



ENSGTI
ÉCOLE D'INGÉNIEURS

Ecole Nationale Supérieure en Génie
des Technologies Industrielles

LIVRET DES COURS

Seconde Année

2026 - 2027

La formation est structurée en Unités d'Enseignement (UE) qui correspondent aux domaines thématiques principaux. Les Unités d'Enseignement sont divisées en Éléments constitutifs (EC). La répartition et l'évaluation des Unités Pédagogiques sont adaptées aux objectifs d'acquisition de compétences de l'Unité d'Enseignement (contrôles écrits individuels, présentations orales, réalisation de projets).

Article 3.1 du règlement de scolarité

Les Unités d'Enseignement sont capitalisables. Une fois validées, elles restent acquises à l'étudiant pour une durée de trois ans après la fin de ses études à l'ENSGTI.

Article 6.1 du règlement de scolarité

Nomenclature

UE : Unité d'Enseignement
EC : Élément Constitutif

CM : Cours Magistraux
TD : Travaux Dirigés
TP : Travaux Pratiques
Proj. : Projet
TA : Travail en autonomie

TC : Tronc Commun

EN : Spécialité « Energétique »
GP : Spécialité « Génie des Procédés »
GEII : Spécialité « Génie Electrique et Informatique Industrielle »

EN SB : Spécialité « Energétique » - Parcours (3A) « Smart Building »
EN TEDDI : Spécialité « Energétique » - Parcours (3A) « Transition Énergétique et Développement Durable dans l'Industrie »

GP PE : Spécialité « Génie des Procédés » – Parcours (3A) « Procédés pour l'Environnement »
GP CPAO : Spécialité « Génie des Procédés » – Parcours (3A) « Conception des Procédés assistée par Ordinateur »

GEII HT : Spécialité « Génie Electrique et Informatique Industrielle » – Parcours (3A) « Haute Tension »

NOMENCLATURE DES MODALITÉS D'ÉVALUATION

$\text{Nature_1 (Modalités_1)} \times \text{Pondération_1} + \text{Nature_2 (Modalités_2)} \times \text{Pondération_2} + \dots$

Nature de l'évaluation

CC : Contrôle Continu

Proj : Projet

Sta : Stage

TP : Epreuve de Travaux Pratiques

CoE : Compréhension Ecrite (langues)

CoO : Compréhension Orale (langues)

ExE : Expression Ecrite (langues)

ExO : Expression Orale (langues)

IntO : Interaction Orale (langues)

Cert : Test de certification (langues)

EvalC : Evaluation de compétences

Modalités de l'évaluation

EE : Epreuve Ecrite (par défaut si aucune information)

EO : Epreuve Orale

EM : Epreuve sur Machine

ES : Epreuve surprise écrite

PA : Participation Active

Sout : Soutenance orale

Rap : Rapport écrit

Prog : Programme informatique

Tr : Travail (dans le cadre d'un stage, d'un projet ou de Travaux Pratiques)

D : Dossier

CR : Compte-Rendu (dans le cadre de TP)

LA : Lecture d'Article

sd : sans document (par défaut si aucune information)

da : documents autorisés (da: précisions sur les documents autorisés)

st : sans objet connecté (téléphone mobile, montre connectée...) (par défaut si aucune information)

ta : objets connectés autorisés

sc : sans calculatrice (par défaut si aucune information)

ca : calculatrice autorisée

Opérateurs divers

x/y : x ou y

max(x, y) : Maximum entre plusieurs évaluations

moyenne(x) : Moyenne entre plusieurs évaluations de même nature et de même coefficient

Bonus

Exemples

CC (EE, 2h)

Une épreuve écrite de deux heures, sans document, sans calculatrice.

CC (EM, 2h, da:tutoriels) x 1/2 + CC (EE, 2h) x 1/2

Une épreuve sur machine de 2h, tutoriels autorisés, coefficient 1/2 et épreuve écrite de deux heures, sans document, sans calculatrice, coefficient 1/2.

CC (ES, 15mn) x 1/10 + CC (EE, 2h, da:tous, ca) x 9/10

Une épreuve surprise de 15 minutes sans document, sans calculatrice, coefficient 1/10 et une épreuve écrite de deux heures, tous documents autorisés, calculatrice autorisée, coefficient 9/10.

TP(EO, 10mn) x 1/4 + TP(EO, 10mn) x 1/4 + TP(CR) x 1/2

Travaux pratiques évalués par deux interrogations orales, coefficient 1/4 chacune, et un compte-rendu de TP, coefficient 1/2.

Proj (PA, Rap, Sout)

Projet évalué par la participation active, un rapport écrit et une soutenance.

Sta (Tr, Rap, Sout)

Stage évalué par le travail, un rapport écrit et une soutenance orale.

CoE(PA) x 1/4 + CoO(PA) x 1/4 + ExE(EE, 1h) x 1/4 + Cert(TOEIC) x 1/4

Cas d'une langue vivante : compréhension écrite évaluée par la participation active, Compréhension orale évaluée par la participation active, Expression écrite évaluée par une épreuve écrite d'une heure sans document, Test de certification (TOEIC). Même pondération pour les différentes évaluations.

CHRONOLOGIE GÉNÉRALE DES ENSEIGNEMENTS A L'ENSGTI Spécialités ENERGETIQUE (EN) et GENIE DES PROCEDES (GP)

3 ^{ème} Année	S10	Sept Août Juil Juin Mai Avr	Stage Ingénieur de fin d'études 30 ECTS	Stage MAE	Contrats de Professionnalisation	
	S9	Mars Févr Janv Déc Nov Oct	Tronc Commun ; Parcours EN : SB ou TEDDI ; GP : PE ou CPAO 30 ECTS			Mobilité académique
2 ^{ème} Année		Sept Août Juil Juin	Stage Ingénieur	MAE		
	S8	Mai Avr Mars Févr Janv	Tronc Commun et Spécialité 30 ECTS			Mobilité académique
	S7	Déc Nov Oct Sept	Tronc Commun et Spécialité 30 ECTS			
		Août Juil Juin	Stage Ouvrier			
1 ^{ère} Année	S6	Mai Avr Mars Févr Janv	Tronc Commun et Spécialité 30 ECTS			
	S5	Déc Nov Oct Sept	Tronc Commun 30 ECTS			



CPGE BUT L3

CHRONOLOGIE GÉNÉRALE DES ENSEIGNEMENTS A L'ENSGTI

Spécialité GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE INDUSTRIELLE (GEII)

3 ^{ème} Année	S10	Août Juil Juin Mai Avr Mars	25 semaines en entreprise 1 semaine en centre de formation	Mobilité internationale	30 ECTS
	S9	Févr Janv Déc Nov Oct Sept	15 semaines en centre de formation 11 semaines en entreprise	252 h en présentiel 46 h AP 100 h Projet de conception	30 ECTS
2 ^{ème} Année	S8	Août Juil Juin Mai Avr Mars Févr Janv	12 semaines en entreprise 1 semaine en centre de formation	Mobilité internationale	30 ECTS
	S7	Déc Nov Oct Sept	14 semaines en centre de formation 9 semaines en entreprise	318 h en présentiel 70 h AP	
1 ^{ère} Année	S6	Août Juil Juin Mai Avr Mars Févr Janv	12 semaines en entreprise 1 semaine en centre de formation		30 ECTS
	S5	Déc Nov Oct Sept	14 semaines en centre de formation 9 semaines en entreprise	316 h en présentiel 20 h AP	
			11 semaines en centre de formation 6 semaines en entreprise	340 h en présentiel 30 h AP	30 ECTS



BUT L3 BTS

Semestre 7

LISTE DES UNITÉS D'ENSEIGNEMENT (UE) DU SEMESTRE

TC, Spé ou Parcours	Code UE	Intitulé UE	ECTS
GP-EN	EC7LC	Langue - Culture de l'Ingénieur S7	6
GP-EN	EC7TM	Transfert - Mécanique S7	9
EN	EE7EA	Energétique Appliquée S7	6
EN	EE7MS	Modélisation et Simulation des systèmes S7	9
GP	EP7OU	Opération Unitaire S7	10
GP	EP7RE	Réacteur S7	5
GEII	EG7APA	Apprentissage S7	5
GEII	EG7LC	Langue et Culture de l'Ingénieur S7	6
GEII	EG7II	Informatique pour l'Ingénieur S7	5
GEII	EG7EE	Energie électrique S7	6
GEII	EG7EO	Electronique S7	8

Tronc Commun GP et EN

2ème année - Semestre 7 - Tronc Commun GP+EN													
Unité d'Enseignement (UE)	Code		Élément Constitutif (EC)	Horaire (h)							ECTS / Coef.		
	UE	EC		Tot UE	Tot EC	Tot Prés.	CM	TD	TP	TA Proj.	ECTS UE	Coef. EC	
Langue - Culture de l'Ingénieur S7	EC7LC	EC7LC1	Anglais	179	60	30		30		30	6	0.33	
		EC7LC2	Langue 2 (Espagnol ou Allemand)		40	20		20		20		0.17	
		EC7LC3	Responsabilité Sociétale de l'Entreprise		70	40	36	4		30		0.33	
		EC7LC4	Projet Professionnel II		9	4	2	2		5		5	0.17
Transfert - Mécanique S7	EC7TM	EC7TM1	Transferts de matière	240	20	10	6	4		10	9	0.12	
		EC7TM2	Transferts convectifs de chaleur et de matière		56	28	12	16		28		0.22	
		EC7TM3	Transferts de chaleur couplés I		24	12	4	8		12		0.11	
		EC7TM4	Echangeurs de chaleur		36	16	10	6		20		4	0.11
		EC7TM5	Mécanique des Fluides II		52	26	12	14		26		0.22	
		EC7TM6	Ebullition - Condensation		52	26	12	14		26		0.22	
Total TC				419	212	94	118	0	207	9	15		

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Langue - Culture de l'Ingénieur S7

ECTS : 6

Code UE : EC7LC

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Etre capable de communiquer en anglais dans les diverses situations professionnelles
- Approfondir les bases de la seconde langue
- Connaître l'organisation générale et les différents statuts juridiques de l'entreprise
- Connaître les grands enjeux du développement durable
- Comprendre les enjeux de la gestion du risque éthique en entreprise

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EC7LC1	Anglais	0.33	Niveau intermédiaire : CoO+CoE (EE)x1/4 + CoO+CoE (EE)x1/4 + Cert(TOEIC 1)x1/4 + Cert(TOEIC 2)x1/4
	Niveau avancé : ExO (EO)x2/8 + IntO(PA)x1/8 + Ex/IntO (Group work)x1/8 + ExE(EE)x2/8 + CoO/E (EE, 1h30)x2/8		
EC7LC2	Langue 2 (Espagnol ou Allemand)	0.17	CoOx1/5 + ExOx1/5 + IntOx1/5 + CoEx1/5 + ExEx1/5
EC7LC3	Responsabilité Sociétale de l'Entreprise	0.33	CC(EE, 2h)
EC7LC4	Projet Professionnel II	0.17	Sta(Rap)x3/4 + Proj(Rap)x1/4

EC : Anglais	EC7LC1	coeff : 0.33
Enseignant(e-s) responsable : Beigbeder S., Grenier A-C.		
CM : h	TD : 30 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Anglais

INTRODUCTION

L'objectif est d'améliorer les cinq compétences langagières telles que décrites dans le Cadre Européen de Référence pour les Langues (niveau ciblé : C1) : anglais spécifique aux besoins des futurs ingénieurs.

COMPÉTENCES VISÉES

Niveau intermédiaire : L'étudiant(e) devra acquérir des compétences communicatives (écouter, lire, s'exprimer, écrire, prendre part à une conversation) pour atteindre le niveau d'utilisateur expérimenté (B2-C1) et obtenir le score requis au TOEIC.

Niveau avancé : L'étudiant(e) devra approfondir les compétences communicatives de niveau C1 (écouter, lire, s'exprimer en continu, écrire, prendre part à une conversation) et être capable de communiquer et agir dans un contexte international.

CONTENU

Niveau intermédiaire : Préparation au TOEIC, en particulier aux épreuves de Compréhension orale et écrite. Le cours propose au moins deux examens TOEIC blancs complets en guise d'entraînement et deux tests abrégés.

Niveau avancé : Les 5 compétences sont travaillées sur la base de l'anglais professionnel de niveau locuteurs indépendants :

- Présentations individuelles sur un sujet au choix, Réunions, Entretiens d'embauche.
- Travail de groupe sur l'interculturalité
- Travail de groupe sur des articles de spécialité

Expression écrite : Rédaction de CV et synthèse des différents documents étudiés en cours.

RESSOURCES

La Bible Officielle du test Toeic (Cassandra Harvey, Sandra von Barany, Danuta Langner, ETS

Global/Hachette, 2018) Grammaire Vocabulaire du test Toeic, Cassandra Harvey et Danuta Langner
(ETS Global/Hachette, 2018) Les Tests Officiels corrigés (ETS Global/Hachette, 2018).

PRÉREQUIS

Niveau intermédiaire : pas de prérequis.

Niveau avancé : 785 points au TOEIC ou B2 validé.

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Niveau intermédiaire : CoO+CoE (EE)x1/4 + CoO+CoE (EE)x1/4 + Cert(TOEIC 1)x1/4 + Cert(TOEIC 2)x1/4

Niveau avancé : ExO (EO)x2/8 + IntO(PA)x1/8 + Ex/IntO (Group work)x1/8 + ExE(EE)x2/8 + CoO/E (EE, 1h30)x2/8

EC : Langue 2 (Espagnol ou Allemand)	EC7LC2	coeff : 0.17
Enseignant(e-s) responsable : Duplantier F., Armenta A. S., Gómez P. / M. Hartner		
CM : h	TD : 20 h	TP : h Proj : h
Langue Espagnol ou Allemand		

INTRODUCTION

Espagnol

Niveau A

Approfondissement des connaissances et du vocabulaire du monde du travail.

Niveau B et C

Travail collectif et individuel à travers les cinq compétences langagières définies par le Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECRL) ; la compréhension orale, l'expression orale, l'interaction orale, la compréhension écrite et l'expression écrite. Les groupes sont organisés par niveaux CECRL.

Allemand

Compréhension écrite (article de presse)

COMPÉTENCES VISÉES

Espagnol

Niveau A

- Acquérir toutes les compétences du CECRL : compréhension, expression et interactions orales et écrites en espagnol.
- Favoriser l'accès au monde du travail.
- Apprendre les bases de l'espagnol pour pouvoir se débrouiller dans des situations courantes.

Niveau B et C

- Consolider et améliorer toutes les compétences du CECRL : compréhension, expression et interactions orales et écrites.

- Connaître les faits de langue des pays hispanophones et approfondir les connaissances de la culture d'origine hispanique et sa richesse linguistique.
- Favoriser l'accès au monde du travail. Écrits professionnels (lettre de motivation, CV, courrier, rapports techniques, rédiger un projet professionnel. . .)

Allemand

On attend de l'étudiant qu'il sache comprendre un court article de presse, en rendre le contenu, répondre à des questions et s'exprimer brièvement sur le sujet.

CONTENU

Espagnol

Niveau A

Les groupes sont organisés par niveaux CECRL en fonction de leurs connaissances. Un test de positionnement a lieu la première année.

Niveau B et C

- Les cours se déclinent par niveau du CECRL. Les niveaux proposés sont B1, B2, C1 et C2.
- Les cours ont lieu en présentiel.
- Un cours complémentaire est proposé sur la plateforme collaborative par E-Learn avec des contenus méthodologiques, lexique quotidien et spécifique, conjugaison et grammaire. . .

Allemand

Travail sur des articles de presse (sujets d'actualité) + grammaire

RESSOURCES

Espagnol

Documents fournis indiqués par les enseignantes en fonction du niveau.

Monde du travail : <http://www.oficinaempleo.com/content/manualcv1.html>

TV : <http://www.rtve.es/>

Presse: <http://elpais.com/>

Espagnol : www.ver-taal.com

Plateforme Chamilo de l'UPPA.

Allemand

Site internet de la Deutsche Welle : www.fluter.de

PRÉREQUIS

Espagnol

Aucun pour le groupe 1

Niveau B1 pour le groupe 2

Niveau B2 pour le groupe 3.

Allemand

Allemand LV2 (niveau bac)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CoOx1/5 + ExOx1/5 + IntOx1/5 + CoEx1/5 + ExEx1/5

EC : Responsabilité Sociétale de l'Entreprise		EC7LC3	coeff : 0.33
Enseignant(e-s) responsable : Ducouso M., Latour S., Rapin S.			
CM : 36 h	TD : 4 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'objectif est de sensibiliser les étudiants aux notions de développement durable, de RSE et d'éthique dans le monde de l'entreprise.

COMPÉTENCES VISÉES

À l'issue de ce module, l'étudiant sera capable de :

- Comprendre les concepts de la RSE
- Comprendre les problématiques et impacts liés à l'utilisation (nécessaire) des énergies, fossiles ou renouvelables.
- Comprendre les enjeux de l'éthique dans le monde de l'entreprise

CONTENU

L. Latour :

- Les concepts de la RSE et son institutionnalisation
- Les nouveaux business modèles

M. Ducouso :

- L'origine des ressources et des consommations (consommateurs)
- Mécanismes mis en jeu dans les phénomènes de l'effet de serres et réchauffement climatique
- Ressources renouvelables (technologies et état de lieux)

S. Rapin :

- Luttés anti-corruption, fraude, anti-concurrentielles, respect des droits de l'Homme, sanctions économiques
- Gestion du risque éthique

RESSOURCES

GIEC, 2014 : Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des groupes de

travail, I, II et III au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R. K Pachauri et L.A. Meyer), GIEC, Genève, Suisse, 161 p.

"La RSE" théories et pratiques de Lépineux, éditions DUNOD

Rapport de l'ONU sur la biodiversité : les limites de la surexploitation des espèces sauvages :

https://www.ipbes.net/media_release/Sustainable_Use_Assessment_Published

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

EC : Projet Professionnel II		EC7LC4	coeff : 0.17
Enseignant(e-s) responsable : Mercadier J., Naudy F.			
CM : 2 h	TD : 2 h	TP : h	Proj : 5 h
Langue Français			

INTRODUCTION

Stage en milieu professionnel : le but de ce stage est de découvrir le monde de l'entreprise.
Atelier "Conception et rédaction du CV et de la lettre de motivation"

COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce module, l'étudiant sera capable de :

- Démontrer des capacités à s'insérer dans un milieu professionnel et au travail en équipe
- Démontrer sa capacité à communiquer à l'écrit
- Synthétiser les éléments principaux d'un travail
- Analyser la politique de parité homme/femme dans l'entreprise
- Analyser les softskills mis en oeuvre dans les situations professionnelles vécues
- Produire un Cv et une lettre de motivation efficaces, contribuant à parfaire son image professionnelle

CONTENU

Le stage, d'une durée d'un à trois mois se déroule préférentiellement en entreprise. Il a pour but essentiel de permettre à l'étudiant de découvrir le monde professionnel. Au cours de la période de stage, l'étudiant devra analyser la façon dont la parité homme/femme est mise en oeuvre dans l'entreprise. Il devra par ailleurs analyser les softskills qu'il a pu mettre en oeuvre dans le cadre de cette expérience professionnelle.

RESSOURCES

Sans objet

PRÉREQUIS

Aucun

MODALITÉS D'ÉVALUATION
Sta(Rap)x3/4 + Proj(Rap)x1/4

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Transfert - Mécanique S7

ECTS : 9

Code UE : EC7TM

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Maîtriser les principes du transfert de matière et de chaleur (simple ou couplé, avec ou sans changement de phase)
- Approfondir les notions rencontrées en Mécanique des Fluides à travers l'étude des notions de turbulence
- Maîtriser le dimensionnement et l'utilisation des échangeurs de chaleur, simples ou en réseaux

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EC7TM1	Transferts de matière	0.12	CC(EE, 2h)
EC7TM2	Transferts convectifs de chaleur et de matière	0.22	CC(EE, 2h, da : notes de cours, ca)
EC7TM3	Transferts de chaleur couplés I	0.11	CC(EE, 2h, sd, ca)
EC7TM4	Echangeurs de chaleur	0.11	CC(EE, 1h, ca)x0.5+Proj(rap)x0.5
EC7TM5	Mécanique des Fluides II	0.22	CC (ES, 45 min, sd, ca)x0,3 + CC(EE, 2h, da, st, ca)x0,7
EC7TM6	Ebullition - Condensation	0.22	CC(EE 2h, da : notes de cours, ca)

EC : Transferts de matière	EC7TM1	coeff : 0.12
Enseignant(e-s) responsable : Contamine F.		
CM : 6 h	TD : 4 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

L'objectif est de présenter des modèles classiques de description du transfert de matière.

COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capable d'estimer un flux de transfert
- Etre capable d'estimer un coefficient de transfert

CONTENU

Modèles de transferts de matière :

- Modèle du film (Lewis et Whitman)
- Modèles à renouvellement de surface (Higbie et Danckwerts)
- Coefficients de transfert de matière

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Bilan de matière

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

EC : Transferts convectifs de chaleur et de matière		EC7TM2	coeff : 0.22
Enseignant(e-s) responsable : Bernada P.			
CM : 12 h	TD : 16 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

La première partie du module concerne les bases du transfert convectif de matière et de chaleur (couches limites, coefficients de transfert local, moyen et global) et l'analogie entre les différents types de transfert. La deuxième partie traite de la convection naturelle puis mixte.

Une attention toute particulière est portée sur les mécanismes de transferts de chaleur et de masse durant ces phénomènes.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent pouvoir :

- calculer les flux de matière et/ou de chaleur convectifs (écoulements interne et externe) ;
- analyser les phénomènes de transfert et appliquer les analogies entre les transferts de quantité de mouvement, de chaleur et de matière ;
- calculer le coefficient de transfert convectif (local, moyen et global) par analogie ou à l'aide des corrélations appropriées en fonction du régime et de la géométrie ;
- définir les nombres sans dimensions caractéristiques (Re , Nu , Sh ,...) et connaître leur sens physique;

CONTENU

Convection forcé

- Couches limites : hydrodynamique, thermique et diffusionnelle, transfert par convection ;
- Écoulements externes (géométrie ouverte) laminaires et turbulents ;
- Écoulements internes (géométrie fermée) laminaires et turbulents ;
- Analogies entre les transferts de quantité de mouvement, de matière et de chaleur.

Convection naturelle

- Description des mécanismes physique mis en jeu au cours de la convection naturelle ;
- Exemples industriels ;

-Etude détaillée des transferts de chaleur entre une plaque plane verticale isotherme et un fluide au repos.

Convection mixte

-Définition de la convection mixte, critère quantitatif ;

-Corrélations de coefficients d'échange thermique dans le cas de géométries simples.

RESSOURCES

Fundamentals of Heat and Mass transfer, F. P. INCROPERA, D. P. DEWITT, John Wiley&Sons, Inc, 2006

Transferts thermiques, J. TAINÉ, J.-P. PETIT, Dunod, 1995

Principles of Heat Transfer, M. KAVIANY, John Wiley&Sons, Inc, 2002

PRÉREQUIS

Mécanique des fluides II , Transfert de matière, Bilans

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, da : notes de cours, ca)

EC : Transferts de chaleur couplés I	EC7TM3	coeff : 0.11
Enseignant(e-s) responsable : Schmidmayer K.		
CM : 4 h	TD : 8 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

Les transferts couplés correspondent à une problématique où sont combinés simultanément les trois modes de transferts thermiques (conduction, convection, rayonnement).

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Etre capable de considérer un problème simple de transferts couplés.
- Etre capable de juger de la prépondérance de chacun des trois modes de transferts.
- Etre capable d'estimer un flux de transfert.
- Etre capable d'estimer un coefficient de transfert

CONTENU

1. Rappels sur les différents modes de transferts thermiques (conduction, convection, rayonnement)
2. Méthodologies. (Bilans pariétaux, bilans globaux.)
3. Résultats généraux essentiels
4. Approches
 - 4.1. Le coefficient d'échange radiatif
 - 4.2. Méthodes analytiques
5. Exemples
 - 5.1. Problèmes impliquant des transferts radiatifs et conductifs
 - 5.2. Problèmes impliquant des transferts radiatifs et convectifs
 - 5.3. Problèmes impliquant des transferts radiatifs, conductifs et convectifs

RESSOURCES

A Heat Transfer Textbook. Third Edition. John H. Lienhard IV and John H. Lienhard V., Phlogiston Press Cambridge Massachusetts
Heat Transfer. A. Bejan. John Wiley & Sons, New York, 1993

PRÉREQUIS

Conduction (EC5TM2), Rayonnement (EC5TM4), Convection (EC7TM2)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, sd, ca)

EC : Echangeurs de chaleur		EC7TM4	coeff : 0.11
Enseignant(e-s) responsable : Kouksou T.			
CM : 10 h	TD : 6 h	TP : h	Proj : 4 h
			Langue Français

INTRODUCTION

Les échangeurs de chaleurs sont des éléments incontournables des systèmes et des cycles énergétiques. Il est essentiel d'être au courant des techniques de sélection et de dimensionnement en la matière face à un cahier des charges donné. Une attention particulière est portée aux différentes technologies disponibles sur le marché (tubes/calandre, plaques) et en voie de développement (micro et nano échangeurs).

COMPÉTENCES VISÉES

Après cet enseignement théorique, l'étudiant doit être capable :

- de sélectionner et de dimensionner correctement un échangeur de chaleur d'après des documents constructeurs.
- d'utiliser les outils de sélection et de calcul d'échangeurs.

CONTENU

Introduction

Principe de fonctionnement

Échangeurs industriels et méthodes de dimensionnement Association en série et en parallèle

Choix de la technologie

Conclusions et développements récents

RESSOURCES

Initiation aux transferts thermiques J. F. Sacadura (tech&doc) ISBN 2-85206-618-1

Heat exchangers S. Kakac, A. E. Bergles, F. Mayinger (HPC) ISBN 0-89116-225-9

PRÉREQUIS

Conduction, Transferts convectifs de matière et de chaleur, Mécanique des fluides II

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 1h, ca)x0.5+Proj(rap)x0.5

EC : Mécanique des Fluides II		EC7TM5	coeff : 0.22
Enseignant(e-s) responsable : Lara Cruz J.			
CM : 12 h	TD : 14 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Le cours se fixe deux objectifs. La première partie est consacrée à la mise en œuvre des concepts fondamentaux de la mécanique des fluides (conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement) pour dimensionner un circuit hydraulique. La deuxième partie concerne la turbulence, en décrivant les concepts élémentaires de la turbulence intervenant dans les phénomènes de mélange et de transport en écoulement fluide. Les outils élémentaires de modélisation sont présentés.

COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce cours, l'étudiant est capable de :

- Dimensionner un système hydraulique.
- Estimer les pertes de charge dans un circuit hydraulique en régime stationnaire
- Calculer la surpression associée à un coup de bélier, identifier les méthodes pour y remédier.
- Estimer les principaux paramètres d'un écoulement turbulent; vitesse turbulente, échelle intégrale, échelle de Kolmogorov, etc.
- Identifier et quantifier les impacts de la turbulence sur un écoulement fluide (production de chaleur, accentuation du mélange, etc).
- Décrire l'évolution des différentes propriétés d'un écoulement turbulent (champ de vitesse, concentration des particules chimique, pression), à l'aide des outils élémentaires de modélisation d'un écoulement turbulent (modèle de la longueur de mélange, modèle k-epsolon, modèle IEM).

CONTENU

Le cours est divisé en six chapitres

I - Dimensionnement d'un circuit hydraulique en régime stationnaire.

II - Phénomènes instationnaires dans un circuit hydraulique (coup de bélier).

III - Les grandes échelles de la turbulence: présentation des outils de modélisation de la turbulence.

IV - La transition vers les petites échelles de la turbulence

V - Mélange et turbulence: macromélange, micromélange et réaction chimique

VI - Combustion et turbulence

RESSOURCES

Ecoulements pour les procédés, M. Mory, Hermès-Lavoisier, 2010. Fluid Mechanics for chemical engineering, M. Mory, ISTE-J. Wiley, 2011.

PRÉREQUIS

Mécanique des fluides I (EC16TM4)

Connaissances des équations locales de la mécanique des fluides.

Maîtrise des théorèmes globaux (Bernoulli et Quantité de mouvement) et de leurs conditions d'applications.

Dimensionnement des pertes de charges en conduite et des pompes.

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (ES, 45 min, sd, ca)x0,3 + CC(EE, 2h, da, st, ca)x0,7

EC : Ebullition - Condensation		EC7TM6	coeff : 0.22
Enseignant(e-s) responsable : Bernada P., Kousksou T.			
CM : 12 h	TD : 14 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'ébullition et la condensation tiennent une place importante dans beaucoup d'opérations unitaires du génie chimique (évaporateur, condenseur, thermosiphon d'un bouilleur de distillation etc.). Une attention toute particulière est portée sur les mécanismes de transferts de chaleur et de masse durant ces phénomènes.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les élèves doivent pouvoir :

- Comprendre les différences entre convection forcée et naturelle, ébullition en cuve et ébullition convective, et connaître les mécanismes physiques qui gouvernent ces phénomènes.
- Être capable de déterminer des coefficients d'échange dans des cas et des géométries simples.
- Appliquer la théorie pour calculer le flux de chaleur dans des procédés industriels. Modéliser des écoulements diphasiques avec ébullition/condensation.

CONTENU

I Ebullition

- Transfert de chaleur lors de l'ébullition en cuve,
- Transfert de chaleur lors de l'ébullition convective,

II Condensation

- Etude détaillée des transferts de chaleur et de masse lors de la condensation d'une plaque verticale isotherme et d'une vapeur pure au repos. Théorie de Nusselt.,
 - Influence de la turbulence, de la friction interfaciale, des gaz non condensables
- ### III Ecoulements diphasiques avec ébullition/condensation
- Equations de conservation pour un mélange diphasique (liquide-gaz)
 - Modèle homogène
 - Modèle à flux de dérive

- Modèle à deux fluides

IV Evolution de l'interface liquide-gaz

- Méthode de suivi de front
- Méthodes de suivi en volume

RESSOURCES

Fundamentals of Heat and Mass transfer, F. P. INCROPERA, D. P. DEWITT, John Wiley&Sons, Inc, 2006

Transferts thermiques, J. TAINÉ, J.-P. PETIT, Dunod, 1995

Principles of Heat Transfer, M. KAVIANY, John Wiley&Sons, Inc, 2002

PRÉREQUIS

Conduction 1 (EC95TM2), Mécanique des fluides (EC16TM4), Thermodynamique générale (EC15TB2)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE 2h, da : notes de cours, ca)

SPECIALITE EN

2ème année - Semestre 7 - Spécialité Energétique													
Unité d'Enseignement (UE)	Code		Élément Constitutif (EC)	Horaire (h)							ECTS / Coef.		
	UE	EC		Tot UE	Tot EC	Tot Prés.	CM	TD	TP	TA Proj.	ECTS UE	Coef. EC	
Energétique Appliquée S7	EE7EA	EE7EA1	Air humide	164	28	14	6	8		14	6	0.20	
		EE7EA2	Ecoulements compressibles		40	20	10	10		20		0.20	
		EE7EA3	Transferts de chaleur couplés II		36	18	8	10		18		0.20	
		EE7EA4	Combustion industrielle		60	30	14	16		30		0.40	
Modélisation et Simulation des systèmes S7	EE7MS	EE7MS1	CFD	266	146	46	14	32		100	50	9	0.50
		EE7MS2	Modélisation numérique		120	40	8	32		80	40	0.50	
Total Spec EN				430	168	60	108	0	262	90	15		
Total TC + Spec EN				849	380						30		

UNITÉ D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Energétique Appliquée S7

ECTS : 6

Code UE : EE7EA

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Maîtriser les concepts avancés en transfert de chaleur (transferts couplés) et quantité de mouvement (mécanique des fluides compressibles)
- Maîtriser les principes de la combustion industrielle

 LISTE DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITÉ D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EE7EA1	Air humide	0.2	CC(EE, 1h30, da: une feuille A4 recto manuscrite)
EE7EA2	Ecoulements compressibles	0.2	CC(EE, 2h, sd, sc)
EE7EA3	Transferts de chaleur couplés II	0.2	CC(EE, 2h, sd, ca)
EE7EA4	Combustion industrielle	0.4	CC(EE, 2h, sd, sc)

EC : Air humide		EE7EA1	coeff : 0.2
Enseignant(e-s) responsable : Gibout S.			
CM : 6 h	TD : 8 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

L'air est le véhicule privilégié de la chaleur, du froid ou de l'humidité dans un bâtiment à climatiser, un entrepôt frigorifique ou une salle blanche. Il doit donc être traité afin d'obtenir les spécifications exigées en termes de température et d'hygrométrie.

COMPÉTENCES VISÉES

Ce cours permet :

- de connaître les grandeurs relatives à l'air humide,
- de savoir calculer ces grandeurs et les repérer sur le diagramme psychométrique,
- de connaître les éléments constituant une CTA et savoir les dimensionner

CONTENU

Introduction

- 1) Grandeurs relatives à l'air humide
- 2) Diagramme de l'air humide
- 3) Climatisation et traitement de l'air
- 4) Évolution de l'air humide
- 5) Récupération de chaleur

Conclusion

RESSOURCES

Jannot Y. 2005, L'air humide, accessible via : www.thermique55.com/principal/airhumide.pdf
 Créton B., Blanquard B., Air humide : Notions de base et mesures, Techniques de l'ingénieur.
 Bensafi A. Air Humide : Traitement et conditionnement de l'air, Techniques de l'ingénieur.

PRÉREQUIS

Thermodynamique - Bilan (GC1TB)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 1h30, da: une feuille A4 recto manuscrite)

EC : Écoulements compressibles		EE7EA2	coeff : 0.2
Enseignant(e-s) responsable : Bernanda P.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'un des aspects de l'énergétique porte sur le comportement des écoulements compressibles, connus pour leurs différences fondamentales par rapport aux écoulements incompressibles. Le but est ici d'aborder ces spécificités (propagation d'ondes et célérité du son, ondes de détente et de choc.), tout en présentant des applications concrètes (opération d'une tuyère, dimensionnement d'une soupape de sécurité pour réservoir sous pression.).

COMPÉTENCES VISÉES

- Savoir caractériser un écoulement compressible et les spécificités associées.
- Étendre les capacités d'étude à des situations plus réalistes
- Maîtriser le fonctionnement de technologies opérant en régime compressible.

CONTENU

- 0 Introduction
- 1 Rappels
 - 1.1 Thermodynamique
 - 1.2 Mécanique des fluides
- 2 Écoulement unidimensionnel stationnaire
 - 2.1 Écoulement adiabatique
 - 2.2 Écoulement isentropique
 - 2.3 Force de poussée
- 3 Ondes de choc droites
 - 3.1 Ondes de choc droites stationnaires
 - 3.2 Ondes de choc de faible amplitude pour un gaz parfait
 - 3.3 Tube à choc
- 4 Écoulement adiabatique stationnaire dans une tuyère
 - 4.1 Tuyère convergente
 - 4.2 Tuyère convergente-divergente (tuyère de Laval)
- 5 Écoulement stationnaire avec frottements
 - 5.1 Équations constitutives pour un écoulement adiabatique

5.2 Cas du gaz parfait

6 Écoulement stationnaire avec apport de chaleur

6.1 Équations caractéristiques

6.2 État critique et tables de Rayleigh

7 Conclusion

RESSOURCES

Y. A. Cengel and M. A. Boles. Thermodynamics : an engineering approach. McGraw-Hill, fifth edition, 2006.

Didier Desjardins, Michel Combarous, and Natalie Bonneton. Mécanique des fluides. Problèmes résolus avec rappels de cours. Dunod, 2002.

Thierry Faure. Dynamique des fluides appliquée. Dunod, 2008.

M. J. Moran and H. N. Shapiro. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. John Wiley and Sons, fifth edition, 2006.

Roger Ouziaux and Jean Perrier. Mécanique des fluides appliquée. Dunod, 1998.

Inge L. Ryhming. Dynamique des fluides. Presses polytechniques et universitaires romandes, 2nd edition, 2009.

A. Shapiro. The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, volume 1. The Ronald press company, 1953.

A. Shapiro. The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, volume 2. The Ronald press company, 1954.

R. D. Zucker and O. Biblarz. Fundamentals of gas dynamics. John Wiley & Sons, Ltd, second edition, 2002.

PRÉREQUIS

Thermodynamique générale (EC15TB2) Mécanique des fluides I (EC16TM4)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, sd, sc)

EC : Transferts de chaleur couplés II	EE7EA3	coeff : 0.2
Enseignant(e-s) responsable : Bédécarrats J-P.		
CM : 8 h	TD : 10 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

Les transferts thermiques couplés correspondent à une problématique où sont combinés simultanément les trois modes de transferts thermiques (conduction, convection, rayonnement). Cette partie est la suite du cours "transferts de chaleur couplés 1" où seront abordés des problèmes plus complexes plus proches de la problématique industrielle.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Etre capable de considérer un problème réel de transferts couplés.
- Etre capable de juger de la prépondérance de chacun des trois modes de transferts sur des cas de systèmes industriels

CONTENU

- 1.Problème de transferts thermiques couplés en régime instationnaires
 - 1.1.Critère de Biot
 - 1.2.Étude des corps minces
 - 1.3.Étude des corps épais
- 2.Échange radiatif avec des gaz
 - 2.1.Propriétés radiatives d'un gaz participant
 - 2.2.Schémas analogiques pour les gaz
 - 2.3.Exemples
- 3.Transferts thermiques par rayonnement dans les fours
 - 3.1.Introduction
 - 3.2.Variation de la température en fonction du temps
 - 3.3.Systèmes non isothermes

RESSOURCES

A Heat Transfer Textbook. Third Edition. John H. Lienhard IV and John H. Lienhard V. Phlogiston Press Cambridge Massachusetts

Heat Transfer. A. Bejan. John Wiley & Sons, New York, 1993

PRÉREQUIS

Conduction 1 et 2 (EC5TM2) et (EE6MT1), rayonnement (EC5TM4), convection (EC7TM2), transferts de chaleur couplés I (EC7TM3)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, sd, ca)

EC : Combustion industrielle		EE7EA4	coeff : 0.4
Enseignant(e-s) responsable : Mohanna Hassan (FIVES)			
CM : 14 h	TD : 16 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Au-delà du phénomène physique de base, dont la connaissance fait partie des notions fondamentales en énergétique, la grande majorité des installations anthropiques repose sur une combustion. Cet enseignement a donc pour but de présenter la théorie ainsi que les notions pratiques essentielles au développement et à l'opération des procédés industriels.

COMPÉTENCES VISÉES

- Connaissance de base des combustibles, comburants et réactions associées
- Identification et analyse de tout type de combustion
- Intégration d'une combustion à un processus industriel

CONTENU

- 0 Introduction
- 1 Rappels théoriques
 - 1.1 Description d'un système
 - 1.2 Chaleur de réaction
 - 1.3 Équilibre thermochimique
 - 1.4 Cinétique chimique
- 2 Caractéristiques générales
 - 2.1 Réactifs et produits de combustion
 - 2.2 Apparition d'une combustion
 - 2.3 Combustion neutre
 - 2.4 Combustion réelle
- 3. Flammes
 - 3.1 Flamme de prémélange
 - 3.2 Flamme de diffusion
- 4 Installations industrielles
 - 4.1 Combustible

- 4.2 Technologie des appareils énergétiques
- 4.3 Brûleurs industriels
- 4.4 Méthodes de contrôle et sécurité
- 5 Pollution
- 5.1 Poussières
- 5.2 Hydrocarbures
- 5.3 Monoxyde de carbone
- 5.4 Oxydes de soufre
- 5.5 Oxydes d'azote
- 5.6 Gaz à effet de serre (GES)
- 6 Conclusion

RESSOURCES

- P. Arquès. La Combustion. Inflammation, combustion, pollution. Applications. Ellipses, 2004.
- J.-P. Bédécarrats. Cycles moteurs avancés. U.E. Thermodynamique - Transfert (ENSGTI 2A).
- J.-P. Bédécarrats. Thermodynamique appliquée à l'énergétique. U.E. Applications Energétiques 2ème année (ENSGTI).
- L. Borel and D. Favrat. Thermodynamique et Énergétique. Volume 1, de l'énergie à l'exergie. Presses polytechniques et universitaires romandes, 2005.
- L. Borel, D. Favrat, D. L. Nguyen, and M. Batato. Thermodynamique et Énergétique. Volume 2, problèmes résolus et exercices. Presses polytechniques et universitaires romandes, 3rd edition, 2008.
- M. W. Jr. Chase. JANAF Thermochemical Tables. J. of Phys. and Chem. Ref. Data, 1998.
- Y. Deschamps. Combustibles gazeux. utilisation et combustibilité des gaz. Techniques de l'Ingénieur, A 1751, 1990.
- E. Esposito. Température et composition des gaz brûlés. Techniques de l'Ingénieur, A 1610, 1990.
- M. Feidt. Énergétique : Concepts et applications. Dunod, 2006.
- W. Fickett and W. C. Davis. Detonation. University of California Press, 1979.
- E. Franquet. Écoulements compressibles. U.E. Thermodynamique -Transfert 2ème année (ENSGTI).
- E. Franquet. Technologies de conversion. U.E. Conversion et Distribution de l'énergie 3ème année, parcours Énergétique Industrielle (ENSGTI).
- I. Glassman and R. A. Yetter. Combustion. Elsevier, 2008.
- J.-C. Guibet. Les carburants et la combustion. Techniques de l'Ingénieur, B 2520, 1990.
- J.-C. Guibet. Carburants et moteurs. Editions Technip, 1997.
- D. Haillot. Air humide. U.E. Thermodynamique -Transfert 2ème année (ENSGTI).
- A. Lallemand. Énergétique de la combustion - aspects fondamentaux. Techniques de l'Ingénieur, BE 8311, 2013.
- A. Lallemand. Énergétique de la combustion - caractéristiques techniques. Techniques de l'Ingénieur, BE 8312, 2013.
- S. Laurent. Thermodynamique chimique. U.E. Thermodynamique-Bilan 1ère année (ENSGTI).

- P. Le Cloirec. Traitement des fumées. Techniques de l'Ingénieur, BE 8856, 1990.
- A. Linan and F. A. Williams. Fundamentals aspects of combustion. Oxford University Press, 1993.
- M.J. Moran and G. Tsatsaronis. Engineering thermodynamics. CRC Press LLC, 2000.
- M. Mory. Mécanique des fluides II. U.E. Transfert-Mécanique II 2ème année (ENSGTI).
- R. Pachauri and A. Reisinger. Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007.
- J. Parisot. Conception et calcul des chaudières : généralités et bilans. Techniques de l'Ingénieur, B 1460, 1990.
- N. Peters. Turbulent Combustion. Cambridge University Press, 2000.
- G. Prudhon, F. Jacquesson, J. Lete, and S. Paris. Combustibles solides. charbon. Techniques de l'Ingénieur, BE 8 531, 1990.
- J.-P. Serin. Thermodynamique générale. U.E. Thermodynamique-Bilan 1ère année (ENSGTI).
- American Chemical Society and the American Institute of Physics for the National Bureau of Standards, editors. The NBS tables of chemical thermodynamic properties : selected values for inorganic and C1 and C2 organic substances in SI units. J. of Phys. and Chem. Ref. Data, 1982.
- J. Warnatz, U. Maas, and R. W. Dibble. Combustion. Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulations, Experiments, Pollutant Formation. Springer, 1999.
- le livre de Nasser DARABIHA, Emile ESPOSITO, Francois LACAS, Denis VEYNANTE, 'COMBUSTION', V2.2, 2006
- Maxime Philip, Matthieu Boileau, Ronan Vicquelin, Thomas Schmitt, Daniel Durox, Jean-François Bourgoin, Sébastien Candel, 'Ignition sequence of an annular multi-injector combustor', October 2014, Physics of Fluids
- Denis VEYNANTE, 'Introduction to turbulence combustion', Laboratoire EM2C, 2015
- Hassan Mohanna, 'Combustion of pulverized biomass, impact of fuel preparation and flow conditions', INSA Rouen, Thesis 2021

PRÉREQUIS

Thermodynamique générale (EC15TB2) Thermodynamique chimique (EC15TB3) Mécanique des fluides I (EC16TM4)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, sd, sc)

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Modélisation et Simulation des systèmes S7

ECTS : 9

Code UE : EE7MS

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Etre capable de modéliser un problème de thermique ou d'énergétique et de mettre en œuvre et d'utiliser différents moyens ou outils informatiques de simulation ou de programmation

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EE7MS1	CFD	0.5	Proj(Tr, Rap)
EE7MS2	Modélisation numérique	0.5	Proj(Rap, code)

EC : CFD		EE7MS1	coeff : 0.5
Enseignant(e-s) responsable : Serra S.			
CM : 14 h	TD : 32 h	TP : h	Proj : 50 h
			Langue Français

INTRODUCTION

Les avantages de la simulation numérique pour le développement et l'amélioration de processus ou d'objets industriels sont maintenant bien connus.

En conséquence, il est primordial de maîtriser les concepts associés, ceux-ci étant assez universels et indépendants du domaine d'étude ou d'une solution logicielle particulière.

Finalement, l'expérience personnelle revêtant aussi un caractère fondamental, des cas pratiques permettent de mettre en application les notions développées (sous l'environnement Ansys).

COMPÉTENCES VISÉES

- Maîtriser les concepts de base d'une simulation afin de construire, juger ou réaliser une étude ;
- Etre capables de résoudre un problème complexe avec un code industriel ;
- Savoir quelles sont les forces et les faiblesses des simulations industrielles

CONTENU

- 0 Introduction
- 1 Géométrie et maillage
- 2 Modélisation physique
- 3 Modélisation numérique
- 4 Post-traitement
- 5 Conclusion

RESSOURCES

M. Böhle, D. Etling, U. Müller, K.R. Sreenivasan, U. Riedel, and J. Warnatz. Prandtl's essential of Fluid Mechanics. Springer, 2004

F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, and A. Lavine. Fundamentals of heat and mass transfer. Wiley, 6th edition, 2007

Y. Nakayama. Introduction to Fluid Mechanics. Butterworth-Heinemann, 2000

J. Blazek. Computational fluid dynamics : principles and applications. Elsevier, 2001

- T. Cebeci, J. P. Shao, F. Kafyeke, and E. Laurendeau. Computational Fluid Dynamics for Engineers. Horizons Publishing, 2005.
- K. A. Hoffmann and S. T. Chiang. Computational Fluid Dynamics. Volume I. fourth edition, 2000.
- K. A. Hoffmann and S. T. Chiang. Computational Fluid Dynamics. Volume II. fourth edition, 2000.
- J. F. Wendt, editor. Computational Fluid Dynamics. An Introduction. Springer, 2009.
- John D. Jr Anderson. Computational Fluid Dynamics. The basics with applications. McGraw-Hill, New York, 1995.
- Suhas V. Patankar. Numerical heat transfer and fluid flow. McGraw-Hill, New York, 1980.
- H. K. Versteeg and W. Malalasekera. An Introduction to computational fluid dynamics. The finite volume method. Pearson Education Limited, Harlow, second edition, 2007.
- AIAA guide for the verification and validation of computational fluid dynamics simulations. Technical report, 1998.
- Best practice guidelines for industrial computational fluid dynamics of single-phase flows. Technical report, European Research Community on Flow, Turbulence And Combustion (ERCOFTAC), 2000
- Best practice guidelines for industrial computational fluid dynamics of multi-phase flows. Technical report, European Research Community on Flow, Turbulence And Combustion (ERCOFTAC), 2000.
- William L. Oberkampf and Timothy G. Trucano. Verification and validation in computational fluid dynamics. Sandia report, 2002.

PRÉREQUIS

- Thermodynamique générale (EC5TB2)
- Thermodynamique chimique (EC5TB3)
- Bilans (EC5TB4)
- Conduction I (EC5TM2)
- Diffusion (EC5TM3)
- Rayonnement (EC5TM4)
- Mécanique des fluides I (EC6TM4)
- Calcul scientifique I (EC6MI2)
- Conduction II (EE6MT1)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

- Proj(Tr, Rap)

EC : Modélisation numérique		EE7MS2	coeff : 0.5
Enseignant(e-s) responsable : Gibout S.			
CM : 8 h	TD : 32 h	TP : h	Proj : 40 h
			Langue Français

INTRODUCTION

L'objectif de ce module est de fournir à l'étudiant les techniques et outils lui permettant de résoudre numériquement les équations différentielles et aux dérivées partielles couramment rencontrées dans le domaine de l'énergétique.

COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ce module, les étudiants doivent savoir :

- Poser les hypothèses nécessaires à la modélisation et écrire les principales équations
- Choisir, selon le type de problème, le schéma de discrétisation le mieux adaptée
- Implémenter les algorithmes de résolution
- Présenter, analyser et critiquer les résultats obtenus

CONTENU

Présentation de la méthode des volumes finis

Discrétisation spatiale : cas 1D, 2D, 3D en géométrie cartésienne, cylindrique et sphérique

Discrétisation temporelle : schémas explicite et (semi-)implicite

Différents types de condition à la limite

Cas de paramètres dépendant du temps et/ou de l'espace Modélisation des changements de phase

Ecoulements

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Ce module s'appuie sur les compétences acquises en première année dans le domaine du calcul scientifique, de la programmation et bien entendu de la physique.)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap, code)

SPECIALITE GP

2ème année - Semestre 7 - Spécialité Génie des Procédés													
Unité d'Enseignement (UE)	Code		Élément Constitutif (EC)	Horaire (h)						ECTS / Coef.			
	UE	EC		Tot UE	Tot EC	Tot Prés.	CM	TD	TP	TA	Proj.	ECTS UE	Coef. EC
Opération Unitaire S7	EP7OU	EP7OU1	Cristallisation	268	20	10	4	6		10	10	0.08	
		EP7OU2	Séchage - Air humide		40	20	10	10		20		0.15	
		EP7OU3	Modélisation thermodynamique I		68	10	10			58		48	0.25
		EP7OU4	Distillation		36	18	10	8		18			0.13
		EP7OU5	Extraction Liquide-Liquide		32	16	8	8		16			0.12
		EP7OU6	Absorption		32	16	8	8		16			0.12
		EP7OU7	Physico-chimie des interfaces		40	20	10	10		20			0.15
Réacteur S7	EP7RE	EP7RE1	Réacteurs polyphasiques	136	80	40	20	20		40	5	0.58	
		EP7RE2	Distribution des temps de séjour		32	16	8	8		16		0.24	
		EP7RE3	Agitation		24	12	6	6		12		0.18	
Total Spec GP				404	178	94	84	0	226	48	15		
Total TC + Spec GP				823	390						30		

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Opération Unitaire S7

ECTS : 10

Code UE : EP7OU

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Connaître les bases théoriques pour la sélection, le dimensionnement et la modélisation des opérations unitaires de séparation : cristallisation, séchage, distillation, absorption, extraction

 LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EP7OU1	Cristallisation	0.08	CC(EE, 1h30, ca)
EP7OU2	Séchage - Air humide	0.15	CC(EE, 2h, da : notes de cours, ca)
EP7OU3	Modélisation thermodynamique I	0.25	Proj(Rap, Prog)
EP7OU4	Distillation	0.13	CC(EE, 2h, ca)
EP7OU5	Extraction Liquide-Liquide	0.12	CC(EE, 2h, ca)
EP7OU6	Absorption	0.12	CC(EE, 1h30, ca)
EP7OU7	Physico-chimie des interfaces	0.15	CC(EE, 2h, ca)

EC : Cristallisation		EP7OU1	coeff : 0.08
Enseignant(e-s) responsable : Serin J-P.			
CM : 4 h	TD : 6 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Des unités de cristallisation sont utilisées dans l'industrie chimique afin de purifier de solutions ou de former des produits cristallins tels le sucre, certains médicaments .

L'objectif principal de ce cours est d'appréhender les bases de la cristallisation

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Connaître les différentes étapes de la cristallisation
- Pouvoir citer des cristalliseurs utilisés industriellement
- Etre capable d'effectuer des bilans sur une unité de cristallisation
- Connaître des éléments permettant de sélectionner un cristalliseur

CONTENU

Partie I : Etapes de la cristallisation

Les étapes se déroulant lors de la cristallisation sont présentées (sursaturation, nucléation, croissance, évolutions). Les facteurs-clés sont identifiés à partir de l'étude énergétique et cinétique de chaque étape.

Partie II : Cristalliseurs industriels

Le fonctionnement de plusieurs cristalliseurs utilisés dans l'industrie est présenté. Les méthodes utilisées pour obtenir la sursaturation et pour agiter sont décrites, ainsi que les contraintes qui en découlent et l'impact sur les cristaux produits.

Partie III : Choix d'un cristalliseur

- contraintes industrielles et données thermodynamiques
- génération de la sursaturation et méthode d'agitation

-bilans (masse, énergie, population)

RESSOURCES

Puel F., Veesler S., Mangin D., Cristallisation Aspects Théoriques, TI J2 710. Mullin J. W., Crystallization 3rev. ed., Butterworth-Heinemann 1993.

Klein J-P., Boistelle R., Dugua J., Cristallisation industrielle Aspects Pratiques J2 788.

PRÉREQUIS

Cours de Thermodynamique générale et Bilans (1A tronc commun)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 1h30, ca)

EC : Séchage - Air humide		EP7OU2	coeff : 0.15
Enseignant(e-s) responsable : Bernada P.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Après un rappel des propriétés psychrométriques de l'air humide, deux cas d'évaporation sont étudiés : le tube de Stefan, et l'évaporation convective. Ces deux exemples servent d'introduction à la partie la plus importante du cours : le séchage d'un matériau solide, vu comme une opération unitaire d'un procédé.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent être capables de :

- Evaluer toutes les propriétés psychrométriques de l'air humide à partir de deux d'entre elles,
- Calculer un taux d'évaporation dans des cas simples du tube de Stefan et de l'évaporation convective sur une plaque plane horizontale,
- Dimensionner un sécheur, (calculer son diamètre, sa longueur), à partir d'un débit de production.

CONTENU

I Air humide

Propriétés psychrométriques de l'air humide, diagramme de l'air humide

II Evaporation

- Evaporation en air stagnant (tube de Stefan),
- Evaporation convective,

III Séchage

- Étude de l'eau dans les solides,
- caractérisation des différents types de produits destinés au séchage,
- description de quelques procédés de séchage (convectif, vide, contact.)
- Étude détaillée d'un cas particulier de séchage convectif de milieu poreux

RESSOURCES

handbook of industrial drying, Mujumdar, 1992

séchage : des processus physiques aux procédés industriels, ed Tec&Doc, Nadau et Puiggali, 1995.

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, da : notes de cours, ca)

EC : Modélisation thermodynamique I		EP7OU3	coeff : 0.25
Enseignant(e-s) responsable : Cézac P.			
CM : 10 h	TD : h	TP : h	Proj : 48 h
			Langue Français

INTRODUCTION

Nous présentons ici une méthodologie générale pour la modélisation thermodynamique des procédés. Les différents types de modèle sont classés suivant la nature des équations. Nous décrivons ensuite les principales méthodes numériques de résolution et illustrons les modèles sur des exemples de Génie des Procédés. Au cours d'un projet, les étudiants doivent formuler un modèle d'opération unitaire et écrire un programme (FORTRAN) pour sa résolution.

COMPÉTENCES VISÉES

- Formuler un modèle : définition des variables (variables d'état/paramètres) et des équations (équation constitutives, bilans macroscopiques, contraintes.),
- Choisir une stratégie de résolution et une méthode numérique (en cohérence avec la nature des équations),
- Ecrire un programme général et structuré en FORTRAN pour la résolution du problème.

CONTENU

Chap. I : Systèmes algébriques

- Exemple illustratif : Unité de séparation multi-constituant, multi-étagée en régime stationnaire
- Méthodes numériques : Systèmes linéaires (méthodes directes et indirectes, systèmes creux.), systèmes non linéaires (Newton-Raphson, Quasi Newton.)

Chap. II : Systèmes d'équations différentielles ordinaires

- Exemple illustratif : Réacteur piston idéal en régime permanent
- Méthodes numériques : Euler, Runge Kutta, Prédicteur-Correcteur

Chap. III : Systèmes d'équations aux dérivées partielles

- Exemple illustratif : Réacteur piston idéal en dynamique
- Méthodes numériques : Cf. EC EC28MI1

RESSOURCES

Process modeling, simulation, and control for chemical engineers W.L. Luyben McGraw-Hill, 1990.

PRÉREQUIS

Programmation FORTRAN EC5MI2

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap, Prog)

EC : Distillation		EP7OU4	coeff : 0.13
Enseignant(e-s) responsable : Olivier J.			
CM : 10 h	TD : 8 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'objectif est d'introduire les notions de bases relatives à la distillation.

COMPÉTENCES VISÉES

- Avoir les connaissances de base concernant la distillation
- Être capables d'écrire des bilans de matière et d'énergie dans ce contexte
- Être capables d'évaluer le Nombre d'Etages Théoriques de ces opérations unitaires par une méthode graphique ou analytique
- Avoir des connaissances de base concernant la distillation azéotropique, la distillation extractive
- Être capables de proposer le Design d'une colonne de distillation (diamètre .)

CONTENU

- Distillation mono et multi étagée
- Méthode de Mac Cabe et Thiele (reflux minimum, reflux total.)
- Méthode de Ponchon et Savarit Method (reflux minimum, reflux total.)
- Soutirages et alimentations multiples.
- Distillation azéotropique
- Distillation Batch
- Distillation multi-constituant (Short Cuts)
- Hydrodynamique et dimensionnement des colonnes à plateaux et à garnissage

RESSOURCES

- Mass transfer operations R.E. Treybal Mac Graw Hill Co, New York, 1982
- Separation processes K.C. King Mac Graw Hill Co, New York, 1980
- Distillation design H. Kister Mc GrawHill, New York, 1992
- Distillation - Principles and Practice J.G. Stichlmair; J.R. Fair Wiley-VCH New-York, 1998.

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, ca)

EC : Extraction Liquide-Liquide	EP7OU5	coeff : 0.12
Enseignant(e-s) responsable : Serin J-P.		
CM : 8 h	TD : 8 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

L'objectif est d'introduire les notions de bases relatives à l'extraction liquide - liquide.

COMPÉTENCES VISÉES

- Avoir les connaissances de base concernant l'extraction liquide - liquide.
- Etre capables d'écrire des bilans de matière et d'énergie dans ce contexte
- Etre capables d'évaluer le Nombre d'Etages Théoriques de ces opérations unitaires par une méthode graphique ou analytique

CONTENU

- Courbes de distribution et de sélectivité
- Échangeurs à co-courants et contre-courants
- Coordonnées rectangulaires, triangulaires et de Janecke

RESSOURCES

Mass transfer operations R.E. Treybal Mac Graw Hill Co, New York, 1982
Separation processes K.C. King Mac Graw Hill Co, New York, 1980
Liquid-Liquid Extraction Equipment J.C. Godfrey, M.J. Slater John Wiley & Sons, Chichester, 1994

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, ca)

EC : Absorption		EP7OU6	coeff : 0.12
Enseignant(e-s) responsable : Castéran F.			
CM : 8 h	TD : 8 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

L'objectif est d'introduire les notions de bases relatives aux opérations unitaires d'absorption et de désorption.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Avoir les connaissances de base concernant l'absorption, la désorption
- Être capables d'écrire des bilans de matière et d'énergie dans ce contexte
- Être capables d'évaluer le Nombre d'Etages Théoriques de ces opérations unitaires par une méthode graphique ou analytique
- Être capables d'évaluer le Nombre d'Unité de Transfert et la Hauteur d'Unité de Transfert de ces opérations par une méthode graphique ou analytique
- Être capables de proposer le Design d'une colonne d'absorption (diamètre, ..)

CONTENU

- Présentation - Définition Absorption
- Equilibre thermodynamique entre phases
- Absorption isotherme
- Ecriture des bilans de matière et d'énergie
- Taux de solvant minimum
- Concept d'étage théorique
- Méthode de Mac Cabe et Thiele
- Concept d'Unité de Transfert
- Absorption non isotherme

RESSOURCES

- Mass transfer operations R.E. Treybal Mac Graw Hill Co, New York, 1982

- Separation processes K.C. King Mac Graw Hill Co, New York, 1980.

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 1h30, ca)

EC : Physico-chimie des interfaces		EP7OU7	coeff : 0.15
Enseignant(e-s) responsable : Sochard S.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Ce cours fournit les principes fondamentaux de la physico-chimie des surface et des interfaces : systèmes à un et plusieurs constituants, ségrégation et adsorption, structures des surfaces et des interfaces, forces interfaciales...

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent être capable de :

- Expliquer les phénomènes physiques liés aux tensions interfaciales (énergie de surface, mouillage, capillarité...)
- Connaître quelques techniques expérimentales de mesure (tension de surface, angle de mouillage...)
- Avoir des notions sur les émulsions et les tensio-actifs
- Connaître le phénomène d'adsorption (isothermes d'équilibre, cinétique et dynamique d'adsorption, effets thermiques, applications en procédés, dimensionnement)

CONTENU

Chapitre 1 : Tension interfaciale, tension de surface

Chapitre 2 : Conséquences de la tension interfaciale (équations de Laplace, Young-Dupré, Kelvin, mouillabilité, angle de contact, forces d'adhésion et de cohésion)

Chapitre 3 : Emulsions et tensio-actifs

Chapitre 4 : Quelques exemples d'application des phénomènes interfaciaux

Chapitre 5 : Adsorption (Chimisorption, Physisorption, Isothermes d'adsorption, théorie de Langmuir, théorie de BET, cinétique d'adsorption, dynamique d'adsorption, dimensionnement)

RESSOURCES

Physical Chemistry of Surfaces, A. W. ADAMSON, John Wiley&Sons, Inc, 1990

Interfacial Transport Phenomena, J. C. Slattery, Springer-Verlag, 1990.

PRÉREQUIS

Thermodynamique générale, Transfert de matière

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, ca)

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Réacteur S7

ECTS : 5

Code UE : EP7RE

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Savoir évaluer le transfert de matière entre phases (Gaz/Liquide) et le transport en milieu poreux ; Savoir appliquer ces notions au dimensionnement de réacteurs hétérogènes
- Savoir modéliser l'hydrodynamique des réacteurs non idéaux en phase homogène
- Savoir concevoir les opérations unitaires de mélange en phase homogène ou hétérogène

 LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EP7RE1	Réacteurs polyphasiques	0.58	CC(EE, 2h)
EP7RE2	Distribution des temps de séjour	0.24	CC(EE, 45 min)x0,35 + CC(EE, da, 1h15)x0,65
EP7RE3	Agitation	0.18	CC(EE, 30 min, sd)x1/3 + CC(EE, 1h, da: cours+formulaire, ca)x2/3

EC : Réacteurs polyphasiques		EP7RE1	coeff : 0.58
Enseignant(e-s) responsable : Contamine F.			
CM : 20 h	TD : 20 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Ce cours aborde l'analyse des réacteurs polyphasiques. Après avoir traité le cas des réacteurs diphasiques fluide-fluide, ce cours traite le cas des réactions fluide-solide où l'on retrouve les réacteurs catalytiques et les réacteurs fluide-solide consommable.

Le dimensionnement de ces réacteurs est abordé après avoir analysé les influences des différents phénomènes de transfert, de transport et la réaction chimique.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- être capable de décrire le transfert d'un soluté à une interface fluide/fluide avec présence ou non dans une des phases présence de réaction chimique.
- Etre capable de décrire le transport dans un milieu poreux (catalyseur)
- Etre capable de comparer l'impact des phénomènes physique et chimique dans le cas d'une réaction en milieu polyphasique
- Etre capable d'aborder le dimensionnement de réacteurs hétérogènes

CONTENU

Partie I : Transfert à une interface gaz-liquide avec réaction chimique
 Effet de la réaction sur le transfert de matière à une interface gaz-liquide
 Cas des réactions irréversibles du second ordre
 Bilans matières dans des réacteurs idéaux diphasiques
 Dimensionnement

Partie II : Réacteur catalytique
 Transport en milieu poreux – diffusivité effective
 Diffusion et réaction dans un catalyseur
 Notion d'efficacité- limitation diffusionnelle

Effet du transfert externe à la particule
Particules non isothermes : gradients de température interne et externe
Bilans matières dans des réacteurs catalytiques

Partie III : réactions fluide-solide consommable

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Cinétique (GP1RE1), GRC (GP1RE2)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

EC : Distribution des temps de séjour		EP7RE2	coeff : 0.24
Enseignant(e-s) responsable : Mercadier J.			
CM : 8 h	TD : 8 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

La distribution des temps de séjour (DTS) est une méthode simple de modélisation de l'hydrodynamique de réacteurs réels.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Identifier les problèmes d'écoulement à partir de l'analyse de la distribution des temps de séjour comme les courts circuits ou les volumes morts.
- Déterminer différents paramètres comme le temps de séjour moyen, le nombre de mélangeurs en cascade à partir de résultats expérimentaux
- Construire des modèles constitués d'assemblage de réacteurs idéaux
- Déterminer les taux de conversion de réacteurs modélisés par ce type d'assemblage, notamment lors de la mise en œuvre de réactions du premier ordre

CONTENU

Distribution des temps de séjour (DTS)

Temps de séjour. Méthodes expérimentales pour la détermination de la DTS, impulsion, échelon.

Expression mathématique de la DTS. Théorème de Van Der Laan et calcul des moments de la distribution.

Modèles d'écoulement, modèle de mélangeurs en cascade, modèle à dispersion axiale, association de réacteurs idéaux.

Taux de conversion dans des réacteurs non idéaux.

RESSOURCES

Villiermaux J., Génie de la réaction chimique - Conception et fonctionnement des réacteurs, Lavoisier, technique et documentation, 1993 (2ème édition)

Euzen J.P., P. Trambouze, J.P. Wauquier, Méthodologie pour l'extrapolation des procédés chimiques, éditions Technip, 1993

Trambouze P., H. Van Landeghem, J.P. Wauquier, Les réacteurs chimiques (conception, calcul, mise en œuvre), Technip, 1984

PRÉREQUIS

Cours de génie de la réaction chimique: Bilans dans les réacteurs idéaux

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 45 min)x0,35 + CC(EE, da, 1h15)x0,65

EC : Agitation		EP7RE3	coeff : 0.18
Enseignant(e-s) responsable : Chabab S.			
CM : 6 h	TD : 6 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Cet enseignement a pour but de donner les bases du mélange et des systèmes d'agitation à utiliser dans les systèmes liquide-liquide, gaz-liquide et solide-liquide pour atteindre un taux d'homogénéité demandé.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent être capable de :

- décrire avec précision les problèmes de mélange à résoudre en fonction du système à traiter
- choisir le type d'équipement à utiliser, calculer ses caractéristiques et faire une estimation économique
- pouvoir effectuer un scale-up

CONTENU

- Introduction et définitions
- Grandeurs caractéristiques d'un système d'agitation
- Application de l'agitation aux opérations L - L : liquides miscibles et immiscibles
- Application de l'agitation aux opérations Gaz - Liquide
- Application de l'agitation aux opérations Solide - Liquide
- Application de l'agitation aux opérations Solide - Solide
- Extrapolation

RESSOURCES

- Engineering data on Mixing, R. Mezaki, M. Mochizuki, K. Ogawa, Elsevier, 2000
- Agitation et Mélange, Catherine Zuereb, Martine Poux, Joël Bertrand, Dunod, 2006
- Techniques de l'ingénieur, Ed. Techniques de l'ingénieur, 1993
- Mecanics of Fluids , I. H. Shames, McGraw-Hill, Inc., New York, 1992
- Mécanique des fluides et hydraulique, R.V. Giles, J. B. Evett, C. Liu, Série Schaum, McGraw-Hill, Inc., New York, 1995

PRÉREQUIS

Mécanique des fluides

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 30 min, sd)x1/3 + CC(EE, 1h, da: cours+formulaire, ca)x2/3

SPECIALITE GEII

2ème année - Semestre 7 - Spécialité GEII												
Unité d'Enseignement (UE)	Code		Élément Constitutif (EC)	Horaire (h)							ECTS / Coef.	
	UE	EC		Tot UE	Tot EC	Tot Prés.	CM	TD	TP	TA Proj	ECTS UE	Coef. EC
Apprentissage S7	EG7APA	EG7APA1	Compétences développées en entreprise		0	0				5	5	0.80
		EG7APA2	Projet Management qualité - sécurité environneme		0	0				5		0.20
Langue et Culture de l'Ingénieur S7	EG7LC	EC7LC1	Anglais	180	60	30		30		30	6	0.33
		EC7LC2	Langue 2 (Espagnol ou Allemand)		40	20		20		20		0.23
		EC7LC3	Responsabilité Sociétale de l'Entreprise		80	40	36	4		40		0.44
Informatique pour l'Ingénieur S7	EG7II	EG7II1	Linux et langage C	136	80	40	16	24		40	5	0.52
		EG7II2	Programmation orientée objet		56	32	12	12	8	24		0.48
Energie électrique S7	EG7EE	EG7EE1	Convertisseurs de puissance		56	28	10	10	8	28		0.30
		EG7EE2	Production d'énergie électrique		32	16	6	10		16	6	0.18
		EG7EE3	Eclairage		28	14	6	8		14		0.16
		EG7EE4	Outils de conception mécanique		40	16		4	12		24	20
Electronique S7	EG7EO	EG7EO1	Filtrage analogique		64	32	10	10	12	32		0.27
		EG7EO2	Circuits hyperfréquences		64	32	10	10	12	32		0.28
		EG7EO3	Composants électroniques		32	16	6	10		16	8	0.14
		EG7EO4	Outils de diagnostic électrique		28	14	8	6		14		0.14
		EG7EO5	Traitement du signal analogique		40	20	10	10		20		0.17
Total Spec GEII				700	350	130	168	52	350	20	30	
Total TC + Spec GEII				700	350						30	

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Apprentissage S7

ECTS : 5

Code UE : EG7APA

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Appréhender le fonctionnement général d'équipements de fourniture ou de conversion d'énergie électrique, afin d'en déterminer les contraintes de continuité de service et de sécurité.
- Etudier des dispositifs spécifiques de fourniture ou de conversion d'énergie électrique, à partir d'un cahier des charges, afin d'assurer un service continu sécurisé, dans le respect des normes environnementales, en accord avec les enjeux du développement durable, et garantissant la sécurité des biens et des personnes.
- Appréhender le fonctionnement général des systèmes en génie électrique supervisé potentiellement sous haute tension, afin d'en comprendre les contraintes de fonctionnement et de sécurité.
- Développer des moyens de pilotage ou de diagnostic en adéquation avec les performances attendues afin d'assurer un fonctionnement fiable et sécurisé.
- Appréhender un travail dans un contexte international, en maîtrisant une ou plusieurs langues étrangères, en ayant une ouverture culturelle, en tenant compte de l'ensemble des contraintes (managériales, environnementales, RH, RSE.) afin de favoriser la synergie dans l'équipe.
- Animer une équipe multiculturelle en s'adaptant aux contraintes et spécificités de chacun, en tenant compte de la mixité culturelle dans ses interactions, en utilisant des outils et méthodes de communication adaptés, afin d'établir un environnement propice à la réussite du projet dans le respect des réglementations, de l'éthique, de la sécurité et de la santé.

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EG7APA1	Compétences développées en entreprise	0.8	EvalC (entreprise)*0.6 + PA (entreprise)*0.4
EG7APA2	Projet Management qualité - sécurité environnement	0.2	EvalC (Rap)

EC : Compétences développées en entreprise		EG7APA1	coeff : 0.8
Enseignant(e-s) responsable : Pécastaing L.			
CM : h	TD : h	TP : h	Proj : 5 h
			Langue Français

INTRODUCTION

Lors de ces huit semaines en entreprise, l'apprenti sera confronté à un projet potentiellement pluridisciplinaire qu'il sera à même d'organiser et de structurer. Il identifiera également la politique de sécurité et de santé au travail de son entreprise d'accueil.

COMPÉTENCES VISÉES

- Appréhender un travail dans un contexte international, en maîtrisant une ou plusieurs langues étrangères, en ayant une ouverture culturelle, en tenant compte de l'ensemble des contraintes (managériales, environnementales, RSE.) afin de favoriser la synergie dans l'équipe.
- Animer une équipe multiculturelle en s'adaptant aux contraintes et spécificités de chacun, en tenant compte de la mixité culturelle dans ses interactions, en utilisant des outils et méthodes de communication adaptés, afin d'établir un environnement propice à la réussite du projet dans le respect des réglementations, de l'éthique, de la sécurité et de la santé.

CONTENU

Les activités développées dans cette EC sont établies en fonction des besoins spécifiques de l'entreprise et dans le but de compléter les compétences visées.

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

EvalC (entreprise)*0.6 + PA (entreprise)*0.4

EC : Projet Management qualité - sécurité environnement		EG7APA2	coeff : 0.2
Enseignant(e-s) responsable : Ricarde Magali			
CM : h	TD : h	TP : h	Proj : 5 h
			Langue Français

INTRODUCTION

Lors de ces huit semaines en entreprise, l'apprenti sera de nouveau confronté à de nouvelles problématiques liées à ses activités. Il sera à même d'appréhender de nouveaux domaines scientifique et technique y compris pluridisciplinaire. Il sera amené à étudier et développer de nouveaux dispositifs dans le domaine d'activités de son entreprise.

COMPÉTENCES VISÉES

- Appréhender le fonctionnement général d'équipements de fourniture ou de conversion d'énergie électrique, afin d'en déterminer les contraintes de continuité de service et de sécurité.
- Etudier des dispositifs spécifiques de fourniture ou de conversion d'énergie électrique, à partir d'un cahier des charges, afin d'assurer un service continu sécurisé, dans le respect des normes environnementales, en accord avec les enjeux du développement durable, et garantissant la sécurité des biens et des personnes.
- Appréhender le fonctionnement général des systèmes en génie électrique supervisé potentiellement sous haute tension, afin d'en comprendre les contraintes de fonctionnement et de sécurité.
- Développer des moyens de pilotage ou de diagnostic en adéquation avec les performances attendues afin d'assurer un fonctionnement fiable et sécurisé.

CONTENU

L'apprenti présente un rapport écrit qui permet de juger le niveau acquis de compétences dans le domaine de la responsabilité sociétale des entreprises. Le rapport aborde entre autres les thématiques : préoccupations sociétales, environnementales et problématiques d'éthique au travail au sein de l'entreprise d'accueil. L'apprenti fait si possible le lien avec ses activités.

Rapport d'une quinzaine de pages d'informations, hors table des matières, annexes ... De l'introduction à la conclusion.

L'apprenti devra s'assurer auprès de son Maître d'Apprentissage de l'absence de données confidentielles dans le rapport avant son dépôt dans le LEA.

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

EvalC (Rap)

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Langue et Culture de l'Ingénieur S7

ECTS : 6

Code UE : EG7LC

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Etre capable de communiquer en anglais dans les diverses situations professionnelles
- Approfondir les bases de la seconde langue
- Connaître l'organisation générale et les différents statuts juridiques de l'entreprise
- Connaître les grands enjeux du développement durable
- Comprendre les enjeux de la gestion du risque éthique en entreprise

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
 CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EC7LC1	Anglais	0.33	Niveau intermédiaire : CoO+CoE (EE)x1/4 + CoO+CoE (EE)x1/4 + Cert(TOEIC 1)x1/4 + Cert(TOEIC 2)x1/4
	Niveau avancé : ExO (EO)x2/8 + IntO(PA)x1/8 + Ex/IntO (Group work)x1/8 + ExE(EE)x2/8 + CoO/E (EE, 1h30)x2/8		
EC7LC2	Langue 2 (Espagnol ou Allemand)	0.23	CoOx1/5 + ExOx1/5 + IntOx1/5 + CoEx1/5 + ExEx1/5
EC7LC3	Responsabilité Sociétale de l'Entreprise	0.44	CC(EE, 2h)

EC : Anglais	EC7LC1	coeff : 0.33
Enseignant(e-s) responsable : Beigbeder S., Grenier A-C.		
CM : h	TD : 30 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Anglais

INTRODUCTION

L'objectif est d'améliorer les cinq compétences langagières telles que décrites dans le Cadre Européen de Référence pour les Langues (niveau ciblé : C1) : anglais spécifique aux besoins des futurs ingénieurs.

COMPÉTENCES VISÉES

Niveau intermédiaire : L'étudiant(e) devra acquérir des compétences communicatives (écouter, lire, s'exprimer, écrire, prendre part à une conversation) pour atteindre le niveau d'utilisateur expérimenté (B2-C1) et obtenir le score requis au TOEIC.

Niveau avancé : L'étudiant(e) devra approfondir les compétences communicatives de niveau C1 (écouter, lire, s'exprimer en continu, écrire, prendre part à une conversation) et être capable de communiquer et agir dans un contexte international.

CONTENU

Niveau intermédiaire : Préparation au TOEIC, en particulier aux épreuves de Compréhension orale et écrite. Le cours propose au moins deux examens TOEIC blancs complets en guise d'entraînement et deux tests abrégés.

Niveau avancé : Les 5 compétences sont travaillées sur la base de l'anglais professionnel de niveau locuteurs indépendants :

- Présentations individuelles sur un sujet au choix, Réunions, Entretiens d'embauche.
- Travail de groupe sur l'interculturalité
- Travail de groupe sur des articles de spécialité

Expression écrite : Rédaction de CV et synthèse des différents documents étudiés en cours.

RESSOURCES

La Bible Officielle du test Toeic (Cassandra Harvey, Sandra von Barany, Danuta Langner, ETS

Global/Hachette, 2018) Grammaire Vocabulaire du test Toeic, Cassandra Harvey et Danuta Langner
(ETS Global/Hachette, 2018) Les Tests Officiels corrigés (ETS Global/Hachette, 2018).

PRÉREQUIS

Niveau intermédiaire : pas de prérequis.

Niveau avancé : 785 points au TOEIC ou B2 validé.

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Niveau intermédiaire : CoO+CoE (EE)x1/4 + CoO+CoE (EE)x1/4 + Cert(TOEIC 1)x1/4 + Cert(TOEIC 2)x1/4

Niveau avancé : ExO (EO)x2/8 + IntO(PA)x1/8 + Ex/IntO (Group work)x1/8 + ExE(EE)x2/8 + CoO/E (EE, 1h30)x2/8

EC : Langue 2 (Espagnol ou Allemand)	EC7LC2	coeff : 0.23
Enseignant(e-s) responsable : Puerto Gómez, Fleur Duplantier, Ana Armenta,. / M. Hartner		
CM : h	TD : 20 h	TP : h Proj : h
Langue Espagnol ou Allemand		

INTRODUCTION

Espagnol

Niveau A

Approfondissement des connaissances et du vocabulaire du monde du travail.

Niveau B et C

Travail collectif et individuel à travers les cinq compétences langagières définies par le Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues (CECRL) ; la compréhension orale, l'expression orale, l'interaction orale, la compréhension écrite et l'expression écrite. Les groupes sont organisés par niveaux CECRL.

Allemand

Compréhension écrite (article de presse)

COMPÉTENCES VISÉES

Espagnol

Niveau A

- Acquérir toutes les compétences du CECRL : compréhension, expression et interactions orales et écrites en espagnol.
- Favoriser l'accès au monde du travail.
- Apprendre les bases de l'espagnol pour pouvoir se débrouiller dans des situations courantes.

Niveau B et C

- Consolider et améliorer toutes les compétences du CECRL : compréhension, expression et interactions orales et écrites.

- Connaître les faits de langue des pays hispanophones et approfondir les connaissances de la culture d'origine hispanique et sa richesse linguistique.
- Favoriser l'accès au monde du travail. Écrits professionnels (lettre de motivation, CV, courrier, rapports techniques, rédiger un projet professionnel. . .)

Allemand

On attend de l'étudiant qu'il sache comprendre un court article de presse, en rendre le contenu, répondre à des questions et s'exprimer brièvement sur le sujet.

CONTENU

Espagnol

Niveau A

Les groupes sont organisés par niveaux CECRL en fonction de leurs connaissances. Un test de positionnement a lieu la première année.

Niveau B et C

- Les cours se déclinent par niveau du CECRL. Les niveaux proposés sont B1, B2, C1 et C2.
- Les cours ont lieu en présentiel.
- Un cours complémentaire est proposé sur la plateforme collaborative par E-Learn avec des contenus méthodologiques, lexique quotidien et spécifique, conjugaison et grammaire. . .

Allemand

Travail sur des articles de presse (sujets d'actualité) + grammaire

RESSOURCES

Espagnol

Documents fournis indiqués par les enseignantes en fonction du niveau.

Monde du travail : <http://www.oficinaempleo.com/content/manualcv1.html>

TV : <http://www.rtve.es/>

Presse: <http://elpais.com/>

Espagnol : www.ver-taal.com

Plateforme Chamilo de l'UPPA.

Allemand

Site internet de la Deutsche Welle : www.fluter.de

PRÉREQUIS

Espagnol

Aucun pour le groupe 1

Niveau B1 pour le groupe 2

Niveau B2 pour le groupe 3.

Allemand

Allemand LV2 (niveau bac)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CoOx1/5 + ExOx1/5 + IntOx1/5 + CoEx1/5 + ExEx1/5

EC : Responsabilité Sociétale de l'Entreprise		EC7LC3	coeff : 0.44
Enseignant(e-s) responsable : Ducouso M., Latour S., Rapin S.			
CM : 36 h	TD : 4 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'objectif est de sensibiliser les étudiants aux notions de développement durable, de RSE et d'éthique dans le monde de l'entreprise.

COMPÉTENCES VISÉES

À l'issue de ce module, l'étudiant sera capable de :

- Comprendre les concepts de la RSE
- Comprendre les problématiques et impacts liés à l'utilisation (nécessaire) des énergies, fossiles ou renouvelables.
- Comprendre les enjeux de l'éthique dans le monde de l'entreprise

CONTENU

L. Latour :

- Les concepts de la RSE et son institutionnalisation
- Les nouveaux business modèles

M. Ducouso :

- L'origine des ressources et des consommations (consommateurs)
- Mécanismes mis en jeu dans les phénomènes de l'effet de serres et réchauffement climatique
- Ressources renouvelables (technologies et état de lieux)

S. Rapin :

- Luttés anti-corruption, fraude, anti-concurrentielles, respect des droits de l'Homme, sanctions économiques
- Gestion du risque éthique

RESSOURCES

GIEC, 2014 : Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse. Contribution des groupes de

travail, I, II et III au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R. K Pachauri et L.A. Meyer), GIEC, Genève, Suisse, 161 p.

"La RSE" théories et pratiques de Lépineux, éditions DUNOD

Rapport de l'ONU sur la biodiversité : les limites de la surexploitation des espèces sauvages :

https://www.ipbes.net/media_release/Sustainable_Use_Assessment_Published

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Informatique pour l'Ingénieur S7

ECTS : 5

Code UE : EG7II

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Appréhender les fonctionnalités d'un système d'exploitation libre multitâche et multiutilisateur
- Connaître les bases de la programmation et savoir synthétiser un circuit FPGA.
- Comprendre les principes fondamentaux de la Programmation Orientée Objet (Java)

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EG7II1	Linux et langage C	0.52	CC(EE,1h30)x0,3 +CC(EE,1h30,da:C+TD)x0,7
EG7II2	Programmation orientée objet	0.48	TP(EM, 1h30)x0,3 + CC(EE,2h)x0,7

EC : Linux et langage C	EG7II1	coeff : 0.52
Enseignant(e-s) responsable : ALMEIDA Thomas (AECE)		
CM : 16 h	TD : 24 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est d'apporter aux étudiants une connaissance de base sur les fonctionnalités du système d'exploitation Linux et de leur donner une information vue du côté utilisateur. La programmation en shell script est approfondie. Partenaire incontournable de Linux, le langage C est un langage de référence dans l'informatique industrielle. De plus haut niveau que l'assembleur, il permet d'écrire des programmes plus conséquents d'une manière plus concise tout en permettant un contrôle fin sur la manipulation de la mémoire. Cette deuxième partie de cours a pour objectif de familiariser les étudiants avec la conception de programmes en Langage C. Les types de variables, fonctions, pointeurs et fichiers, vues du côté de l'utilisation mémoire, sont étudiées en cours et mises en pratique lors d'exercices devant l'ordinateur.

COMPÉTENCES VISÉES

- Appréhender les fonctionnalités d'un système d'exploitation libre multitâche et multiutilisateur.
- Assimiler le mode console et la programmation de shell script (batch).
- Comprendre l'intérêt d'un langage informatique très proche du matériel dans la problématique informatique industrielle.

CONTENU

Cours Linux

1. Présentation - Système de fichiers
2. Les commandes utilisateur
3. Le langage de commande : le batch shell

Cours langage C

1. Notion de variable et de type de données
2. Les entrées/sorties

-
3. Les fonctions
 4. La notion et les manipulations de pointeurs
 5. Les tableaux
 6. Les chaînes de caractères
 7. Les structures de données "struct"
 8. Fichiers

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Cours de programmation de première année (Fortran, VBA)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE,1h30)x0,3 +CC(EE,1h30,da:C+TD)x0,7

EC : Programmation orientée objet		EG7II2	coeff : 0.48
Enseignant(e-s) responsable : Dumas P.			
CM : 12 h	TD : 12 h	TP : 8 h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Le but de cet enseignement est de mener à bien un projet informatique ou non d'une façon orientée objet. Le langage de modélisation UML sera abordé ainsi qu'un langage de programmation orienté objet.

COMPÉTENCES VISÉES

- Analyser un problème avec les notions d'objets et de classes avec leur association.
- Savoir lire aisément des diagrammes UML.
- Traduire facilement même avec une adaptation en langage informatique orienté objet.

CONTENU

- 1- Analyse procédurale et orientée objet
- 2- Notions d'objets, de classes, d'associations et d'héritage
- 3- Langage de modélisation UML :(Diagrammes Comportementaux, Diagrammes Structurels, Différents exemples sont proposés)
- 4- Langage informatique orienté objet : JAVA, (Instanciation d'objets, classes, héritage, gestion des exceptions), Applets.

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

TP(EM, 1h30)x0,3 + CC(EE,2h)x0,7

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Energie électrique S7

ECTS : 6

Code UE : EG7EE

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Comprendre les contraintes liées à la mise en œuvre des composants et des structures en commutation
- Connaître les différentes architectures de convertisseurs statiques ainsi que leurs principaux usages
- Comprendre les avantages et les inconvénients des différents systèmes de production d'énergie électrique
- Appréhender les principes et les technologies liées aux sources lumineuses
- Savoir réaliser une analyse ou une pré étude de mise en lumière
- Savoir utiliser l'outil CATIA pour de la conception mécanique et de la conception de systèmes électriques

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EG7EE1	Convertisseurs de puissance	0.3	CC (EE, 1h30)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7
EG7EE2	Production d'énergie électrique	0.18	CC(EE, 2h)
EG7EE3	Eclairage	0.16	CC(EE, 2h)
EG7EE4	Outils de conception mécanique	0.36	TP (Pa)x0.3 + Proj(Or)x0.7

EC : Convertisseurs de puissance		EG7EE1	coeff : 0.3
Enseignant(e-s) responsable : GUSEV A.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : 8 h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Cette EC permet aux étudiants d'appréhender les notions et concepts de la conversion statique d'énergie et d'étudier la plupart des structures de convertisseurs utilisés en milieu industriel.

COMPÉTENCES VISÉES

- Comprendre les contraintes liées à la mise en œuvre des composants modernes et des structures en commutation
- Connaître les différentes architectures de convertisseurs statiques ainsi que leurs principaux usages

CONTENU

- 1- Introduction à la conversion statique de l'énergie électrique
- 2- Composants de l'électronique de puissance
- 3- Redressement non commandé et commandé
- 4- Hacheurs & alimentations à découpage
- 5- Onduleurs MLI & à résonance

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Cours de programmation de première année (Fortran, VBA)
 Cours d'algèbre numérique (algèbre de Boole, .)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h30)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7

EC : Production d'énergie électrique		EG7EE2	coeff : 0.18
Enseignant(e-s) responsable : Ruscassié R.			
CM : 6 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Les problématiques énergétiques représentent aujourd'hui un aspect incontournable de la culture de l'ingénieur. Cette EC vise inculquer les liens entre ces aspects énergétiques et conséquences qu'ils ont sur l'évolution passée et future des systèmes de production d'énergie électrique.

COMPÉTENCES VISÉES

- Appréhender les enjeux liés aux évolutions de la production d'énergie
- Comprendre les avantages et les inconvénients des différents systèmes de production d'énergie électrique

CONTENU

- 1- Généralités sur les énergies
- 2- Situation énergétique passée et présente : conséquences
- 3- Systèmes de production d'énergie électrique non renouvelables (centrales thermiques & nucléaire)
- 4- Systèmes de production d'énergie électrique renouvelables (biomasse, hydroélectricité, solaire, éolien,.)
- 5- Conclusions et perspectives

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

EC : Eclairage		EG7EE3	coeff : 0.16
Enseignant(e-s) responsable : Ruscassié R.			
CM : 6 h	TD : 8 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'objectif de cet EC est d'apporter aux étudiants des connaissances concernant le large spectre de systèmes d'éclairage potentiellement disponibles afin de pouvoir sélectionner les solutions les plus adéquates à mettre en place en fonction des contraintes d'une situation de mise en lumière donnée.

COMPÉTENCES VISÉES

- Appréhender les principes et les technologies liées aux sources lumineuses
- Savoir réaliser une analyse ou une pré étude de mise en lumière

CONTENU

- 1 - Principes de photométrie et généralités sur l'éclairage
- 2 - Technologies des sources de lumière
- 3 - Alimentations et systèmes associés
- 4 - Principes de mise en lumière
- 5- Etudes de cas

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

EC : Outils de conception mécanique		EG7EE4	coeff : 0.36
Enseignant(e-s) responsable : De Ferron A.			
CM : h	TD : 4 h	TP : 12 h	Proj : 20 h
Langue Français			

INTRODUCTION

Dans leur futur métier, les étudiants seront amenés à gérer des projets demandant des compétences multiples. L'une d'entre elles est liée à la conception de produits tant au niveau électronique qu'ergonomique et donc mécanique. Ce module a pour but d'initier les futurs diplômés à un des nombreux logiciels de conception mécanique CATIA. Sans en faire des dessinateurs, l'objectif est de donner les premières notions de création de pièces, d'assemblage et d'agencement.

COMPÉTENCES VISÉES

- Initiation à la lecture de plans 2D ;
- Initiation à la création de pièces simple en extrusion et en révolution ;
- Initiation à l'utilisation des outils de modification de pièces (trous, rainures gorges.) ;
- Initiation à l'assemblage de pièces existantes ;
- Initiation à la création de plans 2D ;
- Développement du travail en autonomie.

CONTENU

- 1- Présentation générale ;
- 2- Présentation de l'environnement de travail ;
- 3- Présentation des outils de manipulations, de vues, d'affichage, d'organisation du travail ;
- 4- Présentation de l'atelier de dessin en 2D (outils de dessin, de modification, de transformation.) ;
- 5- Présentation de l'atelier de pièces 3D (outils de création, de modification, de transformation.) ;
- 6- Présentation de l'atelier d'assemblage 3D (outils de création, de modification, de transformation.) ;
- 7- Présentation de l'atelier de mise en plan (outils de création, de modification, de transformation.) ;
- 8- Présentation de quelques autres ateliers disponibles sur le logiciel (création de tôles, calcul de

structure).

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

TP (Pa)x0.3 + Proj(Or)x0.7

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Electronique S7

ECTS : 8

Code UE : EG7EO

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Comprendre les principes généraux et les méthodes de calcul du filtrage analogique
- Acquérir des connaissances de base des phénomènes et technologies hyperfréquences
- Appréhender les principes mis en œuvre pour la conception et l'analyse des circuits hyperfréquences
- Comprendre le fonctionnement interne des composants électroniques actifs (transistors et thyristors).
- Connaître la méthodologie et les étapes de fabrication permettant la réalisation de composants électroniques
- Spécifier un système sur la base de besoins actés et anticipés, afin d'en établir des exigences indispensables à la conception
- Maîtriser les outils du traitement du signal analogique.
- Comprendre la représentation fréquentielle d'un signal analogique et les conséquences d'un traitement sur cette représentation.

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EG7EL1	Filtrage analogique	0.27	CC1 (EE, 1h30, da : 1 feuille A4 recto) x 0,25 + CC2 (EE, 1h30, da : 1 feuille A4 recto verso) x 0,5 + TP (CR) x 0,25
EG7EL2	Circuits hyperfréquences	0.28	CC1 (EE, 1h30) x 0,25 + CC2 (EE, 1h30) x 0,5 + TP (CR) x 0,25
EG7EL3	Composants électroniques	0.14	CC (EE, 1h30)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7
EG7E04	Outils de diagnostic électrique	0.14	CC (EE, 1h30)
EG7EL5	Traitement du signal analogique	0.17	Proj (CR)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0,7

EC : Filtrage analogique		EG7EL1	coeff : 0.27
Enseignant(e-s) responsable : Pécastaing L.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : 12 h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Le but de la synthèse des circuits est de proposer un circuit qui soit la réalisation d'une impédance donnée. Il peut s'agir de quadripôles ou de filtres. L'objectif de ce cours est de donner aux étudiants les outils nécessaires à la synthèse des dipôles, des quadripôles et des filtres passifs. L'application de ces divers concepts à l'aide d'algorithmes mathématiques conduit à l'élaboration de logiciels de CAO de circuits électroniques.

COMPÉTENCES VISÉES

- Comprendre les principes généraux du filtrage analogique
- Acquérir les méthodes de calcul de circuits pour le filtrage
- Savoir choisir et utiliser les principales approximations utilisées en filtrage

CONTENU

- 1- La synthèse des dipôles passifs (Synthèse des dipôles LC, RC et RL par les méthodes de Cauer et de Foster, Synthèse de dipôles RLC par la méthode de Brune)
- 2- La synthèse des quadripôles passifs
- 3- La synthèse des filtres passifs (Approximation de Butterworth, Approximation de Chebychev)

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Cours d'Electronique 2 en 1AS5

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC1 (EE, 1h30, da : 1 feuille A4 recto) x 0,25 + CC2 (EE, 1h30, da : 1 feuille A4 recto verso) x 0,5 + TP (CR) x 0,25

EC : Circuits hyperfréquences		EG7EL2	coeff : 0.28
Enseignant(e-s) responsable : Pécastaing L.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : 12 h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Il s'agit d'un cours permettant de fournir les bases de l'ingénierie sur les méthodes et techniques hyperfréquences. La particularité de cette gamme de fréquence est que les dimensions des dispositifs sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde.

L'objectif de ce cours est d'apporter aux étudiants les connaissances nécessaires à la compréhension et l'analyse de circuits hyperfréquences, en particulier à lignes de transmission. Les principales techniques d'analyse seront abordées telles que les calculs analytiques des phénomènes de réflexion, la méthode du tableau ou l'utilisation de l'abaque de Smith.

COMPÉTENCES VISÉES

- Acquérir les bases nécessaires à l'évaluation théorique d'un circuit hyperfréquence
- Connaître les principales techniques d'analyse des circuits hyperfréquences en temporel et en harmonique
- Mettre en œuvre l'abaque de Smith pour l'analyse de circuits à lignes de transmission

CONTENU

- 1- Introduction aux hyperfréquences
- 2- Propriétés des ondes électromagnétiques
- 3- Lignes de transmission en régime transitoire (description et modélisation d'une ligne de transmission, divers types de lignes, relation aux terminaisons, analyse dans le domaine temporel)
- 4- Lignes de transmission en régime harmonique (équations des télégraphistes, constantes de propagation, d'affaiblissement et de phase, impédance caractéristique et coefficient de réflexion)
- 5- Utilisation de l'abaque de Smith en hyperfréquences (intérêt, description, exemples d'utilisation)

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Cours d'Electromagnétisme en 1AS5

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC1 (EE, 1h30) x 0,25 + CC2 (EE, 1h30) x 0,5 + TP (CR) x 0,25

EC : Composants électroniques		EG7EL3	coeff : 0.14
Enseignant(e-s) responsable : Ruscassié R.			
CM : 6 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Dans la continuité de l'EC Physique des semi-conducteurs, cet EC développe les principes de fonctionnement interne des principaux composants utilisés en électronique, en mettant l'accent sur les transistors bipolaires et MOS. Elle permet également d'appréhender les techniques utilisées pour la fabrication de ces composants micro-électroniques dans l'industrie du semi- conducteur.

COMPÉTENCES VISÉES

- Comprendre le fonctionnement interne des composants électroniques actifs (transistors et thyristors).
- Connaître la méthodologie et les étapes de fabrication permettant la réalisation de composants électroniques

CONTENU

- 1-Homo-structures (Matière et propriétés des SC, Jonction PN (rappels), transistor bipolaire, thyristor)
- 2- Hétéro-structures (Principes des hétéro jonctions, Diode Schottky, Structure MIS, transistor MOS)
- 3- Process & applications

RESSOURCES

PRÉREQUIS

EC Physique des semi-conducteurs

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h30)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7

EC : Outils de diagnostic électrique		EG7E04	coeff : 0.14
Enseignant(e-s) responsable : Pécastaing L.			
CM : 8 h	TD : 6 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

L'oscilloscope et l'analyseur de réseau sont les outils de base en métrologie électrique. Les mesures effectuées peuvent aisément être entachées d'erreur si l'utilisateur ne prend pas en compte les performances de l'outil de mesure utilisé vis-à-vis des spécifications de la mesure attendues. L'objectif de ce cours est d'expliquer aux étudiants le fonctionnement, les principales fonctionnalités de ces appareils, d'évaluer les erreurs potentielles et de leur donner tous les outils pour effectuer le choix le plus pertinent en fonction de la mesure à réaliser.

COMPÉTENCES VISÉES

- Connaître le fonctionnement et les fonctionnalités des principaux appareils utilisés en mesures électriques (oscilloscope, analyseur de réseau)
- Savoir réaliser et interpréter une mesure électrique
- Savoir évaluer la véracité d'une mesure électrique
- Avoir un œil critique sur le choix le plus pertinent de l'appareil à utiliser en fonction des spécifications attendues

CONTENU

3- L'oscilloscope (Principe de base, Fonctionnement, Méthodes d'échantillonnage (direct et séquentiel), Modes d'acquisition (Sample, DRT, Arrêt de l'acquisition, Détection de crête (Peak detect), Haute résolution (Hi-Res), Enveloppe, Moyennage (Average), Lissage (Smoothing), Fastframe, InstaVu™)

4- L'analyseur de réseau, Description d'un analyseur de réseaux, Les paramètres S, Types de mesures, Paramètres d'erreurs et corrections, Réflectométrie temporelle

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Cours d'Electromagnétisme en 1AS5 et de Circuits Hyperfréquences en 2AS7

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h30)

EC : Traitement du signal analogique		EG7EL5	coeff : 0.17
Enseignant(e-s) responsable : Trajin B.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Cet EC permettra d'apporter aux étudiants les outils nécessaires pour analyser et traiter les phénomènes de bruit pouvant impacter les chaînes de mesure analogiques. Tout d'abord, une introduction aux bruits et à leurs origines sera présentée. Les outils de caractérisation temporels et fréquentiels seront ensuite présentés. A partir de ces éléments, des dispositifs de filtrage temporels mais aussi fréquentiels seront adressés. Enfin la mise en situation pratique permettra aux étudiants d'analyser et comprendre un dispositif de traitement du signal utilisant les éléments précédents sur un cas réel.

COMPÉTENCES VISÉES

- Comprendre la constitution d'une chaîne de mesure et les défauts et sources de bruit qu'elle peut présenter ;
- Comprendre les liens entre la transformée de Fourier, la transformée de Laplace et le diagramme de Bode et appliquer ces liens ;
- Analyser un circuit électrique pour en déterminer la fonction de transfert ;
- Appliquer le calcul de la transformée de Fourier ;
- Evaluer un algorithme de diagnostic fréquentiel.

CONTENU

- 1- Les chaînes de mesures analogiques et leurs sources de perturbation ;
- 2- Caractérisation temporelle et fréquentielle des bruits de mesure ;
- 3- Filtrage linéaire dans le domaine temporel ;
- 4- Analyse fréquentielle et filtrage ;
- 5- Ouverture vers les méthodes temps-fréquence.

RESSOURCES

Circuits électroniques analogiques
 Automatique linéaire et diagramme de Bode

Analyse complexe (math)
Conversion statique électrique

PRÉREQUIS

EC Electronique analogique 1 & 2

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj (CR)*0,3 + CC (EE, 1h30)*0,7

Semestre 8

LISTE DES UNITÉS D'ENSEIGNEMENT (UE) DU SEMESTRE

TC, Spé ou Parcours	Code UE	Intitulé UE	ECTS
TC	EC8MA	Mathématique et Informatique S8	6
GP-EN	EC8LI	Langue - Culture de l'Ingénieur S8	6
EN	EE8AP	Energétique Appliquée S8	9
EN	EE8SY	Thermodynamique des Systèmes S8	9
GP	EP8DY	Dynamique - Sécurité S8	11
GP	EP8OU	Thermodynamique - Opération unitaire S8	7
GEII	EG8APA	Apprentissage ou mobilité internationale S8	8
GEII	EG8II	Informatique industrielle S8	8
GEII	EG8EN	Energie électrique S8	8

Tronc Commun

2ème année - Semestre 8 - Tronc Commun												
Unité d'Enseignement (UE)	Code		Élément Constitutif (EC)	Horaire (h)							ECTS / Coef.	
	UE	EC		Tot UE	Tot EC	Tot Prés.	CM	TD	TP	TA	AP	ECTS UE
Mathématique et Informatique S8	EC8MA	EC8MA1	Calcul scientifique II	201	80	40	20	20	40		6	0.40
		EC8MA2	Méthodes d'optimisation		60	30	10	20	30			0.30
		EC8MA3	Plans d'expériences		40	20	14	6	20			0.20
		EC8MA4	Introduction à la transformation digitale des industr		21	8	8		13	10		0.10
Total TC				201	98	52	26	20	103	10	6	

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Mathématique et Informatique S8

ECTS : 6

Code UE : EC8MA

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Savoir simuler le transfert couplé de chaleur et de matière par résolution numérique des équations aux dérivées partielles
- Savoir formuler et caractériser les différents types de problèmes d'optimisation ; avoir les connaissances de base concernant les principaux algorithmes de résolution
- Savoir construire un plan d'expériences
- Maitriser l'utilisation des principales technologies de l'industrie 4.0

 LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
 CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EC8MA1	Calcul scientifique II	0.4	CC(EE, 30mn)x1/3 + TP (PA)x1/3 + TP(Prog)x1/3
EC8MA2	Méthodes d'optimisation	0.3	CC(EE, 2h, da : tutoriel)
EC8MA3	Plans d'expériences	0.2	CC(EE, 2h, sd, ca)
EC8MA4	Introduction à la transformation digitale des industries	0.1	Proj(Rap)

EC : Calcul scientifique II		EC8MA1	coeff : 0.4
Enseignant(e-s) responsable : Couture F.			
CM : 20 h	TD : h	TP : 20 h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Différentes méthodes pour résoudre les EDP sont présentées d'un point de vue pratique et appliquées pour simuler les phénomènes de transport.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent être capable de simuler les phénomènes de transport de chaleur et de masse par résolution numérique d'équations conservatives de convection diffusion.

CONTENU

Principes :

Discrétisation en temps

Discrétisation en espace

Consistance, stabilité, convergence.

Discrétisation en temps :

Différences finies

Méthodes des pas fractionnaires.

Discrétisation en espace :

Différences finies (1D, 2D, équations hyperbolique et parabolique)

Éléments finis (1D, 2D, équations hyperbolique et parabolique)

Volumes finis (1D, 2D, équations hyperbolique et parabolique)

TP numérique :

Simulation du transport de masse (ou de chaleur) par résolution numérique d'une EDP.

RESSOURCES

RAVIART P.A., THOMAS J.M., Introduction à l'analyse des équations aux dérivées partielles, Paris, Masson, 1992.

LASCAUX P., THEODOR R., Analyse numérique matricielle appliquée à l'art de l'ingénieur. 1 Méthodes directes, Paris, Masson, 1993.

DHATT G., TOUZOT G., une présentation de la méthode des éléments finis, Paris, Maloine S.A. éditeur, 1984

PRÉREQUIS

Fortran (EC5MI1), méthode de résolution des systèmes linéaires (EC15MI2)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 30mn)x1/3 + TP (PA)x1/3 + TP(Prog)x1/3

EC : Méthodes d'optimisation		EC8MA2	coeff : 0.3
Enseignant(e-s) responsable : Reneaume J.M.			
CM : 10 h	TD : 20 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'optimisation est désormais un outil quantitatif d'aide à la décision reconnu. Les étudiants sont ici initiés à la formulation d'un problème d'optimisation (définition de la fonction objectif, des variables, des contraintes) et à sa résolution (algorithmes, outils logiciel).

COMPÉTENCES VISÉES

- Être capables de formuler un problème d'optimisation
- Être capables de caractériser le problème formulé (LP, NLP, MILP ou MINLP) et de choisir un algorithme adapté à sa résolution (Algorithmes génétiques, Simplexe, SQP, Branch and Bound, OA/ER.)
- Avoir des connaissances de base sur les principaux algorithmes
- Être capable d'utiliser certains outils : Excel®, GAMS®

CONTENU

Nous présentons ici les concepts de base de l'optimisation et les principaux algorithmes pour les différentes classes de problème :

- Optimisation sans contrainte (mono et multi variable) : Nombre d'or, Simplex, Algorithmes Génétiques, Recuit Simulé, Plus grande pente, Gradient Conjugué, Newton.
- Programmation Linéaire (LP) : Simplex
- Programmation Non Linéaire (NLP) : Programmation Quadratique, Linéarisation successive, Programmation Quadratique Successive
- Programmation Linéaire en variables Mixtes (MILP) : Branch and Bound
- Programmation Non Linéaire en variables Mixtes (MINLP) : Outer Approximation

Dans un second chapitre, nous présentons différents outils et leur utilisation dans le contexte de l'optimisation : environnements de flowsheeting, Excel, GAMS...

RESSOURCES

Nonlinear and Mixed-Integer Optimization - Fundamentals and Applications C.A. Floudas Oxford University Press, 1995

Practical Methods of Optimization R. Fletcher Second Edition, Wiley-Interscience Publication, 1996

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, da : tutoriel)

EC : Plans d'expériences		EC8MA3	coeff : 0.2
Enseignant(e-s) responsable : Tinsson W.			
CM : 14 h	TD : 6 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Les expériences à réaliser dans le milieu industriel sont souvent complexes (car dépendantes de beaucoup de variables en entrées) et chère à réaliser (mise au point d'un médicament, réglage optimal d'un moteur, etc ...). L'objectif de la méthode des plans d'expérience est d'obtenir un maximum d'information sur le phénomène étudié en un minimum d'expériences.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours tout étudiant doit :

- être capable de construire des plans d'expérience classiques,
- être capable d'ajuster un modèle linéaire adapté,
- être capable de modéliser un problème de mélange,
- être capable d'utiliser le logiciel R®

CONTENU

- 1) Plans d'expérience pour modèles d'ordre un, (plans factoriels complets, fractions régulières de résolution III, ...)
- 2) Plans d'expérience pour modèles à effets d'interactions, (plans factoriels complets, fractions régulières de résolution V, ...)
- 3) Plans d'expérience pour surfaces de réponses, (plans composites centrés, plans de Box et Behnken, ...)
- 4) Plans d'expérience pour mélanges. (réseaux de Scheffé, réseaux de Scheffé centrés, ...)

RESSOURCES

Plans d'expérience : constructions et analyses statistiques (2010) Walter TINSSON
 Mathématiques et Applications, volume 67 Springer

PRÉREQUIS

Module "probabilités et statistiques" de première année

MODALITÉS D'ÉVALUATION
CC(EE, 2h, sd, ca)

EC : Introduction à la transformation digitale des industries		EC8MA4	coeff : 0.1
Enseignant(e-s) responsable : RENOUARD O. (TPA)			
CM : 8 h	TD : h	TP : h	Proj : 10 h
			Langue Français

INTRODUCTION

COMPÉTENCES VISÉES

- Maîtriser l'utilisation des principales technologies de l'industrie 4.0 inscrites dans la transformation digitale des industries.
- Être capable d'identifier quelles technologies employer lors de nouveaux projets industriels orientés par les données et l'innovation technologique.

CONTENU

1. Industrial Revolutions: from steam power to AI
2. New Technologies Overview: which technologies impact the energy sector the most
3. Industrial Internet of Things
4. Big Data
5. Process Modeling, Process optimization and Digital twin
6. Machine Learning and Artificial Intelligence
7. More cyber technologies : Cloud computing and Cybersecurity
8. The intersection between cyber systems and mechanics: Additive manufacturing, robotics, autonomous robots, drones, AR, and VR
9. Business Intelligence - enabling effective business decisions, Industrial applications and Existing IT tools
10. Agile Software Development
11. Change Management: a personal overview and comparison in terms of people management in different companies
12. How digital transformation impacts our careers as engineers
13. Why digital transformation fails

RESSOURCES

Diapos, exercice fait en groupe sur teams et sur un outil en ligne gratuit, le lien de connexion sera fourni par l'enseignante pendant le cours.

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

Tronc Commun GP et EN

2ème année - Semestre 8 - Tronc Commun GP et EN												
Unité d'Enseignement (UE)	Code		Élément Constitutif (EC)	Horaire (h)						ECTS / Coef.		
	UE	EC		Tot UE	Tot EC	Tot Prés.	CM	TD	TP	TA Proj.	ECTS UE	Coef. EC
Langue - Culture de l'Ingénieur S8	EC8LI	EC28LI1	Marketing	180	60	30	20	10		30	6	0.33
		EC8LI2	Projet Recherche Développement Innovation		80	0				80		0.50
		EC8LI3	Gestion de projet		40	20	10	10		20		0.17
Total TC				180	50	30	20		130	80	6	

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Langue - Culture de l'Ingénieur S8

ECTS : 6

Code UE : EC8LI

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Comprendre les concepts de base du marketing
- Etre capable de mettre en œuvre une démarche scientifique dans le cadre d'un projet de recherche (recherche bibliographique, synthèse, analyse, innovation, rédaction et présentation de travaux de recherche)
- Connaître les principes fondateurs de la qualité : norme, audit, certification.
- Connaître les enjeux et méthodes de gestion de la sécurité en entreprise

 LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
 CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EC8LI1	Marketing	0.33	CC(EE, 2h)
EC8LI2	Projet Recherche Développement Innovation	0.5	Proj(Rap)x1/2 + Proj(Sout)x1/2
EC8LI3	Gestion de projet	0.17	CC(EE, 2h)

EC : Marketing		EC8LI1	coeff : 0.33
Enseignant(e-s) responsable : Elayoubi-Mengi M., C. Chamard			
CM : 20 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Les objectifs et les outils de la stratégie marketing.

COMPÉTENCES VISÉES

- savoir analyser et comprendre l'environnement de l'entreprise en dégagant une problématique marketing
- maîtriser les logiques et les outils de la stratégie marketing
- apprendre à réaliser une étude de marché (quantitative/qualitative)
- connaître et utiliser les 4 variables du mix marketing

CONTENU

Intérêt du marketing

Diagnostic et études de marché

La stratégie : segmentation, ciblage, positionnement

Le marketing mix : produit, prix, distribution, communication Focus sur le marketing international

RESSOURCES

Ouvrages :

- Kotler et Keller (2010) Marketing Management, Pearson
- Malaval et Bénaroya (2011) Du marketing industriel au marketing des affaires, Pearson
- Décaudin et Malaval (2015) Pentacom, Pearson Presse spécialisée (et sites Internet correspondants)
- Presse généraliste économique : Capital, Management, Les Echos, etc
- Communication : "Stratégies" ou www.strategies.fr www.cbnews.fr
- Distribution : "Libre Service Actualités" (LSA) / "Points de vente"
- "Que choisir", "60 millions de consommateurs" : magazines de la consommation
- "L'Usine nouvelle" : magazine de l'industrie et du B to B

-
- www.e-marketing.fr
 - Association Française du Marketing : www.afm-marketing.org

PRÉREQUIS

Culture générale contemporaine

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

EC : Projet Recherche Développement Innovation		EC8LI2	coeff : 0.5
Enseignant(e-s) responsable : Chabab S.			
CM : h	TD : h	TP : h	Proj : 80 h
Langue Fr et EN			

INTRODUCTION

Le Projet Recherche Développement Innovation a pour but de permettre une ouverture à l'innovation et une initiation à la recherche.

COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capable de faire une recherche bibliographique, notamment à partir de bases de données en ligne
- Etre capable de faire une synthèse de différents travaux de recherche
- Etre capable d'effectuer une analyse critique
- Etre capable de proposer une solution innovante
- Etre capable de rédiger un document en respectant des consignes (Template)

CONTENU

I. Analyse bibliographique :

- Etat de l'art dans le domaine défini par le sujet
- Utilisation des bases de données en ligne
- Analyse critique des travaux antérieurs

II. Développement - Innovation

- Proposition d'un axe de Développement/Innovation
- Justification d'un point de vue scientifique et, éventuellement en fonction du sujet, d'un point de vue économique et/ou sociétal (Développement Durable)
- Proposition d'un plan d'action (développement d'outils logiciels, de protocoles expérimentaux, financement du projet.) et éventuelle réalisation, totale ou partielle, du plan d'action.

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)x1/2 + Proj(Sout)x1/2

EC : Gestion de projet		EC8LI3	coeff : 0.17
Enseignant(e-s) responsable : Ricarde M.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Dès leur début de carrière, les ingénieurs intègrent des équipes projet et peuvent rapidement devenir chef de projet. Cet enseignement a pour but de les préparer aux tâches managériales, pour maîtriser les projets sur les aspects qualité, coût et délais.

Cet enseignement s'appuie sur des exemples concrets de projets industriels. Plateforme pédagogique <https://elearn.univ-pau.fr/> Logiciel utilisé : MSPProject.

COMPÉTENCES VISÉES

Permettre aux élèves

- De comprendre les organisations des projets industriels (client, maître d'œuvre, prestataire, fournisseur, sous-traitant.).
- De faire un planning.
- D'évaluer les risques,
- De construire un plan de management.
- De suivre un projet en termes de qualité, de coût et de délais.
- D'établir l'avancement du travail et les bilans financiers.

CONTENU

Les étapes principales d'un projet industriel : de la conception à l'exploitation opérationnelle.

Le plan de management projet:

- Objet
- Contrat
- Budget
- Client / fournisseur / sous-traitants
- L'organisation des tâches
- Plan de maîtrise des risques.

- Communication
- Planning
- Pilotage.
- Planification avec MSProject.

RESSOURCES

Management de la qualité ISO_10006_2003

Présentation générale FD_X50-115 Management par projets FD_X50-116 Gestion des risques FD_X50-117 Management des coûts FD_X50-137 Management des délais FD_X50-138

De l'ingénierie d'affaires au management de projet, Henri Georges Minyem, éditions Eyrolles.

Manager un projet pour la première fois : De l'idée à la réalisation, Alain Asquin, Thierry Picq, éditions Eyrolles.

L'essentiel de la gestion de projet, Roger Aïm, Les Carrés.

Le chef de projet paresseux. mais gagnant !, M Destors, J. Le Bissonnais, Microsoft Press.

PRÉREQUIS

Connaissance de la qualité

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

SPECIALITE EN

2ème année - Semestre 8 - Spécialité Energétique												
Unité d'Enseignement (UE)	Code		Élément Constitutif (EC)	Horaire (h)							ECTS / Coef.	
	UE	EC		Tot UE	Tot EC	Tot Prés.	CM	TD	TP	TA Proj.	ECTS UE	Coef. EC
Energétique Appliquée S8	EE8AP	EE8AP1	Bilan carbone et analyse de cycle de vie	244	36	18	8	10		18	9	0.11
		EE8AP2	Réseaux fluides		28	14	8	6		14		0.11
		EE8AP3	Conversion électrique		60	30	14	16		30		0.22
		EE8AP4	Technologies des pompes et des turbines		20	10	4	6		10		0.11
		EE8AP5	TP Systèmes EA		100	50			50	50		0.45
Thermodynamique des Systèmes S8	EE8SY	EE8SY1	Thermodynamique appliquée à l'énergétique	260	76	38	12	26		38	9	0.22
		EE8SY2	Cycles avancés		56	28	14	14		28		0.22
		EE8SY3	Thermique des changements de phase solide-liquide		28	14	6	8		14		0.11
		EE8SY4	TP Systèmes TS		100	50			50	50		0.45
Total Spec EN				504	252	66	86	100	252	0	18	
Total TC + Spec EN				885	400						30	

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Energétique Appliquée S8

ECTS : 9

Code UE : EE8AP

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Etre capable de dimensionner et d'analyser un système énergétique, notamment pour le secteur du bâtiment
- Maîtriser, d'un point de vue théorique et pratique, les principes de fonctionnement et l'évaluation des performances des principales machines hydrauliques et aérauliques

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EE8AP1	Bilan carbone et analyse de cycle de vie	0.11	Proj(PA)
EE8AP2	Réseaux fluides	0.11	Proj(Rap)
EE8AP3	Conversion électrique	0.22	CC(EE, 2h, sd, ca)
EE8AP4	Technologies des pompes et des turbines	0.11	CC(EE, 1h, sd, st,ca)
EE8AP5	TP Systèmes EA	0.45	moyenne(TP(CR))x1/2 + moyenne(TP(EO, PA))x1/2

EC : Bilan carbone et analyse de cycle de vie		EE8AP1	coeff : 0.11
Enseignant(e-s) responsable : Dumergue L.			
CM : 8 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est de présenter les méthodes d'évaluations environnementales telles que l'Analyse de Cycle de Vie (selon la série de normes ISO 14040), et la comptabilité carbone (Bilan GES, Bilan Carbone®,...).

COMPÉTENCES VISÉES

- Maîtriser les techniques d'Analyse de Cycle de Vie et de Bilan Carbone®.
- Savoir quantifier la dépendance, notamment en énergies fossiles, d'une activité ou d'un produit.

CONTENU

Comptabilité carbone (Bilan GES, Bilan Carbone®,...).

- Inventaire d'émission GES : présentation générale
- Problématiques à l'origine du Bilan Carbone® : environnement, économie, stratégie
- De la réglementation internationale aux conséquences nationales
- Inventaire d'émission GES : Méthodologies, sources & facteurs d'émission
- Les inventaires d'émission : principe des inventaires d'émission
- Bilan Carbone® : réalisations et retours d'expérience.

Analyse de Cycle de Vie

- Analyse du Cycle de Vie (ACV) et écoconception : - L'ACV dans le contexte actuel : étiquetage environnemental, éco conception, réduction des consommations et des impacts environnementaux, etc...
- ACV : Principe – Définition – Rappel historique - Cadre conceptuel de l'ACV - Cadre technique de l'ACV – Normes ISO 14040 à 14044. Différence Bilan Carbone / ACV - Etude(s) de cas – Retours d'expériences gagnants pour les entreprises

RESSOURCES

Bibliographie : ADEME, Association Bilan Carbone, GIEC, IEA, UE, Ministère Ecologie, normes

ISO, Bases de données : INIES, Base Carbone, Ecoinvent ...

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(PA)

EC : Réseaux fluides	EE8AP2	coeff : 0.11
Enseignant(e-s) responsable : Kousksou T.		
CM : 8 h	TD : 6 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

- Permettre aux étudiants d'appréhender une installation hydraulique/aéraulique pour en modifier le cahier des charges et lui donner une fonctionnalité supplémentaire.
- Permettre aux étudiants de diagnostiquer des installations hydrauliques et aéraulique.
- Permettre aux étudiants de dimensionner et d'équilibrer une installation (hydraulique/aéraulique).

COMPÉTENCES VISÉES

- Calculer les pertes de charge dans un réseau (Hydraulique/Aéraulique).
- Dimensionner les composants d'un réseau (vannes, pompes, ventilateurs, vases d'expansion, .)
- Équilibrer un réseau hydraulique/aéraulique.
- Diagnostiquer un réseau hydraulique/aéraulique.

CONTENU

Hydraulique

- Installations sanitaires.
- Les principaux composants d'une installation sanitaire.
- Installation de production et de distribution d'eau chaude.
- Les principaux composants d'un réseau d'eau chaude.

Aéraulique

- Installations de distribution d'air (CVC).
- Installations de distribution de la vapeur.
- Installations d'air comprimé.

RESSOURCES

Hydraulique Industrielle (José Roldan Viloria)

Hydraulique : Machines et composants chez EYROLLES par G. FAYET

PRÉREQUIS

Mécanique des fluides

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)

EC : Conversion électrique	EE8AP3	coeff : 0.22
Enseignant(e-s) responsable : Subileau		
CM : 14 h	TD : 16 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

Cette seconde année se focalise sur l'étude des convertisseurs.

COMPÉTENCES VISÉES

À l'issue de ce cours, les étudiants doivent être capables :

- De choisir la machine adaptée à l'usage envisagé
- D'effectuer le dimensionnement et le branchement
- De réaliser des mesures et les analyses associées

CONTENU

1. Les différents types de machines électriques
2. Équations de bases de la machine à courant continu parfaite
3. Étude du transformateur
4. Machines alternatives : Synchrones / Asynchrones / Brushless

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Module de l'année précédente + Fascicule de rappels (cf 1A)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, sd, ca)

EC : Technologies des pompes et des turbines		EE8AP4	coeff : 0.11
Enseignant(e-s) responsable : Lara Cruz J.			
CM : 4 h	TD : 6 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Le cours présente le principe de fonctionnement des turbomachines (pompes, turbines). Il décrit la technologie des appareils courants et précise leurs modalités d'utilisation. Il décrit la technologie des appareils courants, précise leurs modalités d'utilisation et caractérise les écoulements à l'intérieur des turbomachines.

COMPÉTENCES VISÉES

A l'issue de ces cours, l'étudiant doit être capable de :

- Maîtriser les éléments basiques de la conception des turbomachines afin d'établir un lien entre les principaux paramètres (diamètre, angle des pales, etc) de ces dispositifs
- Dimensionner une turbomachine avec les lois de similitudes.
- Classer les turbomachines selon leur vitesse spécifique
- Comprendre, dans leurs grandes lignes, les technologies des machines suivantes et identifier leurs modalités d'utilisation :
 - pompes : axiales, centrifuges, volumétriques
 - turbines hydrauliques : Kaplan, Francis, Pelton
 - turbines éoliennes
- Dans le cas des liquides, déterminer les conditions d'apparition de la cavitation.

CONTENU

Le cours est divisé en cinq chapitres:

- I. Introduction: les types de turbomachines
- II. Fonctionnement et conditions d'opération: présentation des technologies des différents dispositifs
- III. Courbe caractéristique
- IV. Éléments de conception: triangle des vitesses, règles de dimensionnement et couple appliqué à

l'axe des appareils

V. Dimensionnement avec les lois de similitude

RESSOURCES

Mécanique des fluides : fondaments et applications; Y.A. Cengel et J.M. Cinbala, 2ème édition, Deboeck Supérieur, 2017

Mécanique des fluides. P.M. Gerhart, A.L. Gerhart et J.L. Hochstein, 8 ème édition, Lavoisier Tec & Doc, 2020

PRÉREQUIS

Mécanique des fluides I (EC6TM4)

Mathématiques (EC5MII)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 1h, sd, st,ca)

EC : TP Systèmes EA

EE8AP5

coeff : 0.45

Enseignant(e-s) responsable : Lara Cruz J.

CM : h

TD : h

TP : 50 h

Proj : h

Langue Français

INTRODUCTION

Ces séances de travaux pratiques correspondent, d'une part, à l'étude de l'électronique à ses applications en énergétique, et, d'autre part, à l'étude de systèmes énergétiques faisant intervenir des concepts de mécanique des fluides.

COMPÉTENCES VISÉES

- Etre capable d'analyser un système énergétique faisant intervenir des concepts de mécanique des fluides (calcul de puissance, pertes de charge, rendement) à partir de mesures.
- Etre capable de choisir et dimensionner une machine hydraulique ou aéraulique.
- Etre capable de concevoir un circuit électronique capable d'alimenter un système énergétique

CONTENU

- Découverte d'un micro-contrôleur
- Régulateur PID numérique
- Amplificateur opérationnel linéaire
- Amplificateur opérationnel non-linéaire
- Etude d'une boucle hydraulique
- Equilibrage d'un réseau hydraulique
- Eolienne
- Banc de pompes
- Circuit hydraulique avec fluide compressible

RESSOURCES

PRÉREQUIS

TP Thermo/Bilan (EC5TB5) TP Transferts (EC5TM6) et des notions de base en énergétique/mécanique des fluides

MODALITÉS D'ÉVALUATION

moyenne(TP(CR))x1/2 + moyenne(TP(EO, PA))x1/2

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Thermodynamique des Systèmes S8

ECTS : 9

Code UE : EE8SY

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Maîtriser, de façon théorique et pratique, l'application de la thermodynamique aux principaux cycles, et aux cycles moteurs en particulier, afin d'en évaluer les performances et de les dimensionner
- Maîtriser les transferts thermiques associés à ces systèmes

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
 CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EE8SY1	Thermodynamique appliquée à l'énergétique	0.22	CC(EE, 2h, da:tables des fluides et abaques, ca)
EE8SY2	Cycles avancés	0.22	CC(EE, 1,5h, da:tables des fluides et abaques, ca)x1/2 + CC(EM, 1,5 h)x1/2
EE8SY3	Thermique des changements de phase solide-liquide	0.11	CC(EE, 2h, da:Cours et TD, ca)
EE8SY4	TP Systèmes TS	0.45	moyenne(TP(CR))x1/2 + moyenne(TP(EO, PA))x1/2

EC : Thermodynamique appliquée à l'énergétique		EE8SY1	coeff : 0.22
Enseignant(e-s) responsable : Bédécarrats J-P.			
CM : 12 h	TD : 26 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est de présenter une étude approfondie de la thermodynamique appliquée du point de vue classique afin de préparer les élèves à l'utiliser dans la pratique industrielle. Cette partie traite notamment des processus habituellement rencontrés dans les systèmes énergétiques.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

Etre capable d'appliquer la thermodynamique aux systèmes industriels.

CONTENU

1. Introduction

2. Concepts et Définitions

- 2.1. Le système thermodynamique et le volume de contrôle
- 2.2. Points de vue macroscopique et microscopique
- 2.3. Variables et états d'une substance
- 2.4. Transformations d'un système (évolutions et cycles)
- 2.5. Unités de masse, de longueur, de temps et de force
- 2.6. Volume massique
- 2.7. Pression
- 2.8. Equilibre thermique - Température

3. Propriétés des substances pures

- 3.1. Substance pure
- 3.2. Equilibre des phases vapeur-liquide-solide d'une substance pure
- 3.3. Variables indépendantes d'une substance pure
- 3.4. Equations d'état de la phase vapeur simplement compressible
- 3.5. Tables de variables thermodynamiques
- 3.6. Surfaces thermodynamiques

4. Application des deux principes de la Thermodynamique
 - 4.1. Rappels sur les deux principes appliqués à un système fermé
 - 4.2. Calculs des variations des fonctions d'états au cours d'une transformation quelconque
 - 4.3. Diagrammes thermodynamiques
 - 4.4. Application des deux principes aux systèmes ouverts

5. Cycles thermodynamiques moteurs
 - 5.1. Cycles à gaz
 - 5.2. Cycles à vapeur
 - 5.3. Cycles combinés

6. Cycles thermodynamiques récepteurs

RESSOURCES

Thermodynamique et optimisation énergétique des systèmes et procédés. M. Feidt (Tec&Doc)
ISBN 2-85206-372-7

Fundamentals of engineering thermodynamics (Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, Daisie D.
Boettner, Margaret B. Bailey. - 9th ed. - 2018 - Wiley) ISBN-978-1-119-39138-8

PRÉREQUIS

Thermodynamique générale (EC15TB2),

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, da:tables des fluides et abaques, ca)

EC : Cycles avancés	EE8SY2	coeff : 0.22
Enseignant(e-s) responsable : Bédécarrats J.P., Brillet C.		
CM : 14 h	TD : 14 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est d'aborder les connaissances de base nécessaires à la compréhension du fonctionnement des turbomachines. La turbine à gaz sera plus particulièrement étudiée, terme générique désignant une machine constituée de plusieurs éléments de turbomachines (compresseur et turbine) et fournissant une puissance, et ses applications aéronautiques.

Ce cours fera également l'objet d'études avancées de systèmes grâce au logiciel EES Engineering Equation Solver.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

Etre capable de maîtriser le fonctionnement des cycles moteurs ou récepteurs avancés.

CONTENU

La première partie de ce cours aborde les turbomachines :

1. Présentation des principaux types de turbomachine et des applications associées.
2. Généralités d'aérothermodynamique
3. Aérodynamique des aubages
4. Application des notions d'aérodynamiques
5. Chambre de combustion
6. Thermodynamique des cycles

La deuxième partie consiste à se familiariser avec l'utilisation du logiciel EES avant d'étudier par le biais de la simulation des cycles thermodynamiques avancés.

RESSOURCES

Advanced Gas Turbine Cycles - J.H. Horlock, Pergamon, Elsevier Science, Oxford, 2003, ISBN 0-08- 044273-0

Thermodynamics: an engineering approach, eighth edition - Yunus A. Cengel Dr., Michael A. Boles, McGraw-Hill Education, 2015, ISBN 978-0-07-339817-4

PRÉREQUIS

Thermodynamique générale (EC15TB2), Thermodynamique appliquée à l'énergétique

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 1,5h, da:tables des fluides et abaques, ca)x1/2 + CC(EM, 1,5 h)x1/2

EC : Thermique des changements de phase solide-liquide		EE8SY3	coeff : 0.11	
Enseignant(e-s) responsable : Bédécarrats J-P.				
CM : 6 h	TD : 8 h	TP : h	Proj : h	
Langue Français				

INTRODUCTION

Apporter une connaissance de base sur les mécanismes physiques contrôlant les changements de phase liquide-solide tout en présentant les méthodes les plus souvent utilisées pour caractériser les transferts thermiques. Des modélisations existantes seront présentées.

COMPÉTENCES VISÉES

- Maîtrise des mécanismes physiques et thermiques contrôlant les changements de phase liquide-solide.
- Applications dans le domaine du stockage d'énergie, des procédés de traitement.
- Connaissance des méthodes de modélisations thermiques.

CONTENU

- Aspects fondamentaux :

Généralités (équilibre de phases, cristallisation et surfusion.),
 changement d'état avec transfert purement conductif,
 changement d'état sous écoulement forcé,
 changement d'état avec couplage conduction-convection naturelle,
 solidification des mélanges multicomposants.

- Aspect système :

concept d'échange (échange thermique à travers une paroi, échange thermique par contact direct).
 Exemples d'applications (stockage thermique par enthalpie de changement d'état, matériaux d'interface, induction directe en creuset froid, dépôt métallique, fusion du cœur d'un réacteur, congélation en milieu dispersé.)

RESSOURCES

Mathematical Modeling of Melting and Freezing Processes, V. Alexiades et A.D. Solomon. Hemisphere Publishing Corporation. 1993

Transferts de chaleur avec changement d'état solide - liquide, A. Bricard et D. Gobin, Techniques de l'ingénieur, traité Génie énergétique. BE 8240

Stockage du froid par chaleur latente, J-P. Dumas, Techniques de l'ingénieur, traité Génie énergétique. BE 9775

PRÉREQUIS

Transfert de chaleur (EC5TM2, EE6MT1, EC5TM4, EC5TM5, EC7TM3)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, da:Cours et TD, ca)

EC : TP Systèmes TS		EE8SY4	coeff : 0.45
Enseignant(e-s) responsable : Lara Cruz J.			
CM : h	TD : h	TP : 50 h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Ces séances de travaux pratiques correspondent à l'étude de systèmes complets rencontrés dans le domaine de l'énergétique en particulier ceux basés sur une cycle thermodynamique.

COMPÉTENCES VISÉES

- Être capable de comprendre le fonctionnement d'un dispositif expérimental basé sur un cycle thermodynamique, avec un degré de connaissance suffisant pour le dimensionner et le mettre en œuvre.
- Être capable d'effectuer les bilans énergétiques du système et en déduire le rendement d'un système énergétique à partir des mesures.

CONTENU

- Machine frigorifique à compression mono-étagée
- Machine frigorifique à compression étagée et injection partielle
- Solaire photovoltaïque
- Pile à combustible
- Pompe à chaleur
- Tour de refroidissement
- Système de stockage de froid par utilisation des matériaux à changement de phase (MCP)
- Machine à absorption-diffusion
- Etude d'un calorifuge

RESSOURCES

PRÉREQUIS

TP Thermo/Bilan (EC5TB5) TP Transferts (EC5TM6) et des notions de base en énergétique

MODALITÉS D'ÉVALUATION

moyenne(TP(CR))x1/2 + moyenne(TP(EO, PA))x1/2

SPECIALITE GP

2ème année - Semestre 8 - Spécialité Génie des Procédés													
Unité d'Enseignement (UE)	Code		Élément Constitutif (EC)	Horaire (h)							ECTS / Coef.		
	UE	EC		Tot UE	Tot EC	Tot Prés.	CM	TD	TP	TA Proj.	ECTS UE	Coef. EC	
Dynamique - Sécurité S8	EP8DY	EP8DY1	Instrumentation - Capteurs pour le génie des procédés	281	28	14	8	6		14	11	0.10	
		EP8DY2	Sécurité		103	53	29	24		50		0.36	
		EP8DY3	Modélisation des opérations unitaires I		60	20	4	16		40		56	0.22
		EP8DY4	Travaux pratiques génie chimique DY		90	60			60	30			0.32
Thermodynamique - Opération unitaire S8	EP8OU	EP8OU1	Thermodynamique Industrielle	192	32	22	12	10		10	10	7	0.16
		EP8OU2	Séparations mécaniques et membranaires		56	28	16	12		28		0.30	
		EP8OU3	Procédés innovants		14	4	4	0		10	6		0.07
		EP8OU4	Travaux pratiques génie chimique OU		90	60			60	30		0.47	
Total Spec GP				473	261	73	68	120	212	72	18		
Total TC + Spec GP				854	409						30		

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Dynamique - Sécurité S8

ECTS : 11

Code UE : EP8DY

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Savoir concevoir et régler, d'un point de vue théorique et pratique, des boucles de contrôle
- Savoir piloter une opération unitaire dans des conditions optimales de sécurité
- Connaître les méthodes d'analyse de risques liés aux procédés

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EP8DY1	Instrumentation - Capteurs pour le génie des procédés	0.1	CC(EE, 1h30')
EP8DY2	Sécurité	0.36	CC(EE, 2h)
EP8DY3	Modélisation des opérations unitaires I	0.22	Proj(Rap, Prog, Sout)
EP8DY4	Travaux pratiques génie chimique DY	0.32	moyenne(TP(EO))

EC : Instrumentation - Capteurs pour le génie des procédés		EP8DY1	coeff : 0.1
Enseignant(e-s) responsable : Dumas P.			
CM : 8 h	TD : 6 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est d'apporter aux étudiants les bases de l'instrumentation industrielle, de leur montrer les différents aspects des chaînes de contrôle depuis le capteur jusqu'à l'interface homme machine.

COMPÉTENCES VISÉES

- Connaître le fonctionnement des équipements de contrôles et de mesure.
- Être capable d'établir un cahier des charges pour instrumenter un procédé et de savoir-faire un calcul d'erreur avec la méthode GUM
- Être capable de donner un résultat de mesure au travers de la méthode GUM

CONTENU

- 1 - Capteurs (température, niveau, débit, pression.)
- 2 - Actionneurs (vérins, pompes, vannes.)
- 3 - Notion de mesure et de commande numérique
- 4 - Métrologie, méthode GUM

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 1h30')

EC : Sécurité	EP8DY2	coeff : 0.36
Enseignant(e-s) responsable : Contamine F., Mercadier J., Olivier J., Baron T.		
CM : 26 h	TD : 28 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

Analyse des risques (accidentologie, définitions, méthodes)

COMPÉTENCES VISÉES

Les étudiants sont capables:

- d'analyser les risques particuliers à l'industrie chimique
- de mettre en œuvre des méthodes d'analyse des risques.

CONTENU

Concepts généraux:

danger, risque, gravité, probabilité Accidents et analyse des risques

Exemples de Mexico et Bhopal

Elements du management des risques

Prendre une décision dans le cadre de la maîtrise des dangers Identification des dangers

Identification des dangers

Analyse préliminaire des dangers Arbre des causes

Hazop

Explosions :

deflagration detonation

Explosion de vapeurs et de poussières

Méthodes de prévention et de protection

Emballement des réacteurs

Dispersion atmosphérique)

RESSOURCES

André LAURENT, Sécurité des procédés - Connaissances de base et méthodes d'analyse des

risques, 2ⁱème Edition, Lavoisier, Ed.Tec & Doc, Collection Génie de Procédés de l'Ecole de Nancy, Paris, 2011.

Roger Papp, La sécurité dans l'industrie des procédés, Editions Préventiques, Payot, 2001

Rapports Omega, INERIS

PRÉREQUIS

notions de base en procédés

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h)

EC : Modélisation des opérations unitaires I		EP8DY3	coeff : 0.22
Enseignant(e-s) responsable : Reneaume JM.			
CM : 4 h	TD : 16 h	TP : h	Proj : 56 h
Langue Français			

INTRODUCTION

Cet enseignement complète l'EC Modélisation thermodynamique I (EP7OU3) du semestre précédent. Nous nous intéressons ici aux modèles algèbro-différentiels et aux méthodes numériques associées. Au cours d'un projet, les étudiants doivent formuler un modèle d'opération unitaire et écrire un programme (FORTRAN) pour sa résolution. Ils sont également amenés à utiliser une bibliothèque contenant le solveur à utiliser.

Un exemple classiquement traité est la distillation multi-constituant, mono-étagée, batch (Distillation de Rayleigh) faisant appel au modèle thermodynamique NRTL et au solveur de système d'équations algèbro-différentielle DISCO®.

COMPÉTENCES VISÉES

- Formuler un modèle : définition des variables (variables d'état/paramètres) et des équations (équation constitutives, bilans macroscopiques, contraintes.),
- Écrire un programme général et structuré en FORTRAN pour résoudre un problème complexe, en utilisant une bibliothèque de solveur.

CONTENU

- Formuler les hypothèses
- Écrire les équations du modèle : bilans, contraintes, équations constitutives Veiller à n'écrire que des équations indépendantes
- Procéder à l'analyse des degrés de liberté : variables/paramètres
- Définir l'organigramme du code
- Programmer le code (en incluant la bibliothèque du solveur)
- Analyser les résultats, l'influence des paramètres (analyse de sensibilité), des hypothèses

RESSOURCES

Process modeling, simulation, and control for chemical engineers W.L. Luyben McGraw-Hill, 1990

PRÉREQUIS

Programmation FORTRAN - EC5MI2

Modélisation thermodynamique I - EP7OU3

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap, Prog, Sout)

EC : Travaux pratiques génie chimique DY	EP8DY4	coeff : 0.32
Enseignant(e-s) responsable : Cezac P., Contamine F.		
CM : h	TD : h	TP : 60 h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

Les pilotes de travaux pratiques de la halle technologique de l'ENSGTI permettent de donner aux étudiants une culture indispensable des opérations unitaires rencontrées en Génie Chimique.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ces séances, les étudiants doivent avoir la connaissance requise pour analyser et résoudre les problèmes relatifs au domaine pratique du Génie Chimique

CONTENU

- Procédés de séparation (distillation, extraction, absorption)
- cristallisation
- Génie de la réaction chimique
- Cinétique hétérogène
- Distribution du temps de séjour
- Echangeurs de chaleur
- Evaporateur
- Régulation
- Séchage
- Filtration

RESSOURCES

PRÉREQUIS

notions de base en procédés

MODALITÉS D'ÉVALUATION

moyenne(TP(EO))

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Thermodynamique - Opération unitaire S8

ECTS : 7

Code UE : EP8OU

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Savoir calculer les rendements énergétiques des cycles thermodynamiques industriels : turbines, machines frigorifiques
- Maîtriser les concepts théoriques relatifs aux opérations unitaires (bilans, équilibres, transferts) et savoir les mettre en œuvre de façon pratique

 LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
 CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EP8OU1	Thermodynamique Industrielle	0.16	CC(EE, 2h, da : tables thermodynamiques,ca)x4/5 + Proj(Rap)x1/5
EP8OU2	Séparations mécaniques et membranaires	0.3	CC (EE, 1h, da:cours, ca)x1/2 + CC(EE, 1h, da:cours, ca)x1/2
EP8OU3	Procédés innovants	0.07	CC(EE, 1h)x1/2 + Proj(Rap)x1/2
EP8OU4	Travaux pratiques génie chimique OU	0.47	moyenne(TP(EO))

EC : Thermodynamique Industrielle		EP8OU1	coeff : 0.16
Enseignant(e-s) responsable : Olivier J.			
CM : 14 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : 10 h
			Langue Français

INTRODUCTION

La mise en œuvre de tous les procédés nécessite un apport d'énergie sous forme :

- d'électricité ;
- et/ou d'énergie mécanique ;
- et/ou de chaleur ou de froid.

Il est très souvent utile de produire, sur site, de la chaleur sous forme de vapeur, et il peut être nécessaire de produire directement l'électricité sur le site du procédé (sécurité énergétique, site isolé...). Il est donc nécessaire d'avoir quelques connaissances fondamentales sur la production de chaleur, de froid et d'électricité (ou d'énergie mécanique).

Par ailleurs, la nécessité de réduction des gaz à effet de serre impose :

- de mesurer les enjeux de la consommation mondiale d'énergie ;
- d'utiliser toute chaleur perdue dans un procédé (diminution des pertes, amélioration du rendement énergétique)
- de produire l'électricité au plus près du site d'utilisation (réduction des pertes dues au transport de l'énergie)
- d'inventer de nouvelles solutions (utilisation des énergies renouvelables, stockage de l'énergie ...).

Ces considérations énergétiques doivent faire partie du socle de connaissances de l'ingénieur procédé pour qu'il les intègre dans ses réflexions.

COMPÉTENCES VISÉES

- Connaître l'évolution de la consommation d'énergie dans le monde et l'évolution des modes de production ainsi que les enjeux environnementaux liés à la production d'énergie

- Être capable d'analyser un cycle de puissance ou un cycle de froid, de déterminer l'état thermodynamique du fluide en chacun des points du cycle et savoir calculer l'efficacité énergétique du cycle.
- Être capable de proposer des modifications pour améliorer l'efficacité énergétique d'un cycle et savoir reconnaître les potentialités d'utilisation de la chaleur perdue (cogénération, trigénération)
- Être capable de proposer l'utilisation d'énergies renouvelables pour faire fonctionner ces cycles
- Être capable de calculer le besoin en chaleur (vapeur) d'un procédé d'évapo-concentration et connaître les dispositifs permettant de diminuer ce besoin.

CONTENU

Partie I : Introduction

Quizz d'introduction, définitions, unités utilisées pour mesurer la production ou consommation d'énergie, histoire des modes de production de l'énergie et de la thermodynamique, évolution de la consommation d'énergie, le réchauffement climatique, le mix énergétique.

Partie II : Les cycles de puissance

Rappel de thermodynamique, les calculs à connaître, transformer l'énergie, les moteurs à explosions et quelques données sur la production de biocarburants, les turbines à gaz et quelques données sur la production des biogaz et sur l'hydrogène, les turbines à vapeur (dont les centrales thermiques, les centrales nucléaires et quelques notions sur la réaction nucléaire, les cycles organiques de Rankine, les centrales solaires à concentration, les centrales géothermiques, l'énergie thermique de la mer et des notions sur la biomasse solide), les cycles combinés, la cogénération, les méthodes de production directe de l'électricité (piles à combustible, énergie solaire, énergie hydraulique, énergie éolienne, énergies marines renouvelables, énergie thermoélectrique, énergie piezoélectrique, pile microbienne, fusion nucléaire ...)

Partie III : Cycles frigorifiques et pompes à chaleur

Usage du froid et fluides frigorigènes, machines frigorifiques à compression mécanique, machines frigorifiques à compression thermique (dont froid renouvelable et trigénération), cycle de Brayton inversé, techniques de production de froid renouvelable, cycles cryogéniques, pompes à chaleur (production de chaleur partiellement renouvelable), transformateurs thermiques.

Partie IV : Produire de la chaleur renouvelable et réduction du besoin de chaleur

Puit canadien, géothermie, solaire thermique, procédé d'évapo-concentration à simple effet ou à multiple effets, avec compression mécanique des vapeurs, avec éjecto-compresseur.

RESSOURCES

- R. GICQUEL, "Systèmes énergétiques" Tome 1 et 2, Presses de l'Ecole des Mines de Paris, 2001
- L. BOREL, D. FAVRAT, "Thermodynamique et Energétique", Presses polytechniques et universitaires romandes, 2005
- Techniques de l'ingénieur

PRÉREQUIS

Thermodynamique générale

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE, 2h, da : tables thermodynamiques,ca)x4/5 + Proj(Rap)x1/5

EC : Séparations mécaniques et membranaires		EP8OU2	coeff : 0.3
Enseignant(e-s) responsable : NDIAYE E. H. (TE), Ducouso M.			
CM : 16 h	TD : 12 h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Le cours donne les bases des séparations mécaniques et membranaires. Trois procédés mécaniques (filtration, séparation centrifuge et fluidisation) et quatre procédés membranaires (osmose inverse, ultrafiltration, pervaporation et dialyse) sont traités en détail.

COMPÉTENCES VISÉES

Après ce cours, les étudiants doivent :

- Connaître les processus qui régissent le mouvement d'une particule dans un procédé de séparation mécanique (sédimentation gravitationnelle, suspension, fluidisation, action des forces centrifuges, ..) ;
- Pouvoir appliquer ces connaissances à l'échelle d'un appareil et définir les paramètres pertinents régissant leur dynamique et recommander un appareil pour un besoin spécifique;
- Connaître les mécanismes de transfert dans des solutions, dans des milieux denses et poreux, chargés ou non ;
- Connaître les principaux procédés membranaires (osmose inverse, nanofiltration, ultrafiltration, dialyse ionique, pervaporation, membranes liquides,..) et leurs applications ;
- Pouvoir dimensionner des modules membranaires et faire une évaluation économique.

CONTENU

Séparations Mécaniques

- I - Description d'un milieu granulaire
- I - Décantation des particules par gravité
- II - Mise en suspension de particules par agitation
- IV - Fluidisation
- V - Centrifugation

Séparations Membranaires

- I. Type de membranes (denses, poreuses, minérales, organiques, chargées, inertes)
- II. Mécanismes de transport des espèces, moléculaires ou ioniques, dans une solution
- III. Mécanismes de transport dans des membranes dense ou poreuses, chargées ou non.
- IV. Procédés membranaires : (osmose inverse, nanofiltration, ultrafiltration, dialyse ionique, pervaporation, membranes liquides,..)

RESSOURCES

Basic Principles of Membrane Technology , J. Mulder, Springer; 1996
Membrane Technology and Applications , Richard W. Baker , Wiley; 2004
Ecoulements pour les procédés, M. Mory, Hermès-Lavoisier, 2010.
Fluid Mechanics for chemical engineering, M. Mory, ISTE-J. Wiley, 2011

PRÉREQUIS

Mécanique des fluides I et II

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h, da:cours, ca)x1/2 + CC(EE, 1h, da:cours, ca)x1/2

EC : Procédés innovants		EP8OU3	coeff : 0.07
Enseignant(e-s) responsable : Malheiro V. (SOFRESID)			
CM : 4 h	TD : 0 h	TP : h	Proj : 6 h
			Langue Français

INTRODUCTION

Le cours de procédés innovants vise :

- à sensibiliser les étudiants à une démarche d'innovation et d'intensification
- à donner les bases des procédés innovants existants
- donner des bases de calcul pour certains procédés avancés

COMPÉTENCES VISÉES

A la fin du cours l'étudiant doit être capable de :

- Analyser un procédé de point de vue phénomènes limitant
- Proposer des améliorations sur un procédé existant
- Chercher des solutions technologiques qui intensifient le procédé (transferts de matière et/ou de chaleur et/ou couplage de procédés)

CONTENU

- Définition de l'intensification,
- Technologies existantes : intensification des transferts et couplage de procédés
- Miniaturisation des contacteurs (notions de scale-down)
- Exemples de procédés (extraction assistée par microondes, extraction supercritique, distillation réactive.)
- Exemples de procédés couplés (bioréacteurs à membranes, .)

RESSOURCES

Bases de données Science Direct, Techniques de l'ingénieur, Scopus, . : accès via l'ENT de l'UPPA

PRÉREQUIS

L'étudiant doit avoir suivi les cours d'opérations unitaires classiques (extraction liquide- liquide, extraction solide-liquide, absorption, adsorption, transfert de matière et transfert de chaleur)

MODALITÉS D'ÉVALUATION
CC(EE, 1h)x1/2 + Proj(Rap)x1/2

EC : Travaux pratiques génie chimique OU		EP8OU4	coeff : 0.47
Enseignant(e-s) responsable : Cezac P., Contamine F.			
CM : h	TD : h	TP : 60 h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

L'objectif des TP est de donner aux étudiants une expérience pratique des principes de fonctionnement des opérations unitaires et de les familiariser avec des problèmes pratiques rencontrés en génie des procédés.

COMPÉTENCES VISÉES

Après les TP, les étudiants doivent avoir la connaissance requise pour analyser et résoudre les problèmes rencontrés dans le domaine du génie des procédés.

CONTENU

Procédés de séparation (distillation, extraction absorption)
 Cristallisation
 Cinétique chimique
 Distribution du temps de séjour
 Echangeurs de chaleur
 Evaporateur Régulation
 Filtration

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Bases théoriques sur les opérations unitaires

MODALITÉS D'ÉVALUATION

moyenne(TP(EO))

SPECIALITE GEII

2ème année - Semestre 8 - Spécialité GEII												
Unité d'Enseignement (UE)	Code		Élément Constitutif (EC)	Horaire (h)							ECTS / Coef.	
	UE	EC		Tot UE	Tot EC	Tot Prés.	CM	TD	TP	TA Proj	ECTS UE	Coef. EC
Apprentissage ou mobilité internationale S8	EG8APA	EG8APA1	Compétences développées en entreprise ou en mo	0	0	0				5	8	0.70
		EG8APA2	Missions en entreprise ou en mobilité S8	0	0	0						0.30
Informatique industrielle S8	EG8II	EG8II1	Automatismes industriels	28	18	6	12	10			8	0.10
		EG8II2	microContrôleurs et interfaçage	48	32	6	10	16	16			0.28
		EG8II3	Electronique programmable, Codesign et FGPA	50	20		20	30	20			0.14
		EG8II4	Systèmes temps réel	72	36	16	20	36				0.31
		EG8II5	Conception de système	40	10	6	4	30	20			0.17
Energie électrique S8	EG8EN	EG8EN1	Spécification de système	32	16	6	10	16			8	0.13
		EG8EN2	Acquisition et capteurs	40	20	10	10	20				0.18
		EG8EN3	Dimensionnement des machines électriques	32	16	6	10	16				0.14
		EG8EN4	TP conversion machines	64	32			32	32			0.28
		EG8EN5	Optimisation des systèmes d'énergie électriques	60	20	10	10	40	20			0.27
Total Spec GEII				466	220	66	74	80	246	65	24	
Total TC + Spec GEII				667		318					30	

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Apprentissage ou mobilité internationale S8

ECTS : 8

Code UE : EG8APA

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Valider des dispositifs préalablement conçus et réalisés afin d'attester du respect de l'ensemble des exigences du cahier des charges.
- Rédiger des rapports de conception et de validation afin d'assurer une traçabilité indispensable à un processus d'amélioration continue.
- Connaître et comprendre un champ scientifique et technique de spécialité complexe et interdisciplinaire pour assurer l'interface entre les différents partenaires en communiquant sur les états d'avancement du travail/projet avec aussi bien en interne qu'avec des partenaires de la société.
- Appréhender un travail dans un contexte international, en maîtrisant une ou plusieurs langues étrangères, en ayant une ouverture culturelle, en tenant compte de l'ensemble des contraintes (managériales, environnementales, RH, RSE.) afin de favoriser la synergie dans l'équipe.
- Maîtriser les techniques de communication adaptées à la situation et aux interlocuteurs afin de conduire le développement d'un projet en accord avec la stratégie de la société.
- Animer une équipe multiculturelle en s'adaptant aux contraintes et spécificités de chacun, en tenant compte de la mixité culturelle dans ses interactions, en utilisant des outils et méthodes de communication adaptés, afin d'établir un environnement propice à la réussite du projet dans le respect des réglementations, de l'éthique, de la sécurité et de la santé.

 LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
 CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EG8APA1	Compétences développées en entreprise ou en mobilité	0.7	EvalC (entreprise)*0.6 + PA (entreprise)*0.4
EG8APA2	Missions en entreprise ou en mobilité S8	0.3	EvalC (Rap*0.5+ soutenance*0.5)

EC : Compétences développées en entreprise ou en mobilité		EG8APA1	coeff : 0.7
Enseignant(e-s) responsable : Pécastaing L.			
CM : h	TD : h	TP : h	Proj : 5 h
			Langue Français

INTRODUCTION

Lors de cette période de vingt semaines en entreprise dont une période longue de dix-sept semaines (dont cinq durant le 3AS9), l'apprenti sera confronté à un projet potentiellement pluridisciplinaire qu'il sera à même d'organiser et de structurer. Il identifiera également le fonctionnement de la gouvernance et la gestion de l'éthique au sein de son entreprise d'accueil.

COMPÉTENCES VISÉES

- Connaître et comprendre un champ scientifique et technique de spécialité complexe et interdisciplinaire pour assurer l'interface entre les différents partenaires en communiquant sur les états d'avancement du travail/projet avec aussi bien en interne qu'avec des partenaires de la société.
- Appréhender un travail dans un contexte international, en maîtrisant une ou plusieurs langues étrangères, en ayant une ouverture culturelle, en tenant compte de l'ensemble des contraintes (managériales, environnementales, RSE.) afin de favoriser la synergie dans l'équipe.
- Maîtriser les techniques de communication adaptées à la situation et aux interlocuteurs afin de conduire le développement d'un projet en accord avec la stratégie de la société.
- Animer une équipe multiculturelle en s'adaptant aux contraintes et spécificités de chacun, en tenant compte de la mixité culturelle dans ses interactions, en utilisant des outils et méthodes de communication adaptés, afin d'établir un environnement propice à la réussite du projet dans le respect des réglementations, de l'éthique, de la sécurité et de la santé.

CONTENU

Les activités développées dans cette EC sont établies en fonction des besoins spécifiques de l'entreprise et dans le but de compléter les compétences visées.

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

EvalC (entreprise)*0.6 + PA (entreprise)*0.4

EC : Missions en entreprise ou en mobilité S8		EG8APA2	coeff : 0.3
Enseignant(e-s) responsable : Pécastaing L.			
CM : h	TD : h	TP : h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Lors de cette période de vingt semaines en entreprise dont une période longue de dix-sept semaines (dont cinq durant le 3AS9), l'apprenti sera confronté à un projet potentiellement pluridisciplinaire qu'il sera à même d'organiser et de structurer. Il sera certainement confronté à la validation de ses choix et aura rédigé des rapports liés à ses activités de conception et de validation. Il sera à même d'appréhender de nouveaux domaines scientifique et technique y compris pluridisciplinaire.

COMPÉTENCES VISÉES

- Valider des dispositifs préalablement conçus et réalisés afin d'attester du respect de l'ensemble des exigences du cahier des charges.
- Rédiger des rapports de conception et de validation afin d'assurer une traçabilité indispensable à un processus d'amélioration continue.

CONTENU

L'apprenti présentera un rapport écrit qui permettra de juger le niveau acquis de compétences dans le domaine technique spécifique de l'entreprise. Autant que possible ce rapport sera consacré aux activités de validation en lien avec les spécifications énoncées.

Le rapport abordera également entre autre la thématique : Gouvernance et gestion de l'éthique en entreprise et si possible fera le lien avec ses propres activités.

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

EvalC (Rap*0.5+ soutenance*0.5)

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Informatique industrielle S8

ECTS : 8

Code UE : EG8II

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Maîtriser les divers principes et langages de programmation des automates industriels
- Comprendre les principes et la programmation des microcontrôleurs
- Maîtriser la communication des microcontrôleurs avec divers périphériques
- Aborder systématiquement la réalisation des systèmes numériques ou de Codesign par la programmation d'un composant d'électronique programmable
- Assimiler les bases des langages VHDL ou Verilog, ainsi que leur utilisation via la programmation de FPGA.
- Apporter aux étudiants une connaissance de base sur les systèmes embarqués informatisés multitâches à contrainte de temps.
- Concevoir un système à partir d'exigences issues de la spécification.

 LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
 CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EG8II1	Automatismes industriels	0.1	CC(EE,1h30)
EG8II2	microContrôleurs et interfaçage	0.28	TP (CR)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7
EG8II3	Electronique programmable, Codesign et FGPA	0.14	TP (CR)x0,7+ Proj(Rap, sout)x0,3
EG8II4	Systèmes temps réel	0.31	(3*CC(EE,0,5h))*0,6+CC(EE,1h30,da:tous)*0,4
EG8II5	Conception de système	0.17	Proj(Rap)x1/2 + (Proj(Sout) + Proj(démo))x1/2

EC : Automatismes industriels	EG8II1	coeff : 0.1
Enseignant(e-s) responsable : Dumas P.		
CM : 6 h	TD : h	TP : 12 h Proj : h
Langue Français		

INTRODUCTION

Le but de cet enseignement est d'étudier différentes méthodes d'analyse utilisées pour décrire des systèmes automatisés.

COMPÉTENCES VISÉES

- Maitriser différentes méthodes d'analyse de systèmes automatisés et choisir la plus adaptée

CONTENU

- 1- Notion de SCADA, ERP, GEMMA
- 2- Analyse Grafcet, Diagramme d'Etas finis, Réseau de Pétri, Réseau de Pétri colorés
- 3- Langages normalisés
- 4- Illustration avec différents exemples
- 5- Pilotage de partie opérative par API

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC(EE,1h30)

EC : microContrôleurs et interfaçage		EG8II2	coeff : 0.28
Enseignant(e-s) responsable : Dumas P.			
CM : 6 h	TD : 10 h	TP : 16 h	Proj : h
			Langue Français

INTRODUCTION

Le but de cet enseignement est de comprendre l'interaction logiciel-matériel dans les systèmes à microprocesseur ou microcontrôleur. L'étude des principales familles de circuits périphériques sera faite permettant de réaliser des opérations diverses de pilotage de processus.

COMPÉTENCES VISÉES

- Être capable de concevoir l'architecture d'une carte unité centrale à base de microprocesseur, mémoire et circuits périphériques.
- Savoir piloter des circuits périphériques grâce à un langage de programmation en utilisant des méthodes hiérarchisées.

CONTENU

- 1- - Etude générale d'une carte unité centrale, mémoires statiques et dynamiques
- 2- - Signaux des microprocesseurs, chronogrammes lecture-écriture, logique de décodage en VHDL
- 3- - Interruptions, contrôleur d'interruption, installation programme d'interruption
- 4- - Fonctions périphériques ; TOR, série, Timer, interruption, communication I2C
- 5- - Plusieurs TD et TP permettent de mettre en œuvre les différents concepts.

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Connaissance du Langage C

MODALITÉS D'ÉVALUATION

TP (CR)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7

EC : Electronique programmable, Codesign et FGPA		EG8II3	coeff : 0.14
Enseignant(e-s) responsable : Dumas P.			
CM : h	TD : h	TP : 20 h	Proj : 20 h
			Langue Français

INTRODUCTION

Cet enseignement propose de réaliser des systèmes électroniques mixtes numérique- processeur (CODESIGN) pour les systèmes embarqués au travers d'électronique numérique programmable (FPGA).

COMPÉTENCES VISÉES

- Aborder systématiquement la réalisation des systèmes numériques ou de Codesign par la programmation d'un composant d'électronique programmable.
- Ne plus appréhender l'électronique numérique par composants discrets mais par un langage de description électronique (VHDL, Verilog).
- Introduction de processeurs dans le FPGA et faire un système de mesure multiprocesseur piloté en Langage C

CONTENU

- 1- Langage VHDL synthétisable
- 2- Applications compteurs, encodeurs, machine à états, mémoire.
- 3- Paramétriser un microcontrôleur avec différents périphériques
- 4- Echange d'information entre machine à états et microcontrôleur
- 5- Multiprocesseur
- 6- Différents projets pour illustrer la communication entre processeur matériel et logiciel

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Electronique numérique, langage C, Machine à états finis.

MODALITÉS D'ÉVALUATION

TP (CR)x0,7+ Proj(Rap, sout)x0,3

EC : Systèmes temps réel	EG8II4	coeff : 0.31
Enseignant(e-s) responsable : ALMEIDA Thomas		
CM : 16 h	TD : 20 h	TP : h
		Proj : h
		Langue Français

INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est d'apporter aux étudiants une connaissance de base sur les systèmes embarqués informatisés multitâches à contrainte de temps.

Différents noyaux temps réels servent au support de cours et microC OS II servira pour le support pratique en TD.

COMPÉTENCES VISÉES

- Maîtriser les notions de programmation embarquée temps réel. Utilisation d'un noyau temps réel industriel

CONTENU

1. Système de commande - Parallélisme - Contraintes de temps
2. Systèmes temps réel (Généralités - Définitions, Systèmes temps réel - Les tâches)
3. Ordonnancement des tâches (Ordonnancement, Obtention de tests de faisabilité d'ordonnancement, Inclusion de processus aperiodiques, Conclusion, Spécificités de différents OS, Gestion des tâches matérielles (interruptions))
4. Communication entre tâches (Généralités, Communication par messages, Communication par zone commune de données)
5. Synchronisation entre tâches (Introduction, Les rendez-vous, Les événements, Partage des ressources - Sections critiques - Exclusion mutuelle)

RESSOURCES

PRÉREQUIS

Bases du Langage C

MODALITÉS D'ÉVALUATION

(3*CC(EE,0,5h))*0,6+CC(EE,1h30,da:tous)*0,4

EC : Conception de système		EG8II5	coeff : 0.17
Enseignant(e-s) responsable : AOUDJEHANE Hichem (infautelec)			
CM : 6 h	TD : 4 h	TP : h	Proj : 20 h
Langue Français			

INTRODUCTION

Suite logique du cours de spécification, ce cours de conception expose comment s'appuyer sur la spécification client pour rédiger et raffiner chaque exigence extraite de la spécification. Le but est de réaliser un PCB et d'écrire un applicatif en C pour gérer un point d'accès. Le point d'accès sera géré par une demoboard Nucleo-G071 basée sur un microcontrôleur à cœur ARM.

COMPÉTENCES VISÉES

- Concevoir un système à partir d'exigences issues de la spécification.

CONTENU

- Analyse et raffinement des exigences de la spécification.
- Conception de chacune des fonctionnalités demandées dans les exigences
- Codage et test du firmware pour la gestion du point d'accès
- Conception électronique de l'interface entre la demoboard et les capteurs/actionneurs du point d'accès

Un apprentissage par problèmes (AP) vient compléter cet EC. Il s'appuie également sur l'EC Spécification de système.

RESSOURCES

- Demoboard Nucleo G071 + IDE fournie par ST Microelectronics pour la famille STM32
- KICAD : outil de saisie de schémas et de routage de PCB

PRÉREQUIS

Cours de spécification de système

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Rap)x1/2 + (Proj(Sout) + Proj(démo))x1/2

UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE) :

Energie électrique S8

ECTS : 8

Code UE : EG8EN

COMPÉTENCES VISÉES PAR L'UE :

- Apprendre les diverses fonctionnalités des appareils de métrologie électrique dans le domaine temporel et fréquentiel
- Apprendre à choisir un appareil de mesure dédié en fonction de l'application.
- Prendre en compte des paramètres d'erreurs de mesure et des corrections lors d'une mesure électrique
- Savoir mettre en œuvre un banc de mesure ou une chaîne d'acquisition adaptée à un procédé
- Appréhender les principes nécessaires à la compréhension des méthodes de dimensionnement des machines électriques
- Développer une compréhension pratique, avec mise en œuvre effective d'associations de convertisseurs avec leur charge.
- Développer une capacité d'analyse des systèmes industriels et de leurs contraintes d'utilisation
- Analyser et synthétiser un large panel d'informations techniques et non techniques liées à des systèmes énergétiques.
- Etablir des conclusions et des préconisations d'optimisations pour les systèmes d'énergie électrique.

LISTE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS (EC)
CONSTITUANT L'UNITE D'ENSEIGNEMENT (UE)

CODE EC	INTITULÉ EC	COEF	MODALITÉS DE CONTRÔLE
EG8EN1	Spécification de système	0.13	Proj(Or)
EG8EE2	Acquisition et capteurs	0.18	CC (EE, 1h30)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7
EG8EE3	Dimensionnement des machines électriques	0.14	CC (EE, 1h30)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7
EG8EE4	TP conversion machines	0.28	TP(CR)*0.3 + TP (EM, 2h)*0.7
EG8EE5	Optimisation des systèmes d'énergie électriques	0.27	Proj (Rap)*0.25 + Proj (Or)*0.25 + CC (EE, 1h30)*0.5

EC : Spécification de système		EG8EN1	coeff : 0.13
Enseignant(e-s) responsable : Galbrun Marie Amédée ()			
CM : 6 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'analyse du besoin, l'établissement d'un cahier des charges et la spécification d'un système sont les phases initiales d'un cycle de développement. L'objectif de ce cours est de permettre aux étudiants d'aborder l'utilisation d'outils d'aide à l'analyse fonctionnelle (établissement de cahier des charges fonctionnel) et à la spécification de systèmes (analyse structurée). Puis de permettre aux étudiants d'acquérir la maîtrise d'outils d'aide à la spécification.

COMPÉTENCES VISÉES

- Définition d'un produit/besoin.
- Comprendre et analyser les besoins d'un développement ou d'un client.
- Traduire ces besoins en fonctions.
- Spécifier un système sur la base de besoins actés et anticipés, afin d'en établir des exigences indispensables à la conception.

CONTENU

Produit: Vision et pitch

Spécification : Compréhension, rédaction, interprétation et transmission

Validation: l'importance des tests

Rétrospective : un outil d'amélioration à ne pas oublier

RESSOURCES

PRÉREQUIS

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj(Or)

EC : Acquisition et capteurs		EG8EE2	coeff : 0.18
Enseignant(e-s) responsable : Gusev A.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'objectif de ce cours est d'apporter aux étudiants les bases de l'acquisition de mesures vue sous l'aspect électronique. Décrire les principes des capteurs de mesure les plus fréquents en industrie.

COMPÉTENCES VISÉES

- Mettre en œuvre un banc de mesure ou une chaîne de contrôle
- Savoir instrumenter un procédé.
- Choisir un système d'acquisition

CONTENU

- 4- Introduction aux systèmes d'acquisition de données
- 5- Conversion numérique analogique
- 6- Conversion analogique numérique
- 7- Capteurs
- 8- Câblage et conditionnement du signal
- 9- Fonctions supplémentaires
- 10- Mise en œuvre d'une chaîne d'acquisition

RESSOURCES

PRÉREQUIS

EC Electronique numérique (S5)

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h30)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7

EC : Dimensionnement des machines électriques		EG8EE3	coeff : 0.14
Enseignant(e-s) responsable : Ruscassié R.			
CM : 6 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

Cette EC vise à présenter les différents aspects et la méthodologie à prendre en considération lors du dimensionnement des machines électriques. Elle permet aux étudiants d'appréhender les principes liés au dimensionnement, mais également d'avoir un aperçu des contraintes liées à la mise en œuvre des machines électriques haute performance.

COMPÉTENCES VISÉES

- Appréhender les principes nécessaires à la compréhension des méthodes de dimensionnement des machines électriques
- Comprendre les contraintes technologiques liées à l'optimisation des machines électriques modernes.

CONTENU

- 1- Constitution des machines (Rappels d'EM, structures & principes, constituants, technologies, critères de sélection)
- 2- Dimensionnement (électromagnétique, électrostatique, thermique, et avancé (CAO))
- 3- Alimentation & pilotage (principes d'alimentation, modélisation, principes de pilotage, modern electric drives, études de cas).

RESSOURCES

PRÉREQUIS

EC Transformateurs & Machines électriques

MODALITÉS D'ÉVALUATION

CC (EE, 1h30)*0.3 + CC (EE, 1h30)*0.7

EC : TP conversion machines		EG8EE4	coeff : 0.28
Enseignant(e-s) responsable : Ruscassié R.			
CM : h	TD : h	TP : 32 h	Proj : h
Langue Français			

INTRODUCTION

L'objectif de cet EC est de former les étudiants à la mise en œuvre pratique de systèmes électrotechniques industriels incluant à la fois des convertisseurs et des machines tournantes Un accent particulier sera mis sur la constitution et les applications industrielles des différents types de systèmes étudiés.

COMPÉTENCES VISÉES

- Développer une compréhension pratique, avec mise en œuvre effective d'associations de convertisseurs avec leur charge.
- Développer une capacité d'analyse des systèmes industriels et de leurs contraintes d'utilisation
- Mettre en pratique les règles de sécurité électrique
- Interpréter en direct des résultats expérimentaux

CONTENU

1. Conversion continu-continu : Décharge et recharge de batteries.
2. Conversion continu-continu : Application hacheur 4Q au pilotage d'une MCC.
3. Conversion alternatif-continu : Redresseur triphasé et onduleur assisté.
4. Conversion continu-alternatif : Onduleurs triphasés.
5. Machine synchrone : Compensation synchrone.
6. Machine asynchrone : Alimentation directe et variation de vitesse.
7. Eclairage urbain : Qualité de l'énergie.
8. Energies renouvelables : MPPT & usages

RESSOURCES

PRÉREQUIS

EC Transformateurs & Machines électriques
 EC Convertisseurs de puissance

MODALITÉS D'ÉVALUATION
TP(CR)*0.3 + TP (EM, 2h)*0.7

EC : Optimisation des systèmes d'énergie électriques		EG8EE5	coeff : 0.27
Enseignant(e-s) responsable : Ruscassié R.			
CM : 10 h	TD : 10 h	TP : h	Proj : 20 h
			Langue Français

INTRODUCTION

Ce module vise à apporter des connaissances élargies sur les enjeux actuels liés aux systèmes énergétiques, aux diverses contraintes qui en découlent, et à présenter les outils en cours de développement pour tenir compte de ces contraintes, le tout afin de mieux appréhender les pistes potentielles d'optimisation des systèmes d'énergie électriques qui existent dans différents secteurs d'activités. Un accent particulier est mis sur le secteur des transports et les VE, ainsi que sur les systèmes de stockage et sur les smart grids.

Suite à la fourniture de ces outils, les étudiants doivent réaliser une étude multicritère sur des systèmes et, suite à un travail de recherche, d'analyse critique et de synthèse, proposer des solutions d'optimisation argumentées.

COMPÉTENCES VISÉES

- Appréhender les problématiques énergétiques au sens large.
- Analyser et synthétiser un large panel d'informations techniques et non techniques liées à des systèmes énergétiques.
- Mettre en parallèle des analyses multicritères.
- Etablir des conclusions et des préconisations d'optimisations pour les systèmes d'énergie électrique.

CONTENU

1. Enjeux (Evolution des besoins énergétiques, différents scénarios à venir, potentialités des systèmes de production d'énergie non renouvelable et renouvelable).
2. Les nouvelles règles du jeu dans un monde fini ("Goodbye growth", l'envers du décor de la dématérialisation, le cycle de vie : de la mine à la poubelle).
3. Outils actuels (Réductions des émissions (et des consommations), Maitrise de la demande en énergie et effet rebond, Facteur d'émission, bilan carbone et compensation).
4. Pistes d'optimisation des systèmes énergétiques (Transport & VE, Stockage & smart grids,

Bâtiment & production agroalimentaire).

RESSOURCES

PRÉREQUIS

EC Transformateurs & Machines électriques

EC Convertisseurs de puissance

MODALITÉS D'ÉVALUATION

Proj (Rap)*0.25 + Proj (Or)*0.25 + CC (EE, 1h30)*0.5