant une certaine autonomie quant au choix des méthodes à mettre en oeuvre pour commander ces systèmes. Le déroulement du projet se fait en trois grandes étapes :

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : compte-rendus de TP + soutenance orale

Projet Utilisation Rationnelle de l'Énergie	2 crédits
code-apo	0-0-30-10

Description : Par groupe de deux ou trois, les élèves réalisent une synthèse bibliographique autour d'un thème lié à l'utilisation rationnelle de l'énergie. Le sujet de projet est proposé, défini et encadré par des enseignants de l'école, en relation avec le milieu industriel ou de la recherche appliquée. Cette synthèse fait l'objet d'un mémoire écrit et d'un exposé oral. A titre d'exemple, on peut citer quelques mémoires bibliographiques récents : Capture et stockage du carbone ; Plasmas froids : principes généraux et applications ; Production et traitement des déchets radioactifs ; Les vitrages intelligents : principe, utilisation et perspectives ; Les Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) ; Eoliennes d'axe vertical : concepts, problématique, solutions technologiques retenues .

Compétences attendues :

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

Évaluations : projet (rapport écrit + soutenance orale)

Sources acoustiques et propagation	2.5 crédits
code-apo	24-8-0-0

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

Compétences attendues :

- savoir analyser et modéliser une source acoustique
- résoudre des problèmes de propagation extérieure
- connaître les méthodes de mesures de sources

Évaluations : Commentaire d'article scientifique, 1 contrôle écrit, compte-rendus de TP.

Systèmes électroacoustiques	1.5 crédits
code-apo	12-8-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + projet + compte-rendus de TP

Acoustique des salles	4.5 crédits
code-apo	38.5-16-0-0

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

Compétences attendues : Être capable d'aborder un problème d'acoustique des salles

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Architecture	1 crédit
code-apo	18-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Energie Eolienne (approfondissements)	2 crédits
code-apo	9-12-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Géothermie	1 crédit
code-apo	12-0-0-0

Description : Ce module fait l'objet de di érentes conférences ou journées techniques de présentation et d'introduction aux énergies hydraulique et géothermale. En ce qui concerne l'énergie hydraulique, il s'agit de compléter les enseignements de turbomachines consacré aux turbines, présenter les gisements, le développement de la lière notamment en termes de micro turbines, ou encore de présenter l'innovation en termes d'énergies marines (hydroliennes, houlomotrices, thermique marin. . .). En ce qui concerne la géothermie, di érents modules sont présentés : contexte, di érentes formes, problématique technique, gisements, captage, usages, rendements. . . Dans les deux cas (hydraulique et géothermie), ces conférences sont accompagnées par des études de cas pouvant servir de base à un projet tuteuré par un industriel compétent dans le domaine.

Compétences attendues :

- être sensibilisé à la production d'énergie hydraulique et géothermale, ainsi qu'aux méthodologies de mise en oeuvre,
- savoir élaborer et intégrer un projet de développement d'énergie renouvelable d'origine hydraulique ou géothermale.

Évaluations : 1 contrôle écrit

Energie nucléaire et sécurité	3 crédits
code-apo	30-0-3-9

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 2 contrôle écrit + projet (rapport écrit)

Gestion et qualité de l'énergie électrique

3 crédits

code-apo

31.5-0-0-0

Description : Le module du cours est divisé en deux parties. La première partie consiste à analyser les transferts d'énergie qui ont lieu au sein d'un mini-réseau constitué d'un système électrique autonome comportant divers moyens de production (générateur photovoltaïque, groupe électrogène, éolienne, voire pile à combustible) et de stockages et de donner des éléments de dimensionnement de ces moyens de production et de stockage en vue d'en améliorer leur fiabilité tout en augmentant l'efficacité énergétique. Après avoir introduit les principales perturbations pouvant dégrader la qualité de l'énergie électrique sur un réseau, la deuxième partie de cours s'attache à décrire les phénomènes mis en jeu et à présenter les normes et les réglementations en matière de qualité d'énergie électrique et de respect de l'environnement. Il présente enfin des solutions pour améliorer la qualité de l'énergie électrique (correction du facteur de puissance, filtrage actif, ...).

Compétences attendues :

- connaître les différents moyens de stockage de l'énergie,
- maîtriser le dimensionnement de ces moyens de production et de stockage,
- connaître les stratégies de contrôle des systèmes multi-sources,
- connaître les différentes sources de perturbations des réseaux électriques,
- connaître les solutions pour améliorer la continuité et la qualité de l'énergie électrique,
- maîtriser la normalisation en vigueur et les procédures de vérification de la qualité de l'énergie électrique.

Évaluations : 1 contrôle écrit

Habilitation électrique

2 crédits

code-apo

18-0-0-0

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

Compétences attendues : Habilitation niveaux B1V et BR.

Initiation aux logiciels de CFD

2 crédits

code-apo

6-0-21-12

Description : Ce module doit servir de support pour montrer les avantages pratiques de la modélisation numérique pour l'ingénieur. Il concerne les domaines de la mécanique des fluides et des transferts thermiques au sens large (conduction, convection, rayonnement). Des conférences faites par des professionnels spécialistes dans le domaine de la modélisation numérique viendront compléter l'initiation à des logiciels dits commerciaux de CFD dans les domaines cités précédemment en régime stationnaire comme transitoire. L'intérêt est d'initier les élèves à un ou plusieurs de ces logiciels (stabilité des schémas numériques, critère de convergence, influence du maillage. . .) et de permettre leur utilisation dans le cadre du module PFE .

Compétences attendues :

- savoir développer une approche de modélisation simplifiée d'un problème industriel concret,
- être apte à identifier le ou les logiciels commerciaux de CFD et leurs spécifications (maillage, système d'exploitation requis, méthode de résolution. . .), dans les domaines de la mécanique des fluides, de la thermique au sens large ou encore de la combustion.

Évaluations : projet (rapport écrit + soutenance orale)

Objets et bâtiment communicants	1 crédit
code-apo	12-0-0-0

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

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Option 1 : Aéroacoustique	2.5 crédits
code-apo	31.0-0-0-0

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

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Option 2 : Apparence visuelle	2.5 crédits
code-apo	29.0-2-0-0

Description : Ce cours se propose de relier les propriétés optiques intrinsèques des matériaux (indice de réfraction complexe) à leur apparence visuelle (couleur, brillant, translucidité). En adoptant une approche d'abord électromagnétique puis radiométrique, la première partie est consacrée aux interactions lumière/matière aux interfaces (réflexion, réfraction et diffusion de surface) et dans le volume du matériau (absorption et diffusion de volume). Une deuxième partie présente les méthodes de mesure et de modélisation de l'apparence visuelle des matériaux. Le programme est complété par des interventions de professionnels portant sur la valorisation de l'espace urbain (mise en place de schéma directeur d'aménagement lumière et de plan lumière) et la mise en lumière ainsi que sur la simulation numérique de scènes d'éclairage.

Compétences attendues :

- savoir décrire les concepts généraux pour simuler des scènes d'éclairage de manière réaliste ;
- être capable de qualifier et de quantifier l'apparence visuelle des matériaux éclairés.

Évaluations : 1 contrôle écrit

Réseaux informatiques et industriels	5 crédits
code-apo	39-36-0-0

Description : Ce cours s'organise autour de deux axes : Les réseaux locaux industriels et les réseaux TCP/IP.

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

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

Aux cours s'ajoutent quelques conférences données par des intervenants extérieurs.

Compétences attendues :

- Connaître les protocoles de communication pour le véhicule et les réseaux de terrain
- Maîtriser de la pile TCP/IP
- Programmer des applications réseau (client ou serveur)

Évaluations : 2 contrôle écrit + compte-rendus de TP

Transferts thermiques avec changement de phase	2 crédits
code-apo	31.5-0-0-0

Description : Après une introduction générale et la mise en évidence de l'intérêt de cette problématique (exemples d'application : stockage thermique, matériaux d'interface, dépôt métallique, fusion au cœur d'un réacteur, congélation en milieu dispersé. . .), le cours se divise en trois parties : 1- analyse des transferts par solidification/fusion : aspects fondamentaux, notion d'interface mobile, changement d'état avec transfert purement conductif ou couplage conduction/convection, solidification des mélanges multicomposants ; 2- ébullition : conditions limites à l'interface, propriétés thermophysiques et nombres adimensionnels propres à l'ébullition (Jacob, Bond, Weber), modes d'ébullition (en vase, en convection forcée externe, en convection forcée interne, écoulement diphasique) ; 3 condensation : différentes configurations et modes de condensation : surface, volume, gouttes, jets, brouillard. . . ; condensation en film sur plaque plane verticale en régime laminaire (théorie, modèle simplifié de Nusselt), extension aux régimes ondulant et turbulent, condensation sur des systèmes radicaux : sphère ou tube, condensation en film dans des tuyaux horizontaux (application aux échangeurs), condensation en gouttelettes.

Compétences attendues :

- savoir identifier les problèmes industriels faisant intervenir des mécanismes de transfert de chaleur avec changements d'état ou des changements de phase,
- être apte à qualifier les mécanismes lors d'un changement d'état, quantifier les transferts de chaleur qui lui sont associés (ébullition, condensation, évaporation, solidification, fusion. . .),
- pouvoir résoudre par différentes méthodes (analytiques, numériques. . .) des problèmes complexes faisant intervenir ces phénomènes.

Évaluations : 2 contrôles écrit

Urbanisme	1 crédit
code-apo	9.0-0-0-0

Description : L'objectif de ce cours est de sensibiliser les futurs ingénieurs à l'urbanisme et l'aménagement du territoire (métiers, situations, enjeux, acteurs, outils). - Apport théorique pour mieux cerner l'urbanisme et l'aménagement et en dégager les grands enjeux : Définition de l'urbanisme, de ses métiers. Les différentes échelles de l'urbanisme et de l'aménagement. Les acteurs et le management d'un projet d'aménagement. Les enjeux (modernes) de l'urbanisme (Développement/renouvellement de la ville et de ses équipements ; Equilibre social de l'habitat ; Organisation urbaine et émissions de GES). - Travail en atelier pour approcher l'enjeu essentiel de densification du tissu urbain, de façon concrète : Stratégie de localisation des ménages, Stratégie de densification d'un quartier pavillonnaire.

Compétences attendues :

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

Évaluations : 1 contrôle écrit

Stage de 2e année	4 crédits
code-apo	0-0-0-0

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

Évaluations : 1 rapport écrit + 1 soutenance orale

Stage de 3e année	14 crédits
code-apo	0-0-0-0

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

Évaluations : 1 rapport écrit + 1 soutenance orale

Stage de 1e année	2 crédits
	0-0-0-0
