

3^{ème} ANNEE

Formation Générale

Semestre 9 Formation Générale	Référence S9-FG50	
ANGLAIS <i>Responsable : Stéphanie GALLAIRE</i>	Cours	-
	MC	-
	PC	59 h
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	59 h
	Coeff.	2
ECTS	4	

Objectifs

Offrir un enseignement modulaire répondant aux besoins des étudiants

Prérequis

Programme

Anglais – OBLIGATOIRE

Au semestre 9 les étudiants commencent par une session intensive de 27 heures d'anglais. Ils peuvent ensuite choisir 2 modules (16hx2) répondant le plus à leurs besoins.

Méthodes pédagogiques

Session

Visée professionnelle (job interview, telephoning) et culturelle (news, music, cinema)
L'accent est mis sur l'expression orale.

Modules

Accent mis sur l'expression orale, la communication.
Approfondissement des compétences et savoir-faire nécessaires dans le métier d'ingénieur (ex : présentation en anglais)

Travail personnel

En fonction des modules : Ex : travail en autonomie au CRL, préparation d'une présentation orale avec support powerpoint, travail sur des vidéos utilisées ensuite en cours

Documents et ressources disponibles

Centre de ressources linguistiques du Pôle INPL Brabois

Savoir faire et compétences acquises

Compréhension de l'écrit et de l'oral, expression écrite et orale.

Modalités d'évaluation

Un contrôle continu propre à chaque module

Semestre 9 Formation Générale	Référence S9-FG51	
STAGE OU 1^{ER} EMPLOI : TECHNIQUES D'ENTRETIEN DE RECRUTEMENT ET DE NEGOCIATION DE REMUNERATION <i>Responsable : Jacques WODA</i>	Cours	4 h
	MC	-
	PC	4 h
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	8 h
	Coeff.	-
ECTS	-	

Objectifs

Entraîner les élèves à leurs futurs entretiens de recrutement

Prérequis

Programme

Examens de dossiers de candidature ; simulations d'entretiens de personnalité

Méthodes pédagogiques

« Liste d'exemples de questions » (80 questions)

Travail personnel

Etablir un dossier de candidature pour une offre d'emploi donnée

Documents et ressources disponibles

Savoir faire et compétences acquises

Connaissance du projet professionnel et des entretiens

Modalités d'évaluation

Pas d'évaluation.

Simulation d'entretiens

Semestre 9 Formation Générale	Référence S9-FG52	
CONFERENCES ET VISITES DE SITES INDUSTRIELS <i>Responsable : Alain LEFEVRE</i>	Cours	-
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	-
	Coeff.	-
ECTS	-	

Objectifs

Ouverture sur le monde industriel : connaître quelques grands groupes industriels, quelques procédés de fabrication ou de transformation, se familiariser avec le monde industriel.

Prérequis

Programme

La Direction des Relations Industrielles organise régulièrement des visites de sites industriels à l'intention des élèves de 1ère, 2ème ou 3ème Année.

Exemples d'entreprises régulièrement proposées :

- SOLLAC
- ALSTOM
- PEUGEOT
- TREMMERY
- PONT-A-MOUSSON
- SMAET
- CATTENOM (Centrale nucléaire)
- Etc.

Chaque année, des conférenciers invités présentent aux élèves quelques secteurs industriels de pointe (techniques, méthodes, procédés, outils utilisés), parlent de leur expérience d'ingénieur, des possibles débouchés pour les futurs diplômés ENSEM.

Exemple : ALSTOM, DELPHY, PEUGEOT, RENAULT, EDF, AIR-LIQUIDE, etc.

Travail personnel

Documents et ressources disponibles

Savoir faire et compétences acquises

Modalités d'évaluation

Pas d'évaluation

Semestre 9 Formation Générale	Référence S9-FG53	
MANAGEMENT D'EQUIPE <i>Responsable : Jean-Christophe MARPEAU</i>	Cours	8 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	8 h
	Coeff.	-
ECTS	-	

Objectifs

Apporter aux étudiants une vision «historique » du management ainsi qu'une réflexion sur l'entreprise et l'homme au travail. Ce cours est aussi une invitation à une promenade autour des principes clés de l'histoire des motivations tout en gardant à l'esprit que l'ingénieur va évoluer dans un monde de relations humaines. Enfin, ce thème est la clôture d'un parcours qui a commencé en première année sur la gestion d'un projet et qui a continué en deuxième année sur l'innovation et l'ingénierie de la conception.

Prérequis

Aucun

Programme

- Les Tâches du manager
- Les motivations
- L'organisation
- La délégation
- La communication
- L'information
- Fonction de représentation
- Les Qualités du manager

Travail personnel

Présence

Documents et ressources disponibles

Support de cours

Savoir faire et compétences acquises

Modalités d'évaluation

Aucune

Semestre 9 Formation Générale	Référence S9-FG54	
LANGUE VIVANTE 2 Module Optionnel <i>Responsable : Pierre BALLIET</i>	Cours	-
	MC	-
	PC	20 h
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	20 h
	Coeff.	Bonus
ECTS	-	

Objectifs

Familiarisation avec la civilisation, l'actualité, l'histoire et la géographie des pays germanophones ou hispaniques.

Préparation aux examens externes du Goethe Institut niveaux B1, B2 et C1 selon la demande des étudiants.

Prérequis

Programme

Langue vivante 2 – OPTIONNELLE

Méthodes pédagogiques

- Exercices et activités écrites et orales (extraits de la presse, de la radio et de la télévision allemande et espagnole. Travail sur des films espagnols ou hispanisants concernant la vie et l'histoire contemporaine des pays.)
- Travail sur des exercices préparant aux certifications externes.

Travail personnel

- Exercices écrits hebdomadaires corrigés en début de cours
- Recherches à effectuer en préparation des cours (ex : débat)

Documents et ressources disponibles

Centre de ressources linguistiques du Pôle INPL Brabois.

Savoir faire et compétences acquises

Compréhension de l'écrit, compréhension de l'oral, expression écrite, expression orale

Modalités d'évaluation

Contrôle continu (tests au cours du semestre)

**ENSEIGNEMENTS DE
3^{EME} ANNEE**

Descriptif des Modules

3^{ème} ANNEE

Filière Mécanique

3^{ème} ANNEE

Filière Mécanique

Parcours MTCM

**« Maîtrise des Transferts de
Chaleur et de Matière »**

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM200	
COMBUSTION <i>Responsables : F. LEMOINE / O. SERO-GUILLAUME</i>	Cours	30 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	30 h
	Coeff.	1,5
ECTS	3	

Objectifs

- Donner aux étudiants les éléments clefs de la compréhension des phénomènes de combustion en milieu gazeux en milieu diphasique
- Donner les principaux modèles utilisés en combustion turbulente, dans les codes de calcul

Prérequis

Dynamique des gaz compressibles (onde de choc et notions élémentaires), mécanique des fluides, thermodynamique et transferts thermiques (notions de base)

Programme

- Cinétique chimique et thermochimie appliquée à la combustion
- Structure et classification des flammes
- Equations globales des foyers
- Ondes de combustion, notions de détonique
- Combustion diphasique
- Formation des polluants issus de la combustion
- Equations fondamentales des milieux multi-constituant avec réactions chimiques
- Flammes de pré-mélange et de diffusion : exemples de formulation mathématique
- Flammes turbulentes pré-mélangées, flammes turbulentes non pré-mélangées

Travail personnel

- Etude du cours (10 h)
- Mini projet : étude pratique d'une flamme de prémélange (5h)
- Mini projet numérique (Fluent) (5 h)

Documents et ressources disponibles

Polycopiés de cours

Savoir faire et compétences acquises

- Compréhension des phénomènes physiques liés à la combustion dans le milieu monophasiques et diphasiques
- Etre à même de prendre en main un code de calcul et les différents modèles physiques qui y sont implantés

Modalités d'évaluation

Evaluation des deux mini-projets

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM201	
TRANSFERT DE CHALEUR EN ECOULEMENT DIPHASIQUE EBULLITION ET CONDENSATION <i>Responsable : Mohamed SOUHAR</i>	Cours	20 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	20 h
	Coeff.	1
	ECTS	2

Objectifs

Savoir calculer une installation avec transfert de chaleur par changement d'état (condensation-ébullition...), et applications sur des cas réels, par exemple : condenseur de Cattenom.

Prérequis

Cours d'Aérodynamique, cours de Thermique de 2^{ème} Année.

Programme

Ebullition-condensation (14h)

- Rappels de thermodynamique de la transition de phase d'un corps pur, et domaines industriels d'application
- Equations de saut aux interfaces et notions de la tension superficielle
- Condensation : divers modes de condensation, théorie de Nusselt, condensation turbulente, condensation en goutte, notions de condensation convective. Exemple de calcul d'un condenseur de centrale nucléaire.
- Ebullition : ébullition stagnante (expérience de Nukiyama) différents régimes d'ébullition, mécanismes de transferts de chaleur, corrélations de Rohsenow, flux critique, ébullition pelliculaire et applications en sidérurgie (trempe). Notions d'ébullition convective et calcul d'un générateur de vapeur.

Fusion-solidification (6h)

- Transfert de chaleur avec changement d'état solide-liquide : aspects physique et thermodynamique, problème de Stéfán, applications industrielles de la fusion.

Travail personnel

- Micro-projet : analyse d'un article récent dans le domaine
- Calcul d'un condenseur industriel

Documents et ressources disponible

- Polycopié de cours Ebullition-condensation
- Polycopié de cours Fusion-solidification

Savoir faire et compétences acquises

Calcul d'installations industrielles faisant intervenir le transfert de chaleur par changement de phase – Compréhension des phénomènes physiques – Introduction aux problématiques générales liées aux transferts de chaleur avec changement de phase.

Modalités d'évaluation

- Un test d'une heure
- Un compte-rendu d'un micro-projet

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM202	
METROLOGIE THERMIQUE <i>Responsable : Alain DEGIOVANNI</i>	Cours	12 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	12 h
	Coeff.	0,5
ECTS	1	

Objectifs

Maîtriser les différentes techniques de mesures de températures et de flux. En connaître les erreurs

Prérequis

Connaissance des transferts thermiques de base ; conduction, rayonnement, convection

Programme

- a) Métrologie des températures avec contact
 - Analyse des erreurs de mesure
 - Mesures de température de surface
 - Mesures des températures de gaz
- b) Métrologie des températures sans contact
 - La caméra infrarouge
- c) Métrologie des flux thermiques
 - Méthodes inverses
- d) Métrologie des interfaces
 - Coefficient d'échange
 - Résistance de contact

Travail personnel

Assimiler les notions nouvelles de « contact thermique » et de calcul approché en conduction

Documents et ressources disponibles

Polycopiés de cours

Savoir faire et compétences acquises

Etre capable de mettre en œuvre une mesure de température et de flux, maîtriser l'utilisation de la caméra infrarouge

Modalités d'évaluation

Evaluation écrite

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM203	
RESOLUTION DES PROBLEMES DE DIFFUSION <i>Responsable : Alain DEGIOVANNI</i>	Cours	20 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	20 h
	Coeff.	1
ECTS	2	

Objectifs

Donner les outils nécessaires pour résoudre les problèmes de diffusion de la chaleur, à la fois analytique et numérique, dans le but de les appliquer en particulier à la métrologie thermique et plus généralement à la modélisation de systèmes.

Prérequis

Thermique (conduction) et mathématiques de base.

Programme

Résolution analytique

- Séparation des variables 3D
- Transformations intégrales et transformée de Laplace
- Notions d'impédance généralisée
- Méthode des quadripôles et méthode fluxmétrique
- Notion de "constriction des lignes de flux"

Résolution numérique

- caractérisation de matériaux anisotropes 3D par transformant intégrales.
- caractérisation de matériaux solides à haute température (méthode Flash sous gradient) – Résolution par séries entières et résolution numérique.
- caractérisation de liquides à haute température (Méthode de moindres carrés couplée avec Matlab, discussion sur le choix de l'estimateur optimal : front de fusion ou température de fusion).

Travail personnel

Acquérir la maîtrise des outils de modélisation

Documents et ressources disponibles

Polycopiés et livres

Savoir faire et compétences acquises

Capacité à modéliser des systèmes conductifs

Modalités d'évaluation

Analyse d'une publication

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM204	
METROLOGIE DES PROPRIETES THERMOPHYSIQUES <i>Responsable : Sophie DIDIERJEAN</i>	Cours	30 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	30 h
	Coeff.	1,5
ECTS	3	

Objectifs

Donner aux étudiants les éléments de base nécessaires à la mise en place d'expériences et de modèles destinés à la mesure des grandeurs participant aux transferts thermiques.

Pré requis

Programme de thermique de 2^{ème} année tronc commun et filière.

Programme

Introduction à la mesure des propriétés thermophysiques : pourquoi ? comment ? Les grandeurs thermiques ; le matériau idéal ; les principales catégories de méthodes ; la chaîne de mesure (4h)

Techniques inverses et estimation de paramètres (8h)

Exemples (16h) : dans chaque cas, on s'attachera à développer les points suivants : Modélisation directe (utilisation de la transformation de Laplace et inversion numérique) – Etude de sensibilité – Identifications des paramètres – Analyse des résidus.

- Exemple simple : trempe d'une sphère
- Mesure de la diffusivité thermique par méthode flash : milieux isotropes et anisotropes – matériaux multicouches – matériaux semi-transparentes
- Calorimétrie
- Les sondes thermiques
- Contrôle non destructif par thermographie infrarouge
- Mesure de la conductivité thermique des super-isolants, des milieux minces, des résistances de contact

Pour la majorité de ces exemples, un dispositif expérimental existe ; L'étude théorique s'appuiera donc sur les TP de 3^{ème} année ou des TP déjà réalisés en 2^{ème} année ou des dispositifs expérimentaux du LEMTA. Cette partie du cours est abordée sous la forme de travaux dirigés.

- Exposés (2h)

Travail personnel

Etude du cours, résolution d'un problème en mettant en œuvre les différents éléments du cours.

Documents et ressources disponible

Polycopiés de cours – Publications scientifiques – Algorithmes de calcul (Matlab) - TP

Savoir faire et compétences acquises

Ce cours constitue un complément tout à fait original à l'étude des transferts thermiques par conduction, convection et rayonnement.

Connaissance des méthodes d'inversion de mesures et d'étude de sensibilité – applicables à d'autres disciplines.

Modalités d'évaluation

Exposé des résultats et compte-rendu du problème soumis.

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM205	
MILIEUX SEMI-TRANSPARENTS <i>Responsables : Alain DEGIOVANNI - Benjamin REMY</i>	Cours	20 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	20 h
	Coeff.	1
ECTS	2	

Objectifs

Donner les bases des transferts radiatifs dans les milieux semi-transparents et les éléments nécessaires à la compréhension des transferts couplés conduction - rayonnement

Prérequis

Rayonnement et conduction de base

Programme

Rayonnement du corps noir

Transfert radiatif en milieux semi-transparents

- Bilan radiatif, équation de conservation de l'énergie rayonnante
- Cas particulier : milieux non diffusant, milieux purement diffusant, milieux optiquement épais
- Conditions aux limites

Couplage conduction-rayonnement

- Mise en équation
- Exemple
- Approximation du milieu froid

applications et exercices

Travail personnel

Apprendre le cours et traiter les exercices

Documents et ressources disponibles

Polycopiés de cours et livres

Savoir faire et compétences acquises

Maîtriser les mécanismes et la modélisation des transferts couplés conduction-rayonnement dans les milieux semi-transparents

Modalités d'évaluation

Problèmes à la maison

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM206	
COUPLAGE CONVECTION-DIFFUSION <i>Responsable : Benjamin REMY</i>	Cours	20 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	20 h
	Coeff.	1
ECTS	2	

Objectifs

Le but recherché dans ce module est de familiariser les étudiants aux transferts couplés de chaleur (conduction et convection) dans des systèmes complexes (mécanique des fluides anisothermes, convection en régime transitoire, systèmes compacts où le rôle des parois est prédominant, ...) et de proposer des outils de résolution adaptés à ce type de problèmes (méthodes intégrales et numériques).

Prérequis

Programme de thermique et de mécanique des fluides de 2^{ième} année.

Programme

Transferts couplés convection naturelle - conduction thermique (14h)

- Convection naturelle et conduction en système fermé: Introduction des équations réduites et des paramètres d'influence, notion de pseudo-conduction et convection asymptotique, résolution des transferts en régime permanent et transitoire, prise en compte des parois, utilisation de codes numériques (Fluent et FlesPDE)
- Transferts dans les mini et micro-canaux, application aux micro-échangeurs de chaleur
- Introduction aux micro-caloducs et micro-disperseurs.

Transferts couplés convection - diffusion de matière (6h)

Introduction de la loi de diffusion de la matière (Fick) - Notion de couche limite massique - Coefficient d'échange de matière - Nombres adimensionnels (Nombre Schmidt – Nombre de Sherwood) - Analogies - Exemples.

Travail personnel

Comprendre les méthodes analytiques proposées

Documents et ressources disponible

Polycopié.

Savoir faire et compétences acquises

Modélisation et résolution de problèmes couplés.

Modalités d'évaluation

Application à traiter sur un code numérique (ex : cas réel tiré d'une publication)

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM207	
MILIEUX POREUX <i>Responsable : Didier STEMMELEN</i>	Cours	20 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	20 h
	Coeff.	1
ECTS	2	

Objectifs

L'objectif du cours est d'acquérir les connaissances élémentaires sur les milieux poreux et sur la physique particulière à laquelle ils répondent. Cet enseignement vise surtout à donner aux étudiants des outils permettant de faire les changements d'échelle nécessaires pour passer de la physique microscopique (échelle des pores) à une description macroscopique des phénomènes (échantillon poreux).

Prérequis

Mécanique des fluides et des milieux continus, thermodynamique, phénomènes de transport (diffusion de chaleur ou de masse, convection, changement de phase)

Programme

- Généralités sur les milieux poreux : porosité, surface spécifique, saturation...
- Capillarité, sorption, mécanismes d'imbibition-drainage, théorie de la percolation
- Lois de transport en milieu poreux : équations microscopiques, prise de moyenne, équations macroscopiques, tortuosité, dispersion
- Hydrodynamique des milieux poreux : loi de Darcy, notion de perméabilité ; Milieux poreux non-saturés, perméabilités relatives
- Transfert diffusif : conductivités effectives, équilibre thermique local
- Dispersion en milieu poreux
- Homogénéisation périodique

Travail personnel

Le polycopié de cours remis aux étudiants comprend de nombreux exercices et problèmes (sujets d'examen des précédentes années) que les étudiants pourront essayer de résoudre.

Documents et ressources disponibles

Polycopié de cours remis aux étudiants lors de la première séance.

Liste d'ouvrages disponibles au centre de documentation pouvant compléter le cours.

Savoir faire et compétences acquises

Connaissances de base en milieu poreux – Méthodes de changement d'échelle

Modalités d'évaluation

Evaluation écrite de 2h00 à la fin du module

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM208	
TRANSFERTS SOUPLES EN MILIEUX POREUX <i>Responsable : Didier STEMMELEN</i>	Cours	20 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	20 h
	Coeff.	1
ECTS	2	

Objectifs

Approfondir les connaissances en transferts couplés de chaleur et de masse et applications à des milieux complexes.

Prérequis

Transferts thermiques (2^{ème} année - tronc commun et filière) - Etude des milieux poreux (3^{ème} année)

Programme

Etude de la dispersion en milieux poreux (8h)

Introduction – Dispersion thermique en milieux homogènes : modèles à une température moyenne et à 2 températures moyennes – Dispersion de Taylor : expérience numérique par suivis de particules – Mesure expérimentale des composantes du tenseur de dispersion (expérience optimale ; étude de sensibilité ; méthodes inverses) – Dispersion en milieux poreux hétérogènes : cas des milieux stratifiés (méthode des quadripôles)

Convection naturelle en milieu poreux (4h)

Séchage (4h)

Électro-cinétique en milieu poreux (électro-osmose) (2h)

Transferts radiatifs en milieux poreux (2h)

Travail personnel

Les étudiants devront faire l'analyse d'une publication.

Documents et ressources disponible

Polycopiés de cours, publications scientifiques, liste d'ouvrages disponibles au centre de documentation.

Savoir faire et compétences acquises

Résolution de problèmes de transferts couplés chaleur-masse dans des situations pratiques (réacteurs à lit fixe, isolation thermique, séchage...)

Modalités d'évaluation

Exposé des résultats d'une publication et compte rendu de synthèse.

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM209	
ETUDES EXPERIMENTALES <i>Responsable : Alexandre LABERGUE</i>	Cours	-
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	24 h
	Total	24 h
	Coeff.	1,5
ECTS	2,5	

Objectifs

Maîtriser d'un point de vue pratique les techniques de mesures modernes intervenant dans le domaine de l'énergie ainsi que l'intégration de sources d'énergies hybrides sur un réseau autonome

Pré requis

Cours de métrologie fluide-thermique, cours sur les écoulements turbulents, transferts thermiques de base.....

Programme

6 sujets de TP sont proposés :

- Thermographie infrarouge : contrôle non destructif
- Turbulence 1
- Turbulence 2
- Pile à combustible
- Mesure des propriétés thermophysiques
- Combustion

Travail personnel

Rédaction de rapports de TP détaillés

Documents et ressources disponibles

Polycopiés de TP et plate-formes expérimentales

Savoir faire et compétences acquises

- Maîtrise des techniques de mesure moderne
- Compréhension des phénomènes

Modalités d'évaluation

- Rapports de TP et exposé.

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM210	
OUTILS LOGICIELS <i>Responsable : Benjamin REMY</i>	Cours	-
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	32 h
	Total	32 h
	Coeff.	1,5
ECTS	2,5	

Objectifs

Maîtriser un code de calcul commercial de mécanique des fluides (Fluent – 20h = 5 x 4h) et multiphysique généraliste (FlexPDE -12 h = 3 x 4h).

Prérequis

- Formation de base en Mécanique des fluides et Transferts Thermiques
- Notions de transferts de chaleur couplés (conduction-convection et conduction-rayonnement).

Programme

- Ecoulement de Poiseuille plan / axisymétrique
- Ecoulement turbulent en conduite
- Programmer une UDF dans Fluent (termes sources, lois de comportement, ...)
2 autres exemples de mécanique des fluides anisothermes (Ecoulement de Poiseuille avec transfert de chaleur), convection naturelle ou mixte.
- Couplage conduction-convection (FlexPDE)
- Couplage conduction-rayonnement (FlexPDE)
- Exemple en thermo-mécanique ou thermo-électricité (FlexPDE)

Travail personnel

Rédaction de compte-rendus de TP

Documents et ressources disponible

Cours scientifiques 3A relatifs au problème traité

Savoir faire et compétences acquises

Capacité à modéliser et simplifier un problème en vue d'une résolution à l'aide d'un code numérique commercial.

Modalités d'évaluation

Notation des rapports de TP

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-MTCM211	
PROJET DE 3EME ANNEE <i>Responsable : Benjamin REMY</i>	Cours	-
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	100 h
	Total	100 h
	Coeff.	5,5
ECTS	10	

Objectifs

Travailler individuellement sur un problème de modélisation, de simulation ou/et expérimental proche d'une problématique industrielle. Le sujet scientifique proposé par l'équipe enseignante est choisi en adéquation avec le profil du parcours. Il est directement issu d'une problématique industrielle (certains projets peuvent ensuite être suivis par un Stage Ingénieur) ou de recherche (R&D). Il doit permettre à l'étudiant de mettre en pratique les différents enseignements reçus au cours de sa formation à l'ENSEM (Modélisation, utilisation de codes numériques, ...)

Prérequis

Différents modules de la 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} année de l'ENSEM.

Programme

Travail personnel réparti sur un semestre. Le sujet est proposé par un tuteur enseignant-chercheur qui est ensuite chargé du suivi de l'élève jusqu'à la rédaction d'un rapport et la soutenance publique qui se déroule avant le départ en stage dans l'industrie.

Travail personnel

L'étudiant est accompagné par un tuteur qui établit avec lui un cahier des charges précis. Le rôle du tuteur est d'assurer un suivi hebdomadaire du travail fourni. Il doit aider et orienter l'étudiant dans son travail pour lui permettre d'obtenir progressivement la maîtrise de son sujet et une certaine autonomie dans son travail. Le projet même si il est suivi reste avant tout un travail personnel.

Documents et ressources disponibles

Les différents supports de cours de l'ENSEM + documents complémentaires fournis par le tuteur du projet.

Savoir faire et compétences acquises

Etre capable de formaliser et résoudre un problème complexe proche de projets industriels. Apprendre à rédiger un rapport et à présenter oralement son travail.

Modalités d'évaluation

L'étudiant est évalué sur 3 critères : Le suivi de projet, la rédaction d'un rapport et une soutenance orale.

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-FL251	
RHEOLOGIE DES FLUIDES COMPLEXES <i>Responsable : Didier BERNARDIN</i>	Cours	20 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	20 h
	Coeff.	1
ECTS	2	

Objectifs

Connaître, comprendre et mettre en oeuvre, dans le cadre de la mécanique des fluides, les modèles classiques de fluides non-Newtoniens. Etudier certains écoulements usuels de fluides non-Newtoniens.

Prérequis

Cours de Mécanique des Fluides de 1ère et 2ème année. Cours de Mécanique des Milieux Continus de 1ère année.

Programme

1. Introduction
 - 1.1 Présentation (film) des principaux effets non-Newtoniens et introduction du nombre de Deborah.
 - 1.2 Notion de groupe de symétrie d'un matériau et définition d'un fluide « simple ». Les deux grandes classes de fluides simples.
2. Les fluides simples à mémoire instantanée
 - 2.1 Le fluide de Reiner-Rivlin. Les fluides incompressibles purement visqueux ou « fluides Newtoniens généralisés ». Petit catalogue de modèles.
 - 2.2 Quelques problèmes classiques revisités pour les fluides Newtoniens généralisés :
 - Problèmes intérieurs et extérieurs de Stokes. Propriétés de la traînée pour les fluides en loi puissance.
 - Généralisations des équations de couche limite de Prandtl, et de Blazius pour les fluides en loi puissance.
 - Généralisation des équations de lubrification.
3. Les écoulements viscométriques
 - 3.1 Définition des fonctions viscométriques d'un fluide simple et études des écoulements hélicoïdaux.
 - 3.2 Analyse des effets usuels de contraintes normales.
 - 3.3 Quelques écoulements quasi viscométriques : les rhéomètres usuels et la mesure des fonctions viscométriques.
 - 3.4 Modèles de « fluides » à seuil.
4. Les modèles usuels de fluides viscoélastiques
 - 4.1 La fonction de relaxation et les modèles infinitésimaux intégraux et différentiels classiques. Influence de l'élasticité sur les régimes transitoires.
 - 4.2 Les fluides simples à mémoire évanescence. Le modèle de viscoélasticité linéaire finie et les modèles intégraux sur et sous convectés usuels.
 - 4.3 Les dérivées co-déformationnelles et les modèles différentiels co-déformationnels usuels.
 - 4.4 La dérivée de Jaumann et le modèle ZFD. Les modèles intégraux co-rotationnels.
 - 4.5 Fonctions viscométriques et viscosité complexe des modèles usuels.

5. Les fluides de Grade N
 - 5.1 Notion de retardation et présentation de la théorie de Noll.
 - 5.2 Les modèles de Grade 2 et 3.
 - 5.3 Instabilité de l'état de repos et conséquences.
6. Les écoulements élongationnels
 - 6.1 Définition de la viscosité de Trouton.
 - 6.2 Cas des fluides viscolélastiques : limitation du taux d'élongation.
7. Etudes de quelques problèmes hydrodynamiques.

Travail personnel

Considérer les exercices et les problèmes proposés dans les notes de cours.

Documents et ressources disponibles

Polycopié de notes de cours. Polycopié de notes de MMC.

Savoir faire et compétences acquises

Connaître, comprendre et mettre en oeuvre les modèles classiques de fluides non-newtoniens.

Modalités d'évaluation

Travail personnel de synthèse sous forme de « devoir à la maison » dont l'énoncé est donné à la fin du cours (des exemples - énoncés+corrigés – sont disponibles sur l'intranet et dans le polycopié de notes de cours).

Semestre 9 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S9-FL250	
TURBULENCE I <i>Responsable : Mohamed SOUHAR</i>	Cours	20 h
	MC	-
	PC	-
	Tutorat	-
	TP	-
	Total	20 h
	Coeff.	1
ECTS	2	

Objectifs

Ce cours présente les concepts de base physiques de la Turbulence et les principaux modèles utilisés pour calculer un écoulement turbulent : longueur de mélange, $k-\epsilon$, R.S.M. Les autres modèles seront traités en Turbulence II.

Pré requis

Aérothermique (2A), Mécanique des fluides fondamentale (2A).

Programme

- Généralités : expérience de Reynolds, caractéristiques aléatoires des écoulements turbulents et effet des non linéarités (Eq. de Burgers), premières notions d'échelles de turbulence. Les conséquences (dispersion, diffusion, ...), approche statistique et rappels (ergodicité, théorème centrale limite, ...), loi de séparation.
- Approches semi-empiriques des écoulements turbulents : Eq. de Reynolds, problème de fermeture ; introduction de la notion de dissipation, Eq. aux tensions des Reynolds, Eqs de l'énergie cinétique turbulente et de la dissipation. Equations d'un contaminant passif.
- Fermetures : longueur de mélange, $k-\epsilon$, R.S.M. et application à des cas simples : écoulement de type couche limite (loi log), canal, jet turbulent, ...
- Approche fondamentale dans l'espace physique : forme solénoïdale de l'éq. de Navier-Stokes et formulation statistique, corrélation en 2 points, notions de micro et macroéchelles de turbulence, turbulence homogène et isotrope, fermeture (tronqué, quasi normalité), Eq. de Howarth-Von Karman.

Travail personnel

- Révision du cours.
- Elaboration d'un TP numérique Matlab.

Documents et ressources disponibles

- Polycopié de cours.

Savoir faire et compétences acquises

Acquisition des notions de base utilisées dans des modèles type $k-\epsilon$, R.S.M. utilisés dans des logiciels type Fluent.

Modalités d'évaluation

- Un test d'une heure ou un devoir à la maison.
- Compte-rendu d'un TP numérique sur Matlab.

Semestre 10 Parcours Maîtrise des Transferts de Chaleur et de Matière	Référence S10-MECA60	
STAGE INGENIEUR <i>Responsable : Alain LEFEVRE</i>		5 MOIS
	Coeff.	5
	ECTS	25

Objectifs

Acquérir une expérience de travail en entreprise de niveau ingénieur.

Prérequis

Programme

L'élève ingénieur doit effectuer une période de stage en entreprise, de niveau ingénieur, pendant 5 mois. L'élève recherche lui-même son stage. Il est conseillé dans sa démarche par le Responsable des Relations Industrielles. Le type de stage (bureau d'études, production, recherche appliquée, etc.) et le secteur industriel sont laissés au libre choix de l'élève.

En revanche, le sujet et le niveau du stage doivent recevoir l'accord du Responsable des Stages.

Le tuteur de stage rend visite au stagiaire sur le lieu du stage (dans la mesure du possible)

Travail personnel

L'étudiant est accompagné par un tuteur qui établit avec lui un cahier des charges précis. Le rôle du tuteur est d'assurer un suivi hebdomadaire du travail fourni. Il doit aider et orienter l'étudiant dans son travail pour lui permettre d'obtenir progressivement la maîtrise de son sujet et une certaine autonomie dans son travail. Le projet même si il est suivi reste avant tout un travail personnel.

Documents et ressources disponible

Savoir faire et compétences acquises

Modalités d'évaluation

Rapport écrit, poster de présentation, soutenance orale