

Master de Sciences, Technologie, Santé Mention : Mécanique

Sorbonne Université Faculté des Sciences et Ingénierie

Département Sciences de l'Ingénieur

Parcours Energétique et Environnement

Table des matières

Synthèse de la mention	4
1. Présentation du diplôme	4
2. Objectif pédagogique	4
3. Savoir-faire et compétences.....	4
Macro compétences (Département Sciences de l'Ingénieur)	4
Compétences génériques.....	4
4. Organisation	4
5. Stages et projets tutorés	5
6. Public cible.....	5
7. Conditions d'admission et pré-requis	5
8. Débouchés	5
9. Informations complémentaires.....	6
1. Présentation du parcours-type.....	7
2. Objectif pédagogique	7
Objectifs scientifiques :	7
Objectifs professionnels :	7
Savoir-faire et compétences.....	8
3. Organisation	8
4. Stages et projets tutorés	8
5. Public cible.....	8
6. Conditions d'admission et prérequis.....	8
7. Débouchés.....	8
8. Secteurs d'activités :.....	9
9. Informations complémentaires.....	9
10. Unités d'enseignement	9
Semestre 1.....	9
Semestre 2.....	10
Semestre 3.....	10
Semestre 4.....	10
UE du Tronc Commun de mention	11
1. UE Ondes et vibrations.....	11
2. UE Ondes et vibrations (MECAVENIR CFA).....	13
3. UE Calcul scientifique, Traitement du signal et des données	13
4. UE Acoustique et traitement du signal, méthodes numériques (MECAVENIR CFA).....	15
5. UE Mécanique des milieux continus Solides et Fluides.....	15

6.	UE Modélisation des milieux fluides et solides (MECAVENIR CFA)	16
7.	UE OIP - S1	16
8.	UE Stage M1 - 6ECTS	17
9.	UE Anglais - S2	18
10.	UE Méthodes numériques pour la dynamique	18
	UE Parcours Energétique et environnement (EE)	20
1.	UE Fondements de l'efficacité énergétique	20
2.	UE Ingénierie Mécanique Energétique	21
3.	UE Ingénierie des énergies renouvelables	22
4.	UE Combustion - Energétique et impact environnemental	24
5.	UE Turbulence et Transfert : Applications Energétiques et Environnementales	25
6.	UE Défis énergétique du 21eme siecle	27
7.	UE Simulation numérique pour l'ingénierie énergétique	29
8.	UE Carburants pour la transition énergétique	31
9.	UE Transferts radiatifs et convectifs : modélisation et simulation	32
10.	UE Modélisation des Ecoulements turbulents	33
11.	UE Modélisation aéro-thermochimique, applications aux propulsions terrestre et aéronautique	35
12.	UE Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiments.	37
13.	UE Confort thermique à haute efficacité énergétique	39
14.	UE Aéroacoustique et énergétique des moteurs aéronautiques	40
15.	UE Systèmes énergétiques efficients	42
16.	UE Optimisation des performances des turbomachines	44
17.	UE Stockage de l'énergie électrique dans l'automobile et ses enjeux (MECAVENIR CFA)	45
18.	UE Conception de systèmes durables (MECAVENIR CFA)	46
19.	UE Management stratégique et langue anglaise (MECAVENIR CFA)	47
20.	UE Marketing industriel (MECAVENIR CFA)	48
21.	UE Stage M2 - 30ECTS	49
22.	UE Projet de fin d'études	50
	Synthèse du Parcours-type	51

Première partie

Descriptif de la mention

Synthèse de la mention

1. Présentation du diplôme

Le master Mécanique vise à former des experts dans l'étude des systèmes mécaniques tant dans les aspects fondamentaux que dans les applications.

La formation met plus particulièrement l'accent sur la modélisation analytique et la simulation numérique. Elle accorde aussi une part importante aux méthodes expérimentales pour l'observation et la caractérisation

2. Objectif pédagogique

L'objectif du master est de préparer les étudiants aux fonctions d'ingénieurs orientés Recherche & Développement dans l'une des disciplines de la mécanique : Mécanique des solides, Mécanique des Fluides, Energétique ou Acoustique.

Les diplômés ont aussi les compétences pour continuer leur formation par la recherche fondamentale ou appliquée en Mécanique en s'engageant dans un projet doctoral.

3. Savoir-faire et compétences

Macro compétences (Département Sciences de l'Ingénieur)

- MC 1: Appliquer une démarche scientifique
- MC 2: Communiquer à l'oral comme à l'écrit, en français comme en anglais, de façon claire, précise et concise
- MC 3: Etre autonome dans les apprentissages, assurer une veille technologique et mener une recherche bibliographique
- MC 4: Gérer un projet et travailler en équipe, mettre en œuvre des solutions technologiques
- MC 5: Maîtriser des savoirs disciplinaires et interdisciplinaires
- MC 6: Maîtriser le calcul scientifique et les outils de simulation et de traitement de données
- MC 7: Maîtriser la démarche de recherche d'emploi en entreprise et en laboratoire de recherche public ou privé

Compétences génériques

- CG 5.1: Maîtriser les concepts et principes fondamentaux de la mécanique
- CG 6.2: Maîtriser les outils numériques de l'ingénieur
- CG 6.3: Maîtriser les méthodes de simulation numériques en mécanique

4. Organisation

Le master Mécanique est un programme sur 2 ans.

Il offre des enseignements de tronc commun pour maîtriser les connaissances fondamentales et les outils nécessaires à tous les mécaniciens. Parallèlement les étudiants choisissent des enseignements spécialisés dans l'un des parcours suivant :

- Mécanique des Solides
- Mécanique des Fluides
- Computational Mechanics
- Energétique et environnement
- Acoustique

5. Stages et projets tutorés

Un stage industriel ou d'initiation à la recherche de deux à quatre mois est effectué dès la première année.

L'apprentissage par projet est proposé dans de nombreuses unités d'enseignement. En deuxième année, un stage de fin d'étude les méthodes numériques est obligatoire. Il peut être effectué en laboratoire ou en entreprise.

6. Public cible

Pour l'entrée en 1ère année : Les titulaires d'un diplôme de BAC +3 (Licence générale ou équivalent) en mécanique, Physique ou Mathématiques

Pour l'entrée en 2ème année : Les titulaires d'un diplôme de BAC +4 ou 5 (Master 1, autre Master, Diplôme d'ingénieur ou équivalent)

7. Conditions d'admission et pré-requis

Une très bonne formation en mécanique, Physique ou Mathématiques est requise. L'admission est sur dossier et entretien.

8. Débouchés

Secteurs d'activité des diplômés :

- Industrie des transports terrestres et aéronautiques
- Industrie de l'énergie,
- Industrie du bâtiment et de la construction
- Industrie des matériaux et des structures
- Bureaux d'étude et Sociétés de service en ingénierie
- Recherche académique

A l'issue du master, les diplômés exercent des fonctions d'Ingénieurs

- 80% sont recrutés dans l'industrie ;
- 20% poursuivent en doctorat.
- 97% ont un emploi (CDD ou CDI) trois mois après la fin de leur cursus.
- 24% sont recrutés dans l'entreprise où ils ont effectué leur stage de M2.
- 22% sont recrutés suite à un dépôt de leur CV sur internet.
- 63% sont recrutés dans des très grandes entreprises (TGE).
- 26% sont recrutés dans des PME.

9. Informations complémentaires

Passerelles et réorientation	
Aménagements particuliers	
Informations particulières	
Site Internet	http://master.spi.sorbonne-universite.fr/fr/mecanique
Lieux d'enseignement	– Campus Pierre et Marie Curie – Campus Saint-Cyr – Ecole Nationale des Arts et Métiers – Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique – SUPii Mécavenir campus de Puteaux
Partenaires	– Conservatoire National des Arts et Métiers – Ecole nationale des arts et métiers – Ecole nationale des ponts et chaussées – Ecole nationale supérieure des mines de Paris – Ecole Polytechnique – Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique – SUPii Mécavenir – Télécom ParisTech – Université Paris Diderot – Université Sapienza de Rome - Italie
Langue(s) d'enseignement	Français, Anglais
Effectifs	400 étudiants (Dept. SDI: 350, Hors SDI: 50)
Formation à distance	Oui (22h)

Deuxième partie

Description du parcours type

Energétique et environnement (EE)

1. Présentation du parcours-type

Le Parcours **Energétique et environnement** du Master Mécanique de Sorbonne Université propose un cursus complet de master (M1 et M2)

La formation a pour objectif de former des étudiants aux mécanismes fondamentaux de **transferts rencontrés dans les systèmes de conversion d'énergie**.

La démarche de cette formation est double : accroissement des connaissances fondamentales et participation à la résolution des grands problèmes de société, l'accent étant mis sur ceux liés au développement durable.

Deux niveaux M1 et M2 amenant vers des thématiques à coloration en seconde année incluant une filière par apprentissage

2. Objectif pédagogique

Objectifs scientifiques :

L'objectif de la formation est un enseignement orienté vers l'acquisition d'une expertise dans le domaine de l'énergétique, de la combustion, des nouvelles énergies et ressources, de la conversion d'énergie, de la conception innovante de produits et systèmes durables. Cette expertise concernera des secteurs tels que le transports terrestre ou aéronautique, le bâtiment et l'habitat, les écoulements industriels. Tous ces secteurs offrent un potentiel de gain sur la réduction de l'impact environnemental substantiel.

Ces acquisitions sont données via un socle commun visant :

des aspects liés à la modélisation, la simulation, l'expérimentation et la conception de systèmes innovants, de la modélisation des écoulements turbulents, de la combustion par ces aspects de réduction des polluants, des transferts thermiques, de l'optimisation optimale de l'énergie (pour de nombreux systèmes de conversion d'énergie), d'une réduction de l'empreinte écologique en favorisant le mix énergétique (énergies renouvelables, fossiles, biocarburants, géothermiques, solaire. . .) et par filières en proposant des outils d'analyse, d'optimisation et de modélisation spécifiques.

Objectifs professionnels :

Les étudiants diplômés du master EE sont amenés à travailler dans les grandes industries productrices et/ou consommatrices du secteur de l'énergie (conversion et production, transport terrestre ferroviaire et automobile, aéronautique. . .), à travailler dans les entreprises du tertiaire, notamment les bureaux d'études et de conseil en lien avec le secteur industriel du bâtiment et de l'habitat (climatisation, ventilation, chauffage, poly-génération) et celui du secteur des écoulements

industriels (compresseurs, turbines, centrales). La formation propose, parmi les cinq parcours de M2, un parcours par apprentissage dédié à l'optimisation énergétique et les systèmes durables. Par une approche générique, cette formation touche l'ensemble des secteurs d'activité dès lors qu'une démarche de développement durable est engagée.

Savoir-faire et compétences

Compétences génériques de la mention

- CG 5.1: Maîtriser les concepts et principes fondamentaux de la mécanique
- CG 6.2: Maîtriser les outils numériques de l'ingénieur
- CG 6.3: Maîtriser les méthodes de simulation numériques en mécanique

Compétences spécifiques

- CS 5.1: Savoir concevoir et dimensionner des systèmes de conversion de l'énergie optimaux en termes de consommation et de pollution environnementale
- CS 5.2: Savoir intégrer les énergies fossiles, bio et renouvelables pour la production d'électricité, le chauffage, la climatisation et les transports
- CS 5.3: Savoir conduire des recherches en vue de développer des procédés génériques et des solutions
- Énergétiques innovantes
- CS 1.1: Savoir modéliser, simuler et analyser des écoulements réactifs dans divers systèmes (moteur à combustion, turbomachines, pompes, ventilateurs, éolienne...)

3. Organisation

En première année, l'offre d'enseignement regroupe des unités d'enseignement communes à l'ensemble des parcours du département de master de Sciences de l'Ingénieur, de la mention Mécanique et des unités d'ouverture au parcours. Le parcours EE propose en outre une formation par l'apprentissage (OPEN Optimisation énergétique et systèmes durables), en partenariat avec le CFA-Mécavenir, et accessible dès la première année.

4. Stages et projets tutorés

Stage obligatoire de 6 mois en semestre 4

5. Public cible

Des connaissances scientifiques en mécanique, physique, chimie et ou en mathématiques appliquées sont demandées pour intégrer le parcours en M1. Un bon niveau d'anglais est également demandé.

6. Conditions d'admission et prérequis

La formation est ouverte aux étudiants titulaires d'une licence en mécanique, physique, chimie ou informatique ou diplôme équivalent. La deuxième année est ouverte aux étudiants ayant obtenu une première année de master dans le domaine de la mécanique et de l'énergie ou titulaires d'un diplôme d'ingénieur dans ces disciplines.

7. Débouchés

Les étudiants diplômés du parcours EE sont amenés à travailler dans les grandes industries productrices et/ou consommatrices du secteur de l'énergie (conversion et production, transport terrestre ferroviaire et automobile, aéronautique. . .), dans les entreprises du tertiaire, notamment les bureaux d'études et de conseil en lien avec le secteur industriel du bâtiment et de l'habitat

(climatisation, ventilation, chauffage, poly-génération) et celui du secteur des écoulements industriels (compresseurs, turbines, centrales).

8. Secteurs d'activités :

- Energie nouvelle, conversion d'énergie
- Transport terrestre, aéronautique ou spatial
- Génie des procédés, combustion, dépollution
- Bureau d'études énergétique, mécanique ou génie climatique
- Collectivité territoriale
- Cabinet d'études et de conseil
- Organisme de contrôle

9. Informations complémentaires

Aménagements particuliers	
Informations particulières	
Site Internet	http://master.spi.sorbonne-universite.fr/fr/energetique-et-environnement.html http://www.energie-environnement-upmc.fr/
Lieux d'enseignement	– Campus Pierre et Marie Curie – Campus Saint-Cyr – Ecole Nationale des Arts et Metiers – SUPii Mécavenir campus de Puteaux
Partenaires	– Conservatoire National des Arts et Métiers – Ecole Nationale des Arts et Métiers – SUPii Mécavenir campus de Puteaux
Langue(s) d'enseignement	Français, Anglais
Effectifs	130 étudiants (Dept. SDI: 110, Hors Dept. SDI: 20)
Formation à distance	Oui (4h)

10. Unités d'enseignement

Les tableaux ci-dessous recensent les unités d'enseignement proposées dans le parcours pour chacun des semestres du Master. Les colonnes *Cap. Acc* désignent les capacités d'accueil de l'UE en nombre d'étudiants, *Heures pr.* les heures présentielles étudiant et *Heures TDS* les heures équivalent TD déclarées au TDS pour assurer le fonctionnement de l'UE pour sa capacité d'accueil.

Semestre 1

Nom UE	ECTS	Cap. acc.	Heures pr.	Heures TDS
Ondes et vibrations	6	45	70,5	402,5
Mécanique des milieux continus Solides et Fluides	6	45	68	196
Calcul scientifique, Traitement du signal et des données	6	45	45	556
Ondes et vibrations (MECAVENIR CFA)	6	20	59	117
Modélisation des milieux fluides et solides (MECAVENIR CFA)	6	20	63	79
Acoustique et traitement du signal, méthodes numériques (MECAVENIR CFA)	6	20	65	71
Fondements de l'efficacité énergétique	6	45	53	96
Ingénierie Mécanique Énergétique	3	60	48	60
OIP - S1	3	45	18	240

Semestre 2

Nom UE	ECTS	Cap. acc.	Heures pr.	Heures TDS
Ingénierie des énergies renouvelables	6	60	66	153,5
Combustion - Energétique et impact environnemental	6	60	53	133
Turbulence et Transfert : Applications énergétiques et Environnementales	6	60	61	77
Stage M1 - 6ECTS	6	60	0	0
Anglais - S2	3	60	30	450
Méthodes numériques pour la dynamique	3	60	28	172

Semestre 3

Nom UE	ECTS	Cap. acc.	Heures pr.	Heures TDS
Défis énergétique du 21eme siècle	6	85	61	105
Simulation numérique pour l'ingénierie énergétique	6	35	59	111
Carburants pour la transition énergétique	6	35	63	156
Transferts radiatifs et convectifs : modélisation et simulation	6	30	61	112,5
Modélisation des Ecoulements turbulents	6	30	59	94
Modélisation aérothermochimique, applications à la propulsion terrestre et aéronautique	6	35	70	125
Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiments	6	35	31	37
Confort thermique à haute efficacité énergétique	6	35	69	109
Aéroacoustique et énergétique des moteurs aéronautiques	6	30	59	93
Systèmes énergétiques efficaces	6	20	46	69
Optimisation des performances des turbomachines	6	20	47	69
Stockage de l'énergie électrique dans l'automobile et ses enjeux (MECAVENIR CFA)	6	35	72	90
Anglais - S3	3	65	24	240

Semestre 4

Nom UE	ECTS	Cap. acc.	Heures pr.	Heures TDS
Conception de systèmes durables (MECAVENIR CFA)	6	20	75	87
Management stratégique et langue anglaise (MECAVENIR CFA)	6	20	54	48
Marketing industriel (MECAVENIR CFA)	3	20	23	33
Stage M2	30	65	0	0
Projet de fin d'études	15	20	0	0

Troisième partie

Description des Unités d'enseignement

UE du Tronc Commun de mention

1. UE Ondes et vibrations

XX001	Ondes et vibrations
Intitulé en anglais	Waves and Vibrations
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	1
Parcours	COMPMECH, EE, MF2A, MS2, ACOU
Programme	
Objectif	Connaître les principes fondamentaux de la modélisation des ondes Mécaniques. Connaître les principes fondamentaux de la modélisation des vibrations des systèmes mécaniques : Modèles discrets Modèles continus par les méthodes exactes Modèles continus par les méthodes approchées
Volume horaire	TOTAL: 70.5, CM: 8, Conf: 0, TD: 34, TP: 24, PRJ: 0, Exam: 4.5
Enseignement à distance	oui (4h)
Travail personnel	TOTAL: 164.5 h, Présentiel: 70.5 h, Personnel: 94 h, ECTS eqv: 5.98
XX001 Module 1	Vibrations
ECTS	4
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence : 100 %) Principe fondamental de la dynamique Théorème de l'énergie Equations de Lagrange Solution des équations différentielles du second ordre
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Savoir modéliser un système vibrant à 1ddl non conservatif Savoir évaluer une fréquence propre et prévoir le phénomène de résonance Savoir interpréter la réponse en fréquence en termes d'ordres de grandeurs Savoir exploiter un modèle analytique de système vibrant discret pour évaluer et interpréter ses réponses libres et forcées. Savoir exploiter un modèle analytique de système vibrant continu 1D pour évaluer et interpréter ses réponses libres et forcées Savoir mettre en œuvre les méthodes approchées pour estimer les fréquences propres et les modes propres de systèmes simples

Contenu	VIBRATIONS DES SYSTEMES DISCRETS Modéliser un système vibrant à 1 ddl Paramétrer un système vibrant à 1 degré de liberté (ddl) Réponse à des conditions initiales en vibration libre Réponse à une excitation permanente harmonique Réponse à une excitation permanente quelconque Modéliser un système vibrant à N ddl Paramétrer le système et identifier le vecteur des coordonnées généralisées Calculer l'énergie cinétique et identifier la matrice d'inertie Calculer l'énergie de déformation et identifier la matrice de raideur Calculer la fonction de dissipation et identifier la matrice de dissipation Calculer la puissance des efforts extérieurs et identifier le vecteur des efforts généralisés. Calculer et interpréter physiquement les fréquences propres et les modes propres Notions d'orthogonalité des modes propres et de normalisation Utiliser la composition modale pour : Calculer la réponse libre à partir de conditions initiales en position et en vitesse Calculer la réponse permanente à une excitation harmonique Interpréter physiquement la réponse en fréquence et prévoir les phénomènes de résonances VIBRATIONS DES SYSTEMES CONTINUS Modéliser les vibrations des systèmes continus 1D Cordes en flexion - Ondes longitudinales dans les barres - Ondes de torsion dans les arbres - Ondes de flexion dans les poutres Ecrire les équations du mouvement (Bilan dynamique local) Identifier et interpréter les conditions aux limites Calculer et interpréter les solutions stationnaires, les fréquences propres et les modes propres Utiliser la décomposition modale pour calculer : – la réponse libre à des conditions initiales en position et en vitesse – la réponse forcée à un effort extérieur distribué permanent ou transitoire – Introduction aux cas dissipatifs. – Principes des méthodes approchée de Rayleigh et Rayleigh-Ritz
Mots clés	Vibrations, Dynamique des structures, Fréquences propres, Modes propres, Bases modales
Volume horaire	TOTAL: 49, CM: 5, Conf: 0, TD: 25, TP: 16, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (2h)
Travail personnel	TOTAL: 115 h, Présentiel: 49 h, Personnel: 66 h, ECTS eqv: 4.18
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen en ligne, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 70%, TP: 30%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%
XX001 Module 2	Ondes
ECTS	2
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Savoir établir une équation de propagation des ondes dans les fluides, dans les solides élastiques, gravitationnelles Savoir interpréter physiquement les solutions temporelles et fréquentielles des équations de propagation Savoir calculer les coefficients de réflexion et de transmission aux interfaces simples

Contenu	ONDES MECANIKES Acoustique, Elastiques L et T, gravitationnelles Equations de conservation et linéarisation Equilibres locaux Equations de propagation Solutions dans le domaine temporel Solutions harmoniques et relation de dispersion Vitesses de phase et de groupe Trajectoire des particules
Mots clés	Ondes, Propagation, Dispersion, Réfraction, Réflexion
Volume horaire	TOTAL: 21.5, CM: 3, Conf: 0, TD: 9, TP: 8, PRJ: 0, Exam: 1.5
Enseignement à distance	oui (2h)
Travail personnel	TOTAL: 49.5 h, Présentiel: 21.5 h, Personnel: 28 h, ECTS eqv: 1.8
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen en ligne, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 70%, TP: 30%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

2. UE Ondes et vibrations (MECAVENIR CFA)

UE XX0044 - Ondes et vibrations (MECAVENIR CFA)						
Module XX0044-49	Ondes et vibrations (MECAVENIR CFA)					
Effectifs	20					
Mutualisations	EE					
	CM	Conf	TD	TP	PRJ	Exam
Cap. d'accueil (groupes)	20 (1gr)	0 (0gr)	20 (1gr)	6 (4gr)	0 (0gr)	-
Heures présentiellees étu.	20h	0h	20h	16h	16h	3h
Heures TDS	20h (30h)	0h (0h)	20h (20h)	64h (64h)	0h (0h)	3h (3h)
Total heures TDS	107h (EQV TD: 117h)					
Coût du module	19.5h/ects					
Synthèse UE						
Total heures déclarées	107h (EQV TD: 117h)					
Coût de l'UE	Coût moyen par étudiant 5.85h/etu			Coût moyen par ECTS: 19.5h/ects		
Services déclarés						
Organisme payeur (Eqv TD)	CM	Conf.	TD	TP	PRJ	Exam.
CFA MECAVENIR	20h (30h)	0h (0h)	20h (20h)	64h (64h)	0h (0h)	0h (0h)
Total Eqv TD: 114h	Total UFR: 0h		Total SU: 0h		Total hors SU: 114h	
Contribution mention: 114h	Total UFR: 0h		Total SU: 0h		Total hors SU: 114h	

3. UE Calcul scientifique, Traitement du signal et des données

XX003	Calcul scientifique, Traitement du signal et des données
Intitulé en anglais	Scientific Computing, Signal and Data Processing
ECTS	6
Langue d'enseignement	Anglais/Français
Niveau	Master
Semestre	1
Parcours	COMPMECH, EE, MF2A, MS2, SAR, SI, SYSCOM, IPS, CIMES, ACOU
Programme	

Objectif	Traitement Numérique du Signal Ce module aborde les aspects fondamentaux nécessaires à l'analyse et la compréhension de méthodes numériques, appliquées aux et systèmes. L'objectif est de former les étudiants à la théorie et à la pratique des méthodes d'analyses des signaux et systèmes numériques, ainsi qu'à la synthèse de ces derniers. – Calcul scientifique et traitement de données – Maîtriser les principes de la programmation scientifique – Maîtriser les principes du traitement de données – Maîtriser les règles de la communication scientifique – Introduction aux techniques de programmation avancée (objet, parallèle) – Introduction aux outils et algorithmes courants du traitement des données – Applications dans un domaine spécifique La totalité de ces concepts et outils est indispensable pour appréhender correctement les problématiques liées à l'ingénierie, à la fois mécanique et électronique. C'est la raison pour laquelle ces notions serviront de socle commun à l'ensemble des disciplines du Master SdI.
Volume horaire	TOTAL: 45, CM: 19, Conf: 0, TD: 10, TP: 12, PRJ: 1, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 187.5 h, Présentiel: 45 h, Personnel: 142.5 h, ECTS eqv: 6.82
XX003 Module 4	Traitement numérique du signal
ECTS	3
Langue d'enseignement	Anglais
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 100 %) Mathématique niveau licence : Transformée de Fourier, produit de convolution
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Comprendre les contraintes de l'échantillonnage Savoir calculer et interpréter un spectre Savoir choisir un filtre Savoir synthétiser un filtre
Contenu	Traitement numérique du signal : Rappels sur le temps continu : Etude des signaux à temps continu : approche temporelle, approche fréquentielle (série/transformée de Fourier) Etude des systèmes à temps continu : propriétés, relations entrée/sortie, réponses standards, description temporelle (équation différentielle, convolution), description fréquentielle (réponse en fréquence, fonction de transfert) Signaux à temps discret Echantillonnage, théorème de Shannon, conversion Analogique-Numérique et Numérique-Analogique Description et analyse des signaux à temps discret : signaux classiques, transformée de Fourier des signaux discrets, transformée de Fourier discrète Systèmes à temps discret Représentations temporelles : réponses standards, systèmes RIF et RII, équation de récurrence, convolution discrète Représentations fréquentielles : transformée en Z, réponse en fréquence, fonction de transfert Stabilité des systèmes discrets Application à la synthèse de filtres numériques
Mots clés	Conversion analogique-numérique, Spectre, Analyse du signal, filtre, Systeme linéaire
Volume horaire	TOTAL: 39, CM: 14, Conf: 0, TD: 10, TP: 12, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 90 h, Présentiel: 39 h, Personnel: 51 h, ECTS eqv: 3.27
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen en ligne, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 75%, TP: 25%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

XX003 Module 83	Calcul scientifique et traitement de données
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés	
Volume horaire	TOTAL: 6, CM: 5, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 1, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 97.5 h, Présentiel: 6 h, Personnel: 91.5 h, ECTS eqv: 3.55
Type d'évaluation:	Compte-rendu de TP/projet, Rapport/soutenance de projet/stage
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 0%, Projet: 100%, CC: 0%, Oral: 0%

4. UE Acoustique et traitement du signal, méthodes numériques (MECAVENIR CFA)

UE XX0045 - Acoustique et traitement du signal, méthodes numériques (MECAVENIR CFA)						
Module XX0045-50	Acoustique et traitement du signal, méthodes numériques (MECAVENIR CFA)					
Effectifs	20					
Mutualisations	EE					
	CM	Conf	TD	TP	PRJ	Exam
Cap. d'accueil (groupes)	20 (1gr)	0 (0gr)	20 (1gr)	(0gr)	0 (0gr)	-
Heures présentiellelles étu.	12h	0h	50h	0h	0h	3h
Heures TDS	12h (18h)	0h (0h)	50h (50h)	0h (0h)	0h (0h)	3h (3h)
Total heures TDS	65h (EQV TD: 71h)					
Coût du module	11.83h/ects					
Synthèse UE						
Total heures déclarées	65h (EQV TD: 71h)					
Coût de l'UE	Coût moyen par étudiant 3.55h/etu			Coût moyen par ECTS: 11.83h/ects		
Services déclarés						
Organisme payeur (Eqv TD)	CM	Conf.	TD	TP	PRJ	Exam.
CFA-SCIENCES	0h (0h)	0h (0h)	40h (40h)	0h (0h)	0h (0h)	0h (0h)

5. UE Mécanique des milieux continus Solides et Fluides

XX00184	Mécanique des milieux continus Solides et Fluides
Intitulé en anglais	Continuum mechanics, Solids and Fluids
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	1
Parcours	COMPMECH, EE, MF2A, MS2, SAR, ACOU
Programme	
Objectif	
Volume horaire	TOTAL: 68, CM: 32, Conf: 0, TD: 28, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 8
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 188 h, Présentiel: 68 h, Personnel: 120 h, ECTS eqv: 6.84
XX00184 Module 222	MMC Solides
ECTS	3

Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés	
Volume horaire	TOTAL: 34, CM: 16, Conf: 0, TD: 14, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 4
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 94 h, Présentiel: 34 h, Personnel: 60 h, ECTS eqv: 3.42
Type d'évaluation:	Examen Ecrit
Barèmes:	Ecrit: 100%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%
XX00184 Module 223	MMC Fluides
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés	
Volume horaire	TOTAL: 34, CM: 16, Conf: 0, TD: 14, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 4
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 94 h, Présentiel: 34 h, Personnel: 60 h, ECTS eqv: 3.42
Type d'évaluation:	Examen Ecrit
Barèmes:	Ecrit: 100%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

6. UE Modélisation des milieux fluides et solides (MECAVENIR CFA)

UE XX0043 - Modélisation des milieux fluides et solides (MECAVENIR CFA)						
Module XX0043-48	Modélisation des milieux fluides et solides (MECAVENIR CFA)					
Effectifs	20					
Mutualisations	EE					
	CM	Conf	TD	TP	PRJ	Exam
Cap. d'accueil (groupes)	20 (1gr)	0 (0gr)	20 (1gr)	0 (0gr)	0 (0gr)	-
Heures présentiellees étu.	32h	0h	28h	0h	0h	3h
Heures TDS	32h (48h)	0h (0h)	28h (28h)	0h (0h)	0h (0h)	3h (3h)
Total heures TDS	63h (EQV TD: 79h)					
Coût du module	13.17h/ects					
Synthèse UE						
Total heures déclarées	63h (EQV TD: 79h)					
Coût de l'UE	Coût moyen par étudiant 3.95h/etu			Coût moyen par ECTS: 13.17h/ects		
Services déclarés						
Organisme payeur (Eqv TD)	CM	Conf.	TD	TP	PRJ	Exam.
CFA MECAVENIR	32h (48h)	0h (0h)	28h (28h)	0h (0h)	0h (0h)	0h (0h)
Total Eqv TD: 76h	Total UFR: 0h		Total SU: 0h		Total hors SU: 76h	
Contribution mention: 76h	Total UFR: 0h		Total SU: 0h		Total hors SU: 76h	

7. UE OIP - S1

XX00187	OIP - S1
Intitulé en anglais	OIP - S1
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	1
Parcours	COMPMECH, EE, MF2A, MS2, SAR, SI, SYSCOM, IPS, CIMES, ACOU
Programme	
Objectif	
Volume horaire	TOTAL: 18, CM: 0, Conf: 12, TD: 6, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 36 h, Présentiel: 18 h, Personnel: 18 h, ECTS eqv: 1.31
XX00187 Module 228	OIP - S1
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés	
Volume horaire	TOTAL: 18, CM: 0, Conf: 12, TD: 6, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 36 h, Présentiel: 18 h, Personnel: 18 h, ECTS eqv: 1.31
Type d'évaluation:	Rapport/soutenance de projet/stage
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

8. UE Stage M1 - 6ECTS

XX00172	Stage M1 - 6ECTS
Intitulé en anglais	Internship M1 - 6ECTS
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	2
Parcours	COMPMECH, EE, MF2A, MS2, SAR, SI, SYSCOM, IPS, CIMES, ACOU
Programme	
Objectif	.
Volume horaire	TOTAL: 0, CM: 0, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 165 h, Présentiel: 0 h, Personnel: 165 h, ECTS eqv: 6
XX00172 Module 232	Stage M1 - 6ECTS
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	

Mots clés	
Volume horaire	TOTAL: 0, CM: 0, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 0 h, Présentiel: 0 h, Personnel: 0 h, ECTS eqv: 0
Type d'évaluation:	
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

9. UE Anglais - S2

XX00188	Anglais - S2
Intitulé en anglais	English - S2
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	2
Parcours	COMPMECH, EE, MF2A, MS2, SAR, SI, SYSCOM, IPS, CIMES, ACOU
Programme	
Objectif	
Volume horaire	TOTAL: 30, CM: 0, Conf: 0, TD: 30, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 90 h, Présentiel: 30 h, Personnel: 60 h, ECTS eqv: 3.27
XX00188 Module 226	Anglais - S2
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés	
Volume horaire	TOTAL: 30, CM: 0, Conf: 0, TD: 30, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 90 h, Présentiel: 30 h, Personnel: 60 h, ECTS eqv: 3.27
Type d'évaluation:	Examen en ligne
Barèmes:	Ecrit: 100%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

10. UE Méthodes numériques pour la dynamique

XX00192	Méthodes numériques pour la dynamique
Intitulé en anglais	Numerical methods for dynamics
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	2
Parcours	COMPMECH, EE, MF2A, MS2, ACOU
Programme	
Objectif	
Volume horaire	TOTAL: 28, CM: 8, Conf: 0, TD: 0, TP: 20, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 49 h, Présentiel: 28 h, Personnel: 21 h, ECTS eqv: 1.78

XX00192 Module 233	MN pour la dynamique
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés	
Volume horaire	TOTAL: 28, CM: 8, Conf: 0, TD: 0, TP: 20, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 49 h, Présentiel: 28 h, Personnel: 21 h, ECTS eqv: 1.78
Type d'évaluation:	Examen sur machine
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

UE Anglais - S3

XX00194	Anglais - S3
Intitulé en anglais	English - S3
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	COMPMECH, EE, MF2A, MS2, SAR, SI, SYSCOM, IPS, CIMES, ACOU
Programme	
Objectif	
Volume horaire	TOTAL: 24, CM: 0, Conf: 0, TD: 24, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 72 h, Présentiel: 24 h, Personnel: 48 h, ECTS eqv: 2.62
XX00194 Module 235	Anglais - S3
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés	
Volume horaire	TOTAL: 24, CM: 0, Conf: 0, TD: 24, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 72 h, Présentiel: 24 h, Personnel: 48 h, ECTS eqv: 2.62
Type d'évaluation:	Examen en ligne
Barèmes:	Ecrit: 100%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

UE Parcours Energétique et environnement (EE)

1. UE Fondements de l'efficacité énergétique

XX0023	Fondements de l'efficacité énergétique
Intitulé en anglais	Fundamentals of Engineering Thermodynamics
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	1
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Ce cours fournit l'ensemble des outils thermodynamiques pour une analyse robuste des performances des systèmes de conversion d'énergie et pour la conception de nouveaux systèmes complexes. Cet enseignement ne traite pas en détail des bases de thermodynamique, supposées déjà connues. L'enseignement de l'énergétique comporte deux grands volets, de nature très différente mais de difficulté semblable : d'une part, la théorie de l'exergie est développée en détail, elle fournit un cadre tout à fait rigoureux pour quantifier la qualité de transformation d'un système quelconque, ouvert ou fermé, en régime dynamique ou non. Le bilan exergétique est un outil privilégié pour comparer et optimiser les cycles thermodynamiques, d'autre part, celui de la modélisation des technologies étudiées, acquises ou nouvelles qui relève essentiellement de la thermodynamique appliquée incluant les énergies renouvelables. Les thèmes traités concernent les équations de bilans énergétiques et exergétiques, la combustion, l'étude des cycles, et l'étude de plusieurs systèmes de conversion d'énergie (moteur à combustion interne, turbine à gaz, centrale à vapeur, solaire)
Volume horaire	TOTAL: 53, CM: 22, Conf: 0, TD: 24, TP: 0, PRJ: 4, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 145 h, Présentiel: 53 h, Personnel: 92 h, ECTS eqv: 5.27
XX0023 Module 21	Optimisation des machines de conversion pour l'accroissement
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Maîtrise les concepts d'efficacité thermodynamique Calculer des bilans énergétiques complexes Analyser l'efficacité énergétique et exergétique des systèmes énergétiques industriels Modéliser, concevoir et optimiser les systèmes de conversion d'énergie et les processus industriels
Contenu	Préambule – objectifs du cours – illustration des systèmes étudiés, Modèles d'équipements de systèmes énergétiques Définition des concepts de base. Modélisation 1er principe généralisé 2nd principe généralisé / Rendement énergétique Bilan d'exergie et expression généralisé de rendement exergétique Calcul de perte exergétique, exemple d'application Apport d'énergie chimique, détail des principes de la combustion Etude des cycles thermodynamiques et cycles combinés, cogénération. Décrire et résoudre les problèmes d'optimisation : variables de décision, fonctions et contraintes objectives, stratégies de résolution, méthodes numériques et leurs implications Réalisation d'études de cas : moteur thermique, turbine à gaz, machine frigorifique, pompe à chaleur, centrale thermique, solaire thermique, Projet sur le calcul d'un système de conversion d'énergie
Mots clés	Thermodynamique, Process system engineering, Energy optimization,
Volume horaire	Energie TOTAL: 53, CM: 22, Conf: 0, TD: 24, TP: 0, PRJ: 4, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)

Travail personnel	TOTAL: 145 h, Présentiel: 53 h, Personnel: 92 h, ECTS eqv: 5.27
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen Oral
Barèmes:	Ecrit: 70%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 30%

2. UE Ingénierie Mécanique Energétique

XX0024	Ingénierie Mécanique Energétique
Intitulé en anglais	Mechanical and Energy Practical Engineering
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	1
Parcours	EE
Programme	
Objectif	L'UE a pour objectif de proposer une session de travaux pratiques et ou de projet autour de problématiques de la conversion d'énergie et de son efficacité. Dans le cas d'un projet, le thème du projet est choisi par l'étudiant dans une liste proposée par le professeur responsable de l'UE. L'étudiant peut aussi soumettre une idée de projet à un professeur qui l'encadrera. Lors de ces sessions expérimentales de travaux pratiques, l'apport en termes de compétences transversales vise à un premier apprentissage par la pratique de concepts théoriques vu en cours. L'approche comprend des phases de questionnement, de compréhension et de réalisation. Les travaux sont réalisés en groupe et font l'objet d'une évaluation finale. L'avancement des sessions est déterminé via de nombreux rapports et présentations intermédiaires. Quelques exemples de sessions : Énergies renouvelables, Performances d'une installation photovoltaïque, Formation des polluants, post-traitement et cycles d'homologation d'un moteur automobile, Bâtiment faible consommation
Volume horaire	TOTAL: 48, CM: 0, Conf: 0, TD: 48, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 4
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 60 h, Présentiel: 12 h, Personnel: 48h, ECTS eqv:
XX0024 Module 22	Ingénierie Mécanique Energétique
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 20 %) Mécanique, énergétique, thermodynamique
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Mise en œuvre de la théorie Simplification des phénomènes observés Accéder aux sources d'informations appropriées et les évaluer. Ecrire un rapport scientifique ou technique. Ecrire une revue de la littérature qui établit l'état de l'art. Recueillir des données. Comparer l'état des réalisations avec le plan et l'adapter en conséquence. Utiliser une méthodologie de travail appropriée, organiser un/son travail. Communiquer efficacement et être compris y compris par des personnes de langages et cultures différentes. Evaluer sa propre performance dans le groupe, recevoir du feedback et y répondre de manière appropriée.
Contenu	Acquisition de la maîtrise d'appareils spécifiques à la mesure Connaissance de fonctionnement de systèmes de conversion d'énergie Mise en œuvre des ENR Vision conditionnée de la réalité, expérience modèle Acquis spécifiques aux domaines du projet Connaissance via les TP introductifs de divers système de conversion Formulation de la problématique

Mots clés Volume horaire	Energie, projet TOTAL: 48, CM: 0, Conf: 0, TD: 48, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 4
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 60 h, Présentiel: 12 h, Personnel: 48h, ECTS eqv:
Type d'évaluation:	Examen Oral, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 100%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

3. UE Ingénierie des énergies renouvelables

XX0025	Ingénierie des énergies renouvelables
Intitulé en anglais	Mechanical Engineering of Sustainable Energy Systems
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	2
Parcours	EE
Programme	

Objectif	Module 1 Contenu et organisation du cours, Contexte énergétique mondial. Les différentes filières de production des énergies renouvelables, répartition et systèmes associés. Aéro-hydrodynamique des profils (Caractéristiques géométriques, Cinématique, Efforts aéro-hydrodynamique, Trainée, Portance) Ecoulement dans les turbomachines à fluide incompressible (Classification des turbomachines, Cinématique et dynamique des Écoulements internes, différents types de turbines). Fonctionnement des turbines hydrauliques (Turbine Pelton, Turbine Francis, turbine Kaplan, Performances et éléments dimensionnant). Aéro-hydrogénération : Fonctionnement des éoliennes et des hydroliennes. Efficacité énergétique des systèmes de production. Pertes, cavitation, performances. Module 2 Connaissance du rayonnement solaire et méthodes d'évaluation de la ressource solaire. L'énergie solaire photovoltaïque Principe de base, les différentes technologies, caractéristiques des cellules et des modules. Comportement des différentes technologies de module PV en fonction du rayonnement solaire et calcul du productible en fonction de la ressource solaire. Les cellules PV multi jonction et le PV sous concentration Les principales applications du solaire photovoltaïque. Prise en main des principaux outils de dimensionnement et de simulation PV : introduction et première étude de cas d'une installation existante. Objectif : parvenir au pré-dimensionnement d'une installation PV. Prise en main du logiciel professionnel PVSyst avec étude de cas complète : projet d'installation d'un système PV sur un bâtiment d'habitation dans la ville de Chamonix avec prise en compte des masques lointains (horizon) et des masques rapprochés (immeuble voisin), réalisation d'une scène 3D pour les masques rapprochés, préparation du plan de calepinage, Etude et conception d'une centrale solaire PV posée au sol avec travail d'optimisation sur l'orientation, l'inclinaison et l'espacement des rangées de modules PV. L'objectif est de mettre en évidence le compromis à établir entre inclinaison optimum des modules et espacement des rangées. Ce travail fera l'objet d'un rapport à rendre qui sera noté. Le solaire thermique Principe de fonctionnement, présentation des différentes technologies, calcul du rendement d'un capteur solaire thermique. Les principales applications du solaire thermique et choix du type de capteur. Règle de dimensionnement des capteurs et présentation de quelques logiciels de dimensionnement et de simulation pour le solaire thermique. Principes physiques d'un capteur solaire thermodynamique et principe de concentration du rayonnement solaire. Présentation des différentes technologies de concentration et calcul du facteur de concentration maximum théorique. Prise en compte des pertes radiatives des capteurs solaires. Calcul des courbes de rendement théorique du récepteur et de rendement théorique global du système CSP. Technologies en présence et principales applications.
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 146.5 h, Présentiel: 66 h, Personnel: 80.5 h, ECTS eqv: 5.33
XX0025 Module 23	Aéro-hydrodynamique, hydrolien éolien
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 50 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés Volume horaire	Hydrodynamique, Eolien TOTAL: 31.5, CM: 12, Conf: 0, TD: 10, TP: 8, PRJ: 0, Exam: 1.5
Enseignement à distance	oui (0h)

Travail personnel	TOTAL: 77.5 h, Présentiel: 31.5 h, Personnel: 46 h, ECTS eqv: 2.82
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 50%, TP: 30%, Projet: 0%, CC: 20%, Oral: 0%
XX0025 Module 24	Energie solaire et applications
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 50 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés Volume horaire	Energie solaire, Photovoltaïque, Solaire thermique TOTAL: 34.5, CM: 15, Conf: 0, TD: 0, TP: 18, PRJ: 0, Exam: 1.5
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 69 h, Présentiel: 34.5 h, Personnel: 34.5 h, ECTS eqv: 2.51
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 40%, TP: 60%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

4. UE Combustion - Energétique et impact environnemental

XX0026	Combustion - Energétique et impact environnemental
Intitulé en anglais	Combustion - Energetics and environmental footprint
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	2
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Cinétique chimique : avancement de réaction et lois de vitesses de réactions globales / élémentaires et de mécanismes réactionnels. Thermochimie et introduction des équations de conservation d'énergie et d'espèces. Thermochimie : calcul de températures de flammes / composition d'un mélange à l'équilibre. Elaboration d'un code de calcul de l'évolution d'un mélange H₂/O₂ en fonction du temps (MATLAB) Définition des types de flammes. Equations de l'aérothermochimie : Équations de conservation et simplification. Résolution analytique d'un contour de flamme de diffusion. Calcul d'une structure de flamme pré mélangée monodimensionnelle. Chimie de la combustion et impact environnemental : mécanismes de formation des polluants. Exploitation des codes réalisés en projet pour analyser les mécanismes de formation des polluants. Etudes de cas sur des configurations industrielles
Volume horaire	TOTAL: 53, CM: 24, Conf: 0, TD: 20, TP: 0, PRJ: 6, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 176.25 h, Présentiel: 53 h, Personnel: 123.25 h, ECTS eqv: 6.41
XX0026 Module 25	Combustion - Energétique et impact environnemental
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master

Pré-requis	(Exigence : 40 %) Thermodynamique avancée / notions de thermochimie Cours de mécanique des milieux continus de Licence Cours d'aérodynamique et de mécanique des fluides de Licence Outils mathématiques pour la physique Notions de programmation MATLAB
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Calculer la cinétique d'une réaction ou d'un système réactif Calculer une température de flamme Résoudre analytiquement un système d'équation de conservations pour extraire le contour d'une flamme de diffusion Prévoir les émissions polluantes majeures d'un brûleur en connaissant les conditions opératoires (type de flamme, température, richesse, par exemple) Elaborer un modèle numérique pour un système réactif 0D Elaborer un modèle numérique simplifié de flamme 1D
Contenu	Notions de cinétique chimique Fondamentaux en combustion (types de flammes, richesse, etc.) Equations de l'aérothermochimie Structures et caractéristiques des flammes laminaires pré mélangées et non pré mélangées Panel et perspectives énergétiques Nature des émissions polluantes associées à la combustion, impacts et conditions de leurs productions
Mots clés Volume horaire	Cinétique chimie, combustion, dépollution, flamme TOTAL: 53, CM: 24, Conf: 0, TD: 20, TP: 0, PRJ: 6, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL : 176.25 h, Présentiel : 53 h, Personnel: 123.25 h, ECTS eqv: 6.41
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen sur machine, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 30%, TP: 20%, Projet: 25%, CC: 25%, Oral: 0%

5. UE Turbulence et Transfert : Applications Energétiques et Environnementales

XX0027	Turbulence et Transfert :Applications Energétiques et Environnementales
Intitulé en anglais	Turbulence and Transfer: Energetic and Environmental Applications
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	2
Parcours	EE
Programme	

Objectif	Ecoulement turbulent Description des écoulements turbulents. Cascade d'énergie, moyenne d'ensemble et propriétés. Equations de Navier-Stokes incompressibles moyennées. Décomposition de Reynolds. Tensions de Reynolds. Signification physique. Couche limite turbulente. Equation de transport d'un scalaire passif. Classification des approches d'analyse et de modélisation de la turbulence (DNS, LES, RANS) Equations de transports aux tensions de Reynolds et de l'énergie cinétique turbulente Modèles de turbulence à viscosité tourbillonnaire. Hypothèse de Boussinesq Ecoulement turbulent dans un canal plan Modèle à 2 équations de transports dans une couche limite turbulente Détermination de la constante de von Karman d'un modèle k-e Transferts thermiques Couches limites de convection forcée externe : analyse d'échelle, coefficient d'échange, nombre de Prandtl, nombre de Nusselt. Solution approchée des équations de couches limites : méthode intégrale Convection forcée interne laminaire : longueurs d'établissement, température de mélange Convection forcée interne : résolution des champs de vitesse et de température, application aux échangeurs de chaleur Transferts radiatifs : luminance, émittance, loi de Lambert, facteurs de forme Rayonnement du corps noir et gris : lois de Planck et de Stefan, facteur d'émission, radiativité, échanges radiatifs entre surfaces Parois semi-transparentes, couplage rayonnement-convection: application aux capteurs solaires
Volume horaire	TOTAL: 61, CM: 32, Conf: 0, TD: 26, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 177 h, Présentiel: 61 h, Personnel: 116 h, ECTS eqv: 6.44
XX0027 Module 26	Ecoulement turbulent
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 50 %) Equations de Navier-Stokes incompressibles. Notations indicielles et calculs tensoriels
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Compréhension et critique des modèles de turbulence
Contenu	Analyse et description d'un écoulement turbulent Détermination des équations de transport de la turbulence Analyse et modélisation des équations de la turbulence
Mots clés Volume horaire	Turbulence, Navier Stokes, couche limite, équation de transport, modélisation LES RANS DNS TOTAL: 29.5, CM: 14, Conf: 0, TD: 14, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 1.5
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 85.5 h, Présentiel: 29.5 h, Personnel: 56 h, ECTS eqv: 3.11
Type d'évaluation:	Examen Ecrit
Barèmes:	Ecrit: 100%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%
XX0027 Module 27	Transfert thermique
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 50 %) Equation de conservation de l'énergie Transferts de chaleur par conduction (loi de Fourier)
Programme	

Objectifs (résultats d'apprentissage)	Résoudre les équations de type couche limite à l'aide d'un modèle Intégral Calculer un nombre de Nusselt dans des configurations académiques Etablir un bilan énergétique complet avec couplage convection/rayonnement
Contenu	Compréhension des mécanismes fondamentaux mis en jeu dans les transferts convectifs et radiatifs Analyse et modélisation des équations de couche limite de convection forcée Analyse des transferts radiatifs entre plusieurs corps gris à travers un milieu transparent
Mots clés Volume horaire	Convection thermique, transfert radiatif, rayonnement de corps noirs TOTAL: 31.5, CM: 18, Conf: 0, TD: 12, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 1.5
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 91.5 h, Présentiel: 31.5 h, Personnel: 60 h, ECTS eqv: 3.33
Type d'évaluation:	Examen Ecrit
Barèmes:	Ecrit: 70%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 30%, Oral: 0%

6. UE Défis énergétique du 21eme siecle

XX0028	Défis énergétique du 21eme siècle
Intitulé en anglais	Energy challenges of the 21st century
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	

Objectif	Module 1 Cycle de conférences et état des lieux sur l'énergie et son utilisation Un ensemble de conférences est proposé afin de compléter les connaissances dans le domaine de la conversion d'énergie mais aussi ceux des aspects connexes liés à l'économie de l'énergie, à l'évolution du climat, au stockage et à sa disponibilité. L'idée propagée lors de ces conférences est d'exploiter les énergies dans une vision « durable ». Des ruptures sont nécessaires, des changements de comportement aussi, afin de permettre une plus grande maîtrise de la consommation énergétique mondiale au regard de son type de production. Une présentation des défis auxquels nous sommes confrontés (climat, développement, ressources), des scénarios pour l'avenir énergétique de la planète sont proposés et analysés. Les contraintes fortes que sont la menace du réchauffement climatique et l'accès aux ressources énergétiques conduisent à envisager un scénario de transition vers une société consommant moins d'énergies fossiles (charbon et hydrocarbures). Dans cette hypothèse, il s'agit d'examiner les ruptures énergétiques possibles : secteurs majeurs où faire des efforts ? Aller vers des ruptures scientifiques et techniques (dans les domaines des énergies renouvelables, du stockage de l'électricité, du nucléaire, etc.) et comment accélérer le processus? La liste des conférences suivantes n'est pas exhaustive mais donne une palette thématique de ce qui est habituellement présenté. Les thèmes traités évoluent chaque année en fonction de l'actualité. Changement climatique, hier, aujourd'hui, demain Analyse climatologique régionale, régime de temps et variabilités (éolien, solaire) Combustion industrielle Combustion dans les turbines à gaz terrestres, maîtrise des émissions et combustibles alternatifs Valorisation Biocarburants : filières et impacts La filière Hydrogène – applications, considérations environnementales et économiques, perspectives Carburants alternatifs aéronautiques Valorisation énergétique des déchets Les défis du transport aérien Propulsion terrestre et biocarburants Optimisation des systèmes de climatisation Energétique et Eco conception des bâtiments La production pétrolière en mer profondes Couplage et stockage de l'énergie électrique Solaire concentré, émergence d'une filière à haut potentiel Solaire, conception d'un bâtiment basse consommation, comment améliorer les performances énergétiques dès la conception. Gestion en réseau de l'énergie et smartgrid Module 2 Etude et analyse des systèmes énergétiques Le but du module 2 est de présenter les principes de la conversion énergétique pour les ressources énergétiques conventionnelles et renouvelables et d'expliquer les paramètres les plus importants qui définissent l'efficacité de la conversion énergétique, les implications des ressources et l'économie des technologies de conversion énergétique.
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 177 h, Présentiel: 61 h, Personnel: 116 h, ECTS eqv: 6.43
XX0028 Module 28	Cycle de conférences et état des lieux sur l'énergie et son utilisation
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	

Objectifs (résultats d'apprentissage)	Ecrire un rapport scientifique ou technique. Accéder et évaluer les sources d'information appropriées. Identifier les différents rôles qui sont impliqués dans les équipes qui fonctionnent bien et assumer différents rôles, y compris les rôles de leadership.
Contenu	Culture générale, conférences très variées sur l'énergie, le climat, le stockage, les transports. Présentation des défis auxquels nous sommes confrontés (climat, développement, ressources)
Mots clés Volume horaire	Changement climatique, valorisation, défis des transports, bâtiment basse consommation TOTAL: 20, CM: 20, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 60 h, Présentiel: 20 h, Personnel: 40 h, ECTS eqv: 2.18
Type d'évaluation:	Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 100%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%
XX0028 Module 29	Etude et analyse des systèmes énergétiques
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 60 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés Volume horaire	Exergie, conversion d'énergie TOTAL: 41, CM: 8, Conf: 0, TD: 30, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 117 h, Présentiel: 41 h, Personnel: 76 h, ECTS eqv: 4.25
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 60%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 40%, Oral: 0%

7. UE Simulation numérique pour l'ingénierie énergétique

XX0029	Simulation numérique pour l'ingénierie énergétique
Intitulé en anglais	Numerical simulation for energy applications
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Atelier 1 : SIMULATION NUMERIQUE EN ENERGETIQUE AVEC CEDRE Notions fondamentales pour la simulation numérique en énergétique Mise en évidence des spécificités de la simulation numérique en énergétique (écoulements multi-fluides, multi-espèces, réactifs, lois de diffusion complexes, couplages, . . .). Rappels sur la modélisation de la combustion turbulente : mécanismes réactionnels, modèles à chimie infiniment rapide, diagramme de Borghi Grandes étapes de la réalisation d'une simulation numérique et présentation du code CEDRE (développé par l'ONERA, utilisé par Safran, ArianeGroup, MBDA et Airbus) Panorama des approches de modélisation/simulation de la turbulence les plus répandues (RANS, LES, méthodes hybrides RANS/LES, DNS) Notions fondamentales pour l'intégration temporelle (implicite/explicite, stabilité, précision, . . .) Prise en main du meilleur GMSH, mise en données d'une simulation numérique non-réactive de la configuration BFS avec le code CEDRE : choix

	des modèles physiques (turbulence, . . .) et méthodes numériques (discrétisation spatiale et intégration temporelle), pas de temps, grandeurs archivées. Vérification de la convergence du calcul, Post-traitement des résultats Validation d'un mécanisme réactionnel réduit pour la combustion CH₄/air à l'aide de la simulation d'une flamme pré mélangée 1D librement propagative (basée sur le calcul de la vitesse de consommation de la flamme) Etude de l'interaction combustion/turbulence : tracer les champs de Damkhöler et de Karlovitz, donner une vision synthétique de la manière dont se déroule l'interaction combustion/turbulence dans la configuration étudiée à l'aide d'un diagramme de Borghi» Exemples de simulations numériques en énergétique Objectif : simuler un prototype de moteur-fusée pour évaluer sa poussée, son rendement de combustion, son coût de conception et les pistes d'amélioration du prototype Objectif : simuler un prototype de moteur-fusée pour évaluer sa poussée, son rendement de combustion, son coût de conception et les pistes d'amélioration du prototype Objectif : mettre en œuvre différentes approches numériques pour simuler l'oxygène liquide et son atomisation dans un prototype de moteur- fusée Atelier 2 : AEROELASTICITE Objectif : réalisation d'un code de calcul (Python ou Matlab) pour la modélisation et simulation numérique du flottement aéroélastique de structures élancées. Objectif pédagogique : Permettre à l'étudiant d'appréhender les exercices de modélisation, codage et interprétation physique d'un problème aéroélastique nécessitant la résolution numérique d'équations aux dérivées partielles. Cours - Partie I: Introduction à l'aéroélasticité 1/ Phénomènes d'interactions fluide-structure en ingénierie 2/ Caractérisation physique du flottement aéroélastique 3/ Etude du flottement supersonique d'une plaque (modèle 1D) Cours - Partie II: Modélisation aéroélastique 4/ Equation de la dynamique, effets aérodynamiques instationnaires 5/ Stabilité aéroélastique, déterminant de flottement 6/ Discrétisation spatiales et temporelles des EDP du problème aéroélastique 7/ Obtention des matrices masse, amortissement et raideur du système aéroélastique » Exemples d'application Codage des données du problème et création du maillage, de la discrétisation spatiale et temporelle, des Conditions initiales et aux limites
Volume horaire	TOTAL: 59, CM: 8, Conf: 0, TD: 0, TP: 48, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 87 h, Présentiel: 59 h, Personnel: 28 h, ECTS eqv: 3.16
XX0029 Module 30	Ateliers numériques
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 40 %) Bases de la mécanique des fluides Bases des méthodes numériques en mécanique
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Utiliser les commandes UNIX de base Réaliser un maillage à l'aide de GMSH (http://gmsh.info) Utiliser le code ONERA CEDRE pour la réalisation de simulations numériques en énergétique Visualiser une solution et réaliser des post-traitements avec Paraview (https://www.paraview.org) Savoir rédiger un rapport technique Apprendre à travailler en équipe Apprendre à coder un solveur élémentaire pour la résolution d'EDP en Mécanique

Contenu	Concepts fondamentaux pour la réalisation de la simulation numérique d'un écoulement réactif Phénoménologie et éléments de modélisation de la combustion turbulente Schémas numériques d'intégration temporelle (implicite/explicite, stabilité, précision) Phénoménologie et éléments de modélisation en aéroélasticité
Mots clés Volume horaire	Simulation numérique, combustion turbulente, aéroélasticité, Turbomachine, moteur aéronautique TOTAL: 59, CM: 8, Conf: 0, TD: 0, TP: 48, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 87 h, Présentiel: 59 h, Personnel: 28 h, ECTS eqv: 3.16
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 50%, TP: 30%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 20%

8. UE Carburants pour la transition énergétique

XX0030	Carburants pour la transition énergétique
Intitulé en anglais	Fuels for the energy transition
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Introduction aux carburants et combustibles : synthèse de carburant Interaction carburants environnement Cas de l'aéronautique Veille technologique sur les carburants Carburant du futur, nouvelles voies de synthèse Carburant du futur, synthèses en rupture, cas du solaire concentré Applications Dépollution lié aux carburants Synthèse de nouveaux carburants Synthèse de carburants solaire Analyse du cycle de Vie
Volume horaire	TOTAL: 63, CM: 42, Conf: 0, TD: 0, TP: 12, PRJ: 6, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 193.5 h, Présentiel: 63 h, Personnel: 130.5 h, ECTS eqv: 7.04
XX0030 Module 31	Carburants pour la transition énergétique
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence : 30 %) Thermodynamique et mécanique des fluides Bases en physique et chimie Energétique Combustion et polluants
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Comprendre la problématique de l'optimisation, carburant/mobilité, Transition énergétique Savoir manipuler des expériences complexes (plan d'expérience) Piloter un projet Savoir exploiter une base de données (manipulation de données, extraction de données pertinentes, fusion) Rédiger des rapports ou des documents techniques

Contenu	Efficacité énergétique, Transition énergétique, Energie et carburants, Analyse de cycle de Vie Limitation des émissions associées à la combustion. Instrumentation et mesure
Mots clés Volume horaire	Carburant de synthèse, Carburant solaire TOTAL: 63, CM: 42, Conf: 0, TD: 0, TP: 12, PRJ: 6, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 193.5 h, Présentiel: 63 h, Personnel: 130.5 h, ECTS eqv: 7.04
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet, Rapport/soutenance de projet/stage
Barèmes:	Ecrit: 30%, TP: 30%, Projet: 30%, CC: 10%, Oral: 0%

9. UE Transferts radiatifs et convectifs : modélisation et simulation

XX0031	Transferts radiatifs et convectifs : modélisation et simulation
Intitulé en anglais	Heat transfer, modeling and simulation
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Contexte économique et sociétal ; rappels de convection forcée Convection naturelle Ventilation naturelle, Effet du confinement Panaches laminaires et turbulents TP : modélisation de la convection naturelle en cavité TP : modélisation du couplage convection et rayonnement TP : modélisation d'une cheminée Projet numérique : application à un cas industriel ou bâtiment Rappels sur les transferts radiatifs entre corps opaques Physique des milieux semi-transparents Equation du Transfert Radiatif Méthode de résolution numérique de l'Equation du Transfert Radiatif (ordonnées discrètes) Niveaux de modélisation des transferts radiatifs au sein des codes CFD TP : Evaluation des propriétés radiatives au sein d'un milieu semi- transparent (flamme) TP : Résolution de l'Equation du Transfert Radiatif au sein d'un milieu semi-transparent (flamme)
Volume horaire	TOTAL: 61, CM: 35, Conf: 0, TD: 0, TP: 17, PRJ: 6, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 162.25 h, Présentiel: 61 h, Personnel: 101.25 h, ECTS eqv: 5.9
XX0031 Module 32	Transferts radiatifs et convectifs : modélisation et simulation
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 40 %) Mécanique des fluides Transferts thermiques : bases
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Utilisation de logiciel CFD Résolution numérique d'équations de conservation Rédaction de rapport Utilisation de logiciel matlab travailler en équipe

Contenu	Modélisation des transferts convectifs et radiatifs Simulation numérique du couplage mécanique des fluides et thermique Simulation numérique des transferts radiatifs au sein des milieux semi-transparentes
Mots clés Volume horaire	Transfert thermique, transfert radiatifs, transferts convectifs TOTAL: 61, CM: 35, Conf: 0, TD: 0, TP: 17, PRJ: 6, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 162.25 h, Présentiel: 61 h, Personnel: 101.25 h, ECTS eqv: 5.9
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 65%, TP: 15%, Projet: 20%, CC: 0%, Oral: 0%

10. UE Modélisation des Ecoulements turbulents

XX0032	Modélisation des Ecoulements turbulents
Intitulé en anglais	Modeling of turbulent Flows
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	

Objectif	Objets et méthodes de la CFD. Mécanismes advection/diffusion dans Navier-Stokes. Maillages structurés et non structurés. Interpolation (1-D) et approximation (2-D, 3-D) polynomiale. Erreur et ordre de précision. Volumes-finis, discrétisation spatiale d'ordre élevé, problème de reconstruction. Remarques sur la généralisation DG et h-p. Reconstruction LSQ en maillage non structuré (méthode générale et exemples concrets). Flux aux interfaces des cellules (problème de Riemann et exemples : incompressible, compressible). Equation advection-diffusion (solution analytique, approximation numérique et erreur spectrale) Précision spectrale et intégration temporelle (explicite, implicite, stabilité). Analyse de stabilité linéaire de schémas numériques connus : effet de l'ordre spatial. Solution du système discret : DNS explicite, RANS/PANS implicite (préconditionné Krylov solvers) Résolution de gros systèmes non linéaires : un problème ouvert. Description écoulement turbulents. Echelles caractéristiques de la turbulence. Equations de Navier-Stokes compressibles instantanées. Moyenne d'ensemble. Décompositions de Reynolds et de Favre. Ecoulements turbulents compressibles. Equations de Navier-Stokes moyennées. Equations de transport aux tensions de Reynolds en écoulements incompressible et compressible Modélisation statistique de la turbulence. Classification et description des différentes approches. Equation de transport du taux de dissipation de l'énergie cinétique turbulente. Modélisation à 2 équations de transport du type k-ϵ en écoulement compressible. Ecoulement turbulent dans un canal plan. Modélisation aux tensions de Reynolds. Effets bas-Reynolds et de paroi. Modèle de turbulence k-ϵ dans un canal plan. Modélisation de la corrélation triple de vitesse. Application au canal plan établi. Tenseur d'anisotropie du tenseur de Reynolds. Notion de réalisabilité. Position du problème physique (crise de trainée transsonique d'aile d'avion) et utilisation du logiciel (aerodynamics) Maillage, conditions aux limites, choix de modèle de turbulence, calculs Comparaison avec les mesures, analyse physique des résultats, analyse critique du modèle (NASAturbmodels website)
Volume horaire	TOTAL: 59, CM: 22, Conf: 0, TD: 22, TP: 0, PRJ: 12, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 201 h, Présentiel: 59 h, Personnel: 142 h, ECTS eqv: 7.31
XX0032 Module 33	Modélisation des Ecoulements turbulents
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 40 %) Mécanique des fluides Equations de Navier Stokes. Ecoulements incompressibles et compressibles. Formes conservative et non conservative. Notations indicielles
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Exploiter une base de données Analyse des résultats obtenus avec les modèles de turbulence Utilisation d'un logiciel de simulation numérique avancé Analyse, critique de résultats et rédaction d'un rapport scientifique. Travailler en équipe
Contenu	Analyse d'un écoulement turbulent compressible Détermination de schémas numériques avancés Compréhension modèles de turbulence compressibles

Mots clés Volume horaire	Modèle de turbulence TOTAL: 59, CM: 22, Conf: 0, TD: 22, TP: 0, PRJ: 12, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 201 h, Présentiel: 59 h, Personnel: 142 h, ECTS eqv: 7.31
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 60%, TP: 0%, Projet: 40%, CC: 0%, Oral: 0%

11. UE Modélisation aéro-thermochimique, applications aux propulsions terrestre et aéronautique

XX0033	Modélisation aérothermochimique, applications aux propulsions terrestre et aéronautique
Intitulé en anglais	Aerothermochemical modeling, Aeronautics and automotive applications
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	
Objectif	L'objectif du cours est de permettre dans le cadre d'une discipline communément appelée « Aérothermochimie », l'acquisition des bases théoriques liées à la modélisation et à la simulation des écoulements turbulents et réactifs. Bien que suffisamment général pour être applicable à tout écoulement en combustion, cet enseignement réserve une place particulière aux propulsions aéronautiques et terrestres. La problématique spécifique d'optimisation énergétique de systèmes par le biais de modélisations de différents types inclue aussi la caractérisation des polluants chimiques qui en résultent, impactant négativement l'environnement. Dans ce contexte, l'enseignement se focalise sur certains acquis liés au fonctionnement de deux types de machines thermiques, la première est une turbomachine propulsive de type aéronautique et la seconde le moteur à combustion interne pour les applications automobiles. De façon générale, on s'appuiera sur le rôle clé d'un de ces composants essentiels ; la chambre de combustion, de son fonctionnement optimal du point de vue de l'amélioration recherchée du cycle thermodynamique, pour atteindre les objectifs de réduction des émissions, gazeuses et particulaires, imposée par la réglementation en vigueur, notamment celle émanant de l'OACI à laquelle est soumise le secteur du transport aérien civil, et d'autre part les normes EURO6 pour le secteur automobile. Les propriétés aérodynamiques seront traitées afin de bien comprendre les impacts engendrés sur les propriétés des flammes ou des régimes d'autoinflammation. Afin d'atteindre l'objectif visé par un enseignement qui pourrait paraître, a priori, difficile, on s'attachera à mener la réflexion avec progressivité, en multipliant les exemples simples pour faciliter une bonne compréhension de chacune des étapes de la démarche théorique engagée Chapitres du cours Chapitre 1.Impact environnemental du secteur aérien : contexte général Chapitre 2.Etablissement des équations 3D de l'incompressible au multi-espèce réactif Chapitre 3.Description statistique de la turbulence Chapitre 4.Description statistique des écoulements turbulents compressibles, multi espèce réactif et combustion turbulente interaction combustion et turbulence Chapitre 5.Impact environnemental du secteur automobile : contexte général Chapitre 6.Approche par modélisation réduite dite multi zéro dimensionnelle

Volume horaire	TOTAL: 70, CM: 24, Conf: 0, TD: 0, TP: 43, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 186.5 h, Présentiel: 70 h, Personnel: 116.5 h, ECTS eqv: 6.78
XX0033 Module 35	Propulsion terrestre
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 40 %) Equations de Navier-Stokes Thermodynamique Générale Chimie Générale Calcul différentiel et intégral Probabilités : Connaissances de base Connaissance de Matlab
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Description approfondie de tout type de système propulsif Capacité à résoudre analytiquement les applications simples et numériquement les cas complexes Capacité à résoudre un système différentiel à l'ordre 1 Outils de programmation matlab Ecriture d'un code de calcul similaire à des codes publiés Mise en équation des modèles spécifiques aux processus de combustion
Contenu	Approche par modélisation réduite dite multi zéro dimensionnelle sous L'environnement Matlab Modélisation OD de la combustion dans une chambre de combustion de moteur, mise en place des équations du modèle Ecriture des sous modèle cinématique décrivant le volume de la chambre, et de distribution des soupapes d'admission et d'échappement Modèle de transfert de masse, modèle de mélange de Curl Modélisation de la phase de combustion, Sous modèle basé sur une loi phénoménologique, sur le développement de front de flamme, Modèle « Eddy Burn up », et ou de modèle de réacteur homogène. Modèle de turbulence à deux équations -modèle k e Modèle d'échanges aux parois, rayonnement, convection, Modèles empiriques et semi-empiriques, Lois de paroi pour les transferts thermiques Modèle de composition des gaz (dissociation) Modèle de formation des nox Etude paramétrique (plan d'expérience) Analyse et présentation des données
Mots clés	Modélisation zero dimensionnelle
Volume horaire	TOTAL: 41, CM: 3, Conf: 0, TD: 0, TP: 35, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 113.5 h, Présentiel: 41 h, Personnel: 72.5 h, ECTS eqv: 4.13
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 30%, Projet: 70%, CC: 0%, Oral: 0%
XX0033 Module 37	Propulsion aéronautique
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 40 %) Equations de Navier-Stokes Thermodynamique Générale Chimie Générale Calcul différentiel et intégral
Programme	

Objectifs (résultats d'apprentissage)	Description approfondie de tout type de système propulsif Capacité à résoudre analytiquement les applications simples et numériquement les cas complexes Capacité à résoudre un système différentiel à l'ordre 1 Outils de programmation matlab Ecriture d'un code de calcul similaire à des codes publiés Mise en équation des modèles spécifiques aux processus de combustion Equations de Navier-Stokes Thermodynamique Générale Chimie Générale Calcul différentiel et intégral
Contenu	Le module s'appuie sur deux disciplines théoriques clés ; la Mécanique des Fluides et la Thermodynamique, qui sont au fondement de l'établissement des équations de l'Aérodynamique. Les équations de conservation sont revisitées d'abord dans le cadre d'un écoulement mono constituant, ensuite étendues au cas d'un écoulement multi- espèce réactif, d'autre part en étendant les lois bien connues de la Thermodynamique au concept du système chimique réactif. A l'issue les équations de l'Aérodynamique sont posées, le transport moléculaire détaillé de masse de quantité de mouvement et d'énergie et les termes sources de production et disparition des espèces chimiques sont parfaitement définis en s'appuyant sur les grands principes de la théorie cinétique des gaz. Le déroulement du cours s'attachera à fournir les informations jugées indispensables pour aider à l'identification et à la quantification de l'effort à produire, sur un plan technologique, pour réduire les émissions sur la partie purement propulsive d'un aéronef. Equations de la Mécanique des fluides pour les écoulements compressible d'un fluide mono constituant Description dans l'espace physique et spectral des Ecoulements Turbulents - Th. de Kolmogorov et applications Extension des équations de la Mécanique des Fluides à l'Aérodynamique & expressions du transport détaillé Généralisation de la Thermodynamique Générale aux systèmes chimiques - Potentiels chimiques Cinétique chimique générale, lois d'Arrhénius et réduction de Mécanismes réactionnels Modélisation de la turbulence : Opérateurs statistiques et hypothèses requises pour les approches RANS et LES Turbulence : Hypothèses de fermeture et modélisation de sous-maille pour les approches LES (+ CC type QCM) Combustion turbulente : Modélisation des flammes de type diffusion, en laminaire puis en turbulent Combustion turbulente : Modélisation des flammes de type
Mots clés	aérodynamique
Volume horaire	TOTAL: 29, CM: 21, Conf: 0, TD: 0, TP: 8, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 73 h, Présentiel: 29 h, Personnel: 44 h, ECTS eqv: 2.65
Type d'évaluation:	Examen Ecrit
Barèmes:	Ecrit: 100%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

12. UE Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiments

XX0035	Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiments
Intitulé en anglais	Building modeling and regulatory issues
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE

Programme	
Objectif	Ce cours a pour objectif de donner aux étudiants une vision d'ensemble du domaine de la modélisation/simulation thermique des bâtiments. Après une introduction au contexte de la filière, une première partie du cours se concentre sur les aspects bioclimatiques du bâti et le choix des systèmes, dans un cadre de simulation réglementaire. La seconde partie aborde les aspects physiques et numériques de la modélisation de l'enveloppe et des systèmes. Via des projets numériques, le cours se concentre sur l'application de la simulation dynamique détaillée à la conception, à l'évaluation de stratégies de contrôle dans les bâtiments, ou de systèmes de production d'énergie intégré. Partie modélisation Eléments du système bâtiment : parois, zones d'air, occupants, sollicitations extérieures, comportement, régulation. Démarche de modélisation : phénomènes internes, interactions thermiques et massiques, discrétisation spatiale, forme du système d'équations, discrétisation temporelle, simulation. Conduction dans les parois. Transport d'enthalpie entre zones et dans les boucles fluides. Matériaux à changement de phase. Capteur solaire, Echanges internes par convection et rayonnement. Echanges et sollicitations externes. Comportement des occupants. Partie réglementation thermique Paysage réglementaire autour de la performance énergétique des bâtiments : directive européenne EPBD, Grenelle de l'Environnement, Réglementations thermiques, DPE, labels de certification. Présentation de la réglementation thermique pour les bâtiments neufs (RT 2012 RT 2020) : les grands principes, les exigences, les phénomènes pris en compte, les aspects conventionnels, les règles Th-Bât, la méthode de calcul (Th-BCE 2012).
Volume horaire	TOTAL: 31, CM: 12, Conf: 0, TD: 0, TP: 16, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 59 h, Présentiel: 31 h, Personnel: 28 h, ECTS eqv: 2.15
XX0035 Module 38	Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiments
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 40 %) Transferts thermiques
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Enjeux énergétiques dans le secteur du bâtiment Réglementation thermique des bâtiments Notions sur le confort thermique Méthodologie d'analyse physique des phénomènes Démarche de modélisation thermique dynamique Notions de méthodes numériques Logiciels d'application Rédaction de rapports de synthèse Travail en équipe Analyse critique de résultats Prise d'initiative Sens pratique

Contenu	Introduction sur les objectifs de la modélisation – Présentation d'une démarche de modélisation thermique des bâtiments Présentation sommaire de l'outil logiciel utilisé avec exemples TP: Modélisation d'un studio, exemple comprenant toutes les notions et entités vues dans le cours TP: Modélisation d'un capteur solaire, simulation de stratégies de régulation, mise en évidence d'un modèle simple TP: Modélisation d'un studio avec chauffage solaire comprenant un stock utilisant des matériaux à changement de phase Réglementation thermique des bâtiments : historique, objectifs, règles en vigueur Présentation du logiciel d'application TP: calculs réglementaires
Mots clés Volume horaire	Transferts thermiques, BIM TOTAL: 31, CM: 12, Conf: 0, TD: 0, TP: 16, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 59 h, Présentiel: 31 h, Personnel: 28 h, ECTS eqv: 2.15
Type d'évaluation:	Examen Oral, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 50%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 50%

13. UE Confort thermique à haute efficacité énergétique

XX0036	Confort thermique à haute efficacité énergétique
Intitulé en anglais	Thermal comfort and building energy consumption
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	
Objectifs	Après un rappel des principes de la thermodynamique et une introduction aux méthodes d'analyse systémiques et d'intégration énergétique (en particulier la méthode du pincement), le cours s'attache à présenter les principales technologies utilisées pour le confort thermique dans les bâtiments. Les cycles à compression de vapeur pour la production de chaud et de froid sont présentés et modélisés. L'analyse exergétique sera appliquée à l'étude des sources d'irrégularités de ces systèmes et sur- tous les étudiants sont formés à utiliser cette technique pour choisir les fluides de travail et l'architecture thermodynamique des cycles (glissement de température, cycles transcritiques, cycles multi-étagés. . .). Le cours aborde également la problématique des fluides frigorigènes et l'encadrement de leur usage par la législation. L'air humide, est une composante essentielle du confort ; climatiser consiste à modifier l'équilibre d'air humide à l'intérieur. Les diverses transformations possibles sont utilisées par les systèmes à roue dessiccante pour souffler de l'air aux conditions voulues. L'analyse thermo- dynamique du cycle permet d'évaluer sa consommation énergétique. L'apport de chaleur par capteurs solaires est possible. La sorption, principe actif des roues dessiccantes, peut aussi être utilisée en cycle fermé, pour lequel la technologie la plus développée est la sorption liquide. Une fois ces machines décrites, leur analyse thermodynamique permet d'évaluer leurs performances et d'envisager des cycles à haute performance. Plusieurs séances de travaux pratiques sont organisées sur des dispositifs tels que : Pompe à chaleur réversible avec vitesse variable sur compresseur, ventilateurs et pompes Plateforme expérimentale de stockage de froid Maquette aérodynamique d'étude du refroidissement adiabatique d'air par évaporation d'eau

	Une seconde partie du cours s'attache à la modélisation d'un bâtiment et ses scénarii d'utilisation, aux calculs des besoins thermiques d'un bâtiment, interprétation des résultats et la recherche
Volume horaire	TOTAL: 69, CM: 32, Conf: 0, TD: 10, TP: 24, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 159 h, Présentiel: 69 h, Personnel: 90 h, ECTS eqv: 5.78
XX0036 Module 39	Confort thermique à haute efficacité énergétique
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 30 %) Thermodynamique avancée Notions de base sur échangeurs de chaleur (bilans, efficacité), notions de Thermique
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Traitement de l'air humide Thermodynamique de la réfrigération / climatisation Réaliser une analyse systémique d'un ensemble de besoins énergétiques Mettre en évidence le besoin de stockage d'énergie dans le bâtiment Comprendre et analyser une centrale de traitement d'air Analyser un cycle frigorifique par compression de vapeur ou absorption Savoir calculer les évolutions de l'air humide dans une centrale de traitement d'air Savoir lire le diagramme de l'air humide Savoir utiliser des logiciels scientifiques avancés Savoir manipuler des expériences complexes (capteurs, conditionneurs, acquisition de données, plan d'expérience. . .)
Contenu	Systèmes frigorifiques et Pompes à chaleur, Efficacité des cycles Introduction de la notion d'exergie, analyse énergétique Air humide - humidification - climatisation par évaporation directe et par évaporation indirecte - calcul des performances, adsorption d'eau - déshumidification par roue dessiccante - climatisation par cycle de Pennington Les phénomènes physiques et les modèles mathématiques en thermique du bâtiment TD sur la présentation d'Alcyone et la saisie d'un bâtiment multizone TD sur la présentation de Pléiades, le calcul des besoins thermiques d'un bâtiment, l'interprétation des résultats et la recherche d'alternatives permettant de réduire les besoins énergétiques L'ACV dans le bâtiment : les normes, les méthodes, les étapes TD sur la présentation de NovaEquer, la saisie du bâtiment étudiés sur Pléiades, la simulation et l'interprétation des résultats. Stockage d'énergie pour la production de froid TP Groupe de production de froid, stockage de froid, Refroidissement adiabatique
Mots clés	Air humide, pompe à chaleur, Stockage d'énergie, thermique bâtiment
Volume horaire	TOTAL: 69, CM: 32, Conf: 0, TD: 10, TP: 24, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 159 h, Présentiel: 69 h, Personnel: 90 h, ECTS eqv: 5.78
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 40%, TP: 20%, Projet: 0%, CC: 40%, Oral: 0%

14. UE Aéroacoustique et énergétique des moteurs aéronautiques

XX0037	Aéroacoustique et énergétique des moteurs aéronautiques
Intitulé en anglais	Turbomachinery and Aeroacoustics
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master

Semestre	3
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Ce cours a pour objectif de donner aux étudiants une vision précise des défis qui se situent autour de la conception des moteurs aéronautiques. Le cours se décompose en trois parties, en commençant par la présentation d'un turboréacteur d'un point de vue système, ce qui permet une analyse rapide et paramétrique de ses performances. On se focalisera ensuite sur les problématiques aérodynamiques et aéroacoustiques des moteurs aéronautiques. Enfin, on s'intéressera à la chambre de combustion du moteur, avec à la fois des éléments de technologie et la présentation d'approches très récentes permettant la prévision de ses caractéristiques essentielles (stabilité, émissions polluantes, ré-allumage en vol, transferts thermiques).
Volume horaire	TOTAL: 59, CM: 36, Conf: 0, TD: 0, TP: 16, PRJ: 4, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 164 h, Présentiel: 59 h, Personnel: 105 h, ECTS eqv: 5.96
XX0037 Module 40	Combustion
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 50 %) Bases de la mécanique des fluides Bases de la thermodynamique (monoespèce)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Fonctionnement d'un moteur aéronautique d'un point de vue système Enjeux de la conception d'une chambre de combustion aéronautique Eléments théoriques nécessaires à la compréhension et la résolution des problèmes d'aérothermochimie se déroulant dans les moteurs aéronautiques Réalisation de simulations numériques RANS de chambre de combustion aéronautique Culture générale aéronautique Contexte propulsion aéronautique (constructeurs, évolution du trafic aérien, impact environnemental. . .) Généralités sur les moteurs aéronautiques, définitions de base : poussées (nette/brute), rendements (propulsif, thermique), SFC (Specific Fuel Consumption), équations de Froude. Cycle thermodynamique de Turbine à Gaz (TAG) théorique et réel (notions de travaux, puissances et efficacité) Température Entrée Turbine (TET) comme enjeu de conception (influence sur les rendements, technologies et matériaux utilisés pour la conception des aubes de turbine) Grandes familles de moteurs (turbojet, turbofan, turbopropulseur) Rappel d'aérodynamique compressible : définition de l'état « total » et utilisation dans les cycles thermodynamiques Etude système d'un turboréacteur simple et double flux (fan, étage compresseur, chambre de combustion, étages turbines haute et basse pression, tuyère) Projet numérique (réalisation d'un programme en Python 3, associé à un rapport écrit avec LaTeX) Présentation caractéristiques moteurs réels (CFM56, GE90, M88), mise en perspective avec les résultats des études systèmes, Evaluation des marges de progression de performance pour les moteurs actuels, Présentation de nouveaux concepts de moteurs : Open Rotor, moteurs à détonation tournante, utilisation d'échangeurs. . . « Notions de base pour l'étude de la combustion Jet-Fuel/air, Rappels de thermodynamique multi-espèces, calcul de la température adiabatique de fin de combustion (en régimes pauvre et stoechiométrique) Modélisation simple d'une chambre de combustion aéronautique : le Réacteur Parfaitement Mélangé (RPM)»

	Eléments de conception d'une chambre de combustion aéronautique réelle (systèmes RQL, LPP, chambres à « deux têtes », injecteurs TAPS de dernière génération) Simulation numérique monophasique et diphasique d'une chambre de combustion aéronautique de type TAPS avec le code CEDRE
Mots clés	Combustion, moteur aéronautique
Volume horaire	TOTAL: 29.5, CM: 18, Conf: 0, TD: 0, TP: 8, PRJ: 2, Exam: 1.5
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 82 h, Présentiel: 29.5 h, Personnel: 52.5 h, ECTS eqv: 2.98
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 60%, TP: 20%, Projet: 20%, CC: 0%, Oral: 0%
XX0037 Module 41	Aeroacoustique
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 40 %) Bases de la mécanique des fluides Mécanique des milieux continus
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Sources de bruit dans le transport aérien Mécanismes de génération de bruit dans les turbomachines subsoniques Modèle de génération du bruit aérodynamique dans les machines tournantes Méthode de réduction du bruit aérodynamique
Contenu	Contexte de l'aéroacoustique lié à l'environnement (depuis le début de l'aviation civile jusqu'aux avions supersoniques) Pollution sonore dans le transport aérien Les perspectives d'amélioration Notions de traitement de signal, caractéristiques physiques d'un signal, Directivité et spectre du bruit large bande, transformation de Fourier, Densité spectrale, Analyse de spectre acoustique de turbomachines à bi-composantes raie et large bande, Généralités sur les sources de bruit dans les turbomachines Modèles et corrélations de prédiction du bruit des turbomachines Bases de l'analogie aéroacoustique, Théorie de Lighthill Formalisme de Ffowcs Williams & Hawkings FW&H appliquée aux turbomachines, Rayonnement au champ lointain Intégration de l'équation de FW&H avec prise en compte de la source monopolaire et dipolaire Cinématique et dynamique de l'écoulement dans le cas d'une turbomachine axiale subsonique Etude du rayonnement acoustique associé Théorie aérodynamique instationnaire linéarisée d'un profil Modélisation du bruit large bande : Bruit d'interaction avec la turbulence amont, Bruit de bord de fuite Projets : Etude des performances aérodynamiques d'une turbomachine à haute vitesse de type centrifuge ($Ma=0.8$) ; Caractérisation aéroacoustique et étude spectrale du comportement acoustique d'une turbomachine à haute vitesse
Mots clés	Bruit, acoustique
Volume horaire	TOTAL: 29.5, CM: 18, Conf: 0, TD: 0, TP: 8, PRJ: 2, Exam: 1.5
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 82 h, Présentiel: 29.5 h, Personnel: 52.5 h, ECTS eqv: 2.98
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 60%, TP: 20%, Projet: 20%, CC: 0%, Oral: 0%

15. UE Systèmes énergétiques efficients

XX0038	Systèmes énergétiques efficients
Intitulé en anglais	Efficient energy system

ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Cette UE offre une formation en rapport avec les nombreux problèmes industriels associés aux activités de recherche de l'aéronautique, l'automobile, les transports, la production et la conversion d'énergie, la pétrochimie et l'agro-alimentaire. Ces secteurs industriels s'appuient, pour une large part, sur la conception, le développement et la maîtrise du fonctionnement des turbomachines. Présenter les outils de la modélisation des écoulements internes. L'acquisition des connaissances concerne la modélisation aéro-hydrodynamique ainsi que l'optimisation des performances de ces machines. Ces enseignements théoriques sont complétés par des études de cas qui permettront aux étudiants d'acquérir les connaissances de base en vue de situer leur activité future par rapport aux enjeux énergétiques et environnementaux actuels et futures
Volume horaire	TOTAL: 46, CM: 46, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 138 h, Présentiel: 46 h, Personnel: 92 h, ECTS eqv: 5.02
XX0038 Module 42	Systèmes énergétiques efficients
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 60 %) Energétique niveau avancé. Bases en mécanique des fluides
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Simulation et Optimisation des procédés énergétiques (Turbine GAZ/Vapeur, Installation Tri-génération). Efficacité énergétique, Transition énergétique, Energie et carburants, Elaborer un cahier des charges Rédiger des rapports ou des documents techniques
Contenu	Equations générales de l'écoulement dans les turbomachines. Propriétés du mouvement relatif. Propriétés de l'écoulement tridimensionnel dans une roue aubée en mouvement. Modélisation quasi-tridimensionnelle, Ecoulement aube à aube, transformation conforme, déflexions, pertes génératrices d'entropie, Ecoulement méridien, équilibre radial. Application aux machines de compression axiales, centrifuges et helico-centrifuges : pompes, ventilateurs, compresseur Méthodologie du dimensionnement des machines industrielles Optimisation des performances et de la tenue en service. Etude de cas Synthèse sur les piles à combustible, Cycles combinés, cogénération. Cycles combinés, cogénération Solaire photovoltaïque : fonctionnement des capteurs, performances, coût des installations, exemples d'installations significatives, implantation en France et dans le monde, . . . La centrale nucléaire EPR : cycle thermodynamique type, description des principaux composants, évolution et innovations/centrales classiques, améliorations concernant la sécurité.
Mots clés Volume horaire	Conversion d'énergie, Turbomachine TOTAL: 46, CM: 46, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)

Travail personnel	TOTAL: 138 h, Présentiel: 46 h, Personnel: 92 h, ECTS eqv: 5.02
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen Oral, Compte-rendu de TP/projet, Rapport/soutenance de projet/stage
Barèmes:	Ecrit: 50%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 50%

16. UE Optimisation des performances des turbomachines

XX0039	Optimisation des performances des turbomachines
Intitulé en anglais	Optimizatrion in turbomachinery design
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	
Objectif	
Volume horaire	TOTAL: 47, CM: 44, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 135 h, Présentiel: 47 h, Personnel: 88 h, ECTS eqv: 4.91
XX0039 Module 43	Optimisation des performances des turbomachines
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 40 %) Energétique niveau avancé. Bases en mécanique des fluides Connaissance générale du fonctionnement des turbomachines.
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Simulation et Optimisation des procédés énergétiques (Turbine GAZ/Vapeur, Installation Tri-génération). Efficacité énergétique, Transition énergétique, Energie et carburants, Simulation numérique, Conception mécanique (connaissance approfondie)
Contenu	Classification des machines et développement des critères d'optimisation. Etage élémentaire formé de deux grilles planes. Dimensionnement des turbomachines (pompes, ventilateurs) en fonction des divers critères d'optimisation : bruit, rendement, capacité d'aspiration, . . . Analyse des performances de machines ainsi dimensionnées à l'aide de logiciels 2D et de codes 3D de simulation numérique en mécanique des fluides internes. Rappels des principes de fonctionnement et des principales performances. Ecoulements internes, champs de pression et de température, efforts associés. Sollicitations caractéristiques des lignes d'arbres et des pièces principales : carter, aubages, dispositifs d'équilibrage et d'étanchéité, paliers et butées. Maîtrise des problèmes technologiques et exemples de réalisations industrielles.
Mots clés Volume horaire	Turbomachine, Mécanique des lignes d'arbre TOTAL: 47, CM: 44, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 135 h, Présentiel: 47 h, Personnel: 88 h, ECTS eqv: 4.91
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen Oral
Barèmes:	Ecrit: 50%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 50%

**17. UE Stockage de l'énergie électrique dans l'automobile et ses enjeux
(MECAVENIR CFA)**

XX00212	Stockage de l'énergie électrique dans l'automobile et ses enjeux (MECAVENIR CFA)
Intitulé en anglais	Storage of electrical energy in the automobile and issues (MECAVENIR CFA)
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	3
Parcours	EE
Programme	
Objectif	
Volume horaire	TOTAL: 72, CM: 36, Conf: 0, TD: 36, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 216 h, Présentiel: 72 h, Personnel: 144 h, ECTS eqv: 7.86
XX00212 Module 268	Stockage Batterie
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés Volume horaire	TOTAL: 36, CM: 18, Conf: 0, TD: 18, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 108 h, Présentiel: 36 h, Personnel: 72 h, ECTS eqv: 3.93
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%
XX00212 Module 269	Propulsion électrique
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés Volume horaire	TOTAL: 36, CM: 18, Conf: 0, TD: 18, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 108 h, Présentiel: 36 h, Personnel: 72 h, ECTS eqv: 3.93
Type d'évaluation:	
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

18. UE Conception de systèmes durables (MECAVENIR CFA)

XX0040	Conception de systèmes durables (MECAVENIR CFA)
Intitulé en anglais	Sustainable Systems Design
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	4
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Etre capable de définir une politique d'entreprise, de conception, d'économie, de management selon le triangle de l'éthique : Que puis- je faire, que dois-je faire, que veux-je faire (Comment agir au mieux). Puis, à partir de cette notion d'éthique être capable d'éco concevoir des produits en prenant en compte le cadre réglementaire et normatif s'y rapportant. Enfin, cette UE donnera aux apprenants les outils pour convaincre et mettre en œuvre une démarche d'éco-conception au sein de leur entreprise. Ainsi, ils pourront intégrer les problématiques environnementales liées à un produit, dès sa conception, en prenant en compte toutes les étapes de son cycle de vie
Volume horaire	TOTAL: 75, CM: 24, Conf: 0, TD: 48, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 219 h, Présentiel: 75 h, Personnel: 144 h, ECTS eqv: 7.96
XX0040 Module 44	Conception de systèmes durables
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	

Contenu	Management du développement durable Introduction générale et présentation des objectifs du cours. Justification de la démarche d'éco-conception, aperçu historique et clarification de la nomenclature : éco-conception, reconception, eco-design, design for the environment (DfE), green design, etc. Les bases de la conception de produit : le besoin, le cahier des charges et les contraintes. Les principes généraux de l'éco-conception. Les différents niveaux de l'éco-conception (amélioration du produit, reconception du produit, amélioration fonctionnelle du produit, innovation des systèmes de produit). Les outils de l'éco-conception (ACV, ACV simplifiées, check-lists, matrices écologiques, etc.). Intégration de la démarche d'éco-conception dans les entreprises : conduite du changement et innovation. L'éco-conception comme stratégie d'entreprise : vision prospective. Présentation du cadre réglementaire et normatif (ISO, EuP). Les logiciels à disposition Analyse des risques et Eco-Conception Sensibilisation aux risques (différence entre civil et industriel) Classification des risques et norme AFNOR Méthode de caractérisation d'un risque (occurrence, gravité, prévisibilité) AMDEC Gestion de projet et analyse de risque (méthodes anticipatives, diagramme d'Ishikawa, théorie des Whys, management humain et gestion des risques). Concept Développement Durable Pacte social, éthique dans une société apprenante Complexité environnementale et économie circulaire Développement Durable, Territoire et Individu Conduite de changement et développement durable
Mots clés	Eco conception
Volume horaire	TOTAL: 75, CM: 24, Conf: 0, TD: 48, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 219 h, Présentiel: 75 h, Personnel: 144 h, ECTS eqv: 7.96
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen Oral, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 33%, TP: 34%, Projet: 0%, CC: 33%, Oral: 0%

19. UE Management stratégique et langue anglaise (MECAVENIR CFA)

XX0041	Management stratégique et langue anglaise (MECAVENIR CFA)
Intitulé en anglais	Strategic Management and English Language
ECTS	6
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	4
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Cette UE rassemble trois compétences qui sont indispensables à une bonne intégration dans le milieu professionnel. Capacité à s'intégrer et à travailler dans une entreprise. Capacité s'exprimer en anglais. Capacité à comprendre le bilan comptable d'une entreprise.
Volume horaire	TOTAL: 54, CM: 28, Conf: 0, TD: 20, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 6
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 199.5 h, Présentiel: 54 h, Personnel: 145.5 h, ECTS eqv: 7.25
XX0041 Module 45	Management stratégique
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master

Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	Economie et gestion d'entreprise Introduction à l'entreprise : Typologie, environnement, organisation Fonction financière : Comptabilité générale, besoin de financement, sources de financement, analyse financière de l'entreprise. Fonction production : Typologie des systèmes de production, Facteurs clés de réussite : Organisation, Production, Qualité, Outils. Fonction ressource humaine : Gestion de l'emploi des salariés, plan de formations, la négociation et la gestion des conflits, le système de rémunération. Fonction commerciale/marketing : Etude de marché, politique commerciale, politique de communication. Stratégie : Diagnostique stratégie, type de stratégie, plans stratégiques, budgets. Etude de cas : Exemples concrets nécessitant une analyse par une approche globale de l'entreprise.
Mots clés	TOTAL: 31, CM: 28, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Volume horaire	
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 111.75 h, Présentiel: 31 h, Personnel: 80.75 h, ECTS eqv: 4.06
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen Oral, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 30%, TP: 0%, Projet: 30%, CC: 30%, Oral: 10%
XX0041 Module 46	Langue anglaise
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 50 %) Niveau anglais B1
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Points de grammaire niveau B2 Entraînement au Test ETS TOEIC Vocabulaire autour des ENERGIES Vocabulaire autour de l'ENVIRONNEMENT Présentations orales des entreprises (prise de parole en anglais)
Contenu	Renforcement grammatical Analyse des différences culturelles du monde anglophone Travail d'écoute de lecture (élargissement du vocabulaire et entraînement à la lecture rapide) et d'écriture (localisation des difficultés grammaticales et essais de rédaction d'un document) grâce aux flashes d'informations (radio, TV), aux conférences orales (vidéos) et articles parus dans des revues généralistes et (ou) professionnelles internationales.
Mots clés	TOTAL: 23, CM: 0, Conf: 0, TD: 20, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Volume horaire	
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 87.75 h, Présentiel: 23 h, Personnel: 64.75 h, ECTS eqv: 3.19
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen Oral, Compte-rendu de TP/projet
Barèmes:	Ecrit: 30%, TP: 0%, Projet: 30%, CC: 30%, Oral: 10%

20. UE Marketing industriel (MECAVENIR CFA)

XX0042	Marketing industriel (MECAVENIR CFA)
Intitulé en anglais	business to business (MECAVENIR CFA)
ECTS	3

Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	4
Parcours	EE
Programme	
Objectif	Connaître l'Univers de l'Achat BtoB Instruire une Procédure d'Achat Déterminer un Marketing Achat Mener une Négociation d'Achat Définir une Stratégie Achat
Volume horaire	TOTAL: 23, CM: 20, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 63 h, Présentiel: 23 h, Personnel: 40 h, ECTS eqv: 2.29
XX0042 Module 47	Marketing industriel
ECTS	3
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %) Marketing industriel
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	Déterminer un plan d'achats industriels Faire le lien entre le PIC et le plan de sourcing
Contenu	Analyse de Make or Buy Tableau de scoring Analyse multi critères Méthode de négociation
Mots clés Volume horaire	TOTAL: 23, CM: 20, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 3
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 63 h, Présentiel: 23 h, Personnel: 40 h, ECTS eqv: 2.29
Type d'évaluation:	Examen Ecrit, Examen Oral
Barèmes:	Ecrit: 50%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 30%, Oral: 20%

21. UE Stage M2 - 30ECTS

XX00193	Stage M2 - 30ECTS
Intitulé en anglais	Internship M2 - 30ECTS
ECTS	30
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	4
Parcours	COMPMECH, EE, MF2A, MS2, SAR, SI, SYSCOM, IPS, CIMES
Programme	
Objectif	
Volume horaire	TOTAL: 0, CM: 0, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 0 h, Présentiel: 0 h, Personnel: 0 h, ECTS eqv: 0
XX00193 Module 234	Stage M2
ECTS	30
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 100 %) Validation du M1 et du S1 du M2
Programme	

Objectifs (résultats d'apprentissage)	Mettre en œuvre une solution technologique ; Gérer un projet et travailler en équipe ; Etre autonome, savoir assurer une veille technologique et mener une recherche bibliographique ; Communiquer à l'oral comme à l'écrit, en français comme en anglais; Gérer le temps et prioriser les tâches, anticiper
Contenu	
Mots clés Volume horaire	TOTAL: 0, CM: 0, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 0 h, Présentiel: 0 h, Personnel: 0 h, ECTS eqv: 0
Type d'évaluation:	
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 0%, Projet: 0%, CC: 0%, Oral: 0%

22. UE Projet de fin d'études

XX00213	Projet de fin d'études
Intitulé en anglais	Final Project
ECTS	15
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Semestre	4
Parcours	EE
Programme	
Objectif	
Volume horaire	TOTAL: 0, CM: 0, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	non (0h)
Travail personnel	TOTAL: 412.5 h, Présentiel: 0 h, Personnel: 412.5 h, ECTS eqv: 15
XX00213 Module 270	PFE
ECTS	15
Langue d'enseignement	Français
Niveau	Master
Pré-requis	(Exigence: 0 %)
Programme	
Objectifs (résultats d'apprentissage)	
Contenu	
Mots clés Volume horaire	TOTAL: 0, CM: 0, Conf: 0, TD: 0, TP: 0, PRJ: 0, Exam: 0
Enseignement à distance	oui (0h)
Travail personnel	TOTAL: 412.5 h, Présentiel: 0 h, Personnel: 412.5 h, ECTS eqv: 15
Type d'évaluation:	Compte-rendu de TP/projet, Rapport/soutenance de projet/stage
Barèmes:	Ecrit: 0%, TP: 0%, Projet: 100%, CC: 0%, Oral: 0%

Synthèse du Parcours-type

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des heures déclarées sur les UEs du tronc commun de la mention.

Lorsque les UEs sont des UEs du tronc commun de mention ou sont mutualisées sur plusieurs parcours de la mention, seule la contribution du parcours est prise en compte.

Synthèse PARCOURS-TYPE						
Effectifs: 130 étudiants	M1: 50 étudiants (SDI: 50, Hors SDI:), M2: 80 étudiants (SDI: 60, Hors SDI: 20)					
Services déclarés						
Organisme payeur (Eqv TD)	CM	Conf.	TD	TP	PRJ	Exam.
UFR-919 (SU)	314h (471h)	0h (0h)	192h (192h)	425h (425h)	166h (166h)	27h (27h)
SDI (SU)	30h (45h)	0h (0h)	0h (0h)	44h (44h)	20h (20h))	0h (0h)
CFA MECAVENIR	140h (210h)	0h (0h)	152h (152h)	96h (96h)	32h (32h))	3h (3h)
CFA-SCIENCES	0h (0h)	0h (0h)	40h (40h)	0h (0h)	0h (0h))	0h (0h)
UFR-Physique (SU)	12h (18h)	0h (0h)	10h (10h)	64h (64h)	0h (0h))	0h (0h)
ENSAM	90h (135h)	0h (0h)	0h (0h)	0h (0h)	0h (0h))	3h (3h)
Partenaire	20h (30h)	0h (0h)	0h (0h)	0h (0h)	0h (0h))	0h (0h)
Heures d’encadrement	Enseignement à distance: 0h, Tutorat académique: 0h					
Total Eqv. TD: 2183h	Total Eqv. TD SU: 1482h		Total Eqv. TD UFR: 1390h		Total hors SU: 701h	

MENTION Master Mécanique						
Effectifs: 400 étudiants	M1: 160 étudiants (SDI: 160, Hors SDI: 0), M2: 240 étudiants (SDI: 190, Hors SDI: 50)					
Services déclarés						
Organisme payeur (Eqv TD)	CM	Conf.	TD	TP	PRJ	Exam.
UFR-919 (SU)	1377h (2065h)	0h (0h)	1029h (1029h)	1322h (1322h)	665h (665h)	156h (156h)
SDI (SU)	30h (45h)	62h (93h)	0h (0h)	44h (44h)	20h (20h))	0h (0h)
SGFI (SU)	0h (0h)	0h (0h)	369h (369h)	0h (0h)	0h (0h))	0h (0h)
ENPC	315h (473h)	0h (0h)	0h (0h)	60h (60h)	0h (0h))	36h (36h)
CFA MECAVENIR	140h (210h)	0h (0h)	152h (152h)	96h (96h)	32h (32h))	3h (3h)
CFA-SCIENCES	0h (0h)	0h (0h)	40h (40h)	0h (0h)	0h (0h))	0h (0h)
UFR-Physique (SU)	24h (36h)	0h (0h)	10h (10h)	64h (64h)	0h (0h))	2h (2h)
ENSAM	162h (243h)	0h (0h)	60h (60h)	12h (12h)	0h (0h))	13h (13h)
Partenaire	20h (30h)	0h (0h)	0h (0h)	0h (0h)	0h (0h))	0h (0h)
X	60h (90h)	0h (0h)	60h (60h)	0h (0h)	0h (0h))	12h (12h)
Diderot	71h (107h)	0h (0h)	0h (0h)	39h (39h)	0h (0h))	8h (8h)
Heures d'encadrement	Enseignement à distance: 0h, Tutorat académique: 0h					
Total Eqv. TD: 7694h	Total Eqv. TD SU: 5920h		Total Eqv. TD UFR: 5439h		Total hors SU: 1775h	

TRONC COMMUN						
Effectifs: 400 étudiants	M1: 160 étudiants (SDI: 160, Hors SDI: 0), M2: 240 étudiants (SDI: 190, Hors SDI: 50)					
Services déclarés						
Organisme payeur (Eqv TD)	CM	Conf.	TD	TP	PRJ	Exam.
UFR-919 (SU)	120h (180h)	0h (0h)	314h (314h)	398h (398h)	80h (80h))	8h (8h)
SDI (SU)	0h (0h)	62h (93h)	0h (0h)	0h (0h)	0h (0h))	0h (0h)
SGFI (SU)	0h (0h)	0h (0h)	369h (369h)	0h (0h)	0h (0h))	0h (0h)
Heures d'encadrement	Enseignement à distance: 0h, Tutorat académique: 0h					
Total Eqv. TD: 1443h	Total Eqv. TD SU: 1443h		Total Eqv. TD UFR: 1073h		Total hors SU: 0h	

Liste des UE

Semestre 1

Nom UE	ECTS	Cap. acc.	Heures pr.	Heures TDS
Ondes et vibrations	6	45	70.5	402.5
Mécanique des milieux continus Solides et Fluides	6	45	68	196
Calcul scientifique, Traitement du signal et des données	6	45	45	556
Ondes et vibrations (MECAVENIR CFA)	6	20	59	117
Modélisation des milieux fluides et solides (MECAVENIR CFA)	6	20	63	79
Acoustique et traitement du signal, méthodes numériques (MECAVENIR CFA)	6	20	65	71
Fondements de l'efficacité énergétique	6	45	53	96
Ingénierie Mécanique Energétique	3	60	48	60
OIP - S1	3	45	18	240

Semestre 2

Nom UE	ECTS	Cap. acc.	Heures pr.	Heures TDS
Ingénierie des énergies renouvelables	6	60	66	153.5
Combustion - Energétique et impact environnemental	6	60	53	133
Turbulence et Transfert : Applications énergétiques et Environnementales	6	60	61	77
Stage M1 - 6ECTS	6	60	0	0
Anglais - S2	3	60	30	450
Méthodes numériques pour la dynamique	3	60	28	172

Semestre 3

Nom UE	ECTS	Cap. acc.	Heures pr.	Heures TDS
Défis énergétique du 21eme siècle	6	85	61	105
Simulation numérique pour l'ingénierie énergétique	6	35	59	111
Carburants pour la transition énergétique	6	35	63	156
Transferts radiatifs et convectifs : modélisation et simulation	6	30	61	112.5
Modélisation des Ecoulements turbulents	6	30	59	94
Modélisation aérothermochimique, applications à la propulsion terrestre et aéronautique	6	35	70	125
Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiments	6	35	31	37
Confort thermique à haute efficacité énergétique	6	35	69	109
Aéroacoustique et énergétique des moteurs aéronautiques	6	30	59	93
Systèmes énergétiques efficients	6	20	46	69
Optimisation des performances des turbomachines	6	20	47	69
Stockage de l'énergie électrique dans l'automobile et ses enjeux (MECAVENIR CFA)	6	35	72	90
Anglais - S3	3	65	24	240

Semestre 4

Nom UE	ECTS	Cap. acc.	Heures pr.	Heures TDS
Conception de systèmes durables (MECAVENIR CFA)	6	20	75	87
Management stratégique et langue anglaise (MECAVENIR CFA)	6	20	54	48
Marketing industriel (MECAVENIR CFA)	3	20	23	33
Stage M2	30	65	0	0
Stage M2	27	65	0	0
Anglais - S3	3	65	24	240
Projet de fin d'études	15	20	0	0

Organisation du Parcours-Energétique et Environnement

1. Master 1 formation initiale

Master EE niveau 1 : formation initiale	
Semestre 1	Semestre 2
6ECTS : Calcul scientifique, Traitement du signal et des données	6ECTS : Ingénierie des énergies renouvelables
6ECTS : Ondes et vibrations	6ECTS : Combustion - Energétique et impact environnemental
6ECTS : Mécanique des milieux continus Solides et Fluides	6ECTS : Turbulence et Transferts : Applications Energétiques et Environnementales
6ECTS : Fondements de l'efficacité énergétique	3ECTS : Méthodes numérique pour la dynamique.
3ECTS : Ingénierie Mécanique Energétique	3ECTS : Anglais
3ECTS : OIP	6ECTS : Stage
Parcours énergétique et environnement (SU)	
Tronc commun master SPI Méca (SU)	
<i>Insertion professionnel, langue (SU)</i>	

2. Master 1 formation par apprentissage OPEN

Master EE niveau 1 : formation par apprentissage	
Semestre 1	Semestre 2
<u>6ECTS : Acoustique et traitement du signal, méthodes numériques CFA</u>	6ECTS : Ingénierie des énergies renouvelables
<u>6ECTS : Ondes et vibrations CFA</u>	6ECTS : Combustion - Energétique et impact environnemental
<u>6ECTS : Modélisation des milieux fluides et solides CFA</u>	6ECTS : Turbulence et Transferts : Applications Energétiques et Environnementales
6ECTS : Fondements de l'efficacité énergétique	3ECTS : Méthodes numérique pour la dynamique.
3ECTS : Ingénierie Mécanique Energétique	3ECTS : Anglais
3ECTS : Evaluation en milieu professionnel	6ECTS : Evaluation en milieu professionnel
<u>Cours généraux (CFA mécavenir)</u>	
<i>Insertion professionnel, langue (CFA mécavenir)</i>	
Parcours énergétique et environnement (SU)	
Tronc commun master SPI Méca (SU)	

3. Master 2 formation initiale et par apprentissage, semestre 3

Nous proposons aux étudiants plusieurs parcours type sous forme de coloration thématique.

AERIEN : Aérodynamique et Impact Environnemental

CLEANER : Combustion, limitation des émissions associées, nouvelles énergies et ressources (formation initiale)

IMCE : Ingénierie des machines de conversion d'énergie (formation initiale)

OPEN : Optimisation énergétique et systèmes durables (apprentissage)

OMEBA : Outils et méthodes pour les bâtiments à zéro énergie (formation initiale)

Semestre 3					
	CLEANER	OMEBA	AERIEN	Formation par apprentissage OPEN	IMCE
Cours 1 (6ECTS)			Défis énergétiques du 21ème siècle (SU)		
Cours 2 (6ECTS)	Carburants pour la transition énergétique (SU)	Modélisation des écoulements turbulents (SU)	Modélisation des écoulements turbulents (SU)	Carburants pour la transition énergétique (SU)	Optimisation des performances des turbomachines (ENSAM)
Cours 3 (6ECTS)	Stockage de l'énergie électrique dans l'automobile et ses enjeux (CFA MECAVENIR)	Transferts radiatifs et convectifs : modélisation et simulation (SU)	Transferts radiatifs et convectifs : modélisation et simulation (SU)	Stockage de l'énergie électrique dans l'automobile et ses enjeux (CFA MECAVENIR)	Systèmes énergétiques efficients (ENSAM)
Cours 4 (6ECTS)	Modélisation aéro thermochimique, applications à la propulsion terrestre et aéronautique (SU)	Confort thermique à haute efficacité énergétique (SU)	Simulation numérique pour l'ingénierie énergétique (SU)	Confort thermique à haute efficacité énergétique (SU)	Simulation numérique pour l'ingénierie énergétique (SU)
Cours 5 (6ECTS)	Aéro-acoustique et énergétique des moteurs aéronautiques (SU)	Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiments (SU)	Aéro-acoustique et énergétique des moteurs aéronautiques (SU)	Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiments (SU)	Modélisation aéro thermochimique, applications à la propulsion terrestre et aéronautique (SU)

4. Master 2 formation initiale et par apprentissage, semestre 4

Semestre 4		
	Formation Initiale CLEANER, OMEBA, IMCE, AERIEN	Formation par apprentissage OPEN
Cours 1 (6ECTS)		Conception de systèmes durables (MECAVENIR CFA)
Cours 2 (6ECTS)		Management stratégique et langue anglaise (MECAVENIR CFA)
Cours 3 (3ECTS)		Marketing industriel (MECAVENIR CFA)
15 ECTS		Projet de fin d'études
3 ECTS	Anglais	
27/30 ECTS	Stage	

Responsabilité UE – Contrôle des connaissances

Accréd	Libellé		SEMESTRE	Parcours	M1 FI	M1 OPEN APP	M2 AERIEN	M2 CLEANER	M2 OMEGA	M2 OPEN APP	M2 INCE ENSAM	ECTS	Ecrit	T.P.	Projet/ Oral	C.C.	CM	CONF	TD	TP	PROJET	EXAM	Total Présentiel	Total Etudiants	Enseignant responsable	Equipe pédagogique
XX001	Ondes et vibrations	S1 1	S1	M1	1	0						6	70,0	30,0			8,0		34,0	24,0		4,5	70,5	94,0		?
XX0044	Ondes et vibrations (MECAVENIR CFA)	S1 2	S1	M1	0	1						6	40,0	20,0		40,0	20,0		20,0	16,0	16,0	3,0	75,0			NADIA SAHOURY
XX003	Calcul scientifique, Traitement du signal et des données	S1 3	S1	M1	1	0						6	37,5	12,5	50,0		19,0		10,0	12,0	1,0	3,0	45,0	187,5		?
XX0045	Acoustique et traitement du signal, méthodes numériques (MECAVENIR CFA)	S1 4	S1	M1	0	1						6	60,0	15,0	25,0		12,0		50,0			3,0	65,0			SMAINE KOUIDRI; RICCHARD PARIDAENS; MEHDI MOJTABI
XX00184	Mécanique des milieux continus Solides et Fluides	S1 5	S1	M1	1	0						6	100,0				32,0		28,0			8,0	68,0	188,0		?
XX0043	Modélisation des milieux fluides et solides (MECAVENIR CFA)	S1 6	S1	M1	0	1						6	70,0			30,0	32,0		28,0			3,0	63,0			NADA BENKACY
XX00187	OIP - S1	S1 7	S1	M1	1	0						3			100,0			12,0	6,0				18,0			ELENA GÁLVEZ; XAVIER PERLEAUX
XX	Evaluation en milieu professionnel	S1 8	S1	M1	0	1						3			100,0			12,0	6,0				18,0			CFA EVALUATION ENTREPRISE
XX0023	Fondements de l'efficacité énergétique	S1 9	S1	M1	1	1						6	70,0				22,0		24,0		4,0	3,0	53,0	92,0		PHILIPPE GUIBERT
XX0024	Ingénierie Mécanique Énergétique	S1 10	S1	M1	1	1						3		100,0						48,0		4,0	52,0	64,0		PHILIPPE GUIBERT; STOYAN POUNKIN
XX0025	Ingénierie des énergies renouvelables	S2 1	S2	M1	1	1						6	40,0	60,0			27,0		10,0	26,0		3,0	66,0	80,5		SMAINE KOUIDRI; JEAN JOSE WANEGUE
XX0026	Combustion - Énergétique et impact environnemental	S2 2	S2	M1	1	1						6	30,0	20,0	25,0	25,0	24,0		20,0		6,0	3,0	53,0	123,3		GUILLAUME LEGROS; ALEXIS MATYNI; PATRICK DA CSOTA
XX0027	Turbulence et Transfert : Applications Énergétiques et Environnementales	S2 3	S2	M1	1	1						6	80,0			20,0	32,0		26,0			3,0	61,0	116,0		SOPHIE MERGUI; GEORGES GEROLYMOS, ISABELLE VALLET
XX00192	Méthodes numériques pour la dynamique	S2 4	S2	M1	1	1						3	100,0				8,0			20,0			28,0			?
XX00188	Langue	S2 5	S2	M1	1	1						3	100,0						30,0				30,0			département langue
XX00172	Stage	S2 6	S2	M1	1	0						6			100,0		0,0						0,0			Tuteur stage; responsable pédagogique
XX	Evaluation en milieu professionnel	S2 7	S2	M1	0	1						6			100,0		0,0						0,0			Tuteur entreprise; responsable pédagogique
XX0028	Défis énergétique du 21ème siècle	S3 1	S3	M2			1	1	1	1	1	6	80,0			20,0	28,0		30,0			3,0	61,0	76,0		PHILIPPE GUIBERT; STOYAN POUNKIN
XX0029	Simulation numérique pour l'ingénierie énergétique	S3 2	S3	M2			1				1	6	50,0	30,0	20,0		8,0			48,0		3,0	59,0	28,0		BERTIER NICOLAS; DELIGANT MICHAEL; DOREY LUC HENRY; CHASSAING JEAN CAMILLE
XX0030	Carburants pour la transition énergétique	S3 3	S3	M2			1		1			6	30,0	30,0	30,0	10,0	42,0			12,0		3,0	57,0	130,5		DA COSTA PATRICK; GÁLVEZ MARIA ELENA; BEN AMARA ARIJ; OGNIER STEPHANIE; FLAMANT GILLE
XX0031	Transferts radiatifs et convectifs : modélisation et simulation	S3 4	S3	M2			1	1				6	65,0	15,0	20,0		35,0			17,0	6,0	3,0	61,0	101,3		SERGEANT ANNE; LEGROS GUILLAUME
XX0032	Modélisation des Écoulements turbulents	S3 5	S3	M2			1	1				6	60,0		40,0		22,0		22,0		12,0	3,0	59,0	142,0		ISABELLE VALLET; GEORGES GEROLYMOS; NABIL BEN NASR
XX0033	Modélisation aérothermochimique, applications aux propulsions terrestre et aéro	S3 6	S3	M2			1		1		1	6	50,0	15,0	35,0		24,0			43,0		3,0	70,0	116,5		GAFFIE DANIEL; GUIBERT PHILIPPE; JEAN FRANCOIS KRAWCZYNSKI
XX0035	Aspects physiques, numériques et réglementaires de la modélisation des bâtiment	S3 7	S3	M2			1	1				6		50,0	50,0		12,0			16,0		3,0	31,0	28,0		PATRICE JOUBERT; AYMERIC NOVEL; KHALIL EL KHOURY; ANNE SERGENT; SYLVIE RIOU
XX0036	Confort thermique à haute efficacité énergétique	S3 8	S3	M2			1	1		1	1	6	40,0	20,0		40,0	32,0		10,0	24,0		3,0	69,0	90,0		LEDUCQ DENIS; PONS MICHEL; COHEN MICHAËL; TRINQUET FRANÇOIS
XX0037	Aérodynamique et énergétique des moteurs aéronautiques	S3 9	S3	M2			1	1				6	60,0	20,0	20,0		36,0			16,0	4,0	3,0	59,0	52,5		KOUIDRI SMAÏNE; BERTIER NICOLAS
XX0038	Systèmes énergétiques efficients	S3 10	S3	M2						1	1	6	50,0		50,0		43,0					3,0	46,0	92,0		NOGUERA RICARDO; BAKIR FARID; KOUIDRI SMAÏNE; DELIGANT MICHAËL
XX0039	Optimisation des performances des turbomachines	S3 11	S3	M2						1	1	6	50,0		50,0		44,0					3,0	47,0	88,0		NOGUERA RICARDO; BAKIR FARID; KHELLADI SOFIANE; SARRAF CHRISTOPHE
XX00212	Stockage de l'énergie électrique dans l'automobile et ses enjeux	S3 12	S3	M2			1		1			6	0,0		0,0		18,0		18,0			3,0	39,0	72,0		????? CFA
XX0040	Conception de systèmes durables	S4 1	S4	M2					1			6	33,0	34,0		33,0	24,0		48,0			3,0	75,0	144,0		LAURENT COUSTY
XX0041	Management stratégique et langue anglaise	S4 2	S4	M2					1			6	30,0		40,0	30,0	28,0		20,0			6,0	54,0	145,0		BLANCHE EMMANUEL; TURZI FRANCECSO; MOJTABI MEHDI
XX0042	Marketing industriel	S4 3	S4	M2					1			3	50,0		20,0	30,0	20,0					3,0	23,0	40,0		ISOARD THIERRY MICHEL
XX00194	Anglais	S4 4	S3	M2			1	1	1	0		3	100,0						24,0				24,0			département langue
XX0213	Projet de fin d'étude	S4 5	S4	M2						1		15			100,0								0,0			Stage, Projet, tuteur laboratoire ou entreprise
XX	Stage	S4 6	S4	M2			1	1	1	0		27			100,0								0,0			Stage, Projet, tuteur laboratoire ou entreprise
XX	Stage	S4 7	S4	M2			1	1	1	0	1	30			100,0								0,0			Stage, Projet, tuteur laboratoire ou entreprise