

## ÉCOLE D'INGENIEURS DU LITTORAL COTE D'OPALE

# Syllabus

## 2022 – 2023

### Spécialité Génie Energétique et Environnement



DIRECTION GENERALE : EIL Côte d'Opale – 50 Rue Ferdinand Buisson – CS 30613 – 62228 CALAIS CEDEX  
Tél. : 03 21 38 85 54 – Fax : 03 21 38 85 05

SERVICE CONCOURS : EIL Côte d'Opale – La Malassise – CS 50109 – 62968 LONGUENESSE CEDEX  
Tél. : 03 21 38 85 13 - e-mail : [communication@eilco.univ-littoral.fr](mailto:communication@eilco.univ-littoral.fr)

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Structure des enseignements .....</b>	<b>4</b>
1.1	Première année du Cycle Ingénieur (CING1).....	5
1.2	Deuxième année du Cycle Ingénieur (CING2) .....	7
1.3	Troisième année du Cycle Ingénieur (CING3).....	9
1.3.1	<i>Description</i> .....	9
1.3.2	<i>Contrat de professionnalisation</i> .....	11
<b>2</b>	<b>Descriptif des Eléments Constitutifs des Unités d'Enseignement .....</b>	<b>12</b>
2.1	Unités d'enseignements Sciences de Base, Sciences et Techniques de l'Ingénieur, Sciences de Spécialités.....	12
2.1.1	<i>Première année du Cycle Ingénieur (CING1)</i> .....	12
2.1.2	<i>Deuxième année du Cycle Ingénieur (CING2)</i> .....	23
2.1.3	<i>Troisième année du Cycle Ingénieur (CING3)</i> .....	36
2.2	Unités d'enseignements Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales.....	47
2.2.1	<i>Première année du Cycle Ingénieur (CING1)</i> .....	47
2.2.2	<i>Deuxième année du Cycle Ingénieur (CING2)</i> .....	53
2.3	Unités d'enseignements Ouverture Internationale.....	59
2.4	Tableau croisé Compétences / Eléments Constitutifs d'Unités d'Enseignement.....	61

## Introduction

L'École d'Ingénieurs du Littoral Côte d'Opale (EIL Côte d'Opale) est un établissement public d'enseignement technique supérieur créé en septembre 2010.

Le diplôme est reconnu par la Commission des Titres d'Ingénieur (CTI).

L'objectif de l'École est de former des ingénieurs généralistes en cinq ans dans quatre spécialités :

- la spécialité « Informatique » sur le site de Calais,
- la spécialité « Génie Industriel » sur le site de Longuenesse (Saint-Omer),
- la spécialité « Génie Énergétique et Environnement » sur le site de Dunkerque,
- la spécialité « Agroalimentaire » sur le site de Boulogne sur mer.

L'entrée dans l'École peut se faire :

- soit directement en Cycle Ingénieur sur l'un des quatre sites,
- soit en Cycle Préparatoire Intégré sur le site de Calais.

Chaque cycle de formation dispose d'un secrétariat pédagogique et chaque année de formation est dirigée par un Directeur des Études qui est le principal interlocuteur des élèves ingénieurs de son année.

- Directeur des Études de la première année du Cycle Ingénieur de la spécialité « Génie Énergétique et Environnement » (CING1-GEE) : Francis Hindle (03 28 73 76 31 – [genieee1@eilco.univ-littoral.fr](mailto:genieee1@eilco.univ-littoral.fr))
- Directeur des Études de la deuxième année du Cycle Ingénieur de la spécialité « Génie Énergétique et Environnement » (CING2-GEE) : Guillaume Dhont (03 28 23 76 12 – [genieee2@eilco.univ-littoral.fr](mailto:genieee2@eilco.univ-littoral.fr))
- Directeur des Études de la troisième année du Cycle Ingénieur de la spécialité « Génie Énergétique et Environnement » (CING3-GEE) : Carmen Ciotonea (03 28 23 76 91 – [genieee3@eilco.univ-littoral.fr](mailto:genieee3@eilco.univ-littoral.fr))
- Secrétaire Pédagogique du Cycle Ingénieur de la spécialité « Génie Énergétique et Environnement » : Marion Chailleux (03 28 23 70 77 – [secretariatgee@eilco.univ-littoral.fr](mailto:secretariatgee@eilco.univ-littoral.fr))

Ce document intitulé « Syllabus / spécialité Génie Energétique et Environnement » décrit le déroulement des études en Cycle Ingénieur pour la spécialité « Génie Energétique et Environnement » du site de Dunkerque. Il se décompose en 2 chapitres :

1. Structure des enseignements : un aperçu du programme des 3 années du Cycle Ingénieur et de son organisation en Unité d'Enseignement (UE) est présenté dans ce chapitre avec les volumes horaires et les coefficients de chaque Élément Constitutif d'Unité d'Enseignement (ECUE) qui sont appliqués dans le calcul des moyennes.
2. Descriptif des Eléments Constitutifs d'Unité d'Enseignement : ce chapitre détaille l'ensemble des ECUE qui seront suivis par les élèves ingénieurs durant les trois années du Cycle Ingénieur avec les modalités d'évaluation.

Le Syllabus / spécialité Génie Energétique et Environnement est un document public non contractuel, complémentaire au Règlement Intérieur et au Règlement des études de l'EIL Côte d'Opale.

## 1 Structure des enseignements

Le programme des enseignements du Cycle Ingénieur est décomposé en Unité d'Enseignement (UE) selon la typologie suivante :

- Sciences de Base
- Sciences et Techniques de l'Ingénieur
- Sciences de Spécialités
- Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales
- Ouverture Internationale
- Stage

Les stages qui se déroulent entre deux années N et N+1 sont évalués et comptabilisés au premier semestre de l'année N+1.

Les projets qui se déroulent pendant les deux semestres d'une même année sont évalués et comptabilisés au deuxième semestre de cette même année.

Remarque : Le programme est complété par des enseignements d'harmonisation spécifiques aux élèves ingénieurs venant de certaines filières, des enseignements de soutien pour les élèves en difficulté ainsi que des cycles de conférences qui sont des cycles d'ouverture au monde professionnel. Même s'il n'y a pas d'évaluation pour ces enseignements et ces conférences qui n'apportent donc pas de crédits ECTS, la présence des élèves ingénieurs y est **obligatoire**.

Les Eléments Constitutifs des Unités d'Enseignement (ECUE) des UE Sciences de Base, Sciences et Techniques de l'Ingénieur, Sciences de Spécialités s'articulent autour des disciplines telles que la mécanique des fluides, la thermodynamique, la combustion, le transfert énergétique, les méthodes de physico-chimie d'analyse de polluants, le génie électrique, et le développement durable mais aussi l'informatique et l'ingénierie mathématique. L'objectif est de former les élèves ingénieurs aux outils d'amélioration de la production et/ou de la consommation d'énergie dans différents secteurs de l'industrie ou des collectivités, et ce dans un souci d'efficacité énergétique et environnementale.

Les paragraphes suivants présentent respectivement pour chacune des trois années du Cycle Ingénieur, les modules d'enseignement de chacune des différentes UE avec le détail des volumes horaires ainsi que les crédits ECTS associés.

## 1.1 Première année du Cycle Ingénieur (CING1)

La 1<sup>ère</sup> année du Cycle Ingénieur est divisée en deux semestres :

- le semestre S5 de 18 semaines (voir tableau 1),
- le semestre S6 de 18 semaines (voir tableau 2).

UE	ECUE	Horaires (en heures)						Coef.	ECTS
		CM	TD	TP	Eval.	Autre	Total		
SB1 : Mathématiques et informatique (Sciences de Base)	Ingénierie mathématique 1	20	18		2		40	1	
	Algorithmique avancée et programmation	10		28	2		40	1	
	Bases de données	12	10	16	2		40	1	
	Bureau d'études		10			20	10	1	
	Harmonisation des connaissances		40				40		
	Total SB1	42	38	44	6		170		12
SB2 (Sciences de Base)	Capteurs/métrologie	8	8	12	2		30	2	
	Mécanique des fluides	14	12	12	2		40	3	
	Transferts thermiques	14	12	12	2		40	3	
	Total SB2	36	32	36	6		110		9
SHEJS1 (Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales)	Management de projets	14	14		2		30	2	
	L'ingénieur écoresponsable	18			2		20	1	
	Gestion de l'entreprise	8	10		2		20	1	
	Droit de l'entreprise	8	6		1		15	1	
	Techniques de communication		14		1		15	1	
	Total SHEJS1	48	44	0	8		100		6
OI1 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		30				30	2	
	LV2 (Allemand, Espagnol...)		20				20	1	
	Total OI1	0	50	0	0		50		3
Conférences	Processus personnalisé (évaluation et autoévaluation)					20	0		
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques						½ j/s.		Bonus
<b>TOTAL</b>							<b>430</b>		<b>30</b>

Tableau 1 : programme du semestre S5 de septembre à janvier (18 semaines).

UE	ECUE	Horaires (en heures)						Coef.	ECTS
		CM	TD	TP	Eval.	Autre	Total		
SB3 : Mathématiques et informatique (Sciences de Base)	Ingénierie mathématique 2	18	18	12	2		50	4	
	Systèmes d'exploitation	8	8	12	2		30	2	
	Architecture des ordinateurs	10	8		2		20	1	
	Réseaux et communication	8	8	12	2		30	2	
	Total SB3	44	42	36	8		130		9
STI1 (Sciences et Techniques de l'Ingénieur)	Physique numérique	18	0	20	2		40	3	
	Acquisition de données	8	8	12	2		30	2	
	Planification et optimisation expérimentale	8		20	2		30	2	
	Thermodynamique chimique	10		28	2		40	3	
	Management des risques	10					10	1	
	Habilitation électrique	4		16			20	1	
	Total STI1	52	14	96	8		170		11
SHEJS2 (Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales)	Management des équipes	8	10		2		20	1	
	Droit du travail	8	6		1		15	1	
	Finances pour l'entreprise	8	10		2		20	1	
	Gestion des ressources humaines		14		1		15	1	
	Projet solidaire <sup>1</sup>		10			20	10	3	
	Total SHEJS2	24	50	0	6		80		7
OI2 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		30				30	2	
	LV2 (Allemand, Espagnol...)		20				20	1	
	Soutien Anglais					20	0		
	Total OI2	0	50	0	0		50		3
Conférences	Conférences "Associations"					10	0		
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques						½ j/s.		Bonus
TOTAL							430		30

Tableau 2 : programme du semestre S6 de février à mai (18 semaines).

<sup>1</sup> En cas d'accréditation du projet de voie de formation FISEA (1<sup>ère</sup> année en formation initiale puis deux années en apprentissage), l'ECUE Analyse des Situations de Travail sera proposé en substitution du projet solidaire pour les élèves se destinant à l'apprentissage à partir de la 2<sup>ème</sup> année du cycle ingénieur.

## 1.2 Deuxième année du Cycle Ingénieur (CING2)

La 2<sup>ème</sup> année du Cycle Ingénieur est divisée en deux semestres :

- le semestre S7 de 14 semaines (voir tableau 3),
- le semestre S8 de 14 semaines (voir tableau 4).

UE	ECUE	Horaires (en heures)						Coef.	ECTS
		CM	TD	TP	Eval.	Autre	Total		
STI2 (Sciences et Techniques de l'ingénieur)	Génie des Procédés	10	8	20	2		40	2	
	Combustion	16	10	12	2		40	2	
	Récupération et stockage de l'énergie	16	10	12	2		40	2	
	Stratégies énergétiques	18	10		2		30	1	
	Total STI2	60	38	44	8		150		14
STI3 (Sciences et Techniques de l'ingénieur)	Pollution de l'air, de l'eau et des sols <sup>2</sup>	14	12	12	2		40	4	
	Spectroscopie moléculaire pour le diagnostic environnemental	12	10	6	2		30	3	
	Chromatographie	12	8	8	2		30	3	
	Total STI3	38	30	26	6		100		10
SHEJS3 (Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales)	Entrepreneuriat	8	20		2		30	2	
	Marketing pour l'entreprise	8	10		2		20	1	
	Total SHEJS3	16	30	0	4		50		3
OI3 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		30				30	2	
	LV2 (Allemand, Espagnol...)		20				20	1	
	Total OI3	0	50	0	0		50		3
Conférences	Conférences					10	0		
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques						½ j/s.		Bonus
		TOTAL						350	30

Tableau 3 : programme du semestre S7 de septembre à décembre (14 semaines).

<sup>2</sup> L'ECUE « Pollution de l'air, de l'eau et des sols », qui passe de la 1<sup>ère</sup> à la 2<sup>ème</sup> année du cycle ingénieur dans les nouveaux programmes, ne sera dispensée en 2<sup>ème</sup> année qu'à partir de l'année 2023-2024 ; lors de l'année 2022-2023, l'ECUE « Physique numérique » la remplace.

UE	ECUE	Horaires (en heures)						Coef.	ECTS
		CM	TD	TP	Eval.	Autre	Total		
STI4 (Sciences et Techniques de l'ingénieur)	Conversions électromécaniques et réseaux d'énergie	16	14	8	2		40	3	
	Echangeurs de chaleur	16	14	8	2		40	3	
	Moteurs/cycles thermiques	16	18	4	2		40	3	
	Froid industriel	12	12	4	2		30	2	
	Total STI4	60	58	24	8		150		11
STI5 (Sciences et Techniques de l'ingénieur)	Economie circulaire, écologie industrielle et innovations	8	6		1		15	1	
	Management de l'énergie / ISO 50001	10	4		1		15	1	
	Total STI5	18	10	0	2		30		2
SS1 : Recherche et développement (Sciences de Spécialité)	Présentation de la recherche	8	12				20	1	
	Bureau d'études techniques		10			40	10	3	
	Total SS1	8	22	0	0		30		8
SHEJS4 (Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales)	Stratégie d'entreprises	10	8		2		20	1	
	Droit de la propriété intellectuelle	10	4		1		15	1	
	Droit de l'environnement <sup>3</sup>	8	6		1		15	1	
	Projet associatif						0	3	
	Total SHEJS4	28	18	0	4		50		6
OI4 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		30				30	2	
	LV2 (Allemand, Espagnol...)		20				20	1	
	Soutien Anglais					20	0		
	Total OI4	0	50	0	0		50		3
Conférences	Conférences « Insertion professionnelle »					10	0		
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques						½ j/s.		Bonus
		TOTAL					310		30

Tableau 4 : programme du semestre S8 de janvier à avril (14 semaines).

Les élèves peuvent également suivre un programme qu'ils ont choisi dans le cadre d'une mobilité d'un semestre à l'international au semestre S8 (voir Règlement des études).

<sup>3</sup> L'ECUE « Droit de l'Environnement », qui passe de la 1<sup>ère</sup> à la 2<sup>ème</sup> année du cycle ingénieur dans les nouveaux programmes, ne sera dispensée en 2<sup>ème</sup> année qu'à partir de l'année 2023-2024 ; lors de l'année 2022-2023, l'ECUE « Gestion des ressources humaines » la remplace.

## 1.3 Troisième année du Cycle Ingénieur (CING3)

### 1.3.1 Description

La 3<sup>ème</sup> année du Cycle Ingénieur est divisée en deux semestres :

- le semestre S9 de 21 semaines (voir tableau 5),
- le semestre S10 de 26 semaines (6 mois) dédié à la réalisation du Projet de Fin d'Etudes (voir Règlement des études).

Lors du semestre S9, les élèves ingénieurs suivent une majeure ainsi qu'une mineure parmi deux mineures possibles :

- la mineure "Transition énergétique et numérique".
- la mineure "Problématiques énergétiques et environnementales en zone littorale",

Pour choisir leurs mineures, les élèves ingénieurs de deuxième année du Cycle Ingénieur remplissent une fiche de vœux remise par le Directeur des Études de troisième année du Cycle Ingénieur. La répartition des élèves ingénieurs dans chacune des mineures est basée sur cette fiche de vœux associée à une **affectation au mérite qui dépend du classement des élèves à l'issue de la première session de la deuxième année du cycle ingénieur** en corrélation avec leur assiduité. Le nombre de places disponibles pour chaque mineure sera calculé en fonction du nombre d'élèves dans la promotion et en fonction de la capacité des salles de TP.

Le programme du semestre S9 comporte notamment la réalisation d'un Projet d'Innovation et de Conception (PIC ou PIC-Pro) de 150H00 minimum (obligatoire) ainsi que l'Alternance Recherche qui permet aux élèves ingénieurs d'être en immersion dans une structure de recherche afin d'y effectuer un travail de recherche (projet bibliographique, réalisation, expérimentations...) pouvant être en lien avec leur PIC ou PIC-Pro.

Les élèves peuvent également suivre un programme qu'ils ont choisi dans le cadre d'une mobilité d'un semestre à l'international ou pour l'obtention d'un double diplôme (voir Règlement des études).

UE	ECUE	Horaires (en heures)						Coef.	ECTS
		CM	TD	TP	Eval.	Autre	Total		
STI6 : Majeure en Sciences et Techniques de l'Ingénieur	Maintenance et sécurité industrielle	12	14		2		28	1	
	Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement		26		2		28	1	
	Génie nucléaire	10	8	8	2		28	1	
	Procédés de décarbonation	10	8	8	2		28	1	
	Total STI6	32	56	16	8		112		7
STI7 : Majeure en Sciences et Techniques de l'Ingénieur	Filière Hydrogène	10	8	8	2		28	1	
	Energie éolienne	10	8	8	2		28	1	
	Energie solaire	10	8	8	2		28	1	
	Total STI7	30	24	24	6		84		5
SS2 : Recherche et développement (Sciences de Spécialité)	Projet d'Innovation et de Conception (PIC)		20			130	20	3	
	Alternance Recherche		10			20	10	1	
	Total SS2	0	30	0	0		30		8
SS3a Mineure Transition Energétique et Numérique (Sciences de Spécialité)	Smart grid	10	8	8	2		28	1	
	Big Data	10	8	8	2		28	1	
	Intelligence artificielle	10	8	8	2		28	1	
	Total SS3a	30	24	24	6		84		5
SS3b Mineure Energie et Environnement en milieu Littoral (Sciences de Spécialité)	Energies Marines Renouvelables	10	8	8	2		28	1	
	Problématiques environnementales en zone portuaire	10	8	8	2		28	1	
	Pollution atmosphérique	10	8	8	2		28	1	
	Total SS3b	30	24	24	6		84		5
OI5 : Ouverture Internationale	LV1 Anglais		20				20	1	
	LV2 (Allemand, Espagnol...)		20				20	1	
	Soutien Anglais		30				30		
	Total OI5	0	40	0	0		40		2
Stages	Stage « Assistant Ingénieur »					450	0		3
Conférences	Cycle de conférences					20	0		
Bonus	Activités Sportives, Culturelles et Artistiques				½ j/s		½ j/s.		Bonus
		TOTAL					350		30

Tableau 5 : programme du semestre S9 de septembre à février (21 semaines).

Le semestre S10 est uniquement dédié au stage de 3<sup>ème</sup> année destiné à la réalisation du Projet de Fin d'Etudes (voir tableau 6).

UE	Module	Horaires (en heures)						ECTS
STAGES	Projet de Fin d'Etudes (PFE)				910	910	30	
		TOTAL (hors conférences et soutien)						30

Tableau 6 : programme du semestre S10 de mars à août (26 semaines).

### 1.3.2 *Contrat de professionnalisation*

L'élève ingénieur en dernière année a la possibilité de renforcer son expérience professionnelle dans le cadre des contrats de professionnalisation proposés par de nombreuses entreprises. Les élèves acceptés en contrat de professionnalisation sont rémunérés par l'entreprise qui les accueille. Ils suivent alors une alternance de 3 jours en école (lundi, mardi, mercredi) et 2 jours en entreprise (jeudi et vendredi) durant le premier semestre.

Pendant leur période en entreprise, ils valident leur Projet d'Intégration en Contrat de Professionnalisation (PIC-Pro) de 150 heures par les missions et travaux réalisés en entreprise. Pendant leur période en école, ils suivent 350 heures de formation incluant la formation à et par la recherche. **L'émargement est obligatoire.**

Durant le second semestre, ils effectuent leur stage de Projet de Fin d'Etudes (PFE) d'une durée de 6 mois dans l'entreprise d'accueil.

Les élèves sous contrat sont dispensés du soutien en anglais. Ils sont également dispensés des cycles de conférences et des visites d'entreprises lorsque ces événements sont organisés pendant les périodes en entreprise (notamment les jeudi et vendredi).

Leur encadrement est réalisé par :

- un tuteur d'entreprise,
- un tuteur de l'école qui assure le suivi :
  - du projet PIC-Pro au semestre S9 ;
  - du projet bibliographique (si le tuteur est titulaire d'un doctorat) au semestre S9;
  - du stage PFE-Pro au semestre S10.

Remarque : si le tuteur école n'est pas docteur, un tuteur spécifique (docteur ou doctorant) sera désigné pour le suivi du projet bibliographique.

Attention : les contrats de professionnalisation ne sont accessibles qu'aux élèves qui ont effectué le stage « assistant ingénieur » et la mission à l'international sauf si celle-ci s'effectue dans le cadre du contrat.

## 2 Descriptif des Eléments Constitutifs des Unités d'Enseignement

Ce chapitre fournit une fiche descriptive de chaque ECUE du cycle de formation. Chaque descriptif contient les informations suivantes :

- les coefficients ainsi que la répartition horaire en CM (Cours Magistral), TD (Travaux Dirigés) et TP (Travaux Pratiques) ;
- le nom du responsable de l'ECUE ;
- les objectifs qui résument les acquis d'apprentissage (connaissances, capacités et compétences théoriques et pratiques) fondés sur les besoins des futurs métiers ;
- les prérequis nécessaires ;
- le programme qui définit le contenu de l'ECUE ;
- les références bibliographiques en lien avec le thème de l'ECUE ;
- les modalités d'évaluations possibles : l'EIL Côte d'Opale préconise qu'un minimum de deux évaluations soient proposées lorsque les conditions le permettent.

Un tableau croisé compétences attendues / ECUE est également fourni à la fin de ce chapitre.

### 2.1 Unités d'enseignements Sciences de Base, Sciences et Techniques de l'Ingénieur, Sciences de Spécialités

#### 2.1.1 Première année du Cycle Ingénieur (CING1)

Ingénierie mathématique 1 (théorie du signal et analyse numérique matricielle) :

	Coefficient : 1	CM : 20H00	TD : 18H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant(s)			L. SMOCH	
<b>Objectifs</b>				
- Utiliser les outils mathématiques d'approximation et de modélisation.				
- Savoir mettre en équation, comprendre, étudier et analyser un modèle numérique découlant d'un problème pratique.				
<b>Prérequis:</b> Niveau classes préparatoires aux grandes écoles ou niveau L2				
<b>Programme:</b>				
- Calcul vectoriel- Complexes (Rappels)				
- Approximation type Interpolation-Quadrature.				
- Méthodes numériques pour les systèmes d'équations différentielles.				
- Analyse de Fourier ; Transformées de Fourier de Laplace et transformée en Z. Produit de convolution.				
- Applications au signal et à l'image.				
- Analyse numérique matricielle : Décompositions LU, QR et SVD (Singular Value Decomposition) ; Résolution de systèmes linéaires de grande dimension (CG, GMRES...)				
- Application à la compression et la restauration d'images et reconnaissance faciale.				
- Introduction à Matlab.				
<b>Bibliographie :</b>				
[1] Matrix Computation ; G. Golub and V. Loan, John Johns Hopkins University press				
[2] Analyse Numérique des Equations Différentielles ; M. Crouzeix, A.L. Mignot.				
[3] Analyse de Fourier et Applications ; G. Gasquet, P. Vitomski, Masson.				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu				

Algorithmique avancée et programmation :

	Coefficient : 1	CM : 10H00	TD : 00H00	TP/Projet : 28H00				
Enseignant(s)	A. SOKOLOV							
<b>Objectifs :</b>								
La première partie de ce cours a comme objectif d'étudier des structures de données dynamiques et des algorithmes avancés afin de poser les bases du développement informatique. Cet apprentissage se fait à travers le langage C.								
La deuxième partie aborde la conception et à la programmation orientée objet : classe, objet, encapsulation, héritage, méthodes abstraites, polymorphisme, éléments de modélisation UML.								
L'apprentissage de ces concepts se fait à travers l'utilisation du langage Java.								
<b>Prérequis :</b>								
Avoir les notions de base en algorithmique.								
Connaître les bases des langages C et Java : savoir manipuler les boucles, les structures conditionnelles et les tableaux.								
<b>Programme :</b>								
<b>Partie 1 :</b>								
Rappel des concepts de base en C, structures de données et algorithmiques.								
<b>Partie 2 :</b>								
<i>Classe et objet</i> : déclaration et définition, constructeur, accès aux attributs, encapsulation, l'objet courant « this »								
<i>Délégation et héritage</i> : agrégation/composition, l'héritage, généralisation/specialisation, redéfinition des méthodes, chaînage des constructeurs, visibilités des variables et méthodes, méthodes finales								
<i>Héritage</i> : principe de l'héritage, sur-classement, polymorphisme, surcharge et polymorphisme, classe abstraite								
<b>Bibliographie :</b>								
[1] C. Delannoy, Exercices en langage C, 2002								
[2] J-M. Léry, Algorithmique - Applications en C, 2005								
[3] Bruce Eckel, Thinking in Java (4th edition), 2006								
[4] Ken Arnold, James Gosling, David Holmes, The Java programming language (4th edition), 2005								
[5] Horstmann, Big Java for Java 7 and 8 (4th edition), 2010								
<b>Contrôle des connaissances :</b> « Examen Final Informatique + Contrôle TP								

Bases de données :

	Coefficient : 1	CM : 12H00	TD : 10H00	TP/Projet : 16H00				
Enseignant(s)	M. BOUNEFFA							
<b>Objectifs :</b>								
Acquisition des notions fondamentales permettant de concevoir une base de données relationnelles et la manipuler.								
<b>Prérequis :</b>								
Aucun								
<b>Programme :</b>								
Ce cours introduit la notion de bases de données relationnelles. Des éléments méthodologiques pour la conception de ces bases de données ainsi que les fondements et langages permettant leur exploitation et leur manipulation. Il est organisé selon le plan suivant :								
<u>Notions de bases de données et de SGBD</u> : Historique sur la gestion des données persistantes. Définition d'une base de données et d'un SGBD. Fonctions d'un SGBD. Les différents types de SGBD : hiérarchique, réseau et relationnelle.								
<u>Conception des bases de données relationnelles</u> : Utilisation d'un modèle conceptuel de données : Le modèle Entité-Association. Les dépendances fonctionnelles et la normalisation d'une bd relationnelle.								
L'algèbre relationnelle de CODD.								
Le langage SQL pour la définition, la recherche et la manipulation des données.								
<b>Bibliographie :</b>								
[1] Bases de données. Concepts, utilisation et développement – Jean-Luc HAINAUT – Dunod								
[2] Bases de données – Georges GARDARIN – Eyrolles								
[3] Introduction Pratique aux Bases de Données Relationnelles, Auteur : Andreas Meir, Editeur : Springer Editions, collection : iris								
[4] Bases de données relationnelles Concepts, mise en oeuvre et exercices, Auteur(s) : Claude Chrisment, Karen Pinel-Sauvagnat, Olivier Teste, Michel Tuffery Editeur(s) : Hermès - Lavoisier								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu + Contrôle TP								

Capteurs/métrologie :

	Coefficient 2	Cours : 8H00	TD 8H00	TP/Projet : 12H00
Enseignant(s)		F HINDLE	F HINDLE	F HINDLE
<b>Objectifs :</b>				
Estimer et caractériser les incertitudes dans une chaîne de mesure				
Comprendre le principe et le fonctionnement des capteurs				
Définir un cahier de charge pour une problématique de mesure industrielle et proposer une solution adaptée				
Analyser et proposer les montages pour le conditionnement des signaux				
Utiliser l'anglais à l'oral avec un vocabulaire technique				
<b>Prérequis :</b>				
Électronique – Analyse des circuits				
<b>Programme :</b>				
Méetrologie :				
Caractéristiques des incertitudes : aléatoire, systématique				
Calcul et propagation des incertitudes				
Précisions relative et absolue				
Dimensions étalon primaire				
Transfert de standard				
Capteurs :				
Principe de fonctionnement des capteurs : température, optique, force, position....				
Caractéristiques des capteurs : sensibilité, linéarité, rapidité, fidélité, précision				
Étalonnage				
Instrumentation :				
Conditionnement des signaux : ponts, amplificateurs, convertisseurs				
Ce module peut être partiellement ou entièrement enseigné en anglais.				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Rapport projet + Présentation				

**Mécanique des fluides :**

	Coefficient : 3	Cours : 14H00	TD : 12H00	TP/Projet : 12H00
Enseignant(s)		H. DELBARRE		A. SENTCHEV
<b>Objectifs :</b>				
Il s'agit d'un module d'introduction à la mécanique des fluides, afin de disposer des outils élémentaires pour le dimensionnement des circuits hydrauliques de base. Les équations locales de la mécanique des fluides seront utilisées pour décrire des configurations simples				
<b>Prérequis :</b>				
Notion de mécanique et de thermodynamique des années antérieures. Equations aux dérivées partielles et analyse vectorielle.				
<b>Programme :</b>				
<u>Partie 1 : Théories générales de la mécanique des fluides</u>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Description des fluides en mouvement</li> <li>- Fonction de courant et potentielle de vitesse</li> <li>- Fluides parfaits, Equation de Bernoulli. Extension aux cas de gaz.</li> <li>- Fluides visqueux. Viscosité, chute, sédimentation, loi de Stokes.</li> <li>- Loi de Poiseuille, profil de vitesse, Ecoulements visqueux dans les conduites.</li> </ul>				
<u>Partie 2 : Dynamique des Fluides</u>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equations de Navier-Stokes et d'Euler</li> <li>- Théorie d'Euler. Bilan de quantité de mouvement et de moment cinétique dans un écoulement. Forces sur les obstacles</li> <li>- Dynamique des fluides compressibles. Bilan énergétique d'un système ouvert.</li> <li>- Application à l'étude des hélices et aux éoliennes</li> <li>- Notion de couche limite.</li> </ul>				
<u>Partie 3 : Similitude et analyse dimensionnelle</u>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Similitude</li> <li>- Théorème de Vashy-Buckingham</li> <li>- Théorie des maquettes</li> </ul>				
<b>Bibliographie :</b>				
Mécanique des fluides, S. Amiroudine et J.L. Battaglia, Dunod.				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final				

Transferts thermiques

	Coefficient : 3	Cours : 14H00	TD : 12H00	TP/Projet : 12H00
Enseignant(s)		K. FERCHICHI	K. FERCHICHI	M. DEPRIESTER
<b>Objectifs :</b>				
Après un très bref rappel de thermodynamique, les aspects de « métrologie thermique » seront abordés. Nous présenterons alors les caractéristiques des 3 modes fondamentaux du transfert thermique.				
Le traitement d'exemples concrets donnera des ordres de grandeur fréquemment rencontrés				
<b>Prérequis :</b>				
Thermodynamique (premier principe), dérivation, intégration, connaître les différents systèmes de coordonnées				
<b>Programme :</b>				
<b>Partie 1 : Rappel et harmonisation</b> Rappel des notions essentielles de la thermodynamique (Loi des gaz parfait, Transformations de base d'un gaz parfait, premier principe de la thermodynamique, énergie interne, énergie totale, travail et chaleur, diagramme PV, bilans énergétiques)				
<b>Partie 2 : Métrologie</b> Capteurs : Thermistances, résistance platine, thermocouples, pont de mesure, pyromètre, thermographie Méthode de caractérisation : plaque chaude gardée, disque et fil chauds, calorimétrie, techniques photothermiques (flash, radiométrie, pyroélectricité, photoacoustique)				
<b>Partie 3 : Transferts de chaleur</b> Conduction : loi de Fourier, régime permanent et introduction au régime transitoire Convection (loi de Newton, coefficient d'échange convectif, résistances thermiques de convection) Rayonnement : Le corps noir : loi de Planck, loi de Stefan-Boltzmann, les corps gris. Rayonnement réciproque de surfaces grises. Application à l'effet de serre et à la pollution atmosphérique Modélisation des transferts de chaleur Présentation de différentes approches de mesure de conductivité thermique				
<b>Bibliographie :</b> Transferts thermiques-Introduction aux transferts d'énergie, Dunod				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu				

## Ingénierie mathématique 2 (probabilités et statistiques) :

	Coefficient : 4	CM : 18H00	TD : 18H00	TP/Projet : 12H00
Enseignant(s)	O.BENRABAH	O.BENRABAH	O.BENRABAH	
<b>Objectifs:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apprendre les principales techniques de statistique descriptive univariée et bivariée.</li> <li>- Construire des modèles probabilistes d'une situation donnée et savoir les exploiter.</li> <li>- Pouvoir appliquer les techniques de statistique descriptive et étudier les modèles probabilistes au moyen du langage R.</li> <li>- Étendre les propriétés constatées sur un échantillon à la population toute entière.</li> <li>- Faire des prévisions et prendre des décisions au vu des observations en proposant des modèles probabilistes.</li> </ul>				
<b>Prérequis:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuité et dérivabilité .</li> <li>- Séries numériques.</li> <li>- Intégrales, intégration par parties, changement de variables.</li> </ul>				
<b>Programme:</b>				
<i>Partie 1 : Statistique descriptive</i>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Séries statistiques à une variable.</li> <li>- Séries statistiques à deux variables.</li> <li>- Régression linéaire.</li> <li>- Langage R.</li> </ul>				
<i>Partie 2 : Probabilités</i>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espaces probabilisés.</li> <li>- Variables aléatoires discrètes et continues.</li> <li>- Couples de variables aléatoires.</li> <li>- Théorèmes limites.</li> <li>- Langage R.</li> </ul>				
<i>Partie 3 : Statistique inférentielle</i>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Échantillonnage.</li> <li>- Estimation ponctuelle, Estimation par intervalle de confiance.</li> <li>- Tests paramétriques classiques.</li> <li>- Quelques tests non paramétriques.</li> </ul>				
<b>Bibliographie:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>[1] Yadolah Dodge (2003) Premiers pas en Statistique , Springer.</li> <li>[2] Jean-Jacques Droesbeke (1997), Eléments de Statistique, Editions de l'Université libre de Bruxelles, Ellipses.</li> <li>[3] Olivier Marchal (2018) Statistiques appliquées avec introduction au logiciel R, Ellipses.</li> </ul>				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu				

## Systèmes d'exploitation :

	Coefficient : 2	CM : 8H00	TD : 8H00	TP/Projet : 12H00
Enseignant(s)				
<b>Objectifs :</b>				
Connaître et maîtriser les concepts de base des systèmes d'exploitation et les notions de programmation système.				
<b>Prérequis :</b>				
Bases de programmation				
Etre utilisateur d'un PC et familiarisé avec Linux permet d'assimiler plus facilement ces notions				
<b>Programme :</b>				
Fonctions principales d'un système d'exploitation, Deux exemples de systèmes d'exploitation : Linux et Windows, Les entrées/sorties, La gestion de la mémoire, Notions de processus et de synchronisation des processus, Programmation des Shell scripts sous Linux.				
<b>Bibliographie :</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>[1] Système d'exploitation de J. Archer Harris, Ed. EdiScience</li> <li>[2] Ubuntu Linux Broché – 9 novembre 2009</li> <li>[3] IDC worldwide quarterly tracker</li> </ul>				
<a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Informatique">https://fr.wikipedia.org/wiki/Informatique</a> <a href="http://histoire.info.online.fr">http://histoire.info.online.fr</a>				
Premiers pas avec Linux : <a href="http://www.linux-france.org/article/debutant/dioux/">http://www.linux-france.org/article/debutant/dioux/</a>				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu + Contrôle TP				

Architecture des ordinateurs :

	Coefficient : 1	CM : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant(s)	E. POISSON CAILLAULT							
<b>Objectifs :</b>								
Connaître l'architecture matérielle d'un ordinateur.								
<b>Prérequis :</b>								
Bases de programmation Etre utilisateur d'un PC								
<b>Programme :</b>								
Partir d'un exemple de la vie courante : expliquer les besoins, données, stockage, calcul, processeur Numérisation et Logique Architecture des ordinateurs, choix du processeur. Adressage et processus. Initiation à l'assembleur, mise en oeuvre de calcul élémentaire.								
<b>Bibliographie :</b> <a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Informatique">https://fr.wikipedia.org/wiki/Informatique</a>								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu								

Réseaux et communication :

	Coefficient : 2	CM : 8H00	TD : 8H00	TP/Projet : 12H00				
Enseignant(s)								
<b>Objectifs :</b>								
Configurer un réseau informatique. Choisir un réseau informatique. Choisir le protocole réseau.								
<b>Prérequis :</b>								
Connaître les bases de programmation								
<b>Programme :</b>								
Découverte des différents équipements réseau. Présentation des modèles en couches : OSI, TCP. Travail avec les différents protocoles, les utilitaires (Ping, etc.), Historique permettant de comprendre le choix de TCP par rapport à UDP ou ICMP, les différents services (Telnet, FTP, etc.), Travail sur : le datagramme IP, les ports TCP, les sockets, notions d'adresse IP, de DHCP, de DNS. Utilisation de logiciel de simulation et d'analyse réseau.								
<b>Bibliographie :</b> [1] G. PUJOLLE – Les Réseaux, Eyrolles. [2] L. TOUTAIN – Réseaux locaux et Internet : Des protocoles à l'interconnexion, Broché [3] J. DORDOIGNE – Réseaux informatiques - Notions fondamentales, ENI								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle TP								

Physique Numérique :

	Coefficient : 4	Cours : 18H00	TD : 0H00	TP/Projet : 20H00
Enseignant(s)	G. DHONT, A. SOKOLOV			

**Objectifs :**

La modélisation est désormais un passage incontournable dans la boucle de conception d'un produit/projet industriel. Ces modules ont pour but de fournir les outils dédiés pour la résolution numériques/informatiques de phénomènes physique. Un effort particulier est porté sur la résolution de **problèmes environnementaux, mécaniques, thermiques**.

A l'issue de la formation, l'élève ingénieur doit être capable de mettre un problème physique sous une forme qui se prête à la résolution par ordinateur, choisir un algorithme adapté au problème, contrôler si la solution obtenue est réaliste.

**Prérequis :**

- connaître les équations de base de la physique (principe fondamental de la dynamique en mécanique Newtonienne, équation de Poisson, équations de Maxwell, loi de Fourier sur la conduction de la chaleur, ...)
- avoir des bases de programmation est un plus

**Programme :**

Chapitre 1 : introduction à la physique numérique et introduction/rappel de Matlab

Chapitre 2 : algèbre linéaire

Chapitre 3 : intégration numérique

Chapitre 4 : applications de la transformée de Fourier

Chapitre 5 : zéros de fonction, minimisation

Chapitre 6 : interpolation et ajustements par moindres carrés

Chapitre 7 : équations différentielles ordinaires

Chapitre 8 : équations différentielles partielles

Exemple d'applications qui seront traitées : modélisation du réchauffement d'une couche superficielle de la Terre, résolution de l'équation unidimensionnelle de la chaleur, l'équation de transfert radiatif dans l'atmosphère en infrarouge, équation de Poisson

**Bibliographie :**

- Numerical Recipes : The Art of Scientific Computing, William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, Cambridge University Press.
- Computational Physics : Problem Solving with Computers, 2nd Edition, Rubin H. Landau, Manuel J. Páez, Cristian C. Bordeianu, Wiley-VCH.
- Computational Physics : Simulation of Classical and Quantum Systems, Third Edition, Philipp O.J. Scherer, Springer, 2017.

**Modalités d'évaluation :** Moyenne des deux notes de TP

Acquisition de données :

	Coefficient 2	Cours : 8H00	TD : 8H00	TP/Projet : 12H00
Enseignant(s)		G. LEROY	G. LEROY	G. LEROY
<b>Objectifs :</b>				
Comprendre le fonctionnement des éléments dans une chaîne de mesure. Définir les caractéristiques d'un système complète dans un contexte industrielle. Pouvoir mettre en œuvre une chaîne de mesure (à partir de matériel et logiciels différents). Effecteur des étapes analyse /traitement automatisé.				
<b>Prérequis :</b> Connaissance en électronique				
<b>Programme :</b> Nature et représentation des signaux Bruit Numérisation Acquisition de données Convertisseurs Analogiques Numériques (CAN) Architecture du système et des fonctions complémentaires Analyse spectrale Filtrage  Travaux pratiques/projet avec apprentissage de LabView et Arduino Ce module peut être partiellement ou entièrement enseigné en anglais.				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu				

Planification et optimisation expérimentale :

	Coefficient 2	Cours : 8H00	TD :	TP/Projet : 20H00
Enseignant(s)		D. LANDY		D. LANDY
<b>Objectifs :</b>				
Le cours vise à fournir les outils nécessaires aux traitements des données expérimentales ainsi qu'à l'optimisation des conditions expérimentales. Il s'agira également d'améliorer les capacités d'analyse, d'interprétation et de critique de l'étudiant. A l'issue de la formation, l'élève ingénieur doit être capable d'analyser les données disponibles, de mettre en œuvre une démarche de résolution de problème et de la justifier en fonction de l'objectif poursuivi.				
<b>Prérequis :</b>				
Connaissances de base en méthodes physiques et chimiques d'analyse Mathématiques de base, probabilités, statistiques				
<b>Programme :</b>				
<p><i>1. Plans d'expériences</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plans factoriels complets et fractionnels</li> <li>- Planification des expériences</li> <li>- Détermination des effets principaux et interactifs</li> <li>- Modélisation et interprétation des données</li> </ul>				
<p><i>2. Ajustement de données expérimentales à un modèle théorique</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Surfaces de réponses à 1 et 2 facteurs, selon des polynômes d'ordre 1 à 3, avec et sans pondération</li> <li>- Généralisation à n facteurs et à tout modèle</li> <li>- Détermination du caractère significatif du traitement et des intervalles de confiance sur les paramètres</li> </ul>				
<p><i>3. Applications</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition des conditions optimales pour la mesure des paramètres thermodynamiques d'une réaction chimique</li> <li>- Applications aux dosages d'espèces chimiques par mesures directes, par étalonnage externe, par ajouts dosés.</li> </ul>				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen + contrôle TP				

Thermodynamique chimique

	Coefficient : 3	Cours : 10H00	TD :	TP/Projet : 28H00
Enseignant(s)			D. LANDY / M. KFOURY / C. CIOTONEA	
<b>Objectifs :</b>				
Les aspects énergétiques des transformations chimiques conditionnent l'efficacité des procédés de production d'énergie par voie chimique. Le cours vise par conséquent à donner les bases théoriques et expérimentales nécessaires à la compréhension et à la caractérisation de ces transformations. L'enseignement s'appuiera sur l'étude théorique et expérimentale d'une réaction chimique par calorimétrie isotherme.				
<b>Prérequis :</b>				
Connaissance des réactions et équilibres chimiques.				
<b>Programme :</b>				
<p><i>1 Description thermodynamique des réactions chimiques</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagramme énergétique de la réaction chimique,</li> <li>- Thermochimie: lois de Hess et de Kirchhoff,</li> <li>- Conditions d'équilibre et de déplacement d'équilibre,</li> <li>- Déplacement d'équilibre lors des modifications de température, pression et composition chimique</li> </ul>				
<p><i>2 Caractérisation des réactions par calorimétrie isotherme</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Principes de la caractérisation calorimétrique</li> <li>- Détermination des paramètres thermodynamiques</li> <li>- Typologie des expériences</li> <li>- Concept d'analyse globale d'expériences orthogonales</li> <li>- Application : caractérisation d'une réaction chimique de stoechiométrie donnée, et développement d'un modèle prédictif des quantités à l'équilibre et des chaleurs produites, pour toutes concentrations et températures.</li> </ul>				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen + contrôle TP				

Habilitation électrique :

	Coefficient : 1	CM : 4H00	TD : 00H00	TP/Projet : 16H00			
Enseignant(s)	M. PIERREPONT						
<b>Objectifs :</b>							
Respecter les prescriptions de sécurité définies par la publication UTE C 18-510 (BS)							
Mettre en application les prescriptions de sécurité de la publication UTE C 18-510 lors de l'exécution d'opérations sur les ouvrages électriques (BS).							
<b>Prérequis :</b>							
Aucune connaissance en électricité n'est demandée mais les personnes doivent être capables de comprendre les instructions de sécurité.							
<b>Programme :</b>							
L'habilitation électrique est une certification attestant de la capacité d'une personne à accomplir les tâches fixées en toute sécurité dans le domaine de l'électricité. Dans le cadre de leur formation, les élèves ingénieurs doivent obtenir le niveau BS après avoir reçu la formation correspondante. Pour être habilitable et valider leur module, ils doivent obtenir une note minimale de 15/20 à l'épreuve. Cette habilitation leur permet ensuite de travailler en toute sécurité avec du matériel électrique lors des travaux pratiques mais également pendant leur stage en entreprise.							
Présentation de la procédure d'habilitation selon le recueil UTE C 18-510 en relation avec les domaines de tension.							
Notions élémentaires d'électricité (BOV), comment travailler en sécurité (BS), conduite à tenir en cas d'incident ou d'accident d'origine électrique, généralités habilitation BS, opérations en basse tension (BS).							
<b>Bibliographie :</b>							
[1] NF C 18-510							
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen informatique							

### 2.1.2 Deuxième année du Cycle Ingénieur (CING2)

#### Génie des procédés

	Coefficient 2	Cours : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 20H00
Enseignant(s)		C. CIOTONEA	C. CIOTONEA	D. LANDY

#### Objectifs :

Le but de ce cours est de présenter les notions de base de génie des procédés. Ce module d'enseignement est conçu pour que les élèves ingénieurs puissent acquérir et utiliser les notions reliées au génie de procédé : les opérations unitaires, les réacteurs et les calculs correspondants aux différents appareillages ; comprendre et appliquer les notions de bilans de matière et d'énergie.

#### Prérequis :

Notions de bases en thermodynamique et chimie appliquée

#### Programme :

##### **Génie des procédés**

Introduction au génie des procédés. La construction d'un schéma de procédé. Etude de cas.

##### **Operations unitaires**

Les principales opérations unitaires. Diagrammes de mélange binaire et ternaire. Technologie des appareils et principes de leurs dimensionnements.

**Bilans matière et énergie** associe aux réacteurs et différents appareillages.

##### **Réacteurs**

Généralités. Classifications des réacteurs. Principaux types des réacteurs et les calculs associés : temps de séjour, volume, bilans, etc. Choix du réacteur. Santé et sécurité, risques dans les procédés

##### **Catalyseurs en industrie**

Notion de base sur les catalyseurs. Leur utilisation à l'échelle industrielle. Principaux procédés de catalyse hétérogène.

##### **Conception et développement des procédés**

Management du projet. Optimisation et simulation des procédés. Faisabilité des procédés. Calculs économiques.

#### Modalités d'évaluation : examen final + contrôle TP

Combustion : production d'énergie et traitement des pollutions

	Coefficient : 2	Cours : 16H00	TD : 10H00	TP/Projet : 12H00
Enseignant(s)		C. CIOTONEA	C. CIOTONEA	C. CIOTONEA
<b>Objectifs :</b>				
L'objectif de ce module est de décrire la production d'énergie dans le cadre des phénomènes de combustion, et ce aussi bien sur la base de ressources fossiles que de ressources renouvelables. Les cours visent également à présenter les différents polluants générés par ces combustions, ainsi qu'à développer des solutions de traitement catalytique des différents rejets.				
<b>Prérequis :</b> Eléments de chimie de base, Thermochimie				
<b>Programme :</b>				
<p><b>Combustion : aspects généraux</b> Aspects thermodynamiques et thermocinétiques des phénomènes de combustion, mécanismes physiques élémentaires présents dans les flammes, explosion/auto inflammation, propriétés des mélanges inflammables.</p> <p><b>Ressources fossiles : caractéristiques des combustibles</b> Combustibles fossiles conventionnels : charbon, pétrole, gaz naturel Combustibles fossiles non conventionnels : schistes bitumineux, sables asphaltiques, sables bitumineux</p> <p><b>Ressources renouvelables: biomasse, biocarburant, biogaz</b> Transformation de la biomasse en biocombustibles, conversion de l'énergie primaire en énergie finale (thermique ou électrique). Production et valorisation du biogaz en énergie finale (thermique ou électrique, production du gaz de synthèse, synthèse Fischer Tropsch).</p> <p><b>Traitements catalytiques des produits de la combustion</b> Principes de fonctionnement des moteurs essence et diesel Identification et quantification des polluants émis- réglementation Traitement des produits issus de la combustion par catalyse 3 voies. Traitement des particules : conditions de formation des suies, fonctionnement des filtres à particules et régénération (thermique et catalytique).</p> <p><b>Oxycombustion</b> Process, avantages, inconvénients, utilisations possibles et améliorations envisageables.</p>				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen + contrôle TP				

Récupération et Stockage de l'énergie :

	Coefficient : 2	Cours : 16H00	TD : 10H00	TP/Projet : 12H00
Enseignant(s)		S. LONGUEMART K. FERCHICHI P. FLAMENT	S. LONGUEMART K. FERCHICHI P. FLAMENT	K. FERCHICHI C. CIOTONEA

**Objectifs :**

Pour répondre aux problématiques liées à la production intermittente d'énergie et aux enjeux de la mobilité durable, il est nécessaire de stocker de l'énergie pour en permettre une utilisation différée et efficiente. Ce module dresse un panorama des solutions de stockage et de conversion disponibles à ce jour et en développement. A l'issue de ce cours, l'apprenant sera en mesure d'identifier la meilleure solution et de dimensionner une installation de stockage d'énergie dans un contexte industriel ou de mobilité.

**Prérequis :**

Maîtrise des bases de l'Electromagnétisme et de la thermodynamique, maîtrise de l'électrochimie de l'équilibre (loi de Nernst, notion d'électrode et de pile, grandeurs thermodynamiques associées) et des aspects cinétiques.

**Programme :****1 Stockage énergie électrochimique (P. Flament)**

Panorama des différentes technologies électrochimiques historiques (plomb-acide) et actuelles (sodium-soufre, lithium-ion, accumulateurs à circulation,..) ; exercices d'application.

**2 Stockage énergie électromagnétique (K. Ferchichi)**

Stockage à inductance supraconductrice (Bobines supraconductrices), supercapacités

**3 Stockage énergie mécanique (K. Ferchichi)**

Stockage sous forme d'énergie mécanique potentielle (barrage hydroélectrique, Station de Transfert d'Energie par Pompage STEP, stockage d'énergie par air comprimé CAES), ou cinétique (volants d'inertie)

**4 Stockage énergie thermique (K. Ferchichi)**

Chaleur sensible et chaleur latente, matériaux à changement de phase. Critères de sélection des matériaux et méthodes de caractérisation.

**5 Récupération et conversion de l'énergie à l'état solide (S. Longuemart)**

Effet piézoélectrique, pyroélectrique, thermoélectrique, effets caloriques (magnétocaloriques, élastocaloriques et électrocaloriques).

**Bibliographie :**

The Physics of Energy, Robert L. Jaffe, Washington Taylor, Cambridge University Press

Energy Storage, Huggins, A. Robert , Springer

**Modalités d'évaluation :** Examen + contrôle TP

Stratégies énergétiques

	Coefficient : 1	CM : 18H00	TD : 10H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant(s)			A. BONDUELLE	

**Objectifs :** Notions générales et pratiques sur la crise climatique, la transition énergétique et les énergies renouvelables

**Prérequis :** Compréhension d'un texte court en anglais. TD : utilisation d'un tableur

**Programme :**

**Bibliographie :** Rapport spécial du GIEC 1,5°C groupe 3, résumé technique et FAQ (notamment parties RT4 et RT5) en Français ou autre langue de l'ONU

**Modalités d'évaluation :** 1 ou 2 rapports de TD, 1 DS final

## Pollutions de l'air, de l'eau et des sols

	Coefficient : 4	Cours : 14H00	TD : 12H00	TP/Projet : 12H00
Enseignant(s)		S. FOURMENTIN F. LEDOUX S. SIFFERT E. ABI-AAD C. RAFIN A. LOUNES - HADJ SAHRAOUI	S. FOURMENTIN F. LEDOUX S. SIFFERT E. ABI-AAD C. RAFIN A. LOUNES - HADJ SAHRAOUI	S. FOURMENTIN A. LOUNES - HADJ SAHRAOUI
<b>Objectifs :</b>				
Ce module constitue une approche générale des pollutions chimiques. Il s'agira en particulier d'établir la typologie des polluants impliqués, sous la perspective des réglementations en vigueur. Le module vise également à présenter les différentes stratégies de mesures associées à chaque type de molécule les différentes ainsi que les différentes stratégies de remédiation des pollutions.				
<b>Prérequis :</b>				
Chimie de base				
1) Pollution et polluants :				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définitions et historique</li> <li>- Typologie des polluants (critères physiques, chimiques et biologiques)</li> <li>- Notions de base de métrologie</li> </ul>				
2) Pollution de l'Air :				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Politiques publiques pour réduire la pollution de l'air</li> <li>- Approche globale des traitements de l'air</li> <li>- Méthodes de traitement récupératrices (adsorption, adsorption, condensation...)</li> <li>- Méthodes de traitement destructives (oxydation chimique ou biologique)</li> </ul>				
3) Pollution des Eaux :				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractérisation et mesure de la pollution des eaux, réglementation.</li> <li>- Principaux procédés de traitement des eaux usées.</li> <li>- Visite d'une STEP à Boues Activées</li> </ul>				
4) Pollution des Sols :				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La politique nationale en matière de sites et sols pollués</li> <li>- Comportement des polluants dans le sol (éléments trace et polluants organiques)</li> <li>- Objectifs et techniques de remédiation</li> <li>- Utilisation des organismes vivants (champignons saprophytes et mycorhizes, plantes) dans la décontamination des sols pollués</li> </ul>				
5) Migrations des substances dans l'environnement				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen + contrôle TP				

**Spectroscopie (Spectroscopie moléculaire pour le diagnostic environnemental) :**

	Coefficient : 3	Cours : 12H00	TD : 10H00	TP/Projet : 6H00
Enseignant(s)		A. ROUCOU G. MOURET W. CHEN	A. ROUCOU G. MOURET W. CHEN	A. CROUCOU W. CHEN

**Objectifs :**

L'objectif de ce cours est de montrer le potentiel des techniques de spectroscopie par voie optique pour la détection et le suivi quantitatif de composés moléculaires et particulaires ciblés dans les processus environnementaux et énergétiques. A l'issue de la formation, l'élève doit être capable de comprendre les techniques d'analyse spectroscopique, de l'UV au micro-ondes, ainsi que de maîtriser leurs applications aux analyses environnementales et énergétiques.

**Prérequis :**

- Dérivation, intégration, transformée de Fourier, algèbre linéaire
- Chimie de base
- Traitement des données pour les TP

**Programme :***Initiation à la spectroscopie : 4h CM (A. Roucou)*

- *Le rayonnement électromagnétique et son interaction avec les atomes et molécules*
- *Rappel de théorie des groupes*
- *Spectroscopie rotationnelle/vibrationnelle dans le domaine infrarouge*
- *Spectroscopie électronique*

*Techniques expérimentales : 4h CM (W. Chen), 4h CM (G. Mouret)*

- *Caractéristiques générales des méthodes spectroscopiques (sources, détecteurs, métrologie optique, ....)*
- *Techniques spectroscopiques de mesure : de l'UV à l'IR : mesure *in situ* et télédétection*
- *Spectroscopie à Transformée de Fourier*
- *Spectroscopie microondes, submillimétriques et térahertz*

*Applications environnementales et énergétiques : 4h TD (W. Chen), 4h TD (G. Mouret), 2h TD (A. Roucou)*

- *Contribution aux bases de données atmosphériques*
- *Mesures des polluants (traces de gaz, particules)*
- *Détection, quantification, suivi cinétique de polluants*
- *Analyse de matériaux énergétiques par voie optique*

**TP :**

*Mesures de sections efficaces de polluants atmosphériques par spectroscopie à transformée de Fourier : 3h TP (A. Roucou)*

*Mesures de traces de gaz et particules par spectroscopie à haute sensibilité : 3h TP (W. Chen)*

**Bibliographie :**

- « Spectroscopie Cours et exercices », J. M. Hollas, Dunod éditions.
- « Les lasers », D. Hennequin, V. Zehnlé, D. Dangoisse, Dunod éditions.
- « Advances in Spectroscopic Monitoring of the Atmosphere », W. Chen, D. Venables, M. Sigrist, Elsevier.

**Modalités d'évaluation :** Examen + contrôle TP

Chromatographie (Méthodes d'analyses chromatographiques dédiées à l'environnement) :

	Coefficient : 3	Cours : 12H00	TD : 8H00	TP/Projet : 8H00
Enseignant(s)		M. KFOURY	M. KFOURY	M. KFOURY

**Objectifs :**

Ce module vient compléter le module "Mesures et contrôles des pollutions" sur le plan des techniques de mesures des différents polluants impliqués dans les processus énergétiques. Il s'agit de développer les différentes techniques séparatives permettant l'analyse de mélanges moléculaires complexes, qui constitue une problématique récurrente dans le cadre des analyses environnementales. Ces techniques chromatographiques nécessitant d'être associées à diverses techniques de détection pour l'identification et la quantification des polluants, les couplages correspondants seront également développés.

**Prérequis :**

Chimie de base

**Programme :***1. Chromatographie : notions générales*

Principe, terminologie, coefficient de distribution, classification des techniques chromatographiques.

*2. Chromatographie planaire : Chromatographie sur papier, Chromatographie sur couche mince (CCM)*

Principe, procédure chromatographique, rapport frontal, phase normale, phase inverse, applications aux mesures environnementales.

*3. chromatographie sur colonne**3.1.1. Chromatographie en phase liquide CLHP*

CLHP: Schéma de principe, instrumentation (réservoirs de solvants, pompe, injecteur, colonne, phase stationnaire, phase mobile, détecteur), applications aux mesures environnementales

*3.1.2. Les différents modes de chromatographie en phase liquide*

-Adsorption, partage, échange d'ions, exclusion, affinité

*3.2. Chromatographie en phase supercritique (CS)**3.3. Chromatographie en phase gazeuse CPG*

CPG : Schéma de principe, solutés analysables en CPG, instrumentation (Injecteur, gaz vecteur, phase stationnaire, colonne four, détecteur), espace de tête-CPG, applications aux mesures environnementales.

*4. Analyses qualitatives des pics chromatographiques*

-Théorie des plateaux

-Equation de Van Deemter

- Coefficient de diffusion turbulente ou terme de remplissage
- Elargissement longitudinal
- Elargissement du au transfert de masse

-Chromatogramme idéal

-Grandeurs de rétention : temps de rétention, volume mort, volume de rétention, facteur de rétention ou de capacité, facteur de sélectivité, facteur de résolution.

- Optimisation de la séparation chromatographique (Effet de la vitesse d'élution, effet de la température)

*5. Analyses quantitatives par chromatographie*

-limite de détection, limite de quantification, méthode par étalonnage externe, méthode par étalonnage interne, méthode des ajouts dosés

**Bibliographie :**

Analyse chimique, Méthodes et techniques instrumentales, Francis Rouessac, Annick Rouessac, Daniel Cruché, Claire Duverger-Arfuso, et al. , Collection: Sciences Sup, Dunod

**Modalités d'évaluation :** Examen + contrôle TP

Conversions électromécaniques et réseaux d'énergie :

	Coefficient : 3	Cours : 16H00	TD : 14H00	TP/Projet : 8H00
Enseignant(s)		M. DEPRIESTER INTERVENANT RTE	M. DEPRIESTER INTERVENANT RTE	F. HINDLE

**Objectifs :**

Comprendre les besoins et les techniques de distribution et conversion d'énergie électrique dans une contexte des sources classiques et renouvelable

Les étudiants posséderont des connaissances générales sur les convertisseurs électromécaniques (machines tournantes) et seront capables d'utiliser les méthodes spécifiques de l'électromécanique en vue de la modélisation et de la conception, d'analyser les caractéristiques externes des principaux moteurs.

**Prérequis :**

Électronique et Electrotechnique : systèmes triphasés, diagramme de Fresnel, facteur de puissance, transformateur, machines rotatifs

**Programme :**

Introduction et revue des réseaux de distribution d'énergie, notamment le réseau national électrique. Comprendre son fonctionnement est les flux d'énergie, puissance réactive et la régulation de tension. Identifier les organes de sécurité et décrire les principes d'opération. Citer les acteurs de gestion du réseau et au marché de l'électricité, expliquer le rôle de la commission de régulation de l'énergie.

Partie 2 : Une introduction sur les besoins des techniques de conversion AC/DC, DC/AC, DC/DC sera suivi par les technologies actuellement employées pour les interrupteurs semi-conductrices. La topologie et le fonctionnement de chaque convertisseur seront étudiés en détails et ces caractéristiques identifiées. L'application des convertisseurs sera illustrée par des exemples contemporains.

Transducteurs : Réistant, Electrodynamique, Electromagnétique, Hybride

Moteurs : Champ tournant et phasor spatial, Moteur synchrone : principe et structure, Moteur à courant continu : principe et structure, caractéristiques externes, Moteur asynchrone : structure et principe, caractéristiques externes, Synthèse des différents moteurs.

**Bibliographie :**

<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/generalites-sur-les-machines-electriques-tournantes-42250210/machines-tournantes-conversion-electromecanique-de-l-energie-d3410/>

Electromécanique, 3<sup>ème</sup> édition, revue et augmentée, Marcel Jufer, Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2004, ISBN 2-88074-285-4

Électromécanique, Convertisseurs d'énergie et actionneurs, Damien Grenier, Francis Labrique, Hervé Buyse, Ernest Matagne, Collection: Sciences Sup, Dunod, 2009, EAN13 : 9782100530632

Power Electronics: Converters, Applications, and Design : Mohan, Undeland, Robbins. Wiley 2003.

**Modalités d'évaluation :**

Examen final + compte rendu de TP

## Echangeurs de chaleur

	Coefficient : 3	Cours : 16H00	TD : 22H00	TP/Projet : 0H00
Enseignant(s)	8h K. FERCHICHI 8h Référent GRETh	14h K. FERCHICHI 8h Référent GRETh		

**Objectifs** : Connaître les technologies et fonctionnements des échangeurs de chaleur, connaître leurs domaines d'applications, maîtriser les méthodes de dimensionnement thermique, connaître les lois de transfert en convections monophasique et diphasique, avoir des connaissances sur les risques de dégradation des échangeurs de chaleur en conditions réelles de fonctionnement. A l'issue de la formation, l'élève ingénieur doit être capable de savoir rédiger un cahier des charges, évaluer les avantages et les inconvénients d'une technologie d'échangeur, savoir choisir et dimensionner un échangeur thermique, évaluer les risques associés à son utilisation et mettre en œuvre un processus de suivi de la performance de l'échangeur.

**Prérequis** : Connaître les principales propriétés thermo physiques, thermodynamiques des changements de phases, principaux nombres adimensionnels (Re, Pr, Gr, Nu...), savoir résoudre un bilan thermique, maîtrise de la mécanique des fluides (régimes d'écoulement, calcul de pertes de charges), transfert de chaleur par conduction, convection forcée et naturelle, cycles thermodynamiques (PAC, HIRN ORC...).

### Programme :

#### **1 - Technologie des échangeurs thermiques - Description technologique, domaines d'application, fabrication & coût**

Comment choisir un échangeur en fonction des applications ? Connaître les éléments de chacun et méthode de fabrication associée permet de comprendre pourquoi.

- Critères de classement et de spécifications
- Technologies principales : échangeurs à air (batterie à ailettes continues et discontinues, micro-canaux) ; échangeurs air-air (à plaques, rotatif, caloduc) ; liquide - liquide (tubes et calandre, plaques & joint, plaques brasées, plaques soudées) ; échangeurs polymères...
- Critères de choix : (technologie, conception, économique)
- Evaluation du coût des échangeurs

#### **2 - Rappel des transferts de chaleur et méthodes de dimensionnement associés**

- Rappeler l'importance du choix des corrélations et du domaine de validité associé
- Méthode de dimensionnement Step-by-Step  $\Delta T$ ML : Maillage mono-zone VS multizones (pour échangeur avec changement de phase ou fortes variations des propriétés thermo-physiques)
- Introduction à la démarche de dimensionnement itérative sur le logiciel EchTherm

#### **3 - Méthode et technologie d'intensification des transferts thermiques convectifs**

- Pourquoi et comment intensifier ?
- Principe physique (couche limite thermique et dynamique, effets bords d'attaque)
- Applications monophasiques et diphasiques
- Quelles sont les technologies d'aujourd'hui, de demain et quelles sont leurs limites ?

#### **4 - Introduction aux phénomènes d'enrassement**

- Introduction phénomènes d'enrassement (types, cinétiques)
- Effet sur le dimensionnement (table TEMA : critique et impact)
- Bonnes pratiques de dimensionnement / Méthode de nettoyage
- Technologies moins sensibles (illustration avec photo/vidéo)
- Détecer l'enrassement (illustration suivi en continue mesure réelles in situ) + REX

#### **5 - Présentation des logiciels de dimensionnement du marché**

#### **6 - Introduction au logiciel EchTherm avec étude de cas**

- Présentation du logiciel
- Etude de cas sur un dimensionnement échangeur en application diphasique (sensibilisation sur la variété de configurations géométriques différentes)

#### **7 – Projet de dimensionnement d'un échangeur**

Objectif : Par binôme, répondre à la problématique d'un industriel via un cahier des charges type.

Le projet consiste à établir un cycle (ORC, PAC ou HIRN), l'analyser (via EchTherm) puis dimensionner les échangeurs (évaporateur, condenseur ou autres) permettant de répondre au cahier des charges avec les différents outils EchTherm.

L'élève doit ainsi :

- Analyser le cycle, le choix du fluide, ses performances + Obtention de données de sortie nécessaire au dimensionnement ;
- Choisir : la technologie d'échangeur adéquate entre plusieurs technologies, les matériaux, les résistances d'enrassement
- Identifier le pincement ;
- S'appuyer sur des valeurs standards des dimensions
- Respect de la double contrainte perte de charge admissible et puissance nécessaire avec une marge de surdimensionnement.

**Modalités d'évaluation :** Evaluation du projet sous forme de rapport

**Moteurs/Cycles thermiques :**

	Coefficient : 3	Cours : 16H00	TD : 18H00	TP/Projet : 4H00
Enseignant(s)		E. PENNACINO F. FOURNIER	E. PENNACINO F. FOURNIER	K. FERCHICHI

**Objectifs :**

Le but de ce cours est de donner les bases nécessaires à la compréhension du fonctionnement des moteurs thermiques, des turbines à vapeur et à combustion et des centrales nucléaires et thermiques. Les compétences visées sont les suivantes : décrire et exploiter les cycles thermiques théoriques en jeu dans le cas des moteurs à essence et des moteurs Diesel, faire une critique pertinente des hypothèses sur lesquelles ils reposent, définir et calculer le rendement de ces moteurs, tracer et exploiter un cycle thermique sur un diagramme thermodynamique et enfin connaître les caractéristiques des moteurs thermiques équipant les navires. La suite du cours concerne la thermodynamique des systèmes ouverts. Les compétences à acquérir sont les suivantes : connaître les 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> principes pour un système ouvert, généraliser la notion d'exergie à un système ouvert et appliquer ces notions à l'étude des turbines à vapeur, à combustion et au fonctionnement des centrales nucléaires et thermiques. Une attention particulière est portée à l'amélioration des rendements qui constitue un enjeu économique croissant : régénération, fractionnement, resurchauffe, soutirage, cogénération, cycle combiné.

**Prérequis :** Thermodynamique classique (1er et 2ème principe, exergie dans le cas des systèmes fermés).

**Programme :**

Partie 1 : Cycles des machines thermiques dans les systèmes fermés.

- Cycles théoriques (Carnot, Otto, Diesel ...)
- Rendements (isentropique, indiqué, exergétique)
- Evolutions irréversibles et leurs représentations dans les diagrammes thermodynamiques.
- Applications aux moteurs thermiques équipant les navires.

Partie 2 : Thermodynamique des systèmes ouverts :

- 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> principe de la thermodynamique pour un système ouvert
- Exergie

Partie 3 : Cycles des machines thermiques dans les systèmes ouverts.

- Turbine à vapeur : cycle de Hirn, de Rankine. Améliorations. Cogénération, cycle combiné.
- Turbine à combustion : cycle de Brayton, régénération, fractionnement.
- Applications aux centrales nucléaires et aux centrales thermiques.

**Modalités d'évaluation :** Examen Final + Contrôle Continu

**Froid industriel :**

	Coefficient : 2	Cours : 12H00	TD : 12H00	TP/Projet : 4H00
Enseignant(s)		E. PENNACINO C. MALHERBE (DK LNG) S. PLANTELIN (DK LNG)	E. PENNACINO C. MALHERBE (DK LNG) S. PLANTELIN (DK LNG)	K. FERCHICHI

**Objectifs :**

Les objectifs de ce cours sont de donner les bases nécessaires à la compréhension du secteur de production de froid.

Les compétences visées sont les suivantes : connaître les fluides frigorigènes et frigoporteurs utilisés, connaître les éléments importants d'une installation frigorifique, connaître les principaux dispositifs et leur performance énergétique, savoir dimensionner une installation et réaliser son schéma, connaître la sécurité et la réglementation applicable au domaine, maîtriser le stockage, le transport des fluides cryogéniques et du gaz naturel liquéfié et connaître les procédés permettant leur production.

**Prérequis :**

Thermodynamique physique (premier principe, second principe, enthalpie, entropie, chaleur latente, chaleur sensible)

**Programme :****1. Le froid au-dessus de -150°C (E. Pennacino, 8H CM+8H TD)**

- Applications
- Les fluides frigorigènes et frigoporteurs
- Eléments importants d'une installation
- Principaux dispositifs et performance énergétique
- Dimensionnement
- Sécurité et réglementation

**2. Exemple d'un site cryogénique : le site du terminal méthanier de Dunkerque LNG (C. Malherbe et S. Planteline, 4h CM)**

- Le terminal de réception dans la chaîne GNL
- Principe de fonctionnement / Aspects thermodynamique – Réception / Stockage / Emission
- Equipements principaux (Bras, réservoirs, Compresseurs, pompes, Vaporiseurs)
- Aspects sécurité : de la conception à la gestion quotidienne sur le terrain
- Cadre réglementaire
- Le futur des terminaux : valorisation du froid, NH3, LOHC, H2

**Bibliographie :**

Pack FROID INDUSTRIEL, techniques de l'ingénieur, TI204

Froid industriel : aide-mémoire, Jean Desmons, La Rpf, DUNOD, 2014, ISBN 978-2-10-070943-4

Fluides frigorigènes : le livre blanc, Association française du froid, Levallois-Perret, NATCOM, 2011, ISBN 978-2-9540767-0-6

Technologie des installations frigorifiques, Pierre Rapin, Patrick Jacquard, Jean Desmons, La Rpf, DUNOD, 2011, ISBN 978-2-10-055760-8

Froid industriel, Francis Meunier, Paul Rivet, Marie-France Terrier, La Rpf, DUNOD, 2010, ISBN 978-2-10-054017-4

Formulaire du froid, Pierre Rapin, Patrick Jacquard, DUNOD, 2006, ISBN 2-10-049993-9

La pratique de la climatisation, Patrick Jacquard, Serge Sandre, DUNOD 2006, ISBN 2-10-049740-5

La pratique du froid, Patrick Jacquard, Serge Sandre, Jean Jacquin, DUNOD, 2004, ISBN 2-10-008293-0

**Modalités d'évaluation :** Examen + contrôle continu + contrôle TP

## Ecologie industrielle (Economie circulaire, écologie industrielle et innovations)

	Coefficient : 1	CM : 8H00	TD : 6H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant(s)			B. LAPERCHE	
<b>Objectifs :</b> Comprendre la signification et le fonctionnement de l'écologie industrielle, ainsi que son rôle dans le développement territorial				
<b>Prérequis :</b> Notions en économie/ management de l'environnement, connaissances sur développement durable				
<b>Programme :</b>				
<b>Première partie : Définition de l'écologie industrielle et des concepts liés (économie circulaire, rappel sur le développement durable)</b>				
1- De l'économie linéaire à l'économie circulaire 2- Les sept piliers de l'économie circulaire (ADEME) et la place de l'écologie industrielle 3- Les formes variées de l'écologie industrielle dans l'industrie et l'agriculture et la construction de nouvelles filières d'activités durables				
<b>Deuxième partie : Ecologie industrielle et Développement territorial - étude de cas</b>				
1- Les cas de Kalundborg (Danemark) 2- La symbiose industrielle de Dunkerque (France) 3- Comment mesurer les impacts à l'échelle territoriale (quels indicateurs) ?				
<b>Troisième partie : analyse des facteurs clés de succès et des limites (stratégies de entreprises, gouvernance)</b>				
1- L'évolution des modèles économiques des entreprises et les stratégies d'éco-innovation 2- L'évolution de la gouvernance 3- L'écologie industrielle et développement durable : quels enjeux et limites ?				
<b>Bibliographie :</b> (les références complètes seront données en cours)				
ADEME : ressources disponibles sur le site <a href="https://www.ademe.fr/">https://www.ademe.fr/</a>				
ANDRIAMANANTENA, A., VEYSSIERE, S., LE, S. T. K., COTONNEC, G., & LAPERCHE, B. (2020). Le Rôle des Ports dans L'Économie Circulaire. Construction d'un Tableau de Bord d'Indicateurs. <a href="https://riifr.univ-littoral.fr/wp-content/uploads/2012/12/doc-312-Le-role-des-ports-dans-leconomie-circulaire.-Construction-dun-tableau-de-bord-dindicateurs.pdf">https://riifr.univ-littoral.fr/wp-content/uploads/2012/12/doc-312-Le-role-des-ports-dans-leconomie-circulaire.-Construction-dun-tableau-de-bord-dindicateurs.pdf</a>				
FROSCH, R. A., & GALLOPOULOS, N. (1989). Strategies for manufacturing. <i>Sci. Am.</i> , 261, 144-152.				
GALLAUD, D., LAPERCHE, B. (2016), Economie circulaire et développement durable, Iste, Wiley, Londres, <a href="https://www.istegroup.com/fr/produit/economie-circulaire-et-developpement-durable/">https://www.istegroup.com/fr/produit/economie-circulaire-et-developpement-durable/</a>				
KASMI, F., LAPERCHE B., MERLIN-BROGNIART, C., BURMEISTER, A. (2017), Écologie industrielle, trajectoire territoriale et gouvernance : quels enseignements à partir du cas de Dunkerque (Nord- France), <i>Revue Canadienne des Sciences Régionales</i> , Volume 40 (2), pp. 103 – 113.				
KASMI, F. (2018), Écologie industrielle, milieu éco-innovateur et diversification de l'économie territoriale : le cas du complexe industrielo-portuaire de Dunkerque, Thèse de doctorat en sciences économiques, Université du Littoral Côte d'Opale.				
MAT, N. (2015). Dynamiques de transition dans les territoires portuaires: apport de l'écologie industrielle et territoriale aux processus d'adaptation vers une société bas-carbone Saint-Etienne, EMSE].				
VEYSSIERE, S., LAPERCHE, B., BLANQUART, C. (2021), Territorial Development Processes based on Circular Economy: a Systematic Review, <i>European Planning Studies</i> , <a href="https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1873917">https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1873917</a>				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu (exposés/dossiers)				

Management de l'énergie / ISO 50001 :

	Coefficient : 1	CM : 10h00	TD : 4h00	TP/Projet : 00H00
Enseignant(s)	M. THIEBAUT			

**Objectifs :**

Sur la base de la norme ISO 50001, développer la capacité d'engager son entreprise dans l'excellence énergétique :

- comprendre les enjeux énergétiques actuels et futurs en matière politique, technique et économique;
- identifier les risques et opportunités énergétiques pour son entreprise et les intégrer à la stratégie d'entreprise;
- mettre en place une gestion efficace de l'énergie.

**Prérequis :**

Aucun

**Programme :**Découverte de la norme ISO 50001

Périmètre et objectif de la norme

Consommation, efficacité, performance énergétique

Maîtriser les principes de la norme ISO 50001

Contexte de la thématique « Energie », les enjeux de la norme ISO 50001 et de sa révision 2018

Présentation de la norme, de la structure HLS (High Level Structure), de l'amélioration continue PDCA et de la méthode d'identification des exigences (Lien avec les autres normes 90001 et 14001 pour certification intégrée)

Comprendre le cycle de certification (Initial, suivi et renouvellement)

Identifier les points critiques de la norme ISO 50001

Identification et besoin des parties intéressées

Définition des risques et opportunités (Méthode PESTEL / SWOT)

Revue énergétique et situation énergétique de référence

Plan de collecte de données énergétiques

Objectifs, cibles et plan d'actions

Conception des installations

Achats de services énergétiques, produits et équipements consommateurs d'énergie

Performance énergétique et performance du système de management de l'Energie

Responsable Énergie : Piloter les consommations énergétiques

Rôle et missions du responsable énergie

Impliquer l'ensemble des acteurs du site

Réaliser un bilan des usages énergétiques du site

Proposer et suivre des plans d'actions d'économie d'énergie

Engager une démarche d'optimisation des consommations énergétiques

Respect des exigences réglementaires en matière d'énergie

Conception de nouveaux équipements ou travaux de rénovation

Optimiser les contrats d'achat en liaison avec le service achats

Mesure et Vérification (M&V)

Piloter la revue de management

**Modalités d'évaluation :**

QCM sur la norme en fin de module (30 min)

Présentation d'un cas pratique de revue de management par groupe de 5 (présentation de 45 min + 15 min de questions)

Présentation de la recherche :

	Coefficient : 1	CM : 8H00	TD : 12H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant(s)		G. MOURET, J. DECKER, M. KFOURY, C. CIOTONEA		
<b>Objectifs :</b>				
Présenter la recherche et sensibiliser les élèves à ses problématiques. Etablir le lien avec l'industrie.				
<b>Prérequis :</b>				
Aucun				
<b>Programme :</b>				
<u>Cours d'initiation au fonctionnement de la recherche</u> : Les métiers de la recherche, l'accès à la recherche ; Panorama de la recherche nationale ; Organisation de la recherche publique - Privée – Carrières ; Les différents modes de financement de la thèse de doctorat. <u>Conférences thématiques et applicatives (par groupe thématique)</u> : Choix d'un thème scientifique en lien avec la spécialité et découverte pratique d'une problématique vue en cours.				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Contrôle Continu				

### 2.1.3 Troisième année du Cycle Ingénieur (CING3)

#### Maintenance et sécurité industrielle :

	Coefficient : 1	Cours : 12H00	TD : 14H00	TP/Projet		
Enseignant(s)	J.M. FOURNIER ET F. FOURNIER					
<b>Objectifs :</b>						
L'objectif essentiel de cette formation est de sensibiliser les élèves au contexte de la Maintenance et de la Sureté de fonctionnement en milieu industriel. Les participants seront capables de mener des actions pour diminuer les coûts de maintenance et augmenter la Fiabilisation de l'outil de production. Ils seront capables d'appréhender les différents composantes et outils d'une gestion efficace de la Maintenance en vue d'y assurer éventuellement des responsabilités.						
<b>Prérequis :</b>						
Les élèves auront découvert le monde industriel à travers une première expérience ou au cours d'un stage en entreprise. Ils maîtriseront l'outil bureautique Excel pour réaliser les études de cas.						
<b>Programme :</b>						
Cours magistral, exercices d'application et études de cas en travaux dirigés, visite au CETR (Chantier Ecole Taille Réelle) Plan du cours : Introduction à la maintenance, Le management de la maintenance, Les statistiques et la fiabilité, Définition de la politique de maintenance, Informations pour optimiser la maintenance et sûreté, Amélioration de la fiabilité, Indicateurs fondamentaux de la maintenance et sûreté.						
<b>Bibliographie :</b>						
[1] Le Management de la maintenance (AFNOR GESTION). [2] Management de la maintenance selon l'ISO 9001:2008 (AFNOR). [3] Fiabilité et statistiques prévisionnelles : la Méthode de WEYBULL (Editions EYROLLES). [4] Guide de la maintenance industrielle. [5] Fiabilité, maintenance et risque (DUNOD). [6] Management de la maintenance (DUNOD).						
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final+ Contrôle Continu						

#### Qualité – Hygiène – Sécurité - Environnement :

	Coefficient : 1	CM : 00H00	TD : 26H00	TP/Projet : 00H00		
Enseignant responsable	B. LE FALHER					
<b>Objectifs :</b>						
Participer à la conception et mise en place la politique qualité et les activités associées, en particulier dans les champs de compétences liés à l'environnement et à la sécurité. Piloter et faciliter les systèmes d'amélioration continue internes à l'entreprise. Rationaliser et améliorer l'ensemble des processus d'activité pour augmenter les performances économiques, sociales et environnementales. Intervenir et coopérer avec les opérationnels, initier l'action.						
<b>Prérequis :</b>						
Connaissance du fonctionnement de l'entreprise (stage)						
<b>Programme :</b>						
L'environnement et la sécurité (La réglementation : cadre législatif et réglementaire, Les acteurs et leurs rôles, Entrainement), Le management environnemental et de la sécurité (La norme 14001 et OHSAS 18001, Les principes clés, Cas pratique), Rappel du management de la Qualité : Référentiel ISO 9001, Assemblage des 3 normes : le système QSE (Les enjeux de chaque référentiel, Concepts et principales exigences de chaque norme, Différence et similitudes, Entrainement), Rappel Approche processus, procédure (Cas pratique), L'analyse des risques environnementale et sécurité (Le risque, le danger, Identifier et analyser, Gérer les risques, Cas pratique), L'audit (Les auditeurs, Préparer un audit, Effectuer la visite d'audit, Conclure l'audit, Intégrer les concepts de DD)						
<b>Bibliographie :</b>						
AFNOR, INERIS, INRS, ARACT, actu-environnement						
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu + Comptes Rendus						

Génie et maintenance nucléaire :

	Coefficient : 1	CM : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 8H00				
Enseignant(s)	INTERVENANTS EDF							
<b>Objectifs :</b>								
Citer les différents équipements qui composent une centrale nucléaire et d'expliquer leur fonctionnement.								
<b>Prérequis :</b>								
Notions de constitution de la matière (atome, noyau). Notions de physique générale : conservation de l'énergie, choc élastique, énergie cinétique, puissance.								
<b>Programme :</b>								
Neutronique et Physique nucléaire, Les différentes filières, Le cycle du combustible, Présentation d'une centrale REP 900MW, Pilotage du cœur, Le contrôle-commande, La sûreté nucléaire, Environnement et radioprotection, Maintenance nucléaire.								
<b>Bibliographie :</b>								
[1] Collection génie atomique de l'INSTN chez EDP sciences.								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final+ Contrôle Continu								

Filière H<sub>2</sub> :

	Coefficient 1	Cours : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 8H00
Enseignant(s)	C. CIOTONEA ET C. GENNEQUIN			
<b>Objectifs :</b>				
L'objectif de ce module est d'avoir une vue d'ensemble de la filière hydrogène allant de sa production à sa distribution. Connaître les technologies de production d'hydrogène, connaître les technologies de purification, de stockage et de distribution.				
<b>Prérequis :</b>				
Chimie générale, catalyse, Electrochimie				
<b>Programme :</b>				
<b>Production d'hydrogène</b> Procédés industriels (reformage, oxydation partielle, électrolyse) Procédés en cours de développement (objectifs, principe, verrous technologiques, perspectives) Sources et répartition de la production Coûts de production Acteurs de l'hydrogène (consommation, utilisation de l'hydrogène,)				
<b>Purification d'hydrogène</b> Purifications par procédés chimiques (RWGS, oxydation préférentielle) Purifications par procédés physiques (membranes, PSA, cryogénie)				
<b>Stockage et distribution d'hydrogène</b> Stockage sous forme gazeuse (réservoir haute pression), liquide (réservoir isolé), dans les solides. Procédés en cours de développement (objectifs, principe, verrous technologiques, perspectives) Réseau de distribution locale et à grande échelle				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen + contrôle TP				

## Energie éolienne offshore

	Coefficient : 1	Cours : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 8H00
Enseignant(s)		A. SENTCHEV (PR ULCO) A. BONDUELLE F. SCHMITT (DR CNRS) C. PIGUET (EDF)	A. SENTCHEV A. BONDUELLE	A. SENTCHEV

### Objectifs :

La France bénéficie de nombreux atouts pour développer l'éolien en mer: un grand potentiel et vaste espace maritime, le savoir-faire industriel et énergétique, des infrastructures portuaires adaptées. La programmation pluriannuelle des investissements fixe à la filière éolienne un objectif de production de **15 000 MW** en mer en **2030**. Par ailleurs, l'industrie éolienne offshore en Europe a connu un record de croissance en 2017 avec 3 200 MW installés dans 17 nouveaux parcs.

L'objectif du module est de fournir une présentation générale de systèmes de conversion d'énergie éolienne, des approches et solutions techniques utilisées pour planifier l'implémentation d'un parc en mer. Des questions d'optimisation de production, d'acheminement de l'énergie, de maintenance, de conflit d'usages seront également évoquées. Cette connaissance devrait permettre à l'élève d'organiser une étude complète d'un site d'exploitation, d'évaluer le potentiel et la rentabilité, de trouver une configuration optimale pour un parc en mer. En même temps, il doit savoir comment mener une étude d'impact d'un parc éolien sur l'environnement marin.

### Prérequis :

Mécanique des fluides, Physique de l'atmosphère, Génie électrique et de procédés, bases d'expérimentation, d'utilisation d'Arduino, de programmation et d'analyse de données

### Programme :

#### Partie 1 : Caractérisation de ressources et recherche de sites

Vent en mer. Approches utilisées pour la recherche de sites et l'estimation du potentiel techniquement exploitable  
 Etudes environnementales, levé de risques  
 Implantation des éoliennes en mer, techniques de pose

#### Partie 2 : Aérogénérateurs et production de l'énergie éolienne

Architecture d'une éolienne  
 Régimes de fonctionnement, performance, optimisation de la conversion de l'énergie éolienne  
 Intermittence de la production, option pour la gestion de l'intermittence  
 Turbulence atmosphérique et son effet sur la production et la fatigue  
 Prévision de la production, modèles et erreurs de prévision

#### Partie 3 : Gestion de parcs

Organisation, fonctionnement et services nécessaires pour la gestion d'un parc  
 Politique d'achat de l'électricité  
 Principe de l'estimation de coût de revient et de rentabilité d'un parc, étude des cas simples  
 Visite de parc éolien d'Ostende  
 Etude d'impact d'un parc éolien offshore sur le milieu marin et l'écosystème. Méthodes de suivi et d'évaluations d'impact.

#### Partie 4 : Travaux pratiques

Etude de fonctionnement et évaluation de performance d'une mini-éolienne instrumentée dans une soufflerie (IUT GTE de Dunkerque). Analyse de la variation de production en fonction du régime de l'écoulement et du niveau de la turbulence. Courbe de puissance. Comparaison de l'énergie réellement récupérée avec la puissance théorique, analyse de performance, théorie de Betz-Joukowski, fonctionnement d'un disque actuateur dans un écoulement laminaire.

#### Modalités d'enseignement : langue Anglaise ; utilisation d'une soufflerie et d'Arduino en TP

#### Bibliographie :

- B. Multon : Énergies marines renouvelables. Lavoisiers, 2011.
- T. Barton, D. Sharfpe, N. Jenkins, E. Bossanyi: Wind Energy Handbook, 2001.
- M. Rapin, J-M Noël : L'Énergie Éolienne - Du petit éolien à l'éolien offshore, Dunod, 2016.

#### Modalités d'évaluation : Examen Final + Contrôle Continu

Décarbonation :

	Coefficient 1	Cours : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 8H00
Enseignant(s)		C. CIOTONEA	C. CIOTONEA	C. CIOTONEA

Objectifs :

L'objectif de ce module est de faire une introduction sur la problématique autour de la décarbonation de l'industrie, les défis et les solutions technologiques associés au captage, à l'utilisation et au stockage du carbone (CCUS). Connaître les technologies de captage et de stockage de CO<sub>2</sub>, et les principales technologies de valorisation du CO<sub>2</sub>.

Prérequis :

Chimie générale, thermodynamique, Génie des procédés

Programme :**Bilan carbone**

Introduction au Bilan Carbone. Bilan Carbone pour « entreprise » et « collectivité »

**Capture, Utilisation Et Stockage Du Carbone**

Les principales technologies et méthodes de capture du carbone

Le transport du CO<sub>2</sub> et le stockage (souterrain) ; les critères techniques, économiques et environnementaux, ainsi que leur stade de développement

Les techniques de purifications du CO<sub>2</sub>. La valorisation du CO<sub>2</sub>

Technologies de décarbonation industrielle, avec des exemples d'usines pilotes en exploitation. L'optimisation des procédés industrielle en vue de la décarbonation

Les technologies négatives en carbone

Modalités d'enseignement : langue AnglaiseBibliographie :

W. Kuckshinrichs J.-F. Hake, Carbon Capture, Storage and Use, Springer, 2014

CO<sub>2</sub> Capture and Storage, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008

Modalités d'évaluation : Examen + contrôle TP/projet

Energie solaire :

	Coefficient 1	Cours : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 8H00
Enseignant(s)		K. FERCHICHI	K. FERCHICHI	K. FERCHICHI
<b>Objectifs :</b>				
Les compétences visées dans ce cours sont les suivantes : Connaître les différentes technologies disponibles et en émergence, évaluer les besoins en chaleur ou en électricité d'un bâtiment, d'un site ou d'un procédé industriel, dimensionner une installation, calculer la rentabilité d'un système solaire, maîtriser les aspects normatifs et de sûreté des installations.				
<b>Prérequis :</b> Bases en électricité				
<b>Programme :</b>				
Partie 1 : Solaire photovoltaïque				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effet photovoltaïque</li> <li>- Technologies de panneaux solaires</li> <li>- Conception d'une installation solaire PV raccordée au réseau</li> <li>- Systèmes autonomes (mini-réseaux)</li> <li>- Réglementation</li> <li>- Analyse économique</li> </ul>				
Partie 2 : Solaire thermique				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluation des besoins en chaleur</li> <li>- Technologies de panneaux solaires thermiques</li> <li>- Conception d'une installation solaire pour la production d'eau chaude ou de chauffage</li> <li>- Réglementation</li> <li>- Analyse économique</li> </ul>				
Partie 3 : Autres installations solaires				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installations hybrides PV/T</li> <li>- Climatisation solaire</li> <li>- Installations solaires haute température</li> </ul>				
<b>Bibliographie :</b>				
Gérard Moine : L'électrification solaire photovoltaïque, Observ'ER				
Felix A. : Installations solaires thermiques, Observ'ER – Solarpraxis				
<b>Modalités d'évaluation :</b> examen final + contrôle TP				

**Mineure 1 :****Gestion intelligente de l'énergie : SmartGrid**

	Coefficient : 1	Cours : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 8H00
Enseignant(s)		NICOLAS WALDHOFF	NICOLAS WALDHOFF	K. ALMAKSOUR
<b>Objectifs :</b>				
Etre capable d'identifier un réseau intelligent du « Nano Grids » au « Super Grids » et de pouvoir traiter de divers aspects : technologique, économique, sociétale, réglementaire, internationale, nationale et régionale. Il sera aussi question de système multi échelles.				
Il s'agira de décrire les systèmes innovants de gestion de l'énergie. Ce système, en lien avec des technologies informatiques, permet d'optimiser la production, la distribution et aussi la consommation dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique de l'ensemble du réseau.				
<b>Prérequis :</b> Connaître les réseaux de distribution de l'énergie, les différentes formes d'énergies et le stockage de l'énergie.				
<b>Programme :</b>				
Nous allons dans un premier temps revenir sur le contexte de la mise en place d'un réseau à gestion intelligente d'énergie notamment en s'appuyant sur la Troisième Révolution Industrielle (TRI) énoncée par Jeremy Rifkin. Nous aborderons différents concepts autour du SmartGrid à savoir :				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimisation de la production</li> <li>- Optimisation de l'acheminement de l'électricité</li> <li>- Contrôle et sécurité du réseau et des utilisateurs</li> <li>- Efficacité énergétique</li> <li>- Technologies utilisées</li> <li>- Aspects financiers</li> </ul>				
<b>Bibliographie :</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La Troisième Révolution Industrielle (Jeremy Rifkin)</li> <li>- Smart Grid, Fundamentals of Design and Analysis (James A. Momoh)</li> </ul>				
<b>Modalités d'évaluation :</b> contrôle continu + examen				

**Mineure 1 :****Big Data**

	Coefficient : 1	Cours : 10H	TD : 8H	TP/Projet : 8H
Enseignant(s)		M. BOUNEFFA	M. BOUNEFFA	M. GAROUANI

**Objectifs :**

L'objectif principal de ce cours est d'introduire la notion de big data et ses principales applications. Ce cours identifie les spécificités des big data en termes de caractéristiques principales des données concernés : volume, vitesse, etc. Il décrit également les systèmes de gestion de données dédiés aux big data et les architectures des systèmes principaux de traitement des données massifiées ou big data.

**Prérequis :**

Des connaissances en bases de données et en programmation sont nécessaires.

**Programme :**

Qu'est-ce que les big data ?

-Explicitation à partir de la notion des 5V

Exemples d'application des big data

-Analyse des réseaux : réseaux sociaux, etc.

-Analyse de données provenant d'objets connectés

-Analyse des flux de données continus : streaming

-Analyse des données du web

Les systèmes de gestion de données pour le big data et le NoSQL

-Bases de données orientées documents

-Bases de données orientées graphes

-Bases de données orientées colonnes

Architecture Apache HADOOP

-Calcul distribué et algorithme Map Reduce

**Bibliographie :**

[1] Christophe Brasseur, Enjeux et Usages du Big Data, Lavoisier Hermes.

[2] Rudi Bruchez, Les bases de données NoSQL et le Big Data: Comprendre et mettre en œuvre, Editions Eyrolles, 2015

**Modalités d'évaluation :**

Etude Bibliographique, TP et examen final

**Mineure 1 :****Intelligence Artificielle**

	Coefficient : 1	Cours : 10H	TD : 8H	TP/Projet : 8H
Enseignant(s)		A. COSSE	A. COSSE	A. COSSE
<b>Objectifs :</b>				
Le but de ce cours est d'initier les étudiants aux approches et techniques de l'intelligence artificielle et à leur application pour la résolution de problèmes, en particulier ceux liés à l'énergie et l'environnement. On s'intéressera à la résolution des problèmes d'optimisation combinatoire difficiles (méthodes exactes, approchées), et aux techniques d'apprentissage, avec un focus particulier sur le <i>deep learning</i> .				
<b>Prérequis :</b>				
Bases d'algorithmique et de programmation				
<b>Programme :</b>				
Méthodes génériques de résolution exacte de problèmes d'optimisation : programmation dynamique, recherche arborescente. Heuristiques et métahéuristiques pour la résolution approchée. Bases de l'apprentissage et introduction aux perceptrons et réseaux de neurones. Introduction aux réseaux convolutifs et au <i>deep learning</i> . Applications en Python (Keras, Tensorflow, Pytorch) avec Jupyter lab.				
<b>Bibliographie :</b>				
[1] <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_optimization">https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_optimization</a>				
[2] Chollet, F (2020). <i>L'apprentissage profond avec python</i> . Machinelearning.fr. ISBN : 2491674009.				
[3] Formation Fidle CNRS <a href="https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/talks/fidle/-/wikis/home">https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/talks/fidle/-/wikis/home</a>				
<b>Modalités d'évaluation :</b>				
Examen final + contrôle continu				

Mineure 2 :Energies Marines Renouvelables

	Coefficient : 1	Cours : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 8H00
Enseignant(s)		A. SENTCHEV (PR ULCO) A. BONDUELLE M. THIEBAUT (ENERGIE MARINE) C. ROCHE (PR ULCO)	A. SENTCHEV A. BONDUELLE	A. SENTCHEV

Objectifs :

Afin de préparer la transition énergétique, il convient de trouver des nouvelles solutions de production électrique. La France, avec sa très large façade maritime, les vents forts, les marées puissantes et les vagues, possède un potentiel important, pourtant encore sous-exploité. Les différentes énergies marines renouvelables, abondantes sur le plateau continental nord-ouest européen, seront présentées dans ce module : énergie hydraulique, marémotrice, houlomotrice, thermique et osmotique. Les différentes approches et solutions techniques modernes utilisées pour convertir les énergies de la mer en électricité seront abordées. Les questions de logistique, d'exploitation et de maintenance, de conflit d'usages, d'optimisation de production et d'acheminement de l'énergie seront également évoquées. Cette connaissance devrait permettre à l'élève d'organiser une étude complète d'un site d'exploitation, d'évaluer le potentiel et la rentabilité, de trouver des technologies adaptées pour la conversion de l'énergie. En même temps, il doit savoir comment organiser une étude d'impact de l'exploitation sur l'environnement et écosystème marin et comment gérer des problèmes administratifs.

Prérequis :

Mécanique des fluides, Physique de l'environnement, Génie électrique et de procédés

Programme :Partie 1 : Caractérisation de ressources des énergies marines sur le plateau Nord-Ouest Européen

Marée et courants de marée: méthodes d'évaluation du potentiel théorique et techniquement exploitable: mesures, modélisation. Champ de vagues, observation, modélisation, données d'archives, méthodes de quantification de la ressource.

Partie 2 : Systèmes de conversion des énergies marines

Production marémotrice : Présentation de sites industriels existants, cycle de production, coûts et impacts environnementaux.

Production hydrolienne : architecture et types de récupérateurs, outils d'analyse numériques et expérimentaux de production, évaluation de performance, comportement de structures en mer, essais en bassin, essais en mer.

Energie thermique (thalasso-thermie) et osmotique

Partie 3 : Sites démonstrateurs, projets émergents

Organisation, statut, fonctionnement et services proposés par de différents sites: EMEC, DanWEC, SEM-REV, P-TEC

Projets émergents en Europe (Swansea Bay, Pentland Firth, UK, Grevelingen, NL) et en France

Partie 4 : Economie, Législation, Impacts environnementaux

Revue et analyse de performance économique de différents systèmes de conversion des énergies marines renouvelables

Coût de revient, durée de vie, rentabilité de systèmes

Principe d'estimation de coût de revient pour des cas simples (hydrolienne fluviale, hydrolienne marine, ...)

Normes européennes relatives à l'installation des parcs de récupérateurs en mer (ISO, articles 6.3, 6.4 ...)

Législation nationale et européenne pour l'obtention de la licence d'exploitation et l'évaluation d'impact sur l'environnement

Installation des hydroliennes: étude amont

Etude d'impacts sur l'environnement: état des lieux avant l'installation, méthodes d'échantillonnage et d'analyse, monitoring, modélisation

Visite de sites d'exploitation (La Rance, TPP Brouwersdam (NL)). Visites virtuelles d'autres sites (vidéo, film, supports pédagogiques)

Modalités d'enseignement : langue AnglaiseBibliographie :

B. Multon Énergies marines renouvelables. Lavoisiers.

B. Multon Énergie thermique, houlogénération et technologies de conversion et de transport des énergies marines renouvelables. Lavoisiers

O. Edenhofer. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge University Press

Modalités d'évaluation : Examen Final + Contrôle Continu

**Mineure 2 :****Problématiques énergétiques et environnementales en zone portuaire**

	Coefficient : 1	Cours : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 8H00
Enseignant(s)		F. VANOOSTEN	F. VANOOSTEN	F. VANOOSTEN

**Objectifs :**

Savoir réduire la pollution atmosphérique du navire en mer et au port par l'optimisation de sa consommation énergétique par la mise en œuvre de solutions opérationnelles et technologiques innovantes.

**Prérequis :**

Eléments de chimie de base, Thermochimie

Programmation postérieure au cours: Combustion: production d'énergie et traitement des pollutions

**Programme :**

- 1 - Description des différentes énergies utilisées et des différents systèmes de production des énergies de propulsion et auxiliaires à bord des navires
- 2 - Calcul des différentes consommations énergétiques des navires
- 3 - Calcul du bilan énergétique du navire
- 4 - Pollution atmosphérique produite par le navire en mer et au port
- 5 - Calcul des différentes empreintes environnementales du navire
- 6 - Contraintes réglementaires internationales en mer et au port (Convention MARPOL 78 annexes 6)
- 7 - Réduction de la pollution atmosphérique générée par les navires en mer et au port
  - 7-1 - Gestion optimisée de la consommation énergétique du navire
  - 7-2 - Calcul de l'EEDI Energy Efficiency Design Index de l'OMI (application MEPC 212(63))
  - 7-3 - Solutions opérationnelles
  - 7-4 - Solutions technologiques
  - 7-5 - Énergies nouvelles - solutions hybrides
  - 7-6 - Études de cas - slow steaming - reblading - mesures et calcul de l'impact des différentes salissures de coque et d'hélice (application de la norme ISO 15016), boucle de cogénération...
  - 7-7 - Fourniture d'énergie par la terre = Onshore Power Supply
  - 7-8 - Gestion optimisée de la puissance auxiliaire du navire au port
  - 7-9 - Le Green port concept

**Bibliographie :**

IMO - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)

Annex VI Prevention of Air Pollution from Ships

IMO - RESOLUTION MEPC 212(63) Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships

ISO - 15016-2015 Ships and marine technology -- Guidelines for the assessment of speed and power performance by analysis of speed trial data

Documentation constructeurs: Wartsilä Marine - Man Energy Solutions - Roll Royce MArine

**Modalités d'évaluation :** examen + étude de cas

**Mineure 2 :****Pollution atmosphérique**

	Coefficient : 1	Cours : 10 H	TD : 8H	TP/Projet : 8H
Enseignant(s)		H. DELBARRE A. ROUCOU F. CAZIER	H. DELBARRE A. ROUCOU F. CAZIER	H. DELBARRE A. ROUCOU F. CAZIER

**Objectifs :**

L'objectif est d'introduire les outils théoriques et expérimentaux pour une analyse avancée de l'atmosphère, notamment de la couche limite atmosphérique et des phénomènes météorologiques locaux (brise de mer par exemple). On introduira les éléments théoriques, permettant d'appréhender les phénomènes dynamiques dans l'atmosphère, afin de mieux comprendre les facteurs naturels influençant le vent. Les outils d'observation locale et de télédétection seront ensuite présentés au regard des applications envisagées, notamment la production éolienne. Un professionnel de la société LEOSPHERE (leader mondial dans la mesure du vent par télédétection) interviendra dans le domaine de la télédétection par lidar Doppler. Des instruments de télédétection seront effectivement utilisés dans le cadre de 2 séances de travaux pratiques.

**Prérequis :**

Physique générale.

Mécanique des fluides : fluides parfaits et visqueux, équations de Navier-Stokes

Thermodynamique : principes

**Programme :**

- Introduction générale à l'atmosphère : phénomènes atmosphériques et leurs échelles spatio-temporelles
- Phénomènes d'advection et de convection
- Notion de turbulence atmosphérique et introduction des flux turbulents
- Notion de couche limite atmosphérique
- Profils verticaux des grandeurs météorologiques. Notion de stabilité atmosphérique
- Méthodes expérimentales d'observation dans la troposphère :
- Métrologie des flux turbulents
- Télédétection de la structure et de la dynamique troposphérique

**Bibliographie :**

Delmas, R., Mégie, G., Peuch, V., and Brasseur, G. (2005). Physique et chimie de l'atmosphère. Ed. Belin.

Simpson, J.E. (1994). Sea Breeze and local winds, Cambridge University Press, 234 pages.

Stull, R.B. (1988). An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Ed. Kluwer Academic Publishers.

**Modalités d'évaluation :** Examen

Alternance Recherche :

	Coefficient : 1	Cours : 2H00	TD : 2h00	Projet Bibliographique et soutenance : 28h00
Enseignant(s)			GILLES ROUSSEL	DIVERS ENSEIGNANTS - CHERCHEURS DES LABORATOIRES D'APPUI DE L'EIL-COTE D'OPALE
<b>Objectifs :</b>				
En continuité avec la présentation de la recherche effectuée en deuxième année, l'objectif de ce projet est :				
(1) approfondir un thème à partir de la littérature scientifique, (2) rédiger un rapport scientifique en apportant la rigueur de l'analyse, (3) développer une expérience en autoformation, (4) effectuer une présentation didactique, (5) lire et comprendre des articles en anglais et s'approprier le vocabulaire technique du sujet.				
<b>Prérequis :</b>				
- Bon niveau de lecture en anglais				
<b>Programme :</b>				
- 2h de TD pour la présentation du projet et de la méthode de travail - 23h30 de travail personnel pour la lecture des sources bibliographiques et rédaction de l'étude bibliographique - 4h préparation de la soutenance - 0h30 Soutenance de l'étude bibliographique				
<b>Bibliographie :</b>				
<b>Contrôle des connaissances :</b> Rapport et soutenance				

## 2.2 Unités d'enseignements Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales

### 2.2.1 Première année du Cycle Ingénieur (CING1)

Management de projets :

	Coefficient : 2	CM : 14H00	TD : 14H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant(s)	F. FOURNIER / C. CORLAY			

**Objectifs :**

Le cours de Management de Projets permet d'acquérir les bases, la méthodologie, et certains outils afin de mener de façon efficiente un projet. Le Management de Projet comprend le Pilotage - la Direction - et la Gestion des Outils du projet. Ce cours tient compte de l'exigence de la Responsabilité Sociétale de l'Entreprise. Méthodes et outils pour le projet sont mis en application : la feuille de route, les objectifs smarts, le mind mapping, le diagramme Ishikawa, la roue de Deming, l'AMDEC, ... ; ainsi que des outils de développement personnel et de bon management.

**Prérequis :**

Connaissance du fonctionnement d'une entreprise, d'une organisation (association...).

**Programme :**

Ce module permet de se former à la conduite et au pilotage d'un projet. Grâce au développement de votre projet solidaire, vous pourrez mettre en application concrète et utile cette formation. Au commencement, la créativité ou comment apprendre à générer des idées projet ? Ensuite, nourri par le forum des associations, vous pourrez apprendre à valider votre projet.

Viendra après l'enrichissement de votre projet par les interventions en Solidarité et Actions Internationales, guidé par la méthodologie projet qui vous sera enseignée.

**Bibliographie :**

- [1] «L'essentiel de la Gestion de Projet » Roger Aïm – Edition Gualino
- [2] « Le Kit du chef de Projet » Hugues Marchat – Edition Eyrolles
- [3] « Management de Projet » Jean Claude Corbel – Edition d'Organisation
- [4] « 100 questions pour comprendre et agir – RSE et développement durable » Alain Jounot – Edition Afnor 2010

**Modalités d'évaluation :** Examen Final+ Contrôle Continu

L'ingénieur écoresponsable :

	Coefficient : 1	CM : 18H00	TD : 00H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant(s)	F. FOURNIER							
<b>Objectifs :</b>								
Faire découvrir et aimer l'entreprise de façon ludique, Faire découvrir le rôle de l'ingénieur dans l'entreprise, Donner l'envie d'apprendre les matières qui seront enseignées au cours des 3 années passées à l'EILCO.								
<b>Prérequis :</b> Avoir du bon sens, être curieux et se sentir concerné par les enjeux des futures entreprises. Se rendre sur le site <a href="http://www.educentreprise.fr/">http://www.educentreprise.fr/</a> pour y découvrir une collection numérique gratuite et effectuer les tests de connaissances								
Les élèves ingénieurs étudieront comment travailler autour d'un projet commun avec des hommes et des femmes afin de développer une activité économique viable. A partir de cas concrets, différents aspects de l'entreprise seront abordés, notamment : son fonctionnement, son organisation, ses enjeux, ses droits et ses devoirs ainsi que ses responsabilités. Au travers d'ateliers ludiques, les élèves seront mis dans certaines situations qu'ils pourraient rencontrer en entreprise afin de comprendre le rôle, les missions et les responsabilités de l'ingénieur, notamment : le management, la sécurité, les responsabilités sociales, l'éthique et la déontologie. En effectuant divers travaux, les enjeux auxquels les entreprises sont confrontées au quotidien seront découverts, notamment : la productivité, la compétitivité, le développement durable.								
<b>Bibliographie :</b> <a href="http://www.educentreprise.fr/">http://www.educentreprise.fr/</a>								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final								

Gestion de l'entreprise :

	Coefficient : 1	CM : 8H00	TD : 10H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant(s)	LE THI KIM SON							
<b>Objectifs :</b>								
Sensibiliser les étudiants au traitement des données comptables de l'entreprise et apprêhender les principaux outils de gestion pour un pilotage efficace de l'entreprise.								
<b>Prérequis :</b> Généralités d'entreprises. Connaissance des fondamentaux de l'économie et de l'organisation d'entreprise.								
<b>Programme :</b> <u>Partie 1 : Introduction à la comptabilité d'entreprise</u> Les principes de base de la comptabilité générale Les principes d'écriture comptable Le bilan Le compte de résultats <u>Partie 2 : Applications</u> Application de ces concepts à une étude de cas								
<b>Bibliographie :</b> [1] Grandguillot, B., Grandguillot, F., L'essentiel du contrôle de gestion. 6ème éd. Gualino. 2012. [2] Pierre Maurin. Le contrôle de gestion facile, éditions afnor, 2008. [3] Calmé, Hamelin, Lafontaine, Ducroux, Gerbaud, Introduction à la gestion, Dunod, 2013.								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu								

**Droit de l'entreprise :**

	Coefficient : 1	CM : 8H00	TD : 6H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant(s)	S. NUTTEN-BOSsus							
<b>Objectifs :</b>								
Découvrir le monde de l'entreprise								
Choisir le mode d'exercice de l'activité								
Maîtriser les différences entre exercice sous la forme sociale ou sous la forme individuelle de l'activité professionnelle								
Appréhender les bases de la propriété industrielle								
<b>Prérequis :</b>								
Aucun								
<b>Programme :</b>								
Partie 1 : L'entreprise								
Partie 2 : L'exercice individuel de l'activité								
Partie 3 : Droit de la propriété industrielle								
<b>Bibliographie :</b>								
[1] memento "droit commercial" des éditions Francis Lefebvre								
[2] "droit des affaires" des éditions LAMY								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final								

**Technique de communication :**

	Coefficient : 1	CM : 00H00	TD : 14H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant(s)	P. CARON							
<b>Objectifs :</b>								
Permettre à l'étudiant d'acquérir les techniques de communication, en tant qu'étudiant et futur manager.								
<b>Prérequis :</b>								
Maîtrise de la langue française, orale et rédactionnelle								
<b>Programme :</b>								
- Rédiger un CV et une lettre de motivation et réussir son entretien.								
- Prendre la parole en public.								
- Communiquer en entreprise (publicité, logo, journalisme...).								
- Rédiger un rapport de stage et présenter une soutenance.								
- Communiquer avec le monde (asiatique....).								
<b>Bibliographie :</b>								
[1] "5 minutes pour convaincre" de Jean Claude Martin								
[2] "Heureux qui communique" de Jacques Salomé								
[3] "Présentation désign" de Frédéric Le Bihan et Anne Flore Cabouat								
[4] "S'affirmer et communiquer" de Jean Marie Boisvert et Madeleine Beaudry								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Contrôle Continu								

Management du risque / ISO 31000:

Contenu a réduire

	Coefficient : 2	CM : 10H00	TD : 00H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant(s)	F. FOURNIER							
<b>Objectifs :</b> Connaitre le contexte normatif de la maitrise								
<b>Prérequis :</b> aucun								
<p><b>Programme :</b></p> <p>1 - Comprendre le contexte normatif du management du risque Le risque dans les référentiels ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, EFQM® et ISO 26000 L'ISO 31000, ses atouts et apports pour l'organisme La terminologie associée au risque</p> <p>2 - Analyser le contexte de l'organisation L'environnement culturel, politique et social La pression des parties intéressées</p> <p>3 - Établir ses orientations et sa ligne de conduite en matière de risque L'engagement de la direction La clarification des priorités Les réflexes, attitudes, comportements induits Le déploiement des objectifs et outils</p> <p>4 - Intégrer la gestion des risques au sein même des processus de l'organisation La cartographie des processus Les risques inhérents aux processus La préparation des acteurs de processus à la gestion des risques La documentation associée Les responsabilités et les ressources de gestion des risques</p> <p>5 - Communiquer en interne et en externe L'information relative aux risques (rapports, tableaux de bord...) Les canaux de communication Les parties intéressées, leurs attentes</p> <p>6 - Mettre en œuvre le processus de management des risques L'identification des risques Les critères d'évaluation L'analyse et le traitement des risques La planification des actions correctives et préventives Le suivi de l'amélioration continue</p>								
<b>Bibliographie :</b>								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final								

Management des équipes :

	Coefficient : 1	CM : 00H00	TD : 18H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant(s)	F. FOURNIER			

**Objectifs :**

Permettre à l'étudiant d'appréhender la fonction management au sein de l'entreprise

Confronter l'étudiant à la posture de manager d'équipe, d'acquérir les bases du management tant du point de vue collectif qu'inter individuel ; identifier les éléments de son style de leadership

**Programme :**

Prendre la dimension de ses responsabilités au sein de l'entreprise : S'approprier le sens de son action. Construire une vision qui donne du sens à son action. S'affirmer en développant son leadership

Le rôle du cadre expert, non manager : Se positionner dans l'entreprise (relations avec les services et la direction). Ses responsabilités. Sa communication.

Devenir le manager de ses collègues : Se faire reconnaître par ses anciens collègues comme le manager indiscutable de l'équipe. Mettre en place une véritable relation hiérarchique sans renier son passé d'ancien collègue.

Connaître les rôles et les activités du manager : Identifier les différentes dimensions du poste. Connaître les différentes activités liées à sa mission. Adopter la bonne posture au regard de ses activités de manager.

Fixer des objectifs et mobiliser l'équipe : Donner du sens à l'action. Savoir fixer des objectifs motivants, clairs, précis et mesurables. Planifier le développement des personnes.

Déléguer pour motiver et responsabiliser : Alléger l'emploi du temps du manager et le recentrer sur ses fonctions d'encadrement. Optimiser le management des compétences par la responsabilisation. Augmenter l'autonomie et la motivation des collaborateurs.

L'entretien individuel : Savoir présenter le bilan d'activité annuel réalisé par le collaborateur. Définir des objectifs avec les indicateurs. Savoir réagir aux différentes réactions du collaborateur.

Gérer un conflit : Comprendre les mécanismes d'un conflit et les dommages de l'agressivité. Identifier les étapes nécessaires pour sortir gagnant d'un conflit. Appliquer une méthode de médiation facilitant la gestion des conflits.

**Bibliographie :**

- [1] « Manageor » de Barabel – Meier
- [2] « Managez dans la joie » de Paul-Hervé Vintrou
- [3] « Manager » de Henry MINTZBERG
- [4] « Manager au quotidien » de Stéphanie Brouard.
- [5] « La boîte à outils du management » de Patrice Stern
- [6] « Le manager minute » de Johnson Spencer Blanchard Kenneth (Auteur)
- [7] « Les 7 habitudes de ceux qui réalisent tout ce qu'ils entreprennent » de Stephen Covey
- [8] « L'étoffe des leaders » de Stephen Covey

**Modalités d'évaluation :** Examen Final + Contrôle Continu

Droit du travail :

	Coefficient : 1	CM : 8H00	TD : 6H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant(s)	L. MASSON							
<b>Objectifs :</b>								
Avoir un aperçu des notions essentielles du droit du travail : contrat de travail, procédure disciplinaire (sanctions, licenciements), représentants du personnel (délégué du personnel, comité d'entreprise)								
Permettre au futur ingénieur de maîtriser les éléments juridiques essentiels qui régissent les relations entre employeurs et employés – salariés.								
<b>Prérequis :</b>								
Connaître les bases du droit : les sources et juridictions								
Des notions de droit des sociétés peuvent être utiles								
<b>Programme :</b>								
Partie 1 : Les relations individuelles du travail en matière de recrutement, de contrat de travail, de clauses,								
Partie 2 : Les relations collectives de travail – le règlement intérieur de l'entreprise, gestion de la masse salariale.								
<b>Bibliographie :</b>								
[1] Lamy Social,								
[2] Francis Lefebvre Social,								
[3] Droit du travail, Précis, éditions DALLOZ								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final								

Finances pour l'entreprise :

	Coefficient : 1	CM : 8H00	TD : 10H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant(s)	B. CATEZ							
<b>Objectifs :</b>								
Savoir interpréter les données fournies par les comptes annuels, réaliser un diagnostic financier et participer aux décisions de gestion financières tant stratégiques que courantes.								
<b>Prérequis :</b>								
Gestion de l'entreprise								
<b>Programme :</b>								
Partie 1 : Analyse du bilan et du compte de résultat								
Analyse de l'activité et des résultats de l'entreprise								
Analyse de la structure financière								
Partie 2 : Le diagnostic financier								
Le diagnostic de la rentabilité								
Le diagnostic du risque								
Partie 3 : Création de valeur et décisions financières								
Evaluation, création de valeur et choix d'investissement								
Décisions de financement								
<b>Bibliographie :</b>								
[1] Gérard CHARREAU, Gestion financière éditions LITEC, 2000.								
[2] Gérard CHARREAU, Finance d'entreprise, éditions EMS, 2014								
[3] Finance, Michel LEVASSEUR et Aimable QUINTART, éditions Economica, 1998.								
[4] La gestion financière, Gérard MELYON, Edition Bréal								
[5] La comptabilité analytique, Gérard MELYON, Edition Bréal								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu								

Gestion des ressources humaines :

	Coefficient : 1	CM : 0H00	TD : 14H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant(s)			S. HENRY	
<b>Objectifs :</b>				
Permettre à l'étudiant d'appréhender la fonction gestion des ressources humaines au sein de l'entreprise.				
<b>Prérequis :</b>				
Maîtrise de la langue française, orale et rédactionnelle, Connaissance de « l'entreprise » suite à une période de stage.				
<b>Programme :</b>				
Recruter un collaborateur et l'intégrer au sein de l'entreprise Rédiger un contrat de travail Animer une équipe et apprécier les compétences				
<b>Bibliographie :</b>				
[1] « Manageor » de Barabel-Meier [2] « Managez dans la joie » de Paul-Hervé Vintrou [3] « Exercices de GRH » Chloé Guillot, Héloïse Cloet, Sophie Landrieux				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu				
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final QCM et Etude de cas + Contrôle Continu (TD)				

## Analyse des Situations de Travail :

	Coefficient : 3	Cours : 0H00	TD : 30H00	TP/Projet : 0H00
Enseignant(s)	A.BERTHOUX			

### **Objectifs :**

L'Analyse des Situations de travail (AST) repose sur les principes de l'Action de Formation En Situation de Travail (AFEST) dont la particularité est d'utiliser et valoriser les situations de travail comme processus de sensibilisation à la connaissance du monde de l'entreprise et d'acquisition de compétences diverses transférables au monde de l'entreprise. Il a pour objet second de préparer les étudiants souhaitant s'engager dans la voie de l'alternance à une recherche de contrat d'alternance par une démarche d'accompagnement à la prise de conscience de ses capacités, qualités et aptitudes.

Cet ECUE prend en compte la réalité du monde de l'entreprise en tirant parti de véritables situations de travail et/ou d'échanges avec des professionnels de terrain (Responsable de service, service RH...).

Cet ECUE de sensibilisation s'inscrit dans un processus d'apprentissage long sur les trois années de cycle d'ingénieur et de préparation, notamment aux UE dits "Missions en entreprise" des deux dernières années du cycle d'ingénieur de la voie de formation par apprentissage (FISEA). Il s'appuie également sur les différents enseignements des ECUE de SHEJ S2.

### **Objectifs d'apprentissage :**

L'étudiant devra être capable d'avoir une connaissance raisonnée de l'entreprise et des compétences méthodologiques et réflexives transférables au monde de l'entreprise.

### **Prérequis**

UE SHEJS1 (Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales) et la conférence appelée "processus personnalisé" du semestre S5

### **Programme :**

**Principes de fonctionnement du cours :** L'ECUE AST repose sur une pédagogie active se basant principalement sur une pédagogie dit Apprentissage par le problème. Il encourage ainsi le développement de compétences professionnelles à travers la pratique réflexive et le travail de groupe et d'acquérir des notions nouvelles de façon active. En parallèle, sera mise en place des exercices de compréhension, d'acquisition et d'application sur l'objectif de conscientisation, verbalisation et validation des capacités de chaque étudiant.

**Informations sur les services complémentaires :** utilisation de la bibliothèque, utilisation de ressources en ligne (site web, plate-forme d'enseignement à distance, thésaurus, etc.).

### **Eléments de programme :**

Sociologie des organisations

**L'entreprise comme système complexe :** compréhension à travers l'analyse systémique.

### **Acteurs et système**

Enjeux de l'analyse des acteurs concernés par l'activité et/ou la mission

Définition, typologie et matrices d'analyse des acteurs d'un projet

Culture d'entreprise et jeu d'acteurs

Quels degrés de responsabilité et d'actions dans les fonctions de pilotage, de supervision, de coordination... ?

### **Objectifs et indicateurs**

Cadrage et pilotage d'une mission et/ou d'une activité, paramètres à prendre en compte

Objectif : définition

Indicateurs : définition, mesure d'une situation initiale, objectifs de progrès, mesure d'une situation finale & typologie

### **Approche Compétences**

Définition des contours des concepts de Compétence, capacités, qualités et aptitudes et d'employabilité.

**Bibliographie :****Objectif 1 : Compréhension raisonnée de l'entreprise (Liste non exhaustive)**

- [Philippe Bernoux](#), Henri Amblard, Gilles Herreros et Yves-Frédéric Livian, Les nouvelles approches sociologiques des organisations, Seuil, 2005
- [Luc Boltanski et Ève Chiapello](#), Le nouvel esprit du capitalisme, Paris, Gallimard, coll. « NRF essais », 1999, 843 p. ([ISBN 978-2-07-074995-9](#))
- [Michel Crozier et Erhard Friedberg](#), L'acteur et le système : Les contraintes de l'action collective, Paris, Seuil, 1992
- [Michel Liu](#), Fondements et pratiques de la recherche-action, Paris, L'Harmattan, 1997, 350 p. ([ISBN 978-2-7384-5780-6](#), [présentation en ligne \[archive\]](#))
- [Henri Mintzberg](#), Le pouvoir dans les organisations, Paris, Éditions d'Organisation, 1986
- [Jean-Daniel Reynaud](#), Les règles du jeu : L'action collective et la régulation sociale, Paris, Armand Colin, 1997
- [Renaud Sainsaulieu](#), L'identité au travail, Paris, Presses de Sciences Po, 1977
- [Serge Dufoulon](#), Les gars de la marine, Paris, Métailié, 1998

**Objectif 2 : Approche Compétences (Liste non exhaustive)**

- Grégoire Evequoz, Les compétences clés : pour accroître l'efficacité et l'employabilité de chacun, Editions Liaisons, 2004 – 156 p.
- François-Marie Gérard, Evaluer des compétences : guide pratique, De Boeck, 2009 – 207 p.
- Michel Huber, Inventer des pratiques de formation : dynamiser un développement personnel et professionnel, Chronique Sociale, 2010 – 159 p.
- Philippe Jonnaert, Moussadak Ettaayebi, Rosette, Curriculum et compétences : un cadre opérationnel, DEFISE – De Boeck, 2009 – 111 p
- Guy Le Boterf, De la compétence : essai sur un attracteur étrange, Editions d'Organisation, 1994 – 175p.
- Bernard Rey, Les compétences transversales en question, ESF, 1998 – 216 p.

**Contrôle des connaissances :**

Contrôle continu sur des cas pratiques d'entreprise

Evaluation d'un dossier de recherche active de contrat en alternance

## 2.2.2 Deuxième année du Cycle Ingénieur (CING2)

### Entrepreneuriat :

	Coefficient : 2	CM : 8H00	TD : 20H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant(s)	N. RIVENET	N. RIVENET, CEL'INNOV		
<b>Objectifs :</b>				
Sensibiliser les étudiants à l'esprit d'entreprendre dans le but de les familiariser avec les valeurs et les compétences entrepreneuriales.				
Outil pédagogique permettant la découverte, la confirmation, le choix et l'utilisation des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être liés au lancement d'activité et/ou au développement d'entreprise établie, et ce de manière concrète et interactive en privilégiant le travail de groupe.				
<b>Prérequis :</b>				
Aucun				
<b>Programme :</b>				
Traiter toutes les étapes d'un parcours de création-reprise qui conduisent à l'élaboration d'un projet et au montage d'un business plan notamment :				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse du marché</li> <li>- Plans d'actions commerciales</li> <li>- Détermination des moyens de fonctionnement</li> <li>- Choix d'un statut juridique et social</li> <li>- Construction des comptes prévisionnels</li> </ul>				
Connaître l'écosystème entrepreneurial du territoire				
<b>Bibliographie :</b>				
Sites internet dédiés à la création				
<b>Modalités d'évaluation :</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 notes de groupe <ul style="list-style-type: none"> <li>- 35 % de la note : dossier à rendre pour le 21 novembre 2022 (1 point en moins pour chaque jour de retard)</li> <li>- 15 % de la note : Pitch le 21 novembre évalué par un jury externe.</li> </ul> </li> <li>- 1 note individuelle : portfolio de compétences à compléter par rapport à votre travail sur le projet et votre participation au cel'innov (joindre la feuille de présence) : 50 % de la note finale pour le module d'entrepreneuriat</li> </ul>				

### Marketing pour l'entreprise :

	Coefficient : 1	CM : 08H00	TD : 10H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant responsable			J-L. CHAIX	
<b>Objectifs :</b>				
Analyser le marché de l'entreprise en contexte B to B (marketing industriel) ou B to C (marketing grande consommation) ; Positionner une offre commerciale (positionnement, politique produit et politique de prix)				
<b>Prérequis :</b>				
Gestion de l'entreprise, Finances pour l'entreprise				
<b>Programme :</b>				
<b>Partie 1 : Le marché</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'analyse du marché</li> <li>- La segmentation du marché</li> <li>- Le positionnement d'une offre</li> </ul>				
<b>Partie 2 : La politique produit</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le processus d'innovation-produit</li> <li>- La gestion de la gamme de produit</li> </ul>				
<b>Partie 3 : La politique du prix</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les différentes politiques de prix</li> <li>- Les méthodes de fixation du prix de vente</li> </ul>				

**Bibliographie :**

- [1] DAYAN, A. (1999), « Marketing industriel », 4ème édition Vuibert, collection gestion.
- [2] KOTLER, P.L., KELLER, K. et MANCEAU, D. (2012), « Marketing Management », Pearson.
- [3] LENDREVIE, J. et LEVY, J. (2013), « Mercator – Théories et nouvelles pratiques du marketing », Dunod.
- [4] J. Lendrevie, J. Lévy, D. Lindon, Mercator, 2006
- [5] JP Hefler, J. Orsoni, JL Nicolas, Marketing, 2014

**Modalités d'évaluation :** Examen Final + Contrôle Continu

**Stratégie d'entreprises :**

	Coefficient : 1	CM : 10H00	TD : 8H00	TP/Projet : 00H00
Enseignant responsable	J.-L. CHAIX			

**Objectifs :**

Maîtriser les concepts de base et être à même de mobiliser les différentes disciplines de la gestion (GRH, finance, comptabilité, marketing, etc) pour comprendre la stratégie générale de l'entreprise.

Comprendre les liens entre diagnostic, choix stratégiques et déploiement stratégique

**Prérequis :**

GRH, Management des équipes, Finances pour l'entreprise, Marketing pour l'entreprise.

**Programme :**

Introduction et Définition

Partie 1 : Le diagnostic stratégique

- Qu'est-ce que la stratégie ?
- Analyse interne & modèles d'organisation : les ressources, capacités et compétences
- L'analyse externe : segmentation & positionnement stratégique.

Partie 2 : Les choix stratégiques

Les stratégies corporate et les parties prenantes

Les stratégies opérationnelles par domaine d'activité

**Bibliographie :**

- [1] Allouche & Schmidt, Les outils de la décision stratégique, tome(s) 1 et 2, 1995.
- [2] Detrie, J.P. et al., Strategor, 4ème édition, Dunod, 2005.
- [3] Johnson, G., Scholes F., Whittington R. & Fréry, F., Stratégique, 9e édition, Pearson Education, 2011.
- [4] Dynamic Entreprises du CNAM et CEFORALP
- [5] Diagnostic et décisions stratégiques de Tugrul Etamer et Roland Calori
- [6] « Avantage France » A. Safir & D. Michel, Village Mondial-1999

**Modalités d'évaluation :** Examen Final + Contrôle Continu sous forme de cas

Droit de la propriété intellectuelle :

	Coefficient : 1	CM : 10H00	TD : 4H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant(s)	M. DE VILLE							
<b>Objectifs :</b>								
Transmettre les concepts de base sur l'usage de la propriété industrielle par les entreprises.								
Mettre en évidence les interactions entre le processus d'innovation et les outils de la propriété industrielle, en particulier le brevet d'invention pour les aspects technologiques.								
Voir comment la propriété intellectuelle est appréhendée pour la protection des créations informatiques: logiciel, base de données, ...								
<b>Programme :</b>								
1) Aperçu global du monde de la PI, le(s) métier(s) de l'ingénieur PI et déconstruction des mythes liés								
2) Les outils de la PI (bases de données dédiées, types d'informations à fournir ou à rechercher ...)								
3) Les titres de PI et les protections affiliées : quels sont-ils, comment les décrypter (architecture d'un brevet, d'une marque, droit d'auteur, logiciel et BDD, noms de domaines, savoir-faire ...)								
4) Les procédures de dépôt et d'obtention d'un titre de PI <u>ET/OU</u> d'une protection affiliée (quand, comment, pourquoi...)								
5) Savoir positionner sa technologie dans l'environnement PI (ajuster sa temporalité, niveau TRL de maturité, décomposition de ses caractéristiques, lien avec la R&D, veille concurrentielle, cartographie d'un domaine technologique, adaptation aux droits des brevets dans le monde, jurisprudences ...)								
6) Innovation et Valorisation : savoir mettre en place une stratégie de valorisation de sa technologie <u>focus =&gt;</u> rédiger une demande de brevet dans votre domaine (sciences du numérique et les spécificités des logiciels et BDD)								
7) Gérer les relations avec les tiers (diffusion au grand public, partenaires, concurrents, contrefacteurs ....)								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final								

Droit de l'environnement :

	Coefficient : 1	CM : 08H00	TD : 06H00	TP/Projet : 00H00				
Enseignant responsable								
<b>Objectifs :</b>								
Acquérir les connaissances juridiques fondamentales nécessaires à la compréhension du droit de l'environnement.								
<b>Programme :</b>								
Définition et origine du droit de l'environnement								
Le concept de développement durable								
Les principes du droit de l'environnement (précaution, pollueur payeur, etc.)								
Les acteurs de l'environnement								
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final								

## 2.3 Unités d'enseignements Ouverture Internationale

Anglais semestre S5 :

	Coefficient : 2	CM : 00H00	TD : 30H00	TP/Projet : 00H00			
Enseignant(s)	G. FORTUNI et K. CICHARSKI						
<b>Objectifs :</b>							
Améliorer la capacité de l'élève ingénieur à organiser et à écrire de petites productions écrites (max. 3 paragraphes) avec un niveau d'anglais correct.							
Améliorer les compétences écrites en insistant sur le côté positif des productions écrites de chacun.							
Lecture quotidienne de textes journalistiques.							
Approfondir les structures grammaticales.							
<b>Prérequis :</b>							
Niveau B1 du cadre européen.							
<b>Programme :</b>							
Approfondissement de la grammaire: les structures (v. inf complet, v + gérondif, v + objet + inf. complet, v + inf. sans to etc.), adverbes, conjonctions et prépositions.							
Compréhension et analyses de textes journalistiques.							
Apprentissage de résumés et synthèses.							
Rédiger un CV et une lettre de motivation.							
Préparation au TOEIC (partie compréhension orale et écrite), TOEFL et Examens de Cambridge (First, Intermediate ou Proficiency).							
<b>Bibliographie :</b>							
[1] Nouveau TOEIC la méthode réussite, Nathan							
[2] 600 essential words for the TOEIC, Dr Lin Lougheed ; Barron's							
[3] How to prepare for the TOEIC test, Dr Lin Lougheed, Barron's							
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu							

Anglais semestre S6 :

	Coefficient : 2	CM : 00H00	TD : 30H00	TP/Projet : 00H00			
Enseignant(s)	G. FORTUNI et K. CICHARSKI						
<b>Objectifs :</b>							
Donner aux élèves ingénieurs la possibilité d'acquérir les bases spécialisées (orales et écrites) par le biais de la presse spécialisée.							
Améliorer les productions écrites et orales par le biais de présentations de projets pseudo-professionnels							
Décoder les attentes et les pièges des tests TOEIC.							
<b>Prérequis :</b>							
Cours d'anglais du semestre précédent.							
<b>Programme :</b>							
Expression orale : Exprimer des valeurs mathématiques, décrire les propriétés des matériaux, décrire et interpréter des graphismes, des diagrammes, des tableaux, décrire des procédés et des systèmes, expliquer le fonctionnement d'objets, de machines, apprendre à exprimer les règles d'utilisation.							
Lecture : lire des articles de presses et des documents de travail spécialisés.							
Ecoute : écouter des débats, des discussions sur un domaine scientifique (supports : vidéo, audio).							
<b>Bibliographie :</b>							
[1] Technical English Vocabulary and Grammar, Nick Brieger / Alison Pohl, Summertown Publishing							
[2] Nouveau TOEIC la méthode réussite, Nathan							
[3] 600 essential words for the TOEIC, Dr Lin Lougheed ; Barron's							
[4] How to prepare for the TOEIC test, Dr Lin Lougheed, Barron's							
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu							

## Anglais semestre S7 :

	Coefficient : 2	CM : 00H00	TD : 30H00	TP/Projet : 00H00			
Enseignant(s)	G. FORTUNI et K. CICHARSKI						
<b>Objectifs :</b>							
Apprendre aux étudiants une méthode d'acquisition du vocabulaire à travers des exemples précis et en contexte.							
Permettre aux étudiants d'améliorer leurs acquis via des analyses de documents.							
Acquérir de bonnes méthodes de travail en vue de préparer les qualifications type TOEIC, CLES.							
<b>Prérequis :</b>							
Niveau B1 minimum et bonne connaissance de la grammaire anglaise ET française.							
<b>Programme :</b>							
Acquisition dans des contextes spécifiques afin d'augmenter l'acquisition lexicale : presse, films, séries, audio.							
Mise en application par le biais de jeux de rôles, discussion, exposés.							
Apprentissage du TOEIC, du CLES, partie vocabulaire.							
<b>Bibliographie :</b>							
[1] Pratique de l'anglais de A à Z (grammaire)							
[2] 600 essential words for TOEIC test (vocabulaire)							
Tout livre de Lin Lougheed portant sur le nouveau TOEIC.							
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu							

## Anglais semestre S8 :

	Coefficient : 2	CM : 00H00	TD : 30H00	TP/Projet : 00H00			
Enseignant(s)	G. FORTUNI et K. CICHARSKI						
<b>Objectifs :</b>							
Améliorer la compréhension orale par le biais d'écoutes audios et vidéos.							
Mise en place d'activités pratiques pour améliorer la compréhension orale et l'expression: jeux de rôles, travail en binomes et en groupes, jeux de communications.							
Sensibiliser les étudiants aux prononciations différentes.							
Améliorer la prononciation des étudiants.							
Préparation au TOEIC pour obtenir le diplôme d'ingénieur.							
<b>Prérequis :</b>							
Cours d'anglais des semestres précédents.							
<b>Programme :</b>							
Ateliers de mise en situation (thèmes préparés à l'avance) et de débats.							
Compréhension audio et vidéo provenant de la presse et semi-spécialisée.							
Mise en place de QCM pour évaluer les niveaux en grammaire, vocabulaire et construction de phrases (perspective : Cles, TOEIC, TOEFL et First Certificate of Cambridge).							
<b>Bibliographie :</b>							
[1] 600 essential words for TOEIC test (vocabulaire)							
Tout film, série ou chaîne de télévision en anglais aideront les étudiants à progresser rapidement en entendant de nombreux accents en contexte.							
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu							

## Anglais semestre S9 :

	Coefficient : 1	CM : 00H00	TD : 20H00	TP/Projet : 00H00			
Enseignant(s)	G. FORTUNI et K. CICHARSKI						
<b>Objectifs :</b>							
Développer les compétences orale et écrite au travers de jeux de rôles et de mises en situation.							
Favoriser l'autonomie des élèves ingénieurs lors d'exercices écrits ou oraux.							
<b>Prérequis :</b>							
Cours d'anglais des semestres précédents.							
<b>Programme :</b>							
Consolidation des compétences : argumentaire, prise de position, expression, demande et conclusion.							
Mise en place de débats et de jeux de rôles.							
Gestion d'une équipe.							
Préparation TOEIC (compréhension orale et écrite), TOEFL et Examens de Cambridge (First, Intermediate ou Proficiency).							
<b>Modalités d'évaluation :</b> Examen Final + Contrôle Continu							

## 2.4 Tableau croisé Compétences / Eléments Constitutifs d'Unités d'Enseignement

Les tableaux 7 à 11 décrivent respectivement les compétences attestées en lien avec le diplôme, les niveaux de compétences associés et les correspondances entre les niveaux associés aux différentes compétences et les Eléments Constitutifs d'Unités d'Enseignement, pour chaque année du cycle ingénieur.

Compétence	Description
<b>Compétence 1</b>	Mobiliser les ressources d'un large champ de sciences fondamentales en lien avec l'énergétique et l'environnement, dans une démarche de projet incluant le diagnostic, la conception, la production et la conduite de systèmes et procédés énergétiques ou environnementaux
<b>Compétence 2</b>	Analyser les mécanismes de fonctionnement de procédés énergétiques ou environnementaux dans leur globalité et complexité, pour les besoins d'un client
<b>Compétence 3</b>	Choisir, adapter et déployer les méthodes et outils de l'ingénieur(e) dans le cadre d'un projet en lien avec la transition énergétique et environnementale, dans le respect des objectifs de coût, quantité, qualité et délais contribuant à l'optimisation des performances de l'entreprise dans un contexte de sécurité des hommes
<b>Compétence 4</b>	Innover, concevoir et être vecteur de diffusion des avancées scientifiques et techniques vers la société, en intégrant les dimensions recherche et développement dans un contexte de transitions (énergétique, numérique, écologique, sociétale...)
<b>Compétence 5</b>	Se comporter en ingénieur(e) agile en appréhendant son contexte professionnel, en étant capable de synthèse et maîtrise des technologies et en étant facteur de progrès pour sa structure par son esprit d'ouverture, de créativité et d'entreprise
<b>Compétence 6</b>	Adopter une attitude d'ingénieur(e) responsable dans le respect de son environnement professionnel, en prenant en considération les enjeux éthiques, sociétaux et environnementaux
<b>Compétence 7</b>	S'insérer et communiquer dans son environnement professionnel en intégrant éventuellement des dimensions internationales et interculturelles et en s'adaptant à la diversité et au niveau de compétence des différentes parties prenantes
<b>Compétence 8</b>	Piloter, animer les équipes et motiver les collaborateurs associés aux missions et activités de l'entreprise, en adaptant le mode de management
<b>Compétence 9</b>	Se connaître, s'autoévaluer, gérer et faire évoluer ses compétences par la formation tout au long de la vie et l'autoformation, intégrant une pratique de l'analyse réflexive, afin d'opérer des choix professionnels adaptés

Tableau 7 : Compétences attestées en lien avec le diplôme

Niveau	Dénomination	Description
N1	Novice	Au travers d'une situation, réelle ou virtuelle (dans le sens cas pratique), l'élève est sensibilisé à la compétence et est capable de la reproduire en appliquant les demandes, règles et procédures apprises.
N2	Débutant avancé	Confronté à une situation, l'élève appréhende et ressent la compétence, sans vision globale du métier et du contexte de l'entreprise.
N3	Professionnel débutant	L'élève accomplit la compétence sans originalité et en faisant preuve d'initiatives limitées.
N4	Professionnel confirmé	L'élève maîtrise la compétence et délivre un résultat conforme aux attentes, dans une démarche autonome.
N5	Expert	Lors d'une situation, l'élève propose des alternatives efficientes et/ou innovantes, en enrichissant de façon permanente son capital de connaissances et de capacités liées à la compétence.

*Tableau 8 : Description des niveaux associés aux compétences attestées*

Unité d'Enseignement (UE)	Elément Constitutif de l'UE (ECUE)	Compétences								
		Compétence 1	Compétence 2	Compétence 3	Compétence 4	Compétence 5	Compétence 6	Compétence 7	Compétence 8	Compétence 9
<b>ECOLE</b>										
Semestre S5	Sciences de base (SB1)	Ingénierie mathématique 1	N1							
		Algorithmique avancée et programmation	N1							
		Bases de données	N1							
		Bureau d'études	N1	N1	N1		N1	N1	N1	N1
		Harmonisation des connaissances	N1							
	Sciences de base (SB2)	Capteurs/métrieologie	N1	N1						
		Mécanique des fluides	N1							
		Transferts thermiques	N1							
	Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales (SHEJS1)	Management de projets					N1	N1	N1	N1
		L'ingénieur écoresponsable					N1	N1	N1	N1
Semestre S6		Gestion de l'entreprise					N1	N1	N1	N1
		Droit de l'entreprise					N1	N1		
		Techniques de communication					N1	N1	N1	
	Ouverture Internationale (OI1)	LV1 Anglais							N1	
		LV2 (Allemand, Espagnol...)							N1	
	Conférence	Processus personnalisé (évaluation et autoévaluation)								N1
	Sciences de Base (SB3)	Ingénierie mathématique 2	N1							
		Systèmes d'exploitation	N1							
		Architecture des ordinateurs	N1							
		Réseaux et communication	N1							
Semestre S6	Sciences et Techniques de l'Ingénieur (STI1)	Physique numérique	N2							
		Acquisition de données	N2	N1						
		Planification et optimisation expérimentale	N2	N1						
		Thermodynamique chimique	N2	N1						
		Management des risques	N1	N1						
		Habilitation électrique	N2	N1	N1					
	Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales (SHEJS2)	Management des équipes					N1	N1	N1	N1
		Droit du travail					N1	N1		
		Finances pour l'entreprise					N1	N1		
		Gestion des ressources humaines					N1	N1	N1	N1
Ouverture Internationale (OI2)		Projet solidaire					N1	N1	N1	N2
	LV1 Anglais								N1	
	LV2 (Allemand, Espagnol...)								N1	

Tableau 9 : Tableau croisé Compétences / Eléments Constitutifs d'Unités d'Enseignement  
Première année du Cycle Ingénieur

Unité d'Enseignement (UE)	Elément Constitutif de l'UE (ECUE)	Compétences								
		Compétence 1	Compétence 2	Compétence 3	Compétence 4	Compétence 5	Compétence 6	Compétence 7	Compétence 8	Compétence 9
Semestre S7	<b>ECOLE</b>									
	Sciences et Techniques de l'Ingénieur (STI2)	Génie des Procédés	N2	N2			N2	N2		
		Combustion	N2	N2			N2	N2		
		Récupération et stockage de l'énergie	N2	N2			N2	N2		
		Stratégies énergétiques	N2	N2	N2		N2	N2		
	Sciences et Techniques de l'Ingénieur (STI3)	Pollution de l'air, de l'eau et des sols	N2	N2			N2	N2		
		Spectroscopie	N2	N2			N2	N2		
		Chromatographie	N2	N2			N2	N2		
	Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales (SHEJS3)	Entrepreneuriat					N2	N2	N2	N2
		Marketing pour l'entreprise					N2	N2	N2	N2
	Ouverture Internationale (OI2)	LV1 Anglais						N2		
		LV2 (Allemand, Espagnol...)						N2		
Semestre S8	<b>ECOLE</b>									
	Sciences et Techniques de l'Ingénieur (STI4)	Conversions électromécaniques et réseaux	N2	N2			N2	N2		
		Echangeurs de chaleur	N2	N2			N2	N2		
		Moteurs/cycles thermiques	N2	N2			N2	N2		
		Froid industriel	N2	N2			N2	N2		
	Sciences et Techniques de l'Ingénieur (STI5)	Ecologie industrielle	N3	N2			N2	N2		
		Management de l'énergie	N3	N3	N3		N2	N3	N2	
	Sciences de Spécialité (SS1)	Présentation de la recherche				N1 N2				
		Bureau d'Etudes technique	N3	N3	N3	N2 N3	N3	N3	N3	N3
	Sciences Humaines, Economiques, Juridiques et Sociales (SHEJS4)	Stratégie d'entreprises						N3	N3	N3
		Droit de la propriété intellectuelle						N3	N3	N3
		Droit de l'environnement					N3	N3	N3	N3
		Projet associatif					N3	N3	N3	N3
	Ouverture Internationale (OI2)	LV1 Anglais						N3		
		LV2 (Allemand, Espagnol...)						N3		

*Tableau 10 : Tableau croisé Compétences / Eléments Constitutifs d'Unités d'Enseignement  
Deuxième année du Cycle Ingénieur*

Unité d'Enseignement (UE)	Elément Constitutif de l'UE (ECUE)	Compétences								
		Compétence 1	Compétence 2	Compétence 3	Compétence 4	Compétence 5	Compétence 6	Compétence 7	Compétence 8	Compétence 9
<b>ECOLE</b>										
Semestre S9	Maintenance et sécurité industrielle	N3	N3	N3		N3				
	Big Data	N3	N3	N3		N3				
	Intelligence artificielle	N3	N3	N3		N3				
	Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement					N3	N3			
Sciences et Techniques de l'Ingénieur (ST16)	Gestion intelligente de l'énergie	N4	N4	N3						
	Filière Hydrogène	N4	N4	N3						
	Génie nucléaire	N4	N4	N3						
Sciences et Techniques de l'Ingénieur (ST17)	Projet d'Innovation et de Conception (PIC)	N4	N4	N4	N4	N4		N4	N4	N4
	Alternance Recherche				N4					
Sciences de Spécialité (SS2)	ECUE1 de SS3	N4	N4	N4						
	ECUE2 de SS3	N4	N4	N4						
	ECUE3 de SS3	N4	N4	N4						
Sciences de Spécialité (SS3)	LV1 Anglais							N4		
	LV2 (Allemand, Espagnol...)							N4		
<b>ENTREPRISE</b>										
	Stage	Stage Assistant Ingénieur (AI)	N4							

S10	ENTREPRISE									
	Stage	Projet de Fin d'Etudes (PFE)	N5							
	Stage	Projet de Fin d'Etudes (PFE)	N5							

*Tableau 11 : Tableau croisé Compétences / Eléments Constitutifs d'Unités d'Enseignement  
Troisième année du Cycle Ingénieur*