

## Catalogue de formations scientifiques ED SPI

2018/  
2019

Vous trouverez dans ce catalogue les formations « ED ». Celles-ci seront intégrées dans lunam et amethis dès lors que le créneau et le lieu auront été arrêté définitivement avec l'intervenant-e. Vous trouverez également des formations « assimilées ». Ces formations seront valorisées comme les formations « ED ». Notez que la moitié au moins votre temps de formation scientifique doit correspondre à des formations proposées par l'École Doctorale SPI.

## Contenu

Formations proposées par l'École Doctorale .....	1
➤ Estimation des incertitudes (B. COURANT – GeM).....	2
➤ Mesures thermiques pour l'inversion (Ph. LEMASSON – IRDL) .....	4
➤ Rhéologie avancée du béton et nouveaux procédés de mise en œuvre (A. PERROT – IRDL) .....	5
➤ Kinematics and design of robots (Ph. WENGER – LS2N).....	7
➤ Introduction aux énergies marines renouvelables (A. BABARIT – LHEEA) .....	8
➤ Collage des matériaux et structures (A. CHABOT – IFSTTAR).....	10
➤ Introduction to hydrodynamic stability (C. COSSU – LHEEA).....	12
➤ Eléments fondamentaux de statistiques et de fiabilité des systèmes (A. KOBİ et B. CASTANIER).....	14
➤ Planification robuste d'essais accélérés et leur modélisation – "Estimation de la fiabilité par les essais & Analyse Bayésienne des Données" (D. BIGAUD – LARIS).....	15
➤ Méthodes de propagation d'incertitude et les stratégies de couplage mécano-probabiliste (H. RIAHI – LARIS).....	17
➤ Modélisation Multi-Physique sous ANSYS-FLUENT: le cas des écoulements multi espèces réactifs. (Ph. MANDIN – IRDL).....	19
➤ Formation Modélisation empirique, plans d'expériences (Ph. MANDIN – IRDL).....	20
➤ Les Rendez-Vous scientifiques MAST (F. ANFOSSO LÉDÉE – IFSTTAR) .....	21
➤ Modèles physiques, numériques et identification : présentation d'exemples dans le domaine du génie civil (O. CHUPIN – IFSTTAR).....	24
➤ Python pour les scientifiques (C. DESJOUY – LAUM).....	26
➤ Présentation orale (J. Wackers - LHEEA).....	27
➤ Analyse de Cycle de Vie (Anne VENTURA).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
➤ Introduction aux méthodes de corrélation d'images numériques (Michel CORET).....	30
➤ Techniques de simulation numérique en vibrations-acoustique par la Méthode des Eléments Finis sous COMSOL (Adrien PELAT).....	32
➤ Micromécanique des milieux poreux et hétérogènes (Frédéric GRONDIN) .....	34
➤ Algorithmique et programmation en Python (N. NGUYEN & F. BIGNONNET).....	35
➤ Calcul tensoriel avancé (M. François - GeM) .....	37
➤ Analyse expérimentale et numérique de singularités en mécanique des solides (Julien RÉTHORÉ) .....	39
➤ Physique des transferts de chaleur et métrologie thermique (B. GARNIER) .....	41
➤ Principes et fondements des Metamatériaux Acoustiques (Vicent Romero García).....	43
Formations assimilées .....	45
➤ Mécanique de la mise en forme (F. GAVRUS) .....	46
➤ Mécanique non linéaire et couplages (F. MEFTAH) .....	49
➤ Systèmes mécaniques - Support et cours en anglais (V. ARAKELYAN) .....	52
➤ Transferts de masse et de chaleur en génie civil (M. HELLOU) .....	54
➤ Computational configurational mechanics (N. MOËS) .....	56



# Formations proposées par l'École Doctorale

Intitulé de la formation :	➤ <b>Estimation des incertitudes (B. COURANT – GeM)</b>
Spécialité (s)	Métrologie
Responsable	Bruno Courant
Unité / Laboratoire	GeM-E3M
Intervenant(s)	Bruno Courant
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	IUT de Saint-Nazaire
Téléphone :	02-72-64-87-66
E-mail (responsable)	Bruno.courant@univ-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	12h Cours TD TP en salle avec ordinateur portable personnel des étudiants
Mots-clés :	Mesures, incertitudes, statistiques
Période/planning	Février-Mars

## Détails de la formation

### Prérequis :

Outils mathématiques de l'ingénieur

### Contexte/problématique :

Le résultat d'une mesure, d'un essai, d'une analyse ou d'une simulation n'a de sens que s'il est associé à une incertitude. Cette affirmation, qui peut paraître banale, est en réalité fondamentale dans la présentation d'une étude scientifique de qualité. On trouve dans la bibliographie de trop nombreux exemples où, ces critères n'étant pas remplis, les publications perdent de leur intérêt par manque de lisibilité vis à vis des incertitudes. Ce qui est vrai pour la mesure, l'est aussi pour la modélisation où sont rarement signalées les sources d'incertitudes et leurs estimations.

### Les référentiels de base :

DOC 1002 (basé sur la norme EN 45 001) du COFRAC " Les résultats quantitatifs doivent être présentés avec leurs incertitudes calculées ".

ISO 9001 / 2000 " Les dispositifs de mesure et de surveillance doivent être utilisés de façon à assurer que l'incertitude de mesure, y compris l'exactitude et la précision, est connue et compatible avec l'aptitude de mesure requise ".

EN NF ISO/CEI 17025 " Un laboratoire d'étalonnages ou un laboratoire d'essais procédant à ses propres étalonnages doit disposer d'une procédure, qu'il doit appliquer pour estimer l'incertitude de mesure de tous les étalonnages et de tous les types d'étalonnage ".

### Objectifs pédagogiques :

- Savoir évaluer l'incertitude sur le résultat d'une mesure, d'un essai, d'une analyse ou d'une simulation.
- Être capable de réaliser le bilan des incertitudes associé à un processus de laboratoire afin d'identifier les maillons les plus faibles.
- Apprendre à vérifier la pertinence de l'ajustement d'un modèle mathématique à des résultats expérimentaux et à estimer les incertitudes induites par l'utilisation de ce modèle.

### Description détaillée du contenu de la formation :

Notions présentées :

- outils statistiques ;
- évaluation de l'incertitude par des méthodes statistiques (méthodes de type A) ;
- évaluation de l'incertitude par des méthodes de type B (à partir de la tolérance des appareils, d'un matériau modèle,...) ;
- calcul de l'incertitude composée ;
- composition des incertitudes ;
- expression du résultat de mesure (incertitude type, incertitude élargie,...) ;
- bilan des incertitudes ;
- optimisation du processus de mesure ;
- ajustement d'un modèle mathématique à des résultats expérimentaux.

Les sujets d'applications sont variés. Les auditeurs pourront proposer avant le début du module des cas pratiques rencontrés en cours de thèse.

Documents de références :

- JCGM 100 :2008(F) GUM 1995 Evaluation des données de mesure – Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure / Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement ;
- JCGM 101 :2008 Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Propagation of distributions using a Monte Carlo method ;
- JCGM 200:2012 Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM) 3ème édition / International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3<sup>rd</sup> edition.

**Indications complémentaires :**

Les étudiants doivent venir avec leur ordinateur portable pour traiter les sujets d'application avec au choix un simple tableur, MATLAB, ou encore Python...

Intitulé de la formation :	➤ <b>Mesures thermiques pour l'inversion (Ph. LEMASSON – IRDL)</b>
Spécialité (s)	Thermique
Responsable	Philippe Le Masson
Unité / Laboratoire	IRDL
Intervenant(s)	Philippe Le Masson – Thomas Pierre
Site* (de préférence plusieurs sites)	Lorient
Lieu (établissement)	UBS
Téléphone :	0297874552
E-mail (responsable)	Philippe.le-masson@univ-ubs.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	6 h cours / TD
Mots-clés :	Mesures thermiques, erreurs de mesure, Inversion de données
Période/planning	
Participation uniquement sur le site	Possibilité de la formation sur d'autres sites

## Détails de la formation

### Prérequis :

Transferts de la chaleur

### Contexte/problématique :

Analyse des erreurs de mesures thermiques autour d'essai expérimentaux et inversion des données

### Objectifs pédagogiques :

Intégrer les erreurs de mesure dans les méthodes d'estimation de paramètres et de fonctions

### Description détaillée du contenu de la formation :

Mesures thermiques pour l'inversion.

L'accent sur ces mini-cours sera mis sur la prise en compte des erreurs de mesures liées aux informations prises en compte dans les problèmes inverses.

Dans un premier temps, des exemples de mesure seront présentés. A partir, de ces mesures, une modélisation théorique du procédé sera réalisée. En complément, les hypothèses théoriques relatives aux effets intrusifs des capteurs de mesures sur les transferts de chaleur et les fonctions de transfert de l'information seront discutées. Enfin, des modélisations intégrant les capteurs seront proposées. Une comparaison entre les mesures théoriques issues du modèle parfait et celles issues du modèle avec capteur sera analysée.

Le domaine d'application concernera les capteurs de type thermocouple et de type radiatif.

Intitulé de la formation :	➤ <b>Rhéologie avancée du béton et nouveaux procédés de mise en œuvre (A. PERROT – IRDL)</b>
Spécialité(s)	Génie Civil, Génie des matériaux, Mécanique des milieux fluides
Responsable	Arnaud Perrot
Unité / Laboratoire	IRDL
Intervenant(s)	Arnaud Perrot
Site <sup>†</sup> (de préférence plusieurs sites)	Lorient
Lieu (établissement)	UBS
Téléphone :	0297874577 0609392629
E-mail (responsable)	arnaud.perrot@univ-ubs.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	9h cours
Mots-clés :	Rhéologie, matériaux cimentaires, impression 3D
Période/planning	2 demi-journées
Participation uniquement sur le site	Possibilité de la formation sur d'autres sites
Si oui, quels sites	Rennes, Nantes, Saint-Nazaire...
Mini / Maxi doctorants	4 / 20

## Détails de la formation

### Prérequis :

Notions de rhéologie – Formulation des bétons

### Contexte/problématique :

Depuis 30 ans, l'industrie du béton a connu une première révolution avec le contrôle et la modification de la rhéologie du béton avec l'ajout de molécules organiques (les superplastifiants) permettant d'augmenter la fluidité du béton en gardant un dosage en eau (et donc une résistance mécanique) constante ou de réduire la quantité d'eau (et donc augmenter les résistances mécaniques) à fluidité (ou consistance) égale. Ces progrès ont permis de proposer de nouvelles classes de bétons comme les bétons ultra-hautes performances ou les bétons très fluides appelés bétons autoplaçants. Ainsi, comprendre le rôle de l'adjuvantation sur le comportement du béton à l'état frais est aujourd'hui crucial pour pouvoir formuler des bétons performants.

Aujourd'hui, l'industrie de la construction béton se retrouve face à un nouveau défi qui est potentiellement une nouvelle révolution, celle de l'arrivée des robots et de la fabrication additive. Pour cela, il est nécessaire d'adapter le matériau béton à ces nouvelles techniques en mettant en évidence les paramètres rhéologiques et physiques impliqués dans les différentes étapes de ces nouveaux procédés de fabrication. Il est ainsi proposé dans cette formation de détailler ces nouveaux procédés et de détailler en retour les solutions à mettre en œuvre pour adapter la rhéologie du béton aux techniques de fabrication additive.



**Objectifs pédagogiques :**

Faire le lien entre composition des bétons et comportement rhéologique, comprendre les phénomènes physiques impliqués dans les procédés de mise en œuvre des matériaux à base cimentaire et plus généralement les fluides à seuil

**Description détaillée du contenu de la formation :**

- Les matériaux cimentaires à l'état frais : des suspensions colloïdales évolutives / 2h
- Les bétons : lien entre formulation et comportement rhéologique / 2h
- Application 1 : Le béton auto-plaçant du pompage au coulage dans des ouvrages de grande hauteur / 2h
- Application 2 : Vers la fabrication additive des ouvrages en béton – Adaptation du procédé et nouvelle méthode de design de ce nouveau matériau composite / 2h

Intitulé de la formation :	➤ <b>Kinematics and design of robots (Ph. WENGER – LS2N)</b>
Spécialité (s)	Robotique-mécanique
Responsable	Philippe Wenger
Unité / Laboratoire	LS2N
Intervenant(s)	Philippe Wenger
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Centrale Nantes
Téléphone :	0240376947
E-mail (responsable)	Philippe.Wenger@ls2n.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	10h de cours, possibilité TD (Matlab)
Mots-clés :	Choix et conception de robot, analyse des performances, cinématique, espace de travail, optimisation
Période/planning	
Participation uniquement sur le site	Possibilité de la formation sur d'autres sites

## Détails de la formation

### Prérequis :

Fondamentaux en mécanique du solide, matlab

### Contexte/problématique :

Intégration de nouveaux robots dans l'usine du futur : de nouveaux besoins en robotique sont apparus ces dernières années dans les sites de production pour lesquels les robots actuels ne sont plus adaptés. Ce cours propose des outils et méthodologies pour concevoir et intégrer des robots adaptés à tout type de besoin.

### Objectifs pédagogiques :

Savoir évaluer les performances de robots manipulateurs, comment les choisir et les concevoir en fonction d'un cahier des charges

### Description détaillée du contenu de la formation :

Introduction

Kinematic architecture of a robot

Number and type of joints and angles between joint axes link lengths and joint offsets

Selecting or designing a suitable robot: how to proceed?

Enumeration of the most significant requirements

Selection of a suitable robot as function of the requirements design of a new robot

Assessing the geometric and kinematic performance of a robot accessibility (workspace, collision-free workspace)

Ability of a robot to move between points

Ability of a robot to move along prescribed paths Local performance evaluation

Intitulé de la formation :	➤ <b>Introduction aux énergies marines renouvelables (A. BABARIT – LHEEA)</b>
Spécialité (s)	
Responsable	Aurélien BABARIT
Unité / Laboratoire	Centrale Nantes / LHEEA
Intervenant(s)	Aurélien BABARIT – Sandrine AUBRUN – Jean-Christophe GILLOTEAUX – Baptiste ELIE
Site <sup>‡</sup> (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Centrale Nantes
Téléphone :	02 40 37 15 51
E-mail (responsable)	Aurelien.babarit@ec-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	8h cours
Mots-clés :	Energie, énergies renouvelables, énergies marines renouvelables, éolien, hydrolien, énergie thermique des mers, houlomoteur, vent, vagues, courant, électricité, transition énergétique
Période/planning	
Participation uniquement sur le site	A évaluer au cas par cas

## Détails de la formation

### Prérequis :

Connaissances techniques et scientifiques de base.

### Contexte/problématique :

Les systèmes de récupération des EMRs constituent des objets technologiques innovants qui induisent de nouveaux défis scientifiques. Ces défis résultent d'un enjeu sociétal clé pour le développement de ces technologies : la réduction des coûts, des risques et l'amélioration des performances tant dans les phases de conception que d'exploitation. Nombre de ces défis sont pluridisciplinaires : comme tous systèmes de production d'énergétique, les systèmes EMRs sont des objets multi-physiques en interaction avec leur environnement marin et humain à de multiples échelles spatiales et temporelles.

A ce jour, il n'y a pas d'offre de formation initiale de niveau master sur les énergies marines renouvelables. Cela induit un manque de connaissances générales des jeunes chercheurs (doctorants) sur cette thématique. La présente formation vise à pallier ce problème.

### Objectifs pédagogiques :

- **Fournir les clefs de compréhension des enjeux et de la maturité des filières énergétiques** en brossant le **panorama des technologies** de l'éolien en mer, de l'hydrolien, de l'énergie thermique des mers et du houlomoteur ainsi que le **contexte de la transition énergétique et du marché de l'énergie électrique**.

**Description détaillée du contenu de la formation :**

1. Contexte de la transition énergétique du marché de l'électricité (1h)
2. Eolien en mer (3h) : ressource, technologie, performance, enjeux scientifiques et techniques
3. Hydrolien (1h): ressource, technologies, performance, enjeux scientifiques et techniques
4. Energie thermique des mers (1h): ressource, technologies, performance, enjeux scientifiques et techniques
5. Energie des vagues (1h): ressource, technologies, performance, enjeux scientifiques et techniques
6. Présentation d'un projet éolien en mer par un industriel (1h)

**Indications complémentaires :**

Cette formation s'appuie largement sur les formations ayant été proposées par le GDR EMR en 2016 et 2017. Ces formations ont remporté un vif succès avec une 50 de participants à chaque édition.  
<https://formationemr16.sciencesconf.org/>; <https://ecole-emr-2017.sciencesconf.org/>

Intitulé de la formation :	➤ <b>Collage des matériaux et structures (A. CHABOT – IFSTTAR)</b>
Spécialité (s)	Mécanique des Solides, des Matériaux, des Structures et des Surfaces
Responsable	A. Chabot, S. Chataigner
Unité / Laboratoire	IFSTTAR/ Département MAST
Intervenant(s)	A. Chabot, S. Chataigner, R. Créac'hcadec, X. Derobert, F. Jacquemin, V. Gaudefroy, M. Girard, J.M. Simonin
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes Brest
Lieu (établissement)	IFSTTAR, Université de Nantes, ECN ?, ENSTA Brest
Téléphone :	02 40 84 56 57, 02 40 84 58 14
E-mail (responsable)	sylvain.chataigner@ifsttar.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	12 h30 (maximum)
Mots-clés :	Assemblage, collage, mécanique, physico-chimie, CND
Période/planning	

## Détails de la formation

### Prérequis :

M2 en sciences pour l'ingénieur

### Contexte/problématique :

Collage des matériaux et structures

Le recours au collage structural comme méthode d'assemblage se développe dans plusieurs domaines (aéronautique, nautisme, génie civil, bio-mécanique, ...). Il permet d'associer des matériaux de nature différente (avec ou sans adhésifs) sans les fragiliser par perçage ou traitement thermique local. En revanche, le développement de son utilisation est encore freiné par un manque d'outils et de retour d'expérience relatifs à la caractérisation des mécanismes d'adhésion, à l'appréhension des transferts d'effort aux interfaces et à leur interaction avec les paramètres environnementaux, à l'optimisation et la durabilité de ce type d'assemblage et à son contrôle non destructif.

### Objectifs pédagogiques :

Introduction à la problématique de l'assemblage des matériaux par collage ; illustration des différentes disciplines utilisées dans le cadre de son analyse ; présentation des différentes techniques de caractérisation expérimentale et de modélisation.

### Description détaillée du contenu de la formation :

On propose le découpage suivant :

# Analyse mécanique des assemblages collés (A. Chabot + S. Chataigner, IFSTTAR) – 2h30

1) Modélisations multicouches et leurs applications (A. Chabot, S. Chataigner)

2) Essais de caractérisation :

- appliqués aux chaussées composites (A. Chabot)

- appliqués aux assemblages collés en Ouvrages d'Art (S. Chataigner)

# Adhésion à l'échelle micro appliquée aux matériaux de chaussées (V. Gaudefroy, IFSTTAR) – 2h30

1) Théorie adhésion - mouillage par une approche physico-chimique avec illustrations (film visuel expérience)

2) Problématique de la durabilité du collage à l'interface bitume/granulat en présence d'eau (du labo au chantier sur matériaux enrobés) avec illustrations sur les essais normalisés (NF, EU et US)

# Comportement mécanique des assemblages collés et caractérisation des adhésifs (R. Créac'hcadec, IRDL/ENSTA Bretagne) –2h30

- Description des essais de caractérisation des assemblages collés
- Méthodes de dimensionnement
- Exemples d'applications

# Durabilité des adhésifs et instrumentation dédiée (F. Jacquemin, M. Girard, GeM/IUT St Nazaire) – 2h

- Vieillesse humide de la colle
- Durabilité des assemblages collés en environnement humide
- Instrumentation

# Détection des défauts de collage (J.M. Simonin, X. Derobert, IFSTTAR) - 2h30

Les méthodes non destructives offrent une alternative intéressante aux méthodes destructives pour la caractérisation du collage dans les ouvrages de génie civil. La séance propose de découvrir ces techniques non destructives en présentant d'abord les principes physiques qui interviennent lors des essais, puis en mettant en évidence les avantages et limites de ces techniques sur des cas réels. La séance proposera également quelques exemples de traitement simple soit pour améliorer la résolution des mesures, soit pour transformer en indicateur opérationnel les mesures réalisées.

**Indications complémentaires :**

- Pour la version 2018, il n'est pas envisagé de TPs, ni de TDs, les interventions seront donc sous forme de séminaires/présentations.

Intitulé de la formation :	➤ <b>Introduction to hydrodynamic stability (C. COSSU – LHEEA)</b>
Spécialité(s)	Mécanique des milieux fluides
Responsable	Carlo COSSU (directeur de recherche au CNRS)
Unité / Laboratoire	Centrale Nantes / LHEEA
Intervenant(s)	Carlo COSSU
Site <sup>s</sup> (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Centrale Nantes
Téléphone :	02 40 37 68 49
E-mail (responsable)	carlo.cossu@ec-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	10h cours / 2h TD
Période/planning	de 9h30 à 12h30 les jeudis 20/9, 27/9, 4/10 et 11/10/2018
Mini/Maxi doctorants	Salle D028 + Visioconférence

## Détails de la formation

### Prérequis :

Notions élémentaires d'algèbre linéaire (espace vectoriel, opérateur linéaire, problèmes aux valeurs propres) et de mécanique des fluides.

### Contexte/problématique :

Instability, unpredictability and disorder are very often encountered in natural, technological, ecological, economic and social systems with important consequences on forecasting, design and decision making. These concepts have been historically introduced in the study of the laminar-turbulent transition in fluid flows, where they still represent an active field of research.

### Objectifs pédagogiques :

To know the basic stability concepts and the main physical mechanisms of instability in fluids (e.g. shear and buoyancy-induced instabilities). Be able to perform the linear stability analysis and generalized stability analysis of steady and periodic solutions of ordinary and partial differential equations.

### Description détaillée du contenu de la formation :

Each session (3h) consists of 2 full lectures and a set of solved exercices.

Lecture 1 Motivations, problem setting, basic definitions

Lecture 2. Linear stability analysis, the method of normal modes for ordinary differential equations. Analysis of the eigenvalue spectrum.

Lecture 3. The method of normal modes for partial differential equations for spatially confined and spatially unconfined systems. Relevant curves and classification of instabilities.

Lecture 4. The Rayleigh-Bénard instability (natural convection), Kelvin-Helmholtz and Rayleigh-Taylor instabilities (interfacial).

Lecture 5. Kinetic energy production and dissipation in laminar shear flows. Squire theorems. Orr-Sommerfeld equation. Inviscid modes, Rayleigh equation, inflectional instabilities.

Lecture 6. The Rayleigh's theorem paradox and viscous instabilities. Tollmien-Schlichting waves in the channel and in boundary layers. The classical transition scenario in boundary layers and the most used control techniques.

Lecture 7 : Transient energy growths, non-normal operators, optimal energy amplifications in stable and unstable systems: initial-values problems and response to forcing.

Lecture 8 : Non normal amplifications in parallel flows, the Orr-Sommerfeld-Squire system, the lift-up effect and the Orr mechanism, quasi-streamwise vortices and streaks. Subcritical transition to turbulence in shear flows and relation to coherent structures in turbulent flows.

**Indications complémentaires :**

Formateur : Carlo Cossu, Directeur de recherche au CNRS

Page WEB : <https://lhea.ec-nantes.fr/m-carlo-cossu--208323.kjsp>

Merci de patienter encore un peu. J'ai relancé les membres du Bureau. Il faut que le circuit des signatures corresponde au nouveau RI de l'ED et se conforme au "moule" UBL.



Intitulé de la formation :	➤ <b>Eléments fondamentaux de statistiques et de fiabilité des systèmes (A. KOBI et B. CASTANIER)</b>
Spécialité (s)	Génie industriel – Procédés de fabrication, Optimisation de Process et de produits
Responsable	Abdessamad KOBI et Bruno CASTANIER
Unité / Laboratoire	Equipe SFD du LARIS (EA 7315)
Intervenant(s)	Abdessamad KOBI, Bruno CASTANIER
Site	Angers
Lieu (établissement)	ISTIA – 62 avenue Notre-Dame-du-Lac, 49000 Angers
Téléphone :	0244687531
E-mail (responsable)	Abdessamad.kobi@univ-angers.fr ; bruno.castanier@univ-angers.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	6h CM / 6h TD
Mots-clés :	Métriques de fiabilité, fiabilité opérationnelle, estimation, processus stochastiques
Période/planning	

## Détails de la formation

**Prérequis :** Eléments de base de la statistique mathématique et des probabilités

**Contexte/problématique :** L'amélioration des performances de fonctionnement d'un système passe par la compréhension et la maîtrise des défaillances. Cette compréhension peut être vue comme la combinaison d'analyses d'ingénierie sur les mécanismes de défaillance et l'utilisation des données de retour d'expérience permettant par ailleurs de calibrer les modèles associés, supports à la décision.

**Objectifs pédagogiques :** Les objectifs pédagogiques sont de sensibiliser les étudiants aux applications des mathématiques à un domaine de l'ingénierie tels que la fiabilité des systèmes et d'ouvrir sur quelques problématiques de recherche.

### Description détaillée du contenu de la formation :

La formation se déroulera en 2 parties

*Partie 1 : « Statistiques : concepts, théorie et applications » (6h – Enseignant A. Kobi)*

L'objectif est d'aborder les bases et les concepts statistiques pour pouvoir appréhender les problématiques industrielles et en particulier l'estimation des métriques de la sûreté de fonctionnement. Ces concepts ; lois de distributions, estimation, tests d'hypothèses, analyse de la variabilité, analyse de données, etc... seront présentés d'une manière théorique tout en s'appuyant sur des applications dans différents domaines (Aéronautique, Automobile, Electronique, ...).

*Partie 2 : « Fiabilité des systèmes : Concepts et théorie. » (6h – B. Castanier).*

On présentera les concepts de base de la théorie de la fiabilité des systèmes dits complexes en relation avec les bases de données de retour d'expérience. Les différentes définitions et métriques seront retrouvées à partir des bases de données pour des systèmes dits simples. Une ouverture sur différentes problématiques abordées dans le cadre du LARIS comme par exemple l'estimation des données censurées ou la fiabilité avec données de dégradation sera effectuée. Enfin quelques modèles avancés pour des systèmes complexes seront introduits.

**Indications complémentaires :** Apportez vos ordinateurs portables

Intitulé de la formation :	➤ <b>Planification robuste d'essais accélérés et leur modélisation – "Estimation de la fiabilité par les essais &amp; Analyse Bayésienne des Données" (D. BIGAUD – LARIS)</b>
Spécialité (s)	Procédés de fabrication, Optimisation de Process et de produits - Génie Civil
Responsable	David BIGAUD
Unité / Laboratoire	Equipe SFD du LARIS (EA 7315)
Intervenant(s)	David BIGAUD
Site (de préférence plusieurs sites)	Angers, Le Mans, Nantes
Lieu (établissement)	ISTIA – 62 avenue Notre-Dame-du-Lac, 49000 Angers
Téléphone :	0244687551
E-mail (responsable)	david.bigaud@univ-angers.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	5h CM / 3h TD
Mots-clés :	Analyse bayésienne, essais accélérés, estimation de la fiabilité
Période/planning	
Mini/Maxi doctorants	6/12

## Détails de la formation

### Prérequis :

Eléments fondamentaux de statistiques et de fiabilité parties 1 et 2.

### Contexte/problématique :

Les essais accélérés se composent d'une variété de techniques d'essai pour diminuer la durée de vie des produits ou accélérer les processus dégradation. Ils sont utilisés pour obtenir la loi de fiabilité ou d'autres caractéristiques de fiabilité (taux de défaillance, temps de défaillance, etc.) des produits (systèmes ou composants) dans des délais plus courts. L'intérêt du théorème de Bayes dans le cadre d'essais est de compenser la faible taille d'échantillon à tester et les censures nombreuses par l'intégration de l'information préalable obtenue par l'expertise ou la prise en compte de résultats d'essais des produits identiques, semblables ou de premières générations. L'information préalable en condition normale d'utilisation du produit sera assimilée à un résultat d'essais hypothétique (a priori) combiné aux valeurs de tests réels en utilisant l'inférence bayésienne.

### Objectifs pédagogiques :

Savoir estimer la fiabilité d'un système (matériau, composant, ...) à partir d'essais accélérés conduits à partir d'un plan optimisé avec censure de temps ou non.

### Description détaillée du contenu de la formation :

1. Analyse Bayésienne des Données
  - Inférence bayésienne
  - Analyse Bayésienne
  - Régression Bayésienne
2. Estimation de la fiabilité par les essais

- Estimation par les essais accélérés (modèle standard de durée de vie accélérée "SVA", estimation de paramètres) Estimation à partir d'essais censurés
  - o Application numérique sur un modèle de durée de vie (fil conducteur : données sur roulement à bille ou autre composant mécanique)
- Estimation Bayésienne (application de l'inférence Bayésienne au modèle SVA)
  - o Application numérique sur un modèle de durée de vie (même fil conducteur)

**Indications complémentaires :**

Des exemples programmés sur Matlab seront exploités en TD - Apporter ordinateurs portables avec Matlab installé ou cours en salle informatique équipée de Matlab.

Intitulé de la formation :	➤ <b>Méthodes de propagation d'incertitude et les stratégies de couplage mécano-probabiliste (H. RIAHI – LARIS)</b>
Spécialité (s)	Procédés de fabrication, Optimisation de Process et de produits - Génie Civil
Responsable	Hassen RIAHI
Unité / Laboratoire	Equipe SFD du LARIS (EA 7315)
Intervenant(s)	Hassen RIAHI
Site (de préférence plusieurs sites)	Angers
Lieu (établissement)	ISTIA – 62 avenue Notre-Dame-du-Lac, 49000 Angers
Téléphone :	0244687557
E-mail (responsable)	hassen.riahi@univ-angers.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	5h CM / 5h TD
Mots-clés :	Analyse de tendance centrale, analyse de sensibilité, analyse d'incertitudes, couplage mécano-probabiliste
Période/planning	

## Détails de la formation

### Prérequis :

Eléments fondamentaux de statistiques et de fiabilité parties 1 et 2.

### Contexte/problématique :

Le dimensionnement des structures en ingénieries civil et mécanique doit tenir compte des incertitudes qui peuvent entacher la géométrie, les propriétés des matériaux et le chargement, d'une part pour éviter les surcoûts financiers que peut engendrer un surdimensionnement, et d'autre part pour mieux maîtriser des événements de défaillance. L'expérience a montré que la meilleure façon de s'y faire est l'utilisation des approches probabilistes. Le défi actuel des chercheurs dans ce domaine est de développer des approches réalistes et simples pour être utilisées par les ingénieurs.

### Objectifs pédagogiques :

Maîtriser les trois finalités du calcul probabiliste, à savoir l'analyse de tendance centrale, l'analyse de sensibilité et l'analyse de fiabilité, et être capable de mettre en œuvre une stratégie de couplage entre une procédure de calcul probabiliste et un modèle physique explicite ou implicite.

### Description détaillée du contenu de la formation :

Partie 1 (5 h)

1. Modèles probabilistes pour la modélisation de l'incertain
  - Variables aléatoires
  - Processus et champs aléatoires
  - Transformations iso-probabilistes
2. Finalités du calcul probabiliste
  - Analyse de tendance centrale
  - Analyse de sensibilité
  - Analyse de fiabilité
3. Méthodes classiques de propagation d'incertitude

- Méthodes de fiabilité de premier et de second ordre
- Simulations de Monte-Carlo et ses variantes
- Méthodes de criblage
- Décomposition de la variance – Indices de SOBOL

#### Partie 2 (5 h)

##### 4. Méthodes avancées de couplage mécano-probabiliste

- Typologies de couplages
- Méthode des surfaces de réponses quadratiques
- Méthode de collocation stochastique
- Méthode des Chaos polynomial
- Méthode de réduction de la dimension

##### 5. Applications numériques

- Manipulation des différentes méthodes de calcul probabiliste présentées dans la partie théorique à travers des applications en ingénieries civil et mécanique. Les modèles mécaniques sont soit sous une forme explicite (issue d'une modélisation par la RDM), ou sous une forme implicite (issue d'une modélisation par les éléments finis).
- Etudier l'effet, de la dimension probabiliste (nombre de paramètres incertains), du niveau de fiabilité à estimer, de l'ordre du moment statistique, de l'ordre des interactions, et de la corrélation entre paramètres incertains, sur la précision et l'efficacité de la stratégie du couplage mécano-probabiliste.

#### **Indications complémentaires :**

TD sur Python et R - Apporter ordinateurs portables.

Intitulé de la formation :	➤ <b>Modélisation Multi-Physique sous ANSYS-FLUENT: le cas des écoulements multi espèces réactifs. (Ph. MANDIN – IRDL)</b>
Spécialité (s)	Mécanique des fluides, thermique, combustion, génie des procédés, énergétique, électrochimie
Responsable	Pr. Philippe MANDIN
Unité / Laboratoire	IRDL
Intervenant(s)	Philippe MANDIN
Site (de préférence plusieurs sites)	Lorient
Lieu (établissement)	IRDL
Téléphone :	0662575832
E-mail (responsable)	Philippe.mandin@univ-ubs.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	4h CM, 4hTD 4hTP ou 8hTP
Mots-clés :	Modélisation multi physique volumes finis ANSYS FLUENT
Période/planning	A définir

### Détails de la formation

#### Prérequis :

Analyse numérique, équations de conservation, résolution volumes finis, mécanique des fluides, thermique, combustion, génie des procédés

#### Contexte/problématique :

Modélisation proche de l'expérimental. Construction d'information par modélisation. Compréhension des phénomènes élémentaires couplés, de transferts et chimiques durant un procédé.

#### Objectifs pédagogiques :

Gagner la compétence de modélisation volumes finis avec le logiciel ANSYS-FLUENT

#### Description détaillée du contenu de la formation :

CM de présentation d'exemples de travaux effectués. TD de préparation des TP. TP1 sur la modélisation aéro thermo chimique au sein d'un réacteur. TP2 sur la modélisation de la combustion.

Intitulé de la formation :	➤ <b>Formation Modélisation empirique, plans d'expériences (Ph. MANDIN – IRDL)</b>
Spécialité (s)	Toutes les sciences : Mécanique des fluides, thermique, combustion, génie des procédés, énergétique, électrochimie mais aussi mécanique et matériaux, chimie, biologie, etc...
Responsable	Pr. Philippe MANDIN
Unité / Laboratoire	IRDL
Intervenant(s)	Philippe MANDIN
Site (de préférence plusieurs sites)	Lorient
Lieu (établissement)	IRDL
Téléphone :	0662575832
E-mail (responsable)	Philippe.mandin@univ-ubs.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	2h CM, 4hTD 4hTP
Mots-clés :	Modélisation empirique, plans d'expériences
Période/planning	A définir

## Détails de la formation

### Prérequis :

Probabilités, statistiques, calcul matriciel, excel...

### Contexte/problématique :

Modélisation empirique. Évaluation de sensibilités. Validation de modélisations multi physiques. Construction d'un plan d'expériences.

### Objectifs pédagogiques :

Gagner la compétence de modélisation empirique, d'interpolation. Etablir la sensibilité des réponses d'une boîte noire à des paramètres d'entrée. Assurer la validation complète d'un modèle multi-physique.

### Description détaillée du contenu de la formation :

CM de présentation d'exemples de travaux effectués. TD de préparation des TP. TP pour établir un modèle empirique dans des cas pratiques.

Intitulé de la formation :	<b>➤ Les Rendez-Vous scientifiques MAST (F. ANFOSSO LÉDÉE – IFSTTAR)</b>
Spécialité(s) :	<input type="checkbox"/> Acoustique <input type="checkbox"/> Architecture et Etudes Urbaines <input type="checkbox"/> Energétique-Thermique-Combustion <input checked="" type="checkbox"/> Génie Civil <input type="checkbox"/> Génie Mécanique <input type="checkbox"/> Génie des Procédés et Bioprocédés <input type="checkbox"/> Génie Industriel <input type="checkbox"/> Génie des Matériaux <input type="checkbox"/> Génie électrique <input type="checkbox"/> Productique - Mécanique <input type="checkbox"/> Procédés de Fabrication, Optimisation de Process et de produits <input type="checkbox"/> Robotique - Mécanique <input type="checkbox"/> Mécanique des Milieux Fluides <input checked="" type="checkbox"/> Mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces
Responsable :	Fabienne Anfosso Lédée
E-mail (responsable) :	Fabienne.anfosso@ifsttar.fr
Téléphone :	02 40 84 57 92
Unité / Laboratoire :	IFSTTAR / MAST
Intervenant(s) :	Chercheurs du département MAST et parfois partenaires extérieurs
Site(s) d'intervention : Plusieurs choix possibles	<b>ANGERS</b> <input type="checkbox"/> <b>BREST</b> <input type="checkbox"/> <b>LORIENT</b> <input type="checkbox"/> <b>LE MANS</b> <input type="checkbox"/> <b>NANTES</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>RENNES</b> <input type="checkbox"/>
Lieu (établissement) :	IFFSTAR (Bouguenais), en principe en salle R210 (sauf mention contraire) de 10h30 à 12h Le vendredi matin (en général le 1 <sup>er</sup> de chaque mois) <a href="http://www.ifsttar.fr/fileadmin/redaction/6_nous-rejoindre/plan-acces/Maj_23_04_2018_Ifsttar_planAcces_Nantes.pdf%20">http://www.ifsttar.fr/fileadmin/redaction/6_nous-rejoindre/plan-acces/Maj_23_04_2018_Ifsttar_planAcces_Nantes.pdf%20</a>
Volume horaire :	<b>H.TD</b> <b>12 H.COURS</b> <b>H.TP</b> 8 séances de 1h30
Mots-clés :	
Période/planning prévisionnel :	De 01/10/2018      A <b>31/07/2019</b>
Possibilité de la formation sur d'autres sites par visio :	OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/>
Remarques :	<b><i>Validation des heures</i></b> <b><i>12 h "scientifiques" pour 8 séances sur 1 an seulement</i></b> <b><i>Feuille horaire d'émargement signée par l'intervenant transmise directement à l'ED"</i></b> Présence à 7 séances : 10h30 validées présence à 6 séances : 9h validées présence à 5 séances : 7h validées présence à 4 séances : 5h validées <u>présence à 3 séances et moins : 0h validées</u>

## Détails de la formation



**Prérequis :**

M2 en sciences pour l'ingénieur

**Contexte/problématique :**

Les séminaires scientifiques mensuels appelés « rendez-vous MAST » sont un des éléments important de l'animation scientifique du Département Matériaux et Structures (MAST) de l'Ifsttar depuis 2015. Ils visent d'abord à favoriser la transversalité des recherches entre les différents laboratoires/équipes du département. Ces travaux de recherche sont organisés jusqu'à 2020 autour des thématiques suivantes (<http://www.mast.ifsttar.fr/linstitut/mast/thematiques/>):

La durabilité des infrastructures stratégiques

Le développement d'une économie circulaire de la construction

Les innovations de rupture dans les infrastructures de transport

**Objectifs pédagogiques :**

Les « rendez-vous MAST » permettent aux chercheurs et doctorants du Département d'échanger, de partager leurs méthodes, leurs travaux, leurs résultats, leurs interrogations. Ouverts également à tous les agents de l'Ifsttar et à tous les étudiants des écoles doctorales SPI (UBL) et SIE (Marne-la-Vallée), ils permettent également de faire connaître les recherches menées au sein de Département et de disséminer une culture scientifique plus large sur les matériaux et les structures du génie civil.

Les doctorants peuvent ainsi développer des connaissances scientifiques en génie civil au-delà des frontières parfois étroites de leur sujet. Ils découvrent ainsi d'autres objets d'application, d'autres approches, modèles ou techniques expérimentales. Par ailleurs, certains doctorants (en principe en dernière année) ont également l'occasion de présenter leurs travaux de thèse aux autres chercheurs du Département.

**Description détaillée du contenu de la formation :**

Chaque Rendez-vous, piloté par Fabienne Anfonso-Lédée (Ifsttar - MAST), est organisé autour d'un thème et comporte 2 exposés (45 mn chaque questions incluses), issus de travaux réalisés dans deux laboratoires (équipes) différents du Département, l'un situé sur le site de Marne la Vallée, l'autre sur le site de Nantes -Bouguenais. Des chercheurs invités au sein de ces équipes peuvent également présenter leurs travaux. Ce sont en général des sujets aboutis qui ont été traités au sein du département MAST, des thèses ou des projets qui se terminent. A l'occasion, des partenaires extérieurs interviennent (professeurs invités, partenaires de projet). La séance d'1h30 est retransmise en visio-conférence entre les deux sites, ce qui permet une séance de questions/discussions entre les agents des 2 sites à l'issue de chaque exposé.

Les prochaines formations "Rendez-Vous MAST" sont programmées aux dates suivantes :

**Séance du 5 octobre 2018 : Durabilité des matériaux**

- Recent trends on control of cracking of mass concrete structures in Japan and outline of my research activities, Professor Toshiaki MIZOBUCHI, Department of Civil and Environmental Engineering, HOSEI University, Japan

- Adhésion et tenue à l'eau des matériaux bitumineux pour chaussée routière, Justine Vinet, laboratoire MIT

**Séance de 9 novembre 2018 : Modélisation et instrumentation des structures ferroviaires**

- Instrumentation de la LGV BPL, étude d'une structure grave-bitume sous ballast, Diana KERALA, Juliette BLANC, laboratoire LAMES

- Modélisation des structures ferroviaires (titre à préciser), Denis Duhamel, laboratoire NAVIER

**Séance du 7 décembre 2018 : Développement d'équipements remarquables de laboratoire**

- Présentation du liquéfacteur pour la fabrication de bitumes biosourcé (titre à préciser), Stéphane LAVAUD, laboratoire MIT

- (autre présentation à préciser du laboratoire FM2D ou CPDM)

**Séance du 11 janvier 2019 : Modélisation et Expérimentation Multi-Échelle des Matériaux pour la Construction Durable**

- présentation des activités phares du Labex MMCD, Michel BORNERT, ENPC, Laboratoire NAVIER  
(une seule présentation "double" ce jour-là)

**Séance du 1er février 2019 : matériaux biosourcés du génie civil**

- Les écobétons (titre à préciser), Mr ? Professeur Québécois invité au laboratoire CPDM  
- les enrobés biosourcés pour les routes (titre et intervenant à préciser), laboratoire MIT

**Séance du 5 avril 2019 : non encore définie à ce jour**

**Séance du 7 juin 2019 : non encore définie à ce jour**

**Séance du 5 juillet 2019 : non encore définie à ce jour**

Intitulé de la formation :	➤ <b>Modèles physiques, numériques et identification : présentation d'exemples dans le domaine du génie civil (O. CHUPIN – IFSTTAR)</b>
Spécialité(s) :	<input checked="" type="checkbox"/> Acoustique <input type="checkbox"/> Architecture et Etudes Urbaines <input type="checkbox"/> Energétique-Thermique-Combustion <input checked="" type="checkbox"/> Génie Civil <input type="checkbox"/> Génie Mécanique <input type="checkbox"/> Génie des Procédés et Bioprocédés <input type="checkbox"/> Génie Industriel <input type="checkbox"/> Génie des Matériaux <input type="checkbox"/> Génie électrique <input type="checkbox"/> Productique - Mécanique <input type="checkbox"/> Procédés de Fabrication, Optimisation de Process et de produits <input type="checkbox"/> Robotique - Mécanique <input type="checkbox"/> Mécanique des Milieux Fluides <input type="checkbox"/> Mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces
Responsable :	O. Chupin
E-mail (responsable) :	olivier.chupin@ifsttar.fr
Téléphone :	02 40 84 57 86
Unité / Laboratoire :	IFSTTAR - MAST
Intervenant(s) :	M. Blanc, B. Gauvreau, P.O. Vandanjon, J. Cesbron, B. Cazacliu, T. Lorino
Site(s) d'intervention : Plusieurs choix possibles	<b>ANGERS</b> <input type="checkbox"/> <b>BREST</b> <input type="checkbox"/> <b>LORIENT</b> <input type="checkbox"/> <b>LE MANS</b> <input type="checkbox"/> <b>NANTES</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>RENNES</b> <input type="checkbox"/>
Lieu (établissement) :	<b>A déterminer</b>
Volume horaire :	<b>H.TD</b> <b>H.COURS</b> <b>H.TP</b>
Mots-clés :	modélisation physique, problème inverse, acoustique et méthode des éléments frontières, contact, statistique, rhéologie
Période/planning prévisionnel :	De 01/10/2018                      A 31/07/2019 12h (4×3h)
Possibilité de la formation sur d'autres sites par visio :	OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
Remarques :	

### Détails de la formation

#### Prérequis :

Master 2 en sciences pour l'ingénieur

#### Contexte/problématique :

Cette formation propose aux doctorants une ouverture scientifique vers des domaines de recherche appliquée étudiés à l'Ifsttar (géotechnique, acoustique, rhéologie...), s'appuyant pour certains sur des équipements de grande taille tels que la centrifugeuse géotechnique ou encore la salle semi-anéchoïque. Elle présente au travers d'applications variées la mise en œuvre pratique d'outils de modélisation et d'indentification utilisés en sciences pour l'ingénieur.

**Objectifs pédagogiques :**

Présentation d'outils de modélisation et de méthodes d'identification appliqués aux sciences pour l'ingénieur

Illustration de la mise en œuvre de ces outils/méthodes au travers d'exemples pratiques d'applications du génie civil

**Description détaillée du contenu de la formation :**

La formation est composée de 6 séances dont le contenu est résumé ci-dessous à partir de mots clés.

**Séance 1 : Modèles physiques en génie civil (M. Blanc, Ifsttar - GERS)**

Notion de modèle physique – Conditions de similitudes (fondement, conséquences) – Différents domaines d'application des modèles réduits en génie civil – Cas des ouvrages géotechniques et des interactions sol-structure – Exemples d'applications récentes

**Séance 2 : Place de la modélisation physique dans la recherche (B. Gauvreau, Ifsttar - AME)**

Etude et simulation de l'effet de paramètres climatiques sur les systèmes et structures – Modélisation physique et essais en soufflerie climatique – Modélisation numérique de la propagation acoustique – Couplage des modèles météorologiques et acoustiques – Modèles réduits en salle semi-anéchoïque

**Séance 3 : Introduction au problème inverse (P.O. Vandanjon, Ifsttar --AME )**

Problème sous déterminé – Problème sur déterminé – Identifications de paramètres – Information a priori – Résolution et erreur – Linéarisation – Matrice inverse généralisée – Matrice de covariance

**Séance 4 : Modélisation du bruit de contact pneumatique/chaussée (J. Cesbron, Ifsttar - AME)**

Illustration de la méthode des éléments frontières appliquée à un problème d'acoustique (bruit routier) – Amplification du bruit par effet dièdre – Modélisation à deux échelles du contact pneumatique/chaussée

**Séance 5 : Rhéologie et mélange (B. Cazacliu, Ifsttar - MAST)**

Théorie du mélange granulaire – Comportement rhéologique des matériaux granulaires – Notions de mécanique des fluides utiles pour le problème de mélange

**Séance 6 : Introduction à la statistique à partir du logiciel R (T. Lorino, Ifsttar - AME)**

Présentation des logiciels R et RStudio – Introduction au langage R – Manipulation des objets et fonctions statistiques basiques – Régression linéaire – Tests de comparaisons de moyennes et variances

– Analyse en composantes principales

Intitulé de la formation :	➤ <b>Python pour les scientifiques (C. DESJOUY – LAUM)</b>
Spécialité (s)	Calcul numérique
Responsable	Cyril Desjoux
Unité / Laboratoire	LAUM
Intervenant(s)	Cyril Desjoux
Site* (de préférence plusieurs sites)	Le Mans
Lieu (établissement)	Université du Mans
Téléphone :	
E-mail (responsable)	cyril.desjoux@univ-lemans.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	8h (CM+TP)
Mots-clés :	Programmation, calcul numérique
Période/planning	

## Détails de la formation

### Prérequis :

Aucun

### Contexte/problématique :

### Objectifs pédagogiques :

Apprendre les bases de la programmation sous Python

### Description détaillée du contenu de la formation :

- 1 – Les bases de Python
- 2 – L'algorithmique
- 3 – Le calcul scientifique
- 4 – Les figures avec Matplotlib
- 5 – Notions d'optimisation de code de calcul

Intitulé de la formation :	➤ <b>Présentation orale (J. Wackers - LHEEA)</b>
Spécialité (s)	
Responsable	Jeroen Wackers
Unité / Laboratoire	LHEEA
Intervenant(s)	Jeroen Wackers
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Centrale Nantes
Téléphone :	0240371681
E-mail (responsable)	jeroen.wackers@ec-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	3h cours, 4h TP
Mots-clés :	présentation orale, structuration d'une présentation, techniques de présentation, préparation de transparents
Période/planning	

## Détails de la formation

### Contexte/problématique :

Un scientifique aujourd'hui est régulièrement emmené à présenter ses travaux et la dissémination de son travail dans la communauté scientifique peut dépendre de la qualité de ses présentations.

### Objectifs pédagogiques :

Ce cours vise à apporter des techniques et des conseils qui peuvent permettre à chacun de présenter son travail de façon claire, compréhensible et intéressante, ainsi que de s'adapter aux conditions extérieures pour une présentation (durée, occasion, niveau et intérêts du public...)

### Description détaillée du contenu de la formation :

La formation consisterait en 3 modules qui contiennent toutes une partie théorique, suivie par une mise en pratique du thème qui peut être basé sur le travail scientifique de chaque participant.

#### Module 1 : Structurer une présentation

- Analyse préalable des contraintes : durée de la présentation, public, ...
- Formuler une question centrale.
- Choisir le contenu : quel niveau de détail ? quels sujets traiter ou ignorer ?
- Comment choisir une introduction efficace ?
- La bonne approche pour une conclusion.
- TP : Ecrire une structure de présentation, avec relecture par un collègue et discussion dans le groupe.

#### Module 2 : Techniques de présentation orale

- Interaction avec le public : regard, voix, gestes.
- Comment accrocher les auditeurs par l'introduction ?
- Fournir une conclusion mémorable.
- Gestion du temps, techniques pour maîtriser la durée de la présentation.
- TP : Présentations très courtes (2 – 4 minutes) suivi par une analyse avec le groupe.

#### Module 3 : Créer et utiliser des transparents

- Choisir le texte sur un transparent : limitations et styles efficaces.
- Créer des images claires.
- Comment expliquer des équations ?
- Tester et auto-évaluer ses transparents.
- TP : dans une session plus longue avec préparation, qui regroupe l'ensemble du contenu du cours, chaque participant donne une courte présentation en se basant sur des transparents.

Intitulé de la formation :	➤ <b>Analyse de Cycle de Vie (Anne VENTURA)</b>
Spécialité (s)	Toutes spécialités
Responsable	Anne Ventura
Unité / Laboratoire	IFSTTAR / MAST et IRSTEA
Intervenant(s)	
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Nantes : ECN-IRSTV ou Polytech ou IFSTTAR
Téléphone :	02 40 84 58 11
E-mail (responsable)	anne.ventura@ifsttar.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	Cours : 30h
Mots-clés :	Environnement, écoconception, OpenLCA
Période/planning	1 semaine complète (type « Université d'été »)

## Détails de la formation

### Prérequis :

Aucune connaissance préalable en Analyse de Cycle de Vie n'est nécessaire, le cours s'adresse à des étudiants à partir du niveau master 2.

### Contexte/problématique :

De nombreuses formations d'ingénierie proposent des formations en Analyse de Cycle de Vie (ACV), mais celles-ci sont souvent de quelques heures et correspondent plus à une initiation introductive qu'à une réelle compétence. Cependant, du fait de nouvelles réglementations, le monde professionnel requiert non seulement de plus en plus de compétences en ACV, mais que ces compétences soient partagées par des personnes issues de différentes formations et disciplines. En effet, un travail collectif et transdisciplinaire est une condition nécessaire pour les études ACV, afin que celles-ci soient à la fois pertinentes et approfondies.

### Objectifs pédagogiques :

Ce cours vise à familiariser les étudiants de diverses origines avec la méthode Analyse de Cycle de Vie, son utilisation, et sa mise en pratique avec le logiciel OpenLCA. Sa forme favorise également le travail en groupe.

### Description détaillée du contenu de la formation :

#### Indications complémentaires :

Les cours nécessitent du matériel informatique et une installation logicielle préalable, ils ne sont donc pas facilement transposables à un autre site.

Les travaux pratiques reposent sur l'utilisation d'une application qui permet aux étudiants d'être autonomes et de s'auto-tester au cours des séances, pour avancer à leur rythme.

Les cours peuvent être proposés en français et en anglais, ils ont pour objectifs d'être ouverts à l'international.

L'objectif est également d'obtenir une labellisation de la formation par le réseau EcoSD (réseau national des entreprises et chercheurs en écoconception, [www.ecosd.fr](http://www.ecosd.fr)) ce qui implique de réserver un nombre de place aux adhérents de ce réseau.

En dehors de la responsable de formation, les intervenants peuvent varier selon les années.



Intitulé de la formation :	➤ <b>Introduction aux méthodes de corrélation d'images numériques (Michel CORET)</b>
Spécialité (s)	Mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces, Génie civil
Responsable	Michel Coret
Unité / Laboratoire	GeM/UMR 6183
Intervenant(s)	Julien Réthoré, Michel Coret
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Centrale Nantes
Téléphone :	0240371636
E-mail (responsable)	michel.coret@ec-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	Cours 2h / TD 2h / TP 4h
Mots-clés :	Corrélation d'images, mesure de champ de déplacement, expérimentation mécanique
Période/planning	

## Détails de la formation

### Prérequis :

Fondamentaux en mécanique du solide et mécanique numérique, bases de Matlab

### Contexte/problématique :

Avec la démocratisation de la photographie numérique, depuis maintenant une quinzaine d'années, les mesures de champ de déplacement ont fait leur apparition dans tous les laboratoires de mécanique. À l'aide d'un simple appareil photo et d'un logiciel de corrélation d'images, il est possible de mesurer très rapidement des champs de déplacement complexes pour des échantillons de toutes tailles. Les champs obtenus sont alors aisément comparables à des simulations numériques à des fins de validation ou d'identification. Utilisables également pour l'obtention de champs de déplacements tridimensionnels (surfiques avec 2 caméras ou volumique avec des scans) ces mesures sont en passe de remplacer les capteurs de déplacement scalaire et de rendre obsolètes la plupart des essais 'simples'.

Cette formation vise à introduire une méthode de corrélation d'images, à la programmer et la mettre en œuvre sur un essai réel.

### Objectifs pédagogiques :

- Connaître les équations de la corrélation d'images
- Comprendre les paramètres influents d'un algorithme de corrélation et savoir les régler
- Savoir mettre en place une mesure par corrélation d'images et réaliser son analyse

### Description détaillée du contenu de la formation :

1. Bases théoriques et numériques

Cours : 2h

- Présentation de champ de déplacement par corrélation d'images
- Mise en place des équations à résoudre (équation du flot optique)
- Méthodes de résolution, méthode de régularisation

TD : 2h

- Mise en œuvre numérique
2. Bases expérimentales – TP : 4h
- Rappels sur la prise de photo numérique
  - Création de mouchetis
  - Réalisation d'un essai mécanique simple avec prise d'image
  - Mesure et analyse de champs de déplacement avec le logiciel Ufreckles

**Indications complémentaires :**

Le TD numérique nécessite un ordinateur portable avec matlab

Intitulé de la formation :	➤ <b>Techniques de simulation numérique en vibrations-acoustique par la Méthode des Eléments Finis sous COMSOL (Adrien PELAT)</b>
Spécialité (s)	acoustique, génie mécanique, mécanique des milieux fluides, mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces
Responsable	Adrien Pelat
Unité / Laboratoire	LAUM UMR CNRS 6613
Intervenant(s)	Adrien Pelat
Site <sup>††</sup> (de préférence plusieurs sites)	Le Mans Angers/Nantes/Rennes éventuellement si le nombre d'étudiants est suffisant
Lieu (établissement)	Le Mans Université
Téléphone :	02 43 83 39 81
E-mail (responsable)	adrien.pelat@univ-lemans.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	4 séances de 3 h de cours/TP sur machine
Mots-clés :	Simulations numériques, méthode des éléments finis, COMSOL, vibrations, acoustique
Période/planning	
Mini / Maxi doctorants	Max : 15 en salle informatique

## Détails de la formation

### Prérequis :

- Culture générale sur les méthodes numériques pour l'ingénieur et en physique des ondes
- Bases en vibrations – acoustique
- Bases de la Méthode des Eléments Finis

### Contexte/problématique :

De nombreux contextes de recherche nécessitent la mise en oeuvre des simulations numériques pour modéliser des systèmes complexes inaccessibles analytiquement, mettre en oeuvre des études paramétriques ou des « expériences numériques », concevoir et dimensionner finement des systèmes, produire des solutions de référence utiles à la validation d'autres stratégies de modélisation, ... Dans ces contextes, la Méthode des Eléments Finis est souvent retenue en raison de son caractère très général, de sa robustesse et de la grande diversité des outils logiciels dans lesquels elle est implémentée. Parmi les outils les plus utilisés en recherche, le logiciel COMSOL commercialisé par société Mathworks présente en particulier les avantages suivants : interface intuitive, nombreuses fonctionnalités correspondantes aux besoins en recherche, interfaçage des données avec Matlab facilité, possibilité d'adresser des problèmes multi-physiques.

### Objectifs pédagogiques :

Devenir opérationnel pour programmer des modèles éléments finis, exécuter des simulations et post-traiter des résultats à partir du logiciel COMSOL dans le domaine des vibrations et de l'acoustique.

### Description détaillée du contenu de la formation :

- méthodologie générale de construction et d'exploitation d'un modèle éléments finis sous COMSOL ;
- réalisation de simulations numériques :
  - calcul de réponses libres (modes propres) ;
  - calcul de réponses forcées dans le domaine fréquentiel par méthodes directe et modale ;
  - calcul de réponses transitoires dans le domaine temporel ;
- mise en œuvre d'études paramétriques pour des simulations fréquentielles ;
- mise en œuvre d'outils numériques adaptés à des modélisations spécifiques : Perfectly Matched Layers (PML) ou Absorbing Boundary Conditions (ABC) pour la simulation de problèmes en domaine ouvert, conditions aux limites de type Floquet-Bloch pour les problèmes périodiques, prise en compte de couplages vibro-acoustiques ;

**Indications complémentaires :**

- Pour chacun des items de formation, des rappels théoriques sont prévus avec application immédiate sur machine (pédagogie de type « cours/TP ») sur des modèles typiques ;
- En fonction des besoins du public, le contenu peut s'adapter, concerner tout ou partie de la description détaillée ci-dessus, certains points peuvent être plus approfondis ;
- Possibilité d'appliquer les compétences de la formation en réalisant en séance un modèle relatif à la problématique de recherche du doctorant.

Intitulé de la formation :	➤ <b>Micromécanique des milieux poreux et hétérogènes (Frédéric GRONDIN)</b>
Spécialité (s)	Mécanique, Génie Civil
Responsable	Frédéric GRONDIN
Unité / Laboratoire	GeM
Intervenant(s)	Frédéric Grondin – Mazen SAAD – Giulio SCIARRA
Site <sup>††</sup> (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	École Centrale
Téléphone :	0240371668
E-mail (responsable)	frederic.grondin@ec-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	12 h cours
Mots-clés :	Micromécanique, milieux poreux, homogénéisation, multi-échelles, transferts de masse
Période/planning	

## Détails de la formation

### Prérequis :

Mécanique des solides

### Contexte/problématique :

Limiter les approximations des modélisations à l'échelle macroscopique et réduire le nombre de paramètres empiriques dans les lois de comportement

### Objectifs pédagogiques :

Modélisation du comportement des milieux poreux à partir de la connaissance des propriétés de leurs constituants

### Description détaillée du contenu de la formation :

#### Séance 1 (4h) : Homogénéisation des milieux hétérogènes

Cette première séance introduit le concept d'approche multi-échelles et quelques rappels sur les lois de comportement en mécanique des solides. Puis, des méthodes d'homogénéisation seront proposées selon le type de matériau et de comportement à modéliser.

#### Séance 2 (4h) : Transferts fluides dans les milieux poreux

Cette seconde séance introduit la notion de milieu poreux et les principes de thermodynamique utilisés pour distinguer les comportements des phases solide et fluide. Les lois de transferts des fluides (liquide et gaz) sont ensuite développées.

#### Séance 3 (4h) : Homogénéisation des milieux poreux

Cette dernière séance présente les techniques d'homogénéisation des lois de comportement des milieux poreux afin de modéliser le milieu à partir de la seule connaissance des propriétés de ses constituants.

Intitulé de la formation :	➤ <b>Algorithmique et programmation en Python (N. NGUYEN &amp; F. BIGNONNET)</b>
Spécialité (s)	Toutes les spécialités
Responsable	
Unité / Laboratoire	Equipe IEG – Institut GEM
Intervenant(s)	Ngoc-Son Nguyen, François Bignonnet
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Institut GEM, IUT de Saint-Nazaire
Téléphone :	02 40 17 86 41
E-mail (responsable)	Ngocson.nguyen@univ-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	12 TP
Mots-clés :	Algorithmique, programmation, Python
Période/planning	Avril – Juillet 2018

## Détails de la formation

### Prérequis :

Connaissances de base sur l'algorithmique (variable, opérations, structures de contrôle)

### Contexte/problématique :

De nos jours, l'informatique devient indispensable pour les études et pour le travail. Les ingénieurs et chercheurs sont souvent confrontés à des problèmes complexes et doivent avoir recours à l'ordinateur pour les résoudre. L'algorithmique et la programmation sont les outils incontournables qui nous permettent de demander à l'ordinateur de faire ce que nous voulons.

### Objectifs pédagogiques :

Cette formation a pour objectif d'équiper les étudiants des connaissances nécessaires en algorithmique et en programmation qui leur permettent de résoudre des problèmes complexes par l'ordinateur. Après cette formation, ils sont capables de développer des algorithmes et les implémenter en langage Python. Python est un langage de programmation qui est gratuit, assez simple à apprendre, qui connaît un grand succès dans la communauté scientifique notamment. Il permet de développer des programmes avec une approche modulaire ou une approche orientée objet. La maîtrise de ce langage fournit l'accès à une grande variété des bibliothèques gratuites et très performantes développée par la communauté des utilisateurs.

### Description détaillée du contenu de la formation :

Cette formation se décompose en deux niveaux : niveau débutant (8 heures) et niveau intermédiaire (8 heures).

#### 1) Niveau débutant : maîtrise des concepts de base en Python

- Structures de données et variables
- Opérations
- Structures de contrôle (conditionnelles, répétitives)
- Variables locales, variables globales
- Fonctions et procédures
- Modules de fonctions

**2) Niveau intermédiaire :** approche objet orienté

- Classes, objets, attributs
- Classes, méthodes, héritage
- Bibliothèques importantes pour les mathématiques et le calcul scientifique : NumPy et SciPy

Intitulé de la formation :	➤ <b>Calcul tensoriel avancé (M. François - GeM)</b>
Spécialité (s)	Mathématiques pour la Mécanique
Responsable	Marc François
Unité / Laboratoire	GeM-TRUST
Intervenant(s)	Marc François
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Faculté des Sciences
Téléphone :	02-51-12-55-21
E-mail (responsable)	marc.francois@univ-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	9h de Cours et TD
Mots-clés :	Tenseurs, Bases, Mécanique
Période/planning	Septembre-Novembre

## Détails de la formation

### Prérequis :

Calcul tensoriel indiciel

### Contexte/problématique :

Dans les formations actuelles le calcul tensoriel est souvent réduit à des manipulations d'indices et à des règles dont les origines sont mal connues. Au niveau doctoral il peut être important de maîtriser plus en détail ces opérations et de connaître les raisons de ces règles. De plus le calcul indiciel classique fait implicitement référence aux bases canoniques qui ne sont généralement pas optimales en mécanique. Or il existe des bases efficaces, permettant par exemple de ramener les calculs sur les tenseurs du second ordre à des calculs vectoriels ou de ramener l'inversion d'un tenseur du quatrième ordre (du type élasticité) à une simple inversion de matrice. Enfin les tenseurs d'élasticité possèdent des propriétés de symétrie importantes pour les matériaux anisotropes en général (composites...) qui ne sont pas directement visibles lorsque la base est autre que la base naturelle.

### Objectifs pédagogiques :

- Savoir utiliser les différentes bases de tenseurs et leurs domaines d'intérêt
- Optimiser l'efficacité des calculs tensoriels pour des ordres 2 et plus
- Compléter ses connaissances en anisotropie élastique



**Description détaillée du contenu de la formation :**

Notions présentées :

- Tenseurs et bases canoniques
- Changement de base orthonormée
- Rotations et symétries de tenseurs
- Objectivité
- Invariants
- Cas des bases non orthonormées
- Le tenseur d'élasticité
- Notation de Voigt
- Base des tenseurs symétriques de Bechterew
- Décomposition de Kelvin
- Le tenseur d'élasticité isotrope et sa décomposition hydrostatique - déviatorique
- Le tenseur d'élasticité anisotrope et ses 8 groupes de symétrie

Documents de références :

- École d'été MatSyMat. Nantes, 8-10 septembre 2014. Cours de MM Kolev, De Saxcé, Coret, Auffray et François.
- <https://matsymat.sciencesconf.org>
- Les tenseurs en mécanique et en élasticité, Léon Brillouin, Masson, 1960.
- Le calcul tensoriel, André Delachet, Que sais-je N°1336.
- Initiation progressive au calcul tensoriel, Claude Jeanperrin, Ellipses, 1999.
- Champs de vecteurs et de tenseurs, E. Bauer, Masson, Paris, 1955.
- Le calcul tensoriel en physique, J. Hladik, Masson, 1993.  
Le calcul vectoriel en physique, J. Hladik, Ellipses, 1993.
- Elements of Mathematical Theory of Elasticity. Lord Kelvin, Phil. Trans. R. Soc., 146, 1856.
- Analytical study of the generalized Hooke's law. Application of the method of coordinate transformation, P. Bechterew, Zh. Russ. Fiz.-Khim. Obshch. Leningrad. Univ., Fizika, 58, 3, 1926.
- Anisotropy of elastic properties of materials, B. D. Annin et N. I. Ostrosablin, J. App. Mech. & Tech. Phys., 49, 6, 2008.
- On Hooke's law, J. Rychlewski, Prikladnaya matematika i mekhanika, 48, 3, 1984.
- Eigentensors of linear anisotropic elastic materials, M. Mehrabadi et S. Cowin, Q. J. Mech. Appl. Mat., 43, 1, 1990.
- The structure of the linear anisotropic elastic symmetries, S. Cowin et M. Mehrabadi, J. Mech. Phys. Solids, 40, 7, 1992. Corrigenda, 41, 12, 1992.
- Ondes élastiques dans les solides, Dieulesaint et Royer, Masson, 1974.
- Determination of the symmetries of an experimentally determined stiffness tensor : applications to acoustic measurements, M. François, G. Geymonat et Y. Berthaud, Int. J. Solids & Struct., 35, 31-32, 1998.
- Symmetry classes and harmonic decomposition for photoelasticity tensors, S. Forte et M. Vianello, Int. J. Engn. Sci. 35, 14, 1997.
- On the algebraical structure of anisotropic generalized elasticity, N. Auffray, J. Elast., (soumis).

Intitulé de la formation :	➤ <b>Analyse expérimentale et numérique de singularités en mécanique des solides (Julien RÉTHORÉ)</b>
Spécialité (s)	Mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces
Responsable	Julien Réthoré
Unité / Laboratoire	GeM
Intervenant(s)	Pauline Lecomte, Julien Réthoré
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Centrale Nantes
Téléphone :	0240376865
E-mail (responsable)	Julien.rethore@ec-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	Cours 3h, TD 3h, TP 6h
Mots-clés :	Mécanique des solides, fissuration, composite, simulation, mesure de champs
Période/planning	

## Détails de la formation

### Prérequis :

Mécanique des milieux continus, méthodes des éléments finis

### Contexte/problématique :

En mécanique des solides, on utilise le mot singularité quand une ou plusieurs composantes du tenseurs des contraintes élastiques tendent vers l'infini. Bien que relativement rare, cette situation peut s'avérer complexe à appréhender puisque qu'elle mène généralement à la ruine du matériau. On rencontre une singularité au voisinage d'une discontinuité géométrique par exemple à la pointe d'une fissure mais aussi dans des situations moins critiques a priori. Par exemple, une condition de bord libre au voisinage d'une discontinuité de propriété mécanique dans un assemblage multi-matériaux peut conduire à une singularité.

### Objectifs pédagogiques :

En se basant sur ces deux cas pratiques, des outils d'analyse théorique, numérique et expérimentale seront proposés via une alternance de travaux dirigés et de travaux pratiques. L'objectif est de sensibiliser le public aux difficultés inhérentes à l'analyse de singularité non seulement aux niveaux théoriques et numériques mais aussi au niveau expérimental. La formation permettra aux étudiants de s'initier à des techniques modernes non seulement pour la simulation numérique (éléments finis étendus) mais aussi pour l'analyse expérimentale (corrélation d'images).

### Description détaillée du contenu de la formation :

Cours 4h : rappel des notions essentielles en mécanique de la rupture, état de l'art en mécanique numérique pour la propagation de fissures, base de la mesure de champs de déplacement par corrélation d'images numériques, rappel des notions essentielles de la théorie des stratifiés, mise en évidence des phénomènes de bords libres.

TD 1 (2h) : prise en main d'un logiciel de simulation de la propagation de fissures basé sur la méthode des éléments finis étendus (X-FEM). Analyse de la configuration qui sera testée en TP (stabilité, trajectoire de fissure,...). Définition des configurations à analyser expérimentalement.

TP1 (4h) : réalisation d'essais de propagation de fissure quasi-statique avec suivi optique et mesure de champs de déplacement corrélation d'images numériques. Analyse des champs de déplacement et extraction des quantités pertinentes pour la mécanique de la rupture. Analyse critique des résultats obtenus et comparaison avec les résultats numériques du TD1.

TD2 (2h) : simulation fine par éléments finis d'un composite stratifié. Mise en évidence numérique de la singularité en bords libres aux interfaces entre les plis du composite stratifié. Observation de phénomènes de « couche limite » au voisinage des bords et définition d'une stratégie d'analyse expérimentale de ces phénomènes.

TP2 (4h) : mise en place d'un essai sur composite stratifié et d'une instrumentation permettant l'observation par corrélation d'images des phénomènes de bords libres aux interfaces entre plis. Analyse des champs de déplacements mesurés, comparaison avec les résultats obtenus lors du TD2. Synthèse et mise en évidence des limites de la théorie classique des stratifiés.

### **Indications complémentaires :**

Nombre de places limité

Intitulé de la formation :	➤ <b>Physique des transferts de chaleur et métrologie thermique (B. GARNIER)</b>
Spécialité (s)	Thermique - Energetique
Responsable	B. Garnier
Unité / Laboratoire	Lab Thermique et Energie de Nantes UMR CNRS 6607 Dir. C Castelain
Intervenant(s)	B Garnier CR CNRS Hdr
Site (de préférence plusieurs sites)	Nantes
Lieu (établissement)	Centrale Nantes
Téléphone :	02 40 68 31 14
E-mail (responsable)	bertrand.garnier@univ-nantes.fr
Volume horaire (Cours/TD/TP) :	12h00 cours
Mots-clés :	Bases physiques, transfert de chaleur, thermique, instrumentation
Période/planning	

## Détails de la formation

### Prérequis :

Connaissances physiques générales

### Contexte/problématique :

Les phénomènes de transfert de chaleur accompagnent souvent d'autres phénomènes physiques, électriques, chimiques... Ainsi ils apparaissent souvent en situation de couplage dans le génie civil, le génie électrique, la mécanique, le génie des procédés, l'acoustique, l'architecture... Ce cours a pour objectif d'enseigner l'essentiel des phénomènes de transferts thermiques des bases physiques à l'instrumentation.

### Objectifs pédagogiques :

L'objectif général est d'enseigner les notions fondamentales liées au phénomène de diffusion de la chaleur et à l'instrumentation thermique.

De manière plus détaillée, les objectifs de ce cours sont 1) de montrer les bases physiques, à l'échelle des porteurs d'énergie, qui gouvernent les phénomènes de transfert de chaleur et ceci pour les trois modes de transfert i.e. conduction, convection et rayonnement, 2) de montrer le parallélisme avec d'autres phénomènes de diffusion i.e. transfert de masse et de quantité de mouvement), 3) de proposer une synthèse des techniques de résolution de l'équation de la chaleur, 4) de présenter l'essentiel des différents phénomènes thermométriques et les spécificités des capteurs associés (notamment thermocouple, thermorésistance, thermistance, cristaux liquides, pyromètre et caméra infrarouge) et 5) de sensibiliser les étudiants aux différentes règles de l'art pour réaliser une instrumentation thermique exempt de biais de mesure.

### Description détaillée du contenu de la formation :

Ainsi dans le chapitre 1 seront évoquées une interprétation élémentaire des phénomènes de transferts thermiques avec la notion de libre parcours moyen et de temps de relaxation, de bilan

à l'échelle macroscopique.... Dans le chapitre 2 sera évoquée l'analogie entre diffusivité thermique, viscosité cinématique et diffusivité massique les deux dernières propriétés correspondant à d'autres phénomènes de diffusion i.e. transfert respectivement de quantité de mouvement et de masse. On évoquera également les situations de couplage entre transfert de chaleur, quantité de mouvement et transfert de masse à travers les nombres de Prandtl, Schmitt et Lewis. Le chapitre 3 présentera une synthèse rapide (principe de base) des méthodes de résolution de problèmes de conduction de la chaleur c'est à dire la transformée de Laplace, les techniques de séparation de variables, les méthodes intégrales, la technique des puits et des sources, la notion de température complexe ainsi que leur utilité dans la résolution numérique de l'équation de la chaleur. Les chapitres 4 et 5 dédiés à des aspects plus pratiques évoqueront les phénomènes thermométriques et les capteurs associés de température et de flux de chaleur ainsi que des modèles d'erreurs permettant de mettre en exergue les principales règles de l'art pour réaliser une instrumentation thermique exempt de biais de mesure.

Par ailleurs afin d'illustrer le cours et de favoriser son application, deux à trois exercices courts sur des exemples concrets seront régulièrement distribués à la fin de chaque cours. Par la suite 15 minutes du cours suivant seront consacrées à leurs corrections.

**Indications complémentaires :**

-Ce cours de 10h pourra être réalisé en français mais pourrait être également enseigné en anglais\*, l'intérêt étant de favoriser l'usage de l'anglais au niveau des doctorants ceci passant aussi par l'enseignement de matières autres que l'anglais.

*\* : Proposition de titre de cours en anglais : "Physical basis for heat transfer phenomena and principles and pitfalls for unbiased thermal instrumentation"*

- **CV de l'enseignant** : B Garnier CR CNRS Hdr depuis 2003 enseigne au département Thermique Energetique de Polytech'Nantes (4<sup>eme</sup> année), en Master international SMA option Thermique Energetique (en anglais), à l'Ecole des Mines de Nantes. Il a une expérience en transfert thermique depuis plus de 30 ans (théorie, modélisation et instrumentation) à travers de nombreux programmes de recherche CNRS, ANR...et contrats industriels Peugeot, Areva, St Gobain... Il est le co-auteur de plus de 120 contributions scientifiques (ACL+ACTI) et d'un ouvrage : *F Danes, B Garnier, Maîtrise de l'Utilisation de l'Energie, Coll. Technosup Ellipses 2012.*

Intitulé de la formation :	➤ <b>Principes et fondements des Metamatériaux Acoustiques (Vicent Romero García)</b>
Spécialité(s) :	<input checked="" type="checkbox"/> Acoustique <input type="checkbox"/> Architecture et Etudes Urbaines <input type="checkbox"/> Energétique-Thermique-Combustion <input type="checkbox"/> Génie Civil <input type="checkbox"/> Génie Mécanique <input type="checkbox"/> Génie des Procédés et Bioprocédés <input type="checkbox"/> Génie Industriel <input type="checkbox"/> Génie des Matériaux <input type="checkbox"/> Génie électrique <input type="checkbox"/> Productique - Mécanique <input type="checkbox"/> Procédés de Fabrication, Optimisation de Process et de produits <input type="checkbox"/> Robotique - Mécanique <input checked="" type="checkbox"/> Mécanique des Milieux Fluides <input checked="" type="checkbox"/> Mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces
Responsable :	Vicent Romero García
E-mail (responsable) :	
Téléphone :	02 43 83 36 67
Unité / Laboratoire :	LAUM UMR CNRS 6613
Intervenant(s) :	Vicent Romero García et Jean Philippe Groby
Site(s) d'intervention : Plusieurs choix possibles	<b>ANGERS</b> <input type="checkbox"/> <b>BREST</b> <input type="checkbox"/> <b>LORIENT</b> <input type="checkbox"/> <b>LE MANS</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>NANTES</b> <input type="checkbox"/> <b>RENNES</b> <input type="checkbox"/>
Lieu (établissement) :	Le Mans Université
Volume horaire :	<b>4 H.TD</b> <b>4 H.COURS</b> <b>4 H.TP</b>
Mots-clés :	
Période/planning prévisionnel :	De 01/10/2018                      A 31/12/2018
Possibilité de la formation sur d'autres sites par visio :	OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/>
Remarques :	Angers/Nantes/Rennes éventuellement si le nombre d'étudiants est suffisant

### Détails de la formation

#### Prérequis :

- Bases en vibrations – acoustique.
- Bases en Physique des ondes
- Bases en mécanique des milieux continus
- Bases de la Méthode des Eléments Finis

#### Contexte/problématique :

Les métamatériaux sont des matériaux artificiels présentant une structuration à une échelle plus petite que la longueur d'onde leur permettant d'adopter un comportement ondulatoire sans équivalent dans les matériaux à l'état naturel. Récemment, les métamatériaux ont révolutionné le contrôle des ondes, en particulier dans le domaine de l'acoustique et des vibrations, et ils peuvent dans de nombreux

cas, remplacer les traitements traditionnels dans des situations avec un intérêt pratique en raison de leur meilleure atténuation des ondes dans des gammes de fréquences ciblées et accordables. Les métamatériaux acoustiques représentent une avancée scientifique en ce qui concerne le traitement classique pour l'absorption du bruit et des vibrations. Le cadre de travail des métamatériaux est largement interdisciplinaire, mais dans le cas de l'acoustique, ils suscitent un grand intérêt pour l'industrie en raison des propriétés de propagation et de vibration exceptionnelles qu'ils peuvent présenter.

### **Objectifs pédagogiques :**

La conception des métamatériaux acoustiques est un processus complexe qui a besoin d'une connaissance profonde des différentes modélisations théoriques et leur relation avec les situations expérimentales. Dans cette cours un des principaux objectifs scientifiques consiste à faire une introduction à la modélisation théorique. Ce cours vise à faire un état de l'art approfondi et à favoriser l'interdisciplinarité offerte par les métamatériaux dans le domaine de l'acoustique en général. Le but principal est d'arriver à faire converger vers une compréhension mutuelle les doctorants de chacune des différentes disciplines concernant les métamatériaux pour l'acoustique à partir des exercices ou des simulations numériques.

Du point de vu stratégique, ce cours vise à susciter des approches interdisciplinaires autour de nouvelles problématiques avec par exemple des applications très variées des métamatériaux pour l'ingénierie; stimuler des discussions autour des orientations théoriques ou numériques que prennent les différentes communautés représentées. En particulier, établir un langage commun et harmoniser les concepts.

### **Description détaillée du contenu de la formation :**

- La première partie de ce cours est un cours introductif (4h), destiné à illustrer les principes sous-jacents communs. Cette introduction permettra une mise à niveau interdisciplinaire homogénéisant les connaissances des participants. Une bibliographie correspondant à la thématique sera indiquée permettant une préparation adéquate pour le cours.
- La deuxième partie (4h) du cours sera consacré à caractérisation et à la mise en œuvre d'un réseau de résonateurs acoustiques (membranes et résonateurs de Helmholtz) dans le régime de grande longueur d'onde par rapport à la taille caractéristique des cellules élémentaires. La théorie de l'homogénéisation sera discutée autour d'une expérience/simulation de métamatériau, pour analyser les propriétés effectives du système.
- La troisième partie (4h) du cours sera consacrée à la simulation numérique des métamatériaux acoustiques. Les outils numériques, à base de la méthode des éléments finis, seront introduits pour le calcul des relations de dispersion, ainsi que pour calculer la diffusion d'un milieu fini. Une comparaison avec les résultats analytiques obtenus dans la deuxième partie sera réalisée pour valider tous les modèles discutés dans le cours.

### **Indications complémentaires :**

- Pour chacun des items de formation, des rappels théoriques sont prévus avec application immédiate sur machine (pédagogie de type « cours/TP ») sur des modèles typiques ;
- En fonction des besoins du public, le contenu peut d'adapter, concerner tout ou partie de la description détaillée ci-dessus, certains points peuvent être plus approfondis ;

Possibilité d'appliquer les compétences de la formation en réalisant en séance un modèle relatif à la problématique de recherche du doctorant

## **Formations assimilées**



Intitulé de la formation :	➤ <b>Mécanique de la mise en forme (F. GAVRUS)</b>		
Spécialité(s) :	<input type="checkbox"/> Acoustique <input type="checkbox"/> Architecture et Etudes Urbaines <input type="checkbox"/> Energétique-Thermique-Combustion <input type="checkbox"/> Génie Civil <input type="checkbox"/> Génie Mécanique <input type="checkbox"/> Génie des Procédés et Bioprocédés <input type="checkbox"/> Génie Industriel <input type="checkbox"/> Génie des Matériaux <input type="checkbox"/> Génie électrique <input type="checkbox"/> Productique - Mécanique <input type="checkbox"/> Procédés de Fabrication, Optimisation de Process et de produits <input type="checkbox"/> Robotique - Mécanique <input type="checkbox"/> Mécanique des Milieux Fluides <input checked="" type="checkbox"/> Mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces		
Responsable :	<b>F. GAVRUS</b>		
E-mail (responsable) :			
Téléphone :			
Unité / Laboratoire :			
Intervenant(s) :			
Site(s) d'intervention : Plusieurs choix possibles	ANGERS <input type="checkbox"/>	BREST <input type="checkbox"/>	LORIENT <input type="checkbox"/>
	LE MANS <input type="checkbox"/>	NANTES <input type="checkbox"/>	RENNES <input checked="" type="checkbox"/>
Lieu (établissement) :	<b>INSA Rennes</b>		
Volume horaire :	<b>H.TD</b>	<b>24 H.COURS</b>	<b>H.TP</b>
Mots-clés :			
Période/planning prévisionnel :	De 01/10/2018		A 31/01/2019
	<b>Emploi du Temps 2018-2019 : Lien</b>		
Possibilité de la formation sur d'autres sites par visio :	OUI <input type="checkbox"/>		NON <input checked="" type="checkbox"/>
Remarques :	<b>5 PLACES</b> Organisation, méthodes pédagogiques : 1 heure par semaine		

### Détails de la formation

#### Prérequis :

Mécanique des milieux continus, Comportement des matériaux

#### Objectifs, finalités :

Analyse de la structure métallurgique des matériaux métalliques, couplage micro-macro et structure, comportement, introduction à la plasticité des matériaux, formulation des lois rhéologiques et tribologiques, dépouillement des essais mécaniques et description des principaux procédés de mise en forme des métaux.

#### Contenu :

- Mécanismes physiques de durcissement

- Dislocations : concept, dynamique, structures
- Microstructures, Textures
- Applications aux propriétés des matériaux industriels
- Elasto-visco-plasticité, critères de plasticité, anisotropie
- Métallurgie de la mise en forme
- Rhéologie de la mise en forme
- Tribologie de la mise en forme
- Mise en forme des métaux
- Analyse Inverse

**Détails :**

## 1ère PARTIE

- Transition d'échelle
- Mécanismes de durcissement
- Dislocations : concept, dynamique, structures, dipôles
- Stades d'écroutissage des métaux et des solutions solides
- Textures
- Applications et propriétés de matériaux industriels

2ème PARTIE : Prise en compte du comportement élasto-visco-plastique des matériaux dans la simulation des opérations de mise en forme

- Rappel de mécanique des milieux continus
- Critères de plasticité et lois d'écoulement associées
- Modèles Analogiques / lois de comportement uni-axiales
- Elasto-Plasticité et Elasto-Viscoplasticité
- Comportement Elasto-Plastique et Formulation Incrémentale
- Comportement Viscoplasticité et Formulation Variationnelle

3ème PARTIE : Application à la mise en forme des métaux

- Introduction sur les procédés de mise en forme
- Structure des métaux et alliages
- Rhéologie en grandes déformations
- Tests mécaniques et dépouillement (traction, torsion, compression)
- Tribologie de la mise en forme
- Rôle du frottement dans les procédés de mise en forme
- Tests de frottement
- Procédés Industriels : Forgeage, Laminage, Emboutissage, Extrusion, Usinage
- Simulations numériques et estimation des sollicitations thermomécaniques

## ETUDE DU COMPORTEMENT RHEOLOGIQUE PAR ANALYSE INVERSE

## Bibliographie :

- [1] J. PHILIBERT A. VIGNES Y. BRECHET P. COMBRADE « Métallurgie du minerai au matériau » Ed Masson  
1998
- [2] D. FRANCOIS, A. PINEAU, A. ZAOUI, « Comportement mécanique des matériaux », Tome1, Hermes, 1995
- PHILIBERT, VIGNES, BRECHET, COMBRE, " Métallurgie du minerai au matériau ", Masson,

- [3] J-M. HAUDIN, F. MONTHEILLET <sup>2</sup>Notions Fondamentales sur les Matériaux<sup>2</sup>, Ed. S.N.P.M.D., Paris, 1989. [4] M. BELLET, J-L. CHENOT, L. FOURMENT, E. MASSONI, P. MONTMITONNET <sup>2</sup>Séminaire de Plasticité : Eléments  
Finis et Mise en Forme des Métaux <sup>2</sup>, Ed. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Sophia Antipolis, 1994.[5] M. RAPPAZ, M. BELLET, M. DEVILLE <sup>2</sup>Modélisation Numérique en Science et Génie des Matériaux<sup>2</sup>, Ed. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1998.

Intitulé de la formation :	➤ <b>Mécanique non linéaire et couplages (F. MEFTAH)</b>		
Spécialité(s) :	<input type="checkbox"/> Acoustique <input type="checkbox"/> Architecture et Etudes Urbaines <input type="checkbox"/> Energétique-Thermique-Combustion <input type="checkbox"/> Génie Civil <input type="checkbox"/> Génie Mécanique <input type="checkbox"/> Génie des Procédés et Bioprocédés <input type="checkbox"/> Génie Industriel <input type="checkbox"/> Génie des Matériaux <input type="checkbox"/> Génie électrique <input type="checkbox"/> Productique - Mécanique <input type="checkbox"/> Procédés de Fabrication, Optimisation de Process et de produits <input type="checkbox"/> Robotique - Mécanique <input type="checkbox"/> Mécanique des Milieux Fluides <input checked="" type="checkbox"/> Mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces		
Responsable :	F. MEFTAH		
E-mail (responsable) :			
Téléphone :			
Unité / Laboratoire :			
Intervenant(s) :			
Site(s) d'intervention : Plusieurs choix possibles	ANGERS <input type="checkbox"/>	BREST <input type="checkbox"/>	LORIENT <input type="checkbox"/>
	LE MANS <input type="checkbox"/>	NANTES <input type="checkbox"/>	RENNES <input checked="" type="checkbox"/>
Lieu (établissement) :	INSA Rennes		
Volume horaire :	<b>H.TD</b>	<b>24 H.COURS</b>	<b>H.TP</b>
Mots-clés :			
Période/planning prévisionnel :	De 01/10/2018		A 31/01/2019
	Emploi du Temps 2018-2019 : Lien		
Possibilité de la formation sur d'autres sites par visio :	OUI <input type="checkbox"/>		NON <input checked="" type="checkbox"/>
Remarques :	<b>5 PLACES</b> <b>Organisation, méthodes pédagogiques :</b> L'enseignement est organisé en 12 séances de cours magistraux de 2 heures intégrant des applications pratiques à la fin de chaque chapitre pour développer et maîtriser les notions abordées dans le cours. Des applications plus étendues permettent de travailler en mode mini-projet.		

### Détails de la formation

#### Prérequis :

Mathématiques de l'ingénieur (Tenseurs, Intégration, équations différentielles) Mécanique des milieux continus  
Méthode des éléments finis en analyse statique linéaire

#### Objectifs, finalités :

Cet enseignement porte sur l'étude de l'incidence du comportement mécanique du matériau (loi constitutive) sur le comportement de la structure au travers de la résolution de problèmes aux limites.

En particulier, les couplages entre les phénomènes de transfert de masse et de chaleur et le comportement mécanique sont abordés. Les problèmes aux limites régissant ces phénomènes couplés sont établis ainsi que les stratégies de résolution. Les applications portent sur l'analyse du comportement structural transitoire sous sollicitation mécanique, thermique et hydrique.

**Contenu :**

1. Rappels de Mécanique des Matériaux
  - 1.1 Contrainte – Déformation
  - 1.2 Problème aux limites en mécanique
    - 1.2.1 Elasticité
    - 1.2.2 Viscoélasticité
    - 1.2.3 Thermoélasticité
    - 1.2.4 Elasto-plasticité
  - 1.3 Applications
  
2. Formulation éléments finis en non-linéaire matériel
  - 2.1 Formulation faible en élasto-plasticité
  - 2.2 Discrétisation spatio-temporelle
  - 2.3 Algorithmes itératifs de résolution
    - 2.3.1 Schéma global
    - 2.3.2 Schéma local
  - 2.4 Applications
  
3. Transferts dans les milieux poreux
  - 3.1 Transport de masse
    - 3.1.1 Schématisation de milieu poreux – Définitions des variables macroscopiques
    - 3.1.2 Equations de conservation
    - 3.1.3 Equations constitutives
    - 3.1.4 Problème aux limites
    - 3.1.5 Modélisation simplifiée
  - 3.2 Transfert de chaleur
    - 3.2.1 Equilibre thermique des phases
    - 3.2.2 Equation de conservation de l'énergie
    - 3.2.3 Equations constitutives
  - 3.3 Applications
  
4. Couplages thermo-hydro-mécaniques
  - 4.1 Comportement poro-mécanique
    - 4.1.1 Schématisation du milieu – Contrainte effective de Bishop
    - 4.1.2 Poro-thermo-élasticité
    - 4.1.3 Poro-thermo-plasticité
    - 4.1.4 Endommagement – Contrainte effective de Kachanov
    - 4.1.5 Problèmes aux limites
      - 4.1.5.1 Couplage hydro-mécanique
      - 4.1.5.2 Couplage thermo-hydro-mécanique
  - 4.2 Applications
    - 4.2.1 Dessiccation – Retrait – Fluage – Fissuration
    - 4.2.2 Hautes températures – Dilatations – Fissuration
  
5. Formulation élément fini couplée
  - 5.1 Formulation Faible
  - 5.2 Discrétisation spatio-temporelle
  - 5.3 Conditions aux limites
  - 5.4 Schémas itératifs de résolution
  - 5.5 Applications

**Bibliographie :**

- A. E. H. Love, A treatise on the mathematical theory of elasticity, Dover, 1944 (1906)
- J. Salençon, Mécanique des Milieux Continus, Tome I : Concepts Généraux, Ecole Polytechnique, 2005
- J. Salençon, Viscoélasticité pour le Calcul des structures, Ecole Polytechnique, 2008
- P. Chadwick, Continuum mechanics: Concise theory and problems, Dover, 1999
- H. Dumontet, F. Léné, P. Muller, N. Turbé, Exercices de Mécanique des Milieux Continus, Masson, 1994
- P. Royis, Mécanique des Milieux Continus, Cours, Exercices et problèmes, Pul, 2005
- R. M. Christensen, Theory of viscoelasticity, Dover, 2003
- K. J. Bathe, Numerical methods in finite element analysis, Prentice-Hall, 1976
- R. H. Gallagher, Introduction aux éléments finis, Pluralis, 1977
- T.J.R Hugues, The finite element method: linear Static and Dynamic finite element analysis, Dover, 2000
- O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, J. Z. Zhu : The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, Butterworth-Heinemann, 2005
- G.i Dhatt, G. Touzot, E. Lefrançois : Méthode des éléments finis. Hermes Science Publications, 2004
- O. Coussy, Mécanique des milieux poreux, Technip, 2000
- R.W. Lewis & B.A. Schrefler, The finite element method in the static and dynamic deformation and consolidation of porous media, Wiley, 1999

Intitulé de la formation :	➤ <b>Systèmes mécaniques - Support et cours en anglais (V. ARAKELYAN)</b>		
Spécialité(s) :	<input type="checkbox"/> Acoustique <input type="checkbox"/> Architecture et Etudes Urbaines <input type="checkbox"/> Energétique-Thermique-Combustion <input type="checkbox"/> Génie Civil <input type="checkbox"/> Génie Mécanique <input type="checkbox"/> Génie des Procédés et Bioprocédés <input type="checkbox"/> Génie Industriel <input type="checkbox"/> Génie des Matériaux <input type="checkbox"/> Génie électrique <input type="checkbox"/> Productique - Mécanique <input type="checkbox"/> Procédés de Fabrication, Optimisation de Process et de produits <input type="checkbox"/> Robotique - Mécanique <input type="checkbox"/> Mécanique des Milieux Fluides <input checked="" type="checkbox"/> Mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces		
Responsable :	V. ARAKELYAN		
E-mail (responsable) :			
Téléphone :			
Unité / Laboratoire :			
Intervenant(s) :			
Site(s) d'intervention : Plusieurs choix possibles	ANGERS <input type="checkbox"/>	BREST <input type="checkbox"/>	LORIENT <input type="checkbox"/>
	LE MANS <input type="checkbox"/>	NANTES <input type="checkbox"/>	RENNES <input checked="" type="checkbox"/>
Lieu (établissement) :	INSA Rennes		
Volume horaire :	<b>H.TD</b>	<b>24 H.COURS</b>	<b>H.TP</b>
Mots-clés :			
Période/planning prévisionnel :	De 01/10/2018		A 31/01/2019
	Emploi du Temps 2018-2019 : Lien		
Possibilité de la formation sur d'autres sites par visio :	OUI <input type="checkbox"/>		NON <input checked="" type="checkbox"/>
Remarques :	5 Places		

## Détails de la formation

### Prérequis :

Connaissances de base en Mécanique des Milieux continus

### Objectifs, finalités :

Pour concevoir et réaliser des machines modernes, il apparaît nécessaire de former des ingénieurs aux concepts et techniques de la mécanique des systèmes complexes. L'objet du cours est d'aborder les méthodes et principes généraux d'étude des systèmes multi-corps rigides articulés. Dans les deux dernières décennies, la recherche en mécanique des systèmes a largement contribué au développement de nouvelles méthodologies analytiques. Ce cours est créé sur la base de ces nouvelles méthodes et il permet aux étudiants de parfaire leurs connaissances dans le domaine de la mécanique des systèmes. Toutes les méthodes sont illustrées par de nombreuses applications industrielles.

### Contenu :

Description des systèmes par graphes. Singularités de position : cinématique (méthode de Gosselin-Angeles) et dynamique.

Analyse cinématique des mécanismes spatiaux à chaîne cinématique fermée par la méthode de Denavit-Hartenberg.

Synthèse des systèmes multi-corps articulés : Problème de Burmester et problème de la reproduction approximative d'un mouvement donné (méthode de Roth-Gupta).

Synthèse dynamique des systèmes multi-corps.

Moment moteur et méthodes d'optimisation.

Equilibrage optimale des systèmes complexes sur la base de l'approximation de Tchébichev.

Dynamique des systèmes multi-corps à chaîne cinématique fermée et à plusieurs degrés de liberté.

Approches mécatroniques dans l'étude des systèmes mécaniques.

**Bibliographie :**

2. H. Dresig., F. Holzweisser. Maschinendynamik. Springer, 2004, 526p.

3. O. Bottema, B. Roth. Theoretical Mechanics. Dover Publications, New York, 1990, 558p.



Intitulé de la formation :	➤ <b>Transferts de masse et de chaleur en génie civil (M. HELLOU)</b>
Spécialité(s) :	<input type="checkbox"/> Acoustique <input type="checkbox"/> Architecture et Etudes Urbaines <input type="checkbox"/> Energétique-Thermique-Combustion <input type="checkbox"/> Génie Civil <input type="checkbox"/> Génie Mécanique <input type="checkbox"/> Génie des Procédés et Bioprocédés <input type="checkbox"/> Génie Industriel <input type="checkbox"/> Génie des Matériaux <input type="checkbox"/> Génie électrique <input type="checkbox"/> Productique - Mécanique <input type="checkbox"/> Procédés de Fabrication, Optimisation de Process et de produits <input type="checkbox"/> Robotique - Mécanique <input type="checkbox"/> Mécanique des Milieux Fluides <input type="checkbox"/> Mécanique des Solides, des Matériaux, des structures et des surfaces
Responsable :	M. HELLOU
E-mail (responsable) :	
Téléphone :	
Unité / Laboratoire :	
Intervenant(s) :	
Site(s) d'intervention : Plusieurs choix possibles	<b>ANGERS</b> <input type="checkbox"/> <b>BREST</b> <input type="checkbox"/> <b>LORIENT</b> <input type="checkbox"/> <b>LE MANS</b> <input type="checkbox"/> <b>NANTES</b> <input type="checkbox"/> <b>RENNES</b> <input checked="" type="checkbox"/>
Lieu (établissement) :	INSA Rennes
Volume horaire :	<b>H.TD</b> <b>24 H.COURS</b> <b>H.TP</b>
Mots-clés :	
Période/planning prévisionnel :	De 01/10/2018                                      A 31/01/2019 Emploi du Temps 2018-2019 : Lien
Possibilité de la formation sur d'autres sites par visio :	OUI <input type="checkbox"/> NON <input checked="" type="checkbox"/>
Remarques :	5 Places Organisation, méthodes pédagogiques : 12 séances de 2 heures organisées en cours magistraux avec des exercices d'application.

### Détails de la formation

**Prérequis :**

Mécanique, Mécanique des fluides, Physico-chimie des matériaux

**Objectifs, finalités :**

Notions fondamentales sur phénomènes de transferts dans les matériaux. Théorie, méthodes d'approches et études expérimentales

**Contenu :**

Introduction générale

- Applications de l'étude du transfert de masse en génie civil
- Applications aux matériaux poreux

#### Propriétés physiques et hydrauliques des matériaux poreux

- Propriétés des fluides dans les géo-matériaux
- Description statistique du milieu poreux : granulométrie, distribution de la taille des pores
- Propriétés physiques de la matrice poreuse : porosité, structure et arrangement des grains, surface spécifique, tortuosité
- Loi de Darcy
- Conductivité hydraulique des milieux poreux isotropes Modèles de perméabilité des milieux poreux
- Phénomènes de transfert dans les matériaux poreux
- Rappel des équations de l'hydrodynamique
- Diffusion binaire
- Dispersion hydrodynamique
- Ecoulement de fluides non miscibles

#### Méthodes d'homogénéisation dans les milieux poreux

#### Transport de soluté dans les matériaux poreux – Application aux matériaux cimentaires

- Microstructure des matériaux cimentaires
- Perméabilité des matériaux cimentaires
- Diffusion

#### **Bibliographie :**

<p>➤ <b>Computational configurational mechanics (N. MOËS)</b></p>	
Autumn Class Ecole Centrale de Nantes. Class taught in English.	
<b>Format :</b>	<b>Lectures</b> 20h
<b>Lecturer: N. Moës,</b>	
<b>Contents:</b>	
<p>The course presents the use of configurational mechanics to model moving boundaries which are not material boundaries (such as shocks in gas, phase change front, cracks, boundary of a contact zone, ...). In some cases, it is shown that the explicit representation of these boundaries allows to create powerful computational tools.</p> <p>The topics are organized as follows :</p> <p>Introduction to configurational boundaries          Kinematics in the configurational setting          Introduction to the Eshelby tensor          Balance laws for the bulk and interfaces both in reference and current configurations          Phase change and shock waves          Fracture mechanics          Interface stress and energy          Applications</p>	
<b>Intended Learning Outcomes: to demonstrate</b>	
A knowledge and understanding of:	The difference between material and immaterial evolving surfaces. The importance of both interfacial and bulk balance laws. Similarities and differences between moving interfaces among several physical phenomenon.
an ability to: (thinking skills)	Recognize immaterial moving interface.
an ability to: (practical skills)	Set up the balance laws for a given physical phenomenon, extract the dissipation expression on the moving front, understand the quantities between which a constitutive model is needed to predict the front speed.
an ability to: (key skills)	Study independently; effectively take notes and manage working time.
<b>Assessment:</b> 100% from end of semester examination (closed book but students are allowed a two-sided hand-written (no xerox) human readable sheet of paper)	
<b>Recommended texts:</b> Lecture notes provided by the lecturer.	
<b>Further Readings:</b>	
Gurtin, M. E. <i>Configurational forces as basic concepts of continuum physics</i> , Springer, 2000.	
Maugin, G. A. <i>Configurational forces</i> , CRC Press, 2011.	
Kienzler, R., & Herrmann, G. <i>Mechanics in material space</i> , Springer, 2000.	

Sites

Brest .....	9
Le Mans, .....	14, 25, 32
Lorient .....	3, 4, 18, 19
Nantes .....	1, 4, 6, 7, 9, 11, 14, 20, 21, 23, 26, 28, 30, 32, 34, 35, 37, 39, 41
Rennes .....	4, 32, 44, 47, 50, 52