



MASTER RECHERCHE Sciences et Technologie

Mécanique et Ingénierie

Modélisation, Identification, Fiabilité

http://www.emse.fr/fr/diplomes/mecanique_ingenierie/index.html

La formation supérieure et la recherche en mécanique sur le site de Saint-Étienne ont pour cadre les trois établissements d'enseignement supérieur : Université Jean Monnet (**UJM**), École Nationale d'Ingénieurs de Saint-Étienne (**ENISE**) et École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne (**ENSM.SE**). Le Master Sciences et Technologies en Mécanique et Ingénierie est à finalité recherche et se situe résolument dans le cadre de la construction de l'espace européen de l'Enseignement Supérieur. Il s'inscrit dans une politique commune de site, cohérente en matière de formation et de recherche et élaborée conjointement par les trois établissements **UJM**, **ENISE** et l'**ENSM.SE**.

Le Master Recherche Mécanique et Ingénierie propose des sujets de recherche en liaison avec le milieu industriel et ouvre la voie à la préparation d'une thèse de doctorat en laboratoire public ou industriel et à des carrières industrielles en recherche et développement.

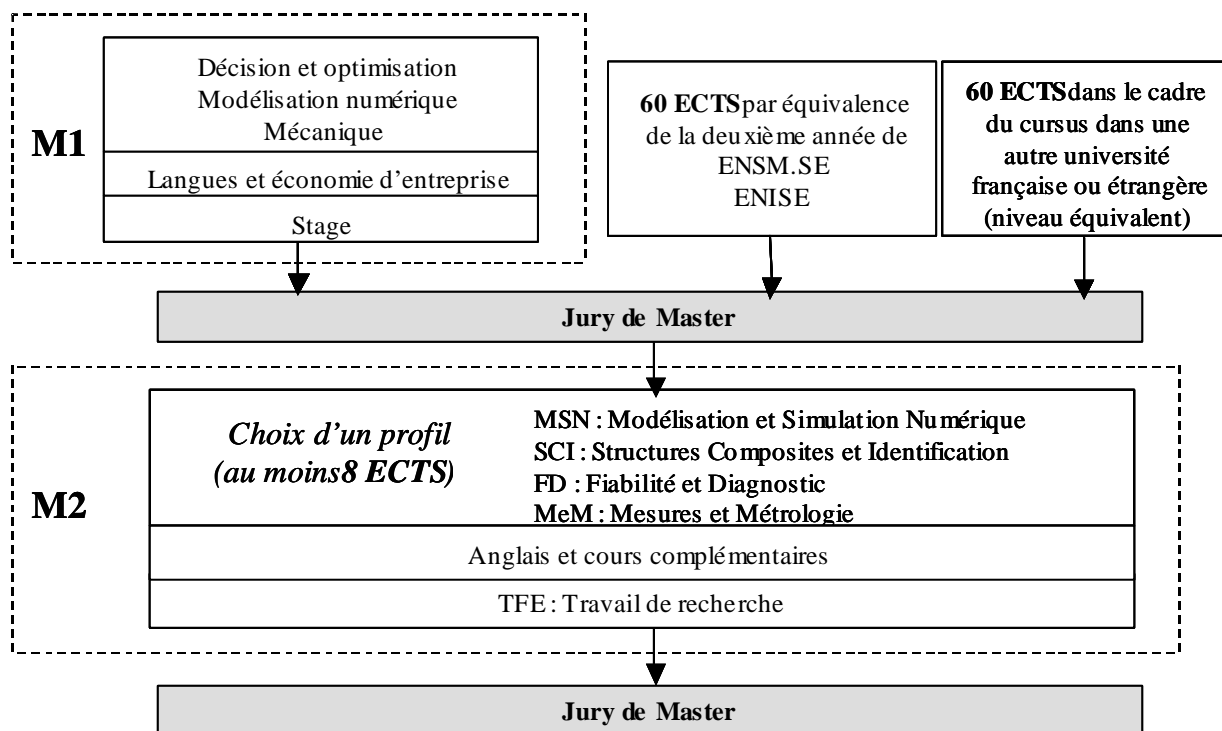


Figure 1 : organisation générale de la formation

La spécialité proposée est « Modélisation, Identification et Fiabilité », elle se décline en quatre profils par le choix d'unités d'enseignement spécifiques en seconde année du Master (M2).



FONCTIONNEMENT

Première année (M1)

Le Master se fonde en première année sur trois modules scientifiques : DO : Décision et Optimisation, MN : Modélisation Numérique, M : Mécanique, un stage de moyenne durée, une formation aux langues (60h, dont 30h de cours et 30h de travail en laboratoire) et à l'économie d'entreprise (60h de cours et TD). Chaque module scientifique est constitué de cours et de projets, menés individuellement ou en binômes. Au premier semestre (S1), des projets communs entre les modules MN et DO peuvent être lancés, par exemple concernant l'utilisation de méthodes d'optimisation couplées à l'analyse par éléments finis. Des modules dispensés par les trois établissements co-habilités **UJM**, ou par certaines de ses composantes comme l'Institut Supérieur des Techniques Avancées de Saint-Étienne, **ENSM.SE** et **ENISE**, peuvent être validées par le jury de Master pour l'admission en deuxième année (M2). Dans le cas des écoles d'ingénieurs, ces formations correspondent à des parcours de tronc commun ou d'options. Les candidats à l'admission en M2 doivent justifier des crédits suffisants et d'une formation cohérente avec les objectifs du Master, du point de vue du contenu et du niveau des connaissances.

L'admission directe en M2 peut être sollicitée par des étudiants justifiant d'un niveau et de connaissances équivalents au M1, comme les titulaires d'une maîtrise de mécanique ou ayant validé 60 crédits, étudiants étrangers d'universités partenaires, ...

Deuxième année (M2)

En seconde année, la formation propose au troisième semestre (**S3**) :

- un module d'anglais (15h de cours et 15h de travail en laboratoire) ;
- un travail de laboratoire (45h)
- un profil à choisir parmi les quatre offerts : Modélisation et Simulation numérique (MSN), Mécanique des Structures Composites (MSC), Fiabilité et Diagnostic (FD) et Mesures et Métrologie (MeM) ;
- un ensemble de cours complémentaires proposés par les établissements soutenant la formation ou leurs composantes.

Les travaux de recherche du quatrième semestre (**S4**) peuvent être réalisés dans un centre de recherche industriel ou universitaire, en France ou à l'étranger. Les sujets pourront être proposés et encadrés par les équipes de recherche suivantes :

- le laboratoire LTDS (ENISE et ECL)
- Les centres SMS et CIS de l'ENSM.SE
- Les équipes IMAC et CFOP du LTSI (Université Jean Monnet)
- le laboratoire DIPI (ENISE)
- le laboratoire LaMI, unité mixte entre l'IFMA (Institut Français de Mécanique Avancée) et l'UBP (Université Blaise Pascal, Clermont II)
- les équipes lyonnaises du LTDS (Ecole Centrale de Lyon)
- le laboratoire de Mécanique et de Procédés de Fabrication (LMPF, ENSAM).

L'annexe 1 donne une description détaillée des cours M1 et M2 du Master et l'annexe 2, des exemples de sujets de recherche traités par les étudiants.



COMPETENCES VISÉES

Objectif 1

Acquérir des connaissances en modélisation, mesures et métrologie, identification et fiabilité des systèmes mécaniques et thermomécaniques.

L'étudiant devra se construire un profil dans le domaine de la mécanique par le choix d'une unité d'enseignement du S3 et un sujet de travail de fin d'études. Les profils proposés sont directement issus des compétences scientifiques reconnues des équipes de formation et de recherche soutenant la formation :

- Le profil MODÉLISATION ET SIMULATION NUMÉRIQUE regroupe les méthodes de simulation numérique, appliquées au comportement mécanique de composants et aux technologies de mise en œuvre à hautes températures.
- Le profil MÉCANIQUE DES STRUCTURES COMPOSITES permet la maîtrise de la chaîne d'analyse et de conception des structures en matériaux composites en croisant les méthodes de sélection des matériaux et de conception avec des bases solides en mécanique des composites.
- Le profil FIABILITE ET DIAGNOSTIC regroupe les méthodes théoriques et expérimentales pour estimer la fiabilité d'un système et conduisant à une conception robuste.
- Le profil MESURES ET MÉTROLOGIE conduit à une formation originale dans le domaine des méthodes optiques modernes de mesures de champs et de leurs *applications* tant en mécanique des *fluides* qu'en mécanique des *solides*.

Objectif 2

Acquérir une méthode de travail adaptée à la conduite de projets de recherche. En particulier, des ingénieurs à forte culture technologique pourront acquérir des compétences supplémentaires élargissant ainsi leurs possibilités de carrière dans l'industrie ou les milieux académiques.



PRINCIPAUX DEBOUCHES PROFESSIONNELS

Secteur d'activité

Les secteurs disciplinaires visés sont ceux liés à la mécanique des matériaux, des structures et des systèmes en général.

Les grands groupes industriels des secteurs de **l'automobile** : RENAULT S.A., PSA, Visteon, ..., de **l'aéronautique** : EADS, AIRBUS, EUROCOPTER, DASSAULT, SNECMA, ONERA ... de la **production d'énergie** : FRAMATOME, EDF, ANP CEA, ..., et autres SNCF, HEXCEL, BSN glasspack, MTS, ..., sont les principaux demandeurs de cette formation. Toutefois, on assiste depuis quelques années à une demande de plus en plus forte dans des secteurs plus éloignés de cette discipline, mais qui en apprécient le caractère *transversal* et *intégrateur*. Les secteurs de la micro-électronique (ST Microelectronics), des microsystèmes (Tronics), des textiles techniques (Ganzoni S.A.), ... sont ainsi demandeurs de cadres possédant une culture large en mécanique. Ces entreprises proposent de nombreux stages actuellement et souhaitent nouer des relations avec les laboratoires correspondants.

Les petites et moyennes entreprises des secteurs relevant de la mécanique sont également intéressées par cette formation, car les diplômés permettent parfois à l'entreprise d'ébaucher une approche scientifique complémentaire à l'approche technique habituelle.

Métier

Les diplômés du Master pourront aborder des carrières :

- de cadres en recherche et développement⁽¹⁾ : conduite de projets, ...
- d'enseignants-chercheurs ou de chercheurs (après un doctorat⁽²⁾) dans des organismes de recherche publics ou privés,

Ils auront en effet reçu une formation *par la recherche*, leur donnant une méthode de travail adaptée à la conduite de projets industriels de R&D ainsi qu'une formation *à la recherche*, leur permettant de réaliser un doctorat en France ou à l'étranger. Enfin, la formation complémentaire en anglais et la possibilité d'effectuer des stages de moyenne durée en M1 ou M2 à l'étranger renforcent leurs chances lors de la recherche d'emplois à l'échelle européenne.

(1) Les débouchés industriels des étudiants issus de la formation sont par exemple, comme cadres en R&D, en CDI ou en CIFRE¹ :

Renault S.A. (technocentre) ; Institut Français du Pétrole (site de Rueil) ; EADS (sites de Toulouse, Bordeaux et Suresne) ; ESI Group (site de Lyon) ; PSA (centre technique de Belchamp) ; EDF (centre des renardières, SEPTEN) ; Framatome (sites de Lyon et de Chalon) ; Hexcel Reinforcements (site des Avenières), BSN Glasspack (site de Saint-Romain en Giers) Pierre Fabre...

(2) Les étudiants issus de la formation réalisent ou ont réalisé avec succès des doctorats et/ou des post-docs, dans de nombreuses universités et écoles d'ingénieurs telles que :

l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne (centre SMS) ; l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Étienne (LTDS/ENISE) ; l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (centre des matériaux, CEMEF) ; l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (département matériaux) ; l'Ecole Centrale de Lyon (LTDS/ECL) ;...

¹ CIFRE : Convention Industrielle de Formation par la Recherche



PROGRAMME

S1			
Code	Intitulé de l'unité d'enseignement		Crédits
MNG	Economie d'entreprise	30h	3
LAN	LANGUES	30h	3
DO	DECISION ET OPTIMISATION		12
	Optimisation classique	30h	3
	Méthodes globales	30h	3
	Identification	30h	3
	Projet	30h	3
MN	MODÉLISATION NUMÉRIQUE		12
	Introduction aux éléments finis	30h	3
	Application au calcul de structures	30h	3
	Simulation de la mise en forme des polymères	20h	2
	Travaux pratiques et projet	40h	4

S2			
Code	Intitulé de l'unité d'enseignement		Crédits
MNG	Economie d'entreprise	30h	3
LAN	LANGUES	30h	3
M	MÉCANIQUE		12
	Mécanique des matériaux	30h	3
	Mécanique des structures	30h	3
	Mécanique expérimentale	30h	3
	Projet	30h	3
STA	STAGE (4 mois minimum)		12



S3			
<u>Cours obligatoires</u>			
Code	Intitulé de l'unité d'enseignement		Crédits
LAN	ANGLAIS	30h	4
TPL	Travail personnel de laboratoire	45h	6
<u>Choix de crédits</u> : un étudiant choisit un <u>profil</u> et acquiert 8 crédits dans ce profil, plus 12 crédits parmi l'ensemble des cours de profil et complémentaires			
Code	Intitulé de l'unité d'enseignement		Crédits
MSN	MODÉLISATION ET SIMULATION NUMÉRIQUE		
<i>1</i>	Méthodes numériques en mécanique	15h	2
<i>2</i>	Équations de la physique mathématiques	15h	2
<i>3</i>	Modélisation du comportement des structures	30h	4
<i>4</i>	Comportement des matériaux	30/15h	4/2
<i>5</i>	Modélisation des procédés hautes températures	15h	2
MSC	MÉCANIQUE des STRUCTURES COMPOSITES		
<i>1</i>	Introduction aux polymères et composites	30h	4
<i>2</i>	Choix des matériaux et des procédés	30h	4
<i>3</i>	Homogénéisation et changement d'échelle	15h	2
<i>4</i>	Méthodologies de conception	15h	2
FD	FIABILITE ET DIAGNOSTIC		
<i>1</i>	Fiabilité mécanique	30h	4
<i>2</i>	Conception robuste	15h	2
<i>3</i>	Diagnostic des systèmes	30h	4
<i>4</i>	Maintenance	15h	2
MeM	MESURES ET MÉTROLOGIE		
<i>1</i>	Introduction aux méthodes de mesure en mécanique	15h	2
<i>2</i>	Plan d'expérience et métrologie	15h	2
<i>3</i>	Techniques de mesure en mécanique des fluides	30h	4
<i>4</i>	Photomécanique et Identification	30h	4



Cours complémentaires			
Code	Intitulé de l'unité d'enseignement	Crédits	
<i>ENSMSE</i>			
1	Mécanique de la rupture	15h	2
2	Méthodes d'optimisation	15h	2
3	Dynamique des solides et des structures	15h	2
<i>ENISE</i>			
1	Tribologie générale	30h	4
2	Mise en forme	15h	2
3	Systèmes à évènements discrets	45h	6
4	Transferts de chaleur	45h	6
5	Technologies modernes des hautes températures	45h	6
<i>UJM</i>			
1	Procédés lasers de microfabrication	15h	2
2	Problèmes à frontières libres	15h	2
3	Simulation des écoulements viscoélastiques	15h	2

S4			
Code	Intitulé de l'unité d'enseignement		Crédits
TFE	TRAVAIL DE RECHERCHE		30
	Code	Intitulé du cours	Crédits
	TFE1	Travail réalisé	15
	TFE2	Rapport écrit	9
	TFE3	Soutenance	6



ANNEXE 1

DESCRIPTION DES ENSEIGNEMENTS SCIENTIFIQUES PROPOSES

SEMESTRE 1

DO – Décision et Optimisation (localisation ENSM.SE)

R. Le Riche, J. Molimard, K. Szafniki

Ce module présente un panorama des différentes méthodes et techniques utilisées dans l'industrie pour optimiser les processus, qu'elles soient exactes ou surtout approchées. Elles sont illustrées par de nombreuses études de cas qui sont modélisés et résolus à l'aide de logiciels spécialisés.

- Optimisation classique : Fournir les méthodes de base de l'optimisation non linéaire en identifiant les différentes classes de problèmes rencontrés usuellement ; donner une pratique suffisante de l'application de ces méthodes en insistant sur les aspects modélisation et choix de l'algorithme d'optimisation.
- Méthodes globales : Algorithmes évolutionnaires (dont génétiques), recuit simulé, méthodes de regroupement, couplage entre méthodes locales et méthodes globales.
- Identification : Présenter et expérimenter les connaissances théoriques et pratiques nécessaires à la construction et l'optimisation de modèles de simulation du comportement des processus.
- Projets. Mise en œuvre sur un cas réel d'une des méthodes présentées dans le module, les sujets de ces projets peuvent être proposés et les travaux suivis par les trois établissements.

MN – Modélisation Numérique (localisation ENSM.SE et UJM)

S. Drapier, R. Fortunier, W.S. Han, H. Klocker, J. Molimard, A. Ainsler

Ce module permet aux élèves d'acquérir des techniques de modélisation de processus industriels. Après une solide formation de base en éléments finis, les étudiants découvriront des applications scientifiques particulières dans le calcul des structures, la mise en forme des matériaux et les problèmes de transfert en mécanique des fluides, puis utiliseront des codes de calculs industriels. Une grande partie du module est dédiée à la modélisation d'un problème concret par un code de calcul industriel.

- Introduction aux éléments finis : Introduction à la modélisation physique des phénomènes de transfert (masse, chaleur, charges et quantité de mouvement), aux principales méthodes d'approximation pour la résolution numérique de problèmes complexes (différences finies, collocations, Galerkin, ...), puis mise en place de la méthode des éléments finis.
- Application au calcul de structures : Application de la méthode des éléments finis au dimensionnement de structures.
- Simulation de la mise en forme des polymères (UJM) : maîtriser les méthodes numériques implémentées dans un logiciel généraliste de simulation des écoulements et appliquer ces méthodes à la modélisation des procédés de transformation des polymères.



- Travaux pratiques : Réalisation d'applications simples illustrant les cours sur ABAQUS® ou FEMLAB®.
- Projet : Réalisation d'une modélisation physique et d'une simulation numérique complète, soit avec un code de calcul industriel, soit à l'aide d'un programme informatique spécifiquement développé. Les sujets de ces projets peuvent être proposés et les travaux suivis par les trois établissements.

SEMESTRE 2

M – Mécanique (localisation ENSM.SE et UJM)

Ch. Desrayaud, S. Drapier, R. Fillit, R. Fortunier, J. Molimard, J. P. Schon

Ce module vise essentiellement à donner les compétences nécessaires à la compréhension du comportement mécanique des milieux déformables et des structures. L'enseignement proposé met l'accent sur les approximations matérielles et géométriques indispensables à la modélisation, et donc à la compréhension, des problèmes réels. L'application, lors de séances de TDs et TP complémentaires, des bases théoriques acquises en cours, doit venir renforcer la capacité des étudiants à proposer ces simplifications dans un cadre bien maîtrisé, sans perdre de vue les difficultés liées à l'identification des propriétés mécaniques. Enfin, les bases, autant que les applications à travers les TP et les projets, devront permettre aux futurs ingénieurs de replacer les résultats des simulations et des essais qu'ils seront amenés à rencontrer par rapport aux modèles sous-jacents.

- Mécanique des matériaux : lois de comportement nécessaires à la représentation, et donc à la simplification, de comportements souvent complexes.
- Mécanique des structures : simplifications géométriques permettant le passage de la mécanique des milieux continus à des problèmes 'simplifiés', donnant lieu à moindre coût à des solutions utilisables par exemple dans le cadre de dimensionnement (poutres, plaques, ...).
- Mécanique Expérimentale : mise en œuvre d'expériences bien fondées en vue d'identifier les paramètres de modèles de comportement de matériaux ou structures ; ce module comprend également une courte introduction à la mécanique expérimentale des fluides (10h, rappels des équations de base, notions élémentaires sur les écoulements turbulents, techniques classiques de mesure : capteurs de pression, fil chaud et anémométrie laser Doppler).
- Projet : de nature expérimentale ou analytique, le projet personnel offre la possibilité de mettre en parallèle des approches complémentaires de type expérimental et/ou théorique. Les sujets de ces projets peuvent être proposés et les travaux suivis par les trois établissements.

SEMESTRE 3

MSN – Modélisation et Simulation Numérique (localisation ENISE, UJM, ENSM.SE)

J.M. Bergheau, M. A. Abellan, S. Drapier, R. Fortunier, H. Hamdi, W.S. Han, G. Panasenko, I. Kostin, I. Smurov, P. Bertrand



Cette unité d'enseignement vise à approfondir les connaissances sur les méthodes numériques associées à la résolution de problèmes physique. Parmi les 5 cours proposés, l'étudiant devra en choisir un nombre suffisant pour obtenir ses 8 crédits :

- Méthodes numériques en mécanique (ENISE): les méthodes numériques en mécanique sont développées pour permettre aux étudiants d'utiliser, en expert, des codes de calcul. On aborde ainsi successivement : la résolution de systèmes linéaires (solveurs directs, itératifs, méthodes de stockage), les méthodes de calcul d'éléments propres, l'intégration numérique (méthode de Gauss, etc.), les techniques d'intégration en temps (notion de stabilité, précision), les éléments finis iso-paramétriques, et formulations d'éléments poutres et coques.
- Équations de la physique mathématique (UJM) : introduire les formulations des modèles mathématiques, les techniques de démonstration des théorèmes d'existence et d'unicité de solutions des équations de la physique mathématique ainsi que les méthodes de résolution analytiques et asymptotiques.
- Modélisation du comportement des structures (ENSM.SE) : Après un rappel sur la méthode des éléments finis, sur la mécanique des milieux continus, et sur le comportement non-linéaire des matériaux, Les différents modèles de comportements de structure sont abordés, avec un accent particulier sur les non-linéarités matérielles et géométriques.
- Comportement des matériaux (ENISE et ENSM.SE) : Les lois de comportement classiques des matériaux sont présentées en sensibilisant les étudiants sur leurs domaines de validité et les principes physiques sur lesquels elles reposent. Après une introduction sur la thermodynamique des milieux continus, on détaille notamment la viscoélasticité, l'élastoplasticité, l'élastoviscoplasticité et la mécanique de l'endommagement.
- Modélisation des procédés hautes températures (ENISE) : Les phénomènes physiques impliqués dans les procédés mettant en jeu des hautes températures comme le soudage et les traitements thermiques à l'origine des contraintes et distorsions résiduelles dans les composants mécaniques sont présentés. Ce cours sert d'introduction à la modélisation des phénomènes couplés dans les logiciels de simulation numérique.

MSC – Mécanique des Structures Composites (localisation UJM, ENSM.SE)

C. Desrayaud, R. Fillit, R. Le Riche, J. Molimard, A. Vautrin, D. Delafosse, G. Panassenko, J. Guillet, A. Ainser, G. Gogu

Il s'agit d'un approfondissement de la mécanique expérimentale appliqué à la maîtrise de l'analyse du comportement de matériaux fortement anisotropes tels que les composites. Les enseignements associés sont :

- Introduction aux polymères et composites (UJM, ENSM.SE) : les principales notions abordées sont la structure moléculaire des polymères sous forme fluide et solide, leurs principales propriétés physiques et mécaniques et leur modélisation, la constitution de matériaux composites (renforts, matrice, procédés de mise en œuvre), le comportement élastique anisotrope du pli, le passage micro-macro, l'identification des constantes matérielles, la théorie des plaques stratifiées et les critères de résistance associés.
- Choix des matériaux et des procédés (ENSM.SE) : introduction d'une méthodologie rationnelle de sélection des matériaux et de leurs procédés de transformation en



fonction du cahier des charges (méthode de MF Ashby, mise en œuvre dans le logiciel *Cambridge Engineering Selector*), après une introduction sur les principales familles de matériaux et leurs propriétés génériques, les étudiants apprennent à utiliser les multiples fonctionnalités du logiciel de sélection et abordent la problématique des sélections multicritères dans le cas d'étude de cas concrètes, l'évaluation est faite à travers un projet en binôme.

- Homogénéisation et changement d'échelle (UJM, ENSM.SE) : la problématique du changement d'échelle est introduite et les principales méthodes d'homogénéisation en mécanique des matériaux sont décrites et appliquées au cas de structures composites (cas élastique et résistances).
- Méthodologie de conception (ENSM.SE) : il s'agit de réfléchir aux méthodes de conception pour la création d'objets de l'ingénierie et le suivi de leur cycle de vie. Ce cours doit plus induire un état d'esprit et une méthodologie générale qu'apporter des connaissances.

FD – Fiabilité et Diagnostic (localisation ENISE)

J.C. Dumas, P. Lyonnet, R. Toscano

Cette unité d'enseignement vise à donner à l'étudiant les notions de base pour analyser la fiabilité d'un système mécanique, et proposer la maintenance associée. Les enseignements sont :

- Fiabilité mécanique : les lois de comportement et de fiabilité de matériels en service sont étudiées, de même que les méthodes d'estimation de leurs paramètres (méthode du « MDV », méthodes graphiques, logiciels de traitement). L'étude des systèmes est ensuite réalisée par la méthode des chaînes de Markov et en mécanique probabiliste.
- Conception robuste : les principales méthodes de génération de résidus robustes sont abordées (approche par espace de parité, approche à base d'observateurs, approche par estimation paramétrique, analyse vibratoire, filtre de Kalman). Les tests statistiques et le seuillage (fixe ou adaptatif) sont étudiés pour l'évaluation de ces résidus.
- Diagnostic des systèmes : les différentes étapes de diagnostic d'un système sont étudiées (acquisition de données, perception, détection, localisation, prise de décision). Les principales méthodes de diagnostic sont ensuite abordées (méthodes quantitatives et qualitatives). Le diagnostic par reconnaissance de forme est traité en détails (approches bayésienne, par logique floue, par réseaux de neurones).
- Maintenance des systèmes mécaniques : le renouvellement des systèmes est étudié en termes de politique, de pratique et d'optimisation de leur maintenance. En particulier, la maintenance conditionnelle des systèmes vibrants est abordée.

MeM – Mesures et Métrologie (localisation UJM, ENISE, ENSM.SE)

J. Molimard, A. Vautrin, J. P. Schon, T. Fournel, C. Ducottet, G. Brun, P. Lyonnet, R. Toscano

- Introduction aux méthodes de mesure en mécanique (UJM) : rappel d'optique géométrique, d'optique physique, sources de lumière, capteurs, systèmes et bases de l'analyse et du traitement du signal, application à des problèmes de mécanique.



- Plan d'expérience et métrologie (ENISE, ENSM ;SE) : L'objectif de ce cours de base est de savoir construire un plan d'expérience en fonction des questions que l'on se pose concernant une approche expérimentale donnée. Pour cela, la méthodologie des plans d'expérience classique est introduite. L'étude des incertitudes expérimentales est également abordée et l'analyse statistique des erreurs et de leur influence sur les résultats finaux étudiée.
- Techniques de mesures en mécanique des fluides (UJM) : présentation des principales techniques d'analyse des écoulements : anémométrie par image de particules (PIV), techniques stéréographiques, calibrage de la chaîne de mesure (notamment des caméras), micro-holographie et thermographie infrarouge.
- Photomécanique et identification (ENSM.SE) : ce cours s'inscrit à la suite de l'introduction à la mécanique expérimentale de M (S2) et présente les méthodes optiques de mesure de champ d'une part et leurs applications à l'identification du comportement de matériaux et de structures d'autre part. L'importance de l'étalonnage de la chaîne de mesure, de la sensibilité à des effets parasites comme les déplacements hors-plan, la maîtrise des dérivations numériques ou optiques des signaux et de stéréocorrélation est introduite.

Cours complémentaires

ENSM.SE1 : Mécanique de la rupture (H. Klocker, ENSM.SE, H. Hamdi, ENISE) :

les modèles élémentaires de rupture théorique sont étudiés par une analyse des contraintes en pointe de fissure, de la zone plastique en fond de fissure, des essais de K1C, et de l'intégrale de Rice.

ENSM.SE2 : Méthodes d'optimisation (R. Le Riche, ENSM.SE)

Les méthodes classiques d'optimisation sont vues en détails, dans le cas de variables continues (forme d'un objet, ...) ou discrètes (choix d'un matériau, ...). Les algorithmes de type Levenberg-Marquardt, recuit simulé, réseaux de neurones, ..., sont étudiés.

ENSM.SE3 : Dynamique des solides et des structures (S. Drapier, ENSM.SE)

Après un rappel sur la mise en équation d'un problème de dynamique, le comportement dynamique de systèmes discrets et continus est abordé, puis appliqué aux cas des barres et des poutres.

ENISE1 : Tribologie générale (H. Zahouani, M. Dursapt, ENISE)

Les principes fondamentaux sur lesquels repose le comportement des interfaces entre matériaux (frottement, usure, lubrification...) sont présentés. On aborde, entre autres, la mécanique du contact statique non adhésif, les processus fondamentaux du frottement, l'usure et la lubrification,

ENISE2 : Mise en forme (H. Hamdi, ENISE)

Les méthodes de calcul associées aux procédés de mise en forme sont introduites. Après quelques rappels de plasticité, on détaille la méthode de l'énergie uniforme et méthode des tranches, les méthodes d'encadrement : borne supérieure et inférieure, recherche de champs de contraintes et de déformations admissibles, les lignes de glissements.

ENISE3 : Systèmes à événements discrets (P. Lyonnet, R. Toscano, ENISE)



Ce cours fait suite au cours « plans d'expérience et métrologie de MeM (S3). La méthodologie des plans optimaux est ici vue en détails (balance d'Hotelling, matrices d'Hadamard, critère du déterminant maximum, critère de la trace minimale), de même que celle des plans d'expérience complets et fractionnaires (tables de Taguchi). Les plans composites centrés et les surfaces de réponse sont abordées.

ENISE4 : Transferts de chaleur (I. Smurov, P. Bertrand, ENISE)

Les différents modes de transfert de chaleur (conduction, convection, rayonnement) sont présentés en insistant sur la conduction dans les solides. Les résultats sont appliqués aux procédés faisant appel à des faisceaux à énergie concentrée (traitements laser, plasmas...). Les principales caractéristiques des composants d'un système de vision sont détaillées afin de maîtriser leur choix dans la mise au point d'un poste de contrôle par vision.

ENISE5 : Technologies modernes des hautes températures (I. Smurov, P. Bertrand, ENISE)

Les procédés utilisant les faisceaux d'énergie concentrée (laser, plasma, faisceau d'électrons) et leurs applications dans l'industrie sont présentés. Sont ainsi successivement abordés : les technologies reposant sur les lasers (usinage des matériaux par laser, principe et fonctionnement des lasers, technologie des laser, méthodes de diagnostic, contrôle du procédé), les plasmas et la projection thermique (projection par plasmas, par HVOF, par fil, par détonation, contrôle du procédé).

UJM1 : Procédés lasers de microfabrication (E. Audouard, UJM)

Description des lasers utilisés dans l'usinage, introduction aux problématiques physiques liés au micro-usinage, applications spécifiques.

UJM2 : Problèmes à frontières libres (M. Boukrouche, L. Paoli, UJM)

Introduction des inéquations variationnelles, opérateurs maximaux monotones, modélisation de problèmes modèles classiques et étude des résultats d'existence, d'unicité et de régularité de leurs solutions, applications (problèmes de De Signorini, Hele-Shaw, Stefan).

UJM3 : Simulation des écoulements viscoélastiques (I. Sirakov, UJM)

L'objectif central est de maîtriser les techniques numériques pour analyser les écoulements viscoélastiques : exemples spécifiques (effet Weissenberg), viscoélasticité nonlinéaire, optimisation du modèle, approximations continues et discontinues, traitement spécifique du caractère convecté des modèles.



ANNEXE 2

TRAVAUX DE RECHERCHE DES ETUDIANTS EN 2004 - 2005

Sujet	Laboratoire	Partenaire	Tuteur laboratoire	Etudiant
Modélisation tridimensionnelle de traitement thermique superficiel par induction	LTDS/ENISE	ESI Group	J.M. BERGHEAU	A. BROSSE
Réduction de la consommation d'essence et d'huile pour l'automobile	LTDS/ENISE	Université HALMSTAD (Suède)	H. ZAHOUANI	F. CABANETTES
Etude d'un modèle Visco-élastique et Visco-plastique pour l'indentation et la rayure des polymères	LTDS/ENISE	Tribometrix (USA)	J.M. BERGHEAU	S. DELAIGUE
Optimisation du frottement élastomère-verre	LTDS/ECL	Ecole Centrale Lyon	H. ZAHOUANI	F. DELEAU
Fiabilité mécanique	LTDS/ENISE	RENAULT SA	P. LYONNET	N. DUPUY
Design, built and test of a resetable actuator	DIPI	Univ. of Canterbury - Collège of Engineering (Nlle Zélande)	P. BERTRAND	M. FOUGERE
Fiabilisation de machine outil au niveau vibratoire et modélisation	LTDS/ENISE	Ecole de Technologie Supérieure de Montréal (Canada)	P. LYONNET	P.C. JAMBON
Evaluation des contraintes résiduelles en tournage par éléments finis	LTDS/ENISE	Framatome ANP	J.M. BERGHEAU, J. RECH, H. HAMDI	C. JAMMES
Investigation of flam front curvature by OH Plaviar laser induced Fluorescence (PLIF)	DIPI	Lawrence BERKELEY National Laboratory (USA)	P. BERTRAND	A. RICHARD
Etude de l'interaction tribologique entre les revêtements PVD et les populations inclusionnaires des aciers	LTDS/ENISE	Ascometal	J. RECH	C. ROCHAS
Détermination des contraintes résiduelles issues de traitement thermique	LTDS/ENISE	LTDS	J. RECH, J.M. BERGHEAU	J.F. TIREAU
Identification mécanique par mesures de champs	MEM/SMS/ENSMSE	3MI/ENSMSE	J. MOLIMARD, R. LE RICHE	G. SILVA
Développement d'une méthode d'essai pour des assemblages soudés entre composites à fibres de carbone et aciers	MEM/SMS/ENSMSE	Institut für Verbundwerkstoffe	A. VAUTRIN	T. LAVALARD
Modélisation et caractérisation de la perméabilité de pré-formes à base de renforts non tissés	MEM/SMS/ENSMSE	HEXCEL REINFORCEMENTS	S. DRAPIER, A. VAUTRIN	R. NUNEZ