



## Mécanique Probabiliste des Matériaux et des Structures

MPMS : commission scientifique de  
l'Association Française de Mécanique



### Lettre du 2 janvier 2008

En ce début d'année, cette carte, représentant le viaduc de Garabit émergeant du brouillard, vous adresse nos meilleurs vœux. Que 2008 apporte à chacune et à chacun, à toutes et à tous, toutes les satisfactions tant personnelles que professionnelles. Qu'ensemble, nous démontrions que les méthodes probabilistes en mécanique des matériaux et des structures sont tout à la fois un domaine de recherche offrant un champ scientifique à l'enthousiasme des jeunes chercheurs et un terrain d'applications dans de multiples domaines de l'ingénierie.

Cette brève lettre renvoie pour l'essentiel à celle datée du 15 décembre dernier disponible sur <http://www.afm.asso.fr/Groupesdetravail/Commissions/> ~ Mécanique Probabiliste (MPMS). Elle rappelle les événements AFM / MPMS de ce trimestre et joint une information sur le congrès LambdaMu.

Maurice Lemaire et Jean-Marc Bourinet

## Manifestations Méc@Proba

### **28 janvier 2008** IFMA Clermont-Ferrand.

Journée Méc@Proba à l'Institut Français de Mécanique Avancée. Cette journée est organisée à l'occasion des jurys des thèses de F. Deheeger (thème : **méthodes d'apprentissage stochastique pour le calcul de fiabilité**) et de F. Perrin (thème : **modélisation stochastique des données**) et d'une conférence de L. Guillaumat (thème : **matériaux composites**).

**S'inscrire dès maintenant : cliquer pour aller au document joint.**

### **26 – 28 mars 2008** Fiabilité des Matériaux et des Structures 2008, Nantes.

*5èmes journées fiabilité des matériaux et des structures ;*

*2èmes journées Méc@proba ;*

*2èmes journées scientifiques du GIS MR-GenC ;*

organisées par l'Université de Nantes. <http://www.sciences.univ-nantes.fr/jfms2008>.

Contact courriel : [jfms2008@univ-nantes.fr](mailto:jfms2008@univ-nantes.fr) (cliquer sur les liens).

Ces journées incluent des **cours** et un **colloque** : [voir documents joints](#).

## Autres Manifestations

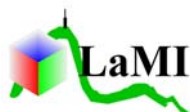
### **7 -- 9 octobre 2008** Congrès $\lambda\mu 16$ à Avignon

Ce congrès, organisé par l'Institut pour la Maîtrise des Risques – IMdR – rassemble un grand nombre d'acteurs industriels et des universitaires sur le thème « **Les nouveaux défis de la Maîtrise des Risques** ».

Il comporte une journée de tutoriels, dont l'un sera consacré aux approches probabilistes pour la durée de vie des structures, des sessions dont plusieurs relatives à la fiabilité et un atelier animé par le GTR sécurité et sûreté des structures.

Voir : <http://www.imdr.eu/v2/extranet/index.php?page=accueil>

Voir la **Lettre du 15 décembre** sur <http://www.afm.asso.fr/Groupesdetravail/Commissions/> ~ Mécanique Probabiliste (MPMS) pour les autres manifestations annoncées.



## Journée Scientifique AFM/MPMS et IFMA du 28 janvier 2008

# INVITATION

L'Association Française de Mécanique, commission Mécanique Probabiliste des Structures ;

L'Ecole Doctorale Sciences pour l'Ingénieur de Clermont-Université ;

Le Laboratoire de Mécanique et Ingénieries de l'Université Blaise Pascal et de l'Institut Français de Mécanique Avancée – FR TIMS CNRS 2856 ;

La société Phimeca-Engineering S.A. ;

vous invitent à participer le 28 janvier 2008 dans les locaux de l'IFMA, amphithéâtre Blaise Pascal, à une **journée scientifique consacrée aux approches probabilistes en mécanique.**

**Programme prévisionnel** (sous réserve de la nomination des jurys par l'université).

9h30 : accueil

10h : Soutenance de la thèse de François Deheeger : **Couplage mécano-fiabiliste : <sup>2</sup>SMART – méthodologie d'apprentissage stochastique en fiabilité.**

12h30 Buffet (voir inscription ci-jointe)

14h : conférence de Laurent Guillaumat (ENSAM/LAMEFIP) : **Fiabilité mécanique appliquée aux matériaux et structures composites.**

15h30 : Soutenance de la thèse de Frédéric Perrin : **Prise en compte des données expérimentales dans les modèles probabilistes pour la prévision de la durée de vie des structures.**

18h : réception à Phimeca : inauguration des nouveaux locaux clermontois.

L'inscription à la journée est indispensable pour l'organisation du buffet (cliquer sur les liens).

Envoyer un courriel à [secretariat.lami@ifma.fr](mailto:secretariat.lami@ifma.fr) / **objet** : journée du 28/01/08 en indiquant :

Nom :

Prénom :

Société :

Participera à la journée du 28 janvier 2008 : **OUI/NON**

Participera à l'inauguration des locaux Phimeca : **OUI/NON**

Nombre de personnes accompagnantes :

P.J. : Présentations des thèses et de la conférence jointes.

Plan d'accès à l'IFMA : [http://www.ifma.fr/francais/connaitre/plan\\_acces.html](http://www.ifma.fr/francais/connaitre/plan_acces.html)

# Fiabilité mécanique appliquée aux Matériaux et structures composites

L.Guillaumat, F.Dau, A.Alzina  
ENSAM – LAMEFIP  
Esplanade des Arts et Métiers  
33405 Talence cedex  
l.guillaumat@lamef.bordeaux.ensam.fr

Les matériaux composites sont couramment utilisés depuis plus de 30 ans dans l'industrie. Depuis peu, ils sont employés pour construire des structures primaires notamment dans le domaine du transport. Il se pose alors la question de leur fiabilité et durabilité. Compte tenu de leur nature hétérogène ces matériaux présentent des propriétés dispersées dont l'ampleur dépend de l'échelle à laquelle ils sont considérés. Une activité de recherche sur la fiabilité mécanique appliquée aux matériaux et structures composites existe depuis plusieurs années au LAMEFIP. Plusieurs études, utilisant les concepts de base de la fiabilité, ont été menées afin de comprendre et développer des outils pour la mécanique probabiliste. Sur la base de ces travaux une méthodologie du transport d'incertitudes à travers différentes échelles a été mise en place afin de : i) proposer un outil pour construire des matériaux virtuels pour alimenter des distributions statistiques tout en limitant le nombre d'essais et ii) montrer que la variabilité souvent constatée à l'échelle des fibres est fortement estompée à l'échelle du pli élémentaire, donc de la loi de comportement.

## Références

GUILLAUMAT L., HAMDOUN Z., "Reliability modelling of drilled composite structures." Composite Structures, Volume 74, Issue 4, August 2006, Pages 467-474.

GUILLAUMAT L., DAU F., COCHETEUX F., CHAUVIN T., "Reliability modeling of impacted composite materials for railways.", ICCM 16, July 8-13, Proceedings CD, Kyoto, Japan, 2007.

François DEHEEGER – ingénieur IFMA

Titre de la thèse :

**Couplage mécano-fiabiliste : <sup>2</sup>SMART – méthodologie d'apprentissage stochastique en fiabilité.**

Jury :

Fabien FESCHET - Professeur des Universités – Université d’Auvergne/LAIC - Rapporteur

Laurent GUILLAUMAT - Maître de Conférences HDR –ENSAM/LAMEFIP– Rapporteur

Pierre VILLON - Professeur des Universités – UTC/Roberval – Rapporteur

Alexis BEAKOU - Professeur des Universités – IFMA/LaMI - Examineur

Jean-Marc BOURINET - Maître de Conférences – IFMA/LaMI - Co-encadrant

Maurice LEMAIRE - Professeur des Universités – IFMA/LaMI – Directeur de thèse

Soutenance le 28 janvier 2008 - IFMA, amphithéâtre Blaise Pascal

La prise en compte de l'incertain dans les analyses mécaniques est une condition indispensable pour un dimensionnement optimal et robuste des structures. C'est avec cet objectif que les approches probabilistes pour la mécanique des structures sont développées depuis plusieurs décennies. Ces méthodes permettent en effet d'étudier la fiabilité de composants ou de systèmes et l'influence de la variabilité des variables de conception sur leur comportement.

Les méthodes de couplage mécano-fiabiliste se doivent alors d'intégrer les modélisations mécaniques de plus en plus complexes (comportement non-linéaire, dynamique, fatigue, mécanique de la rupture, etc), pour rendre efficace et exploitable les études de fiabilité. Cette nécessaire complexité rend les analyses de plus en plus exigeantes en temps de calcul.

La voie retenue dans la thèse consiste à substituer au modèle mécanique, un modèle approché obtenu par apprentissage statistique. L'efficacité est alors mesurée par le nombre des calculs mécaniques nécessaires pour construire un substitut robuste pour l'analyse visée : fiabilité ou sensibilité.

La mise en œuvre s'appuie sur la méthode des *Support Vector Machines* (SVM) dont l'application en classification est particulièrement bien adaptée au calcul de la probabilité de défaillance, même lorsque la fonction d'état-limite présente des singularités. Deux nouvelles méthodes sont proposées. *SMART*, *Support vector Margin Algorithm for Reliability esTimation*, permet d'élaborer de manière incrémentale une base de données optimale pour l'apprentissage de la frontière entre sûreté et défaillance. En couplant l'apprentissage avec la technique des *subsets simulations*, <sup>2</sup>*SMART*, *Sequential Support vector Margin Algorithm for Reliability esTimation* prend en compte de faibles niveaux de probabilité et un nombre relativement important de variables.

Les travaux ont été validés sur des cas tests issus de la littérature ainsi que sur des cas mécaniques plus significatifs issus de problèmes industriels. Les résultats obtenus confirment la robustesse des méthodes proposées pour traiter les analyses de fiabilité et de sensibilité.

Frédéric PERRIN

Titre de la thèse :

**Prise en compte des données expérimentales dans les modèles probabilistes pour la prévision de la durée de vie des structures.**

Jury :

Didier CLOUTEAU - École Centrale de Paris - Rapporteur  
Gilles FLEURY - École Supérieure d'Électricité - Rapporteur  
Stéphane ANDRIEUX - École Polytechnique - Examineur  
Gilles CELEUX - INRIA - Examineur  
Maurice LEMAIRE - Institut Français de Mécanique Avancée - Examineur  
Maurice PENDOLA - Phiméca Engineering - Examineur  
Bruno SUDRET - EDF R&D - Directeur de thèse

Soutenance le 28 janvier 2008 - IFMA, amphithéâtre Blaise Pascal

La *mécanique probabiliste* est un domaine scientifique qui permet de tenir compte d'incertitudes concernant un système physique et d'étudier l'impact de ces incertitudes sur la réponse du modèle représentant le système étudié. Les méthodes de résolution des problèmes de mécanique probabiliste ont atteint une certaine maturité, comme en témoignent les nombreuses applications industrielles qui ont été faites ces dernières années.

Dans certains cas, le point faible de la chaîne de calcul est la construction approximative du modèle probabiliste des données d'entrées, souvent par absence ou manque de données sur ces paramètres. Il arrive que les données expérimentales disponibles ne soient pas directement relatives aux paramètres d'intérêt. Dans le but de mieux évaluer l'aléa de la réponse d'un modèle, l'objectif majeur de la thèse est de développer un formalisme général d'identification des modèles probabilistes à partir des données expérimentales disponibles directement ou indirectement. Dans ce contexte, on propose une formulation pour évaluer le vecteur aléatoire des paramètres d'entrée d'un modèle pour les deux cas de figure suivants : *i*) en phase de conception du système étudié : à partir d'une collection de mesures disponibles sur la réponse du système, on s'intéresse à la prédiction de la variabilité globale de la réponse du modèle : il s'agit de traiter un *problème inverse probabiliste* ; *ii*) en phase de suivi de maintenance d'un système mécanique particulier : à partir des données expérimentales issues d'inspections sur le système, l'objectif est d'actualiser la description probabiliste réalisée en phase de conception.

Une première partie de la thèse s'intéresse donc à des méthodes originales qui permettent d'identifier l'incertitude aléatoire portée par le vecteur d'entrée d'un modèle, dans le cas d'un problème inverse probabiliste. À partir des mesures de la réponse du système, une méthodologie est proposée : elle repose sur une description statistique particulière des données observées et sur une représentation semi-paramétrique des variables aléatoires à identifier.

Une seconde partie de la thèse précise comment des méthodes bayésiennes peuvent être utilisées dans l'optique d'actualiser des modèles représentatifs de phénomènes évolutifs. Deux approches sont proposées : la première repose sur des outils numériques développés en fiabilité des structures ; la deuxième est inspirée du formalisme bayésien classique et permet d'actualiser le modèle stochastique des paramètres d'entrée à partir des premières mesures de la réponse du système. Les deux méthodes sont appliquées et comparées sur un modèle de fluage du béton dans une enceinte de confinement d'une centrale nucléaire.

Les méthodes d'identification probabiliste et d'actualisation ont été appliquées sur des structures sollicitées en fatigue : d'une part pour la prévision de la durée de vie de structures de type tuyauterie sollicitées en fatigue thermique et, d'autre part, pour l'estimation de courbes de propagation dans des plaques fissurées.

## Fiabilité des Matériaux et des Structures 2008 Nantes – 26-28 mars 2008

*5<sup>èmes</sup> journées fiabilité des matériaux et des structures*  
*2<sup>èmes</sup> journées Méc@proba*  
*2<sup>èmes</sup> journées scientifiques du GIS MR-GenCi*

**Journées organisées par le GIS MRGenCi et Méc@Proba**

### Objectif :

Ce colloque fait suite à plusieurs manifestations récentes de la communauté française en fiabilité et analyse de risques appliquées aux matériaux et aux structures : 5<sup>èmes</sup> journées fiabilité des matériaux et des structures, 2<sup>èmes</sup> journées de formation Méc@proba, 2<sup>èmes</sup> journées scientifiques du GIS MR-GenCi. Il en rassemble les thématiques et les préoccupations. Dans cet esprit, il prolonge le premier atelier commun AUGC-AFM « Approches probabilistes et fiabilistes appliquées à la durée de vie des structures », qui s'est tenu lors des 25<sup>èmes</sup> Rencontres Annuelles de l'AUGC (23-25 mai 2007), le jeudi 24 mai 2007 à Bordeaux.

### Appel à communications :

Les approches fiabilistes et probabilistes sont utilisées depuis déjà plus d'un quart de siècle en mécanique et génie civil. En France, de nombreuses manifestations scientifiques ont permis de créer des espaces d'échanges : JNFiab 94 à Cachan, 98 à Marne la Vallée, 01 à Bordeaux et 05 à Clermont-Ferrand, journées de la commission « Mécanique Probabiliste des Matériaux et des Structures » de l'AFM (Méc@Proba 2006 à Marne la Vallée), Journées Scientifiques du GIS MRGenCi (Yenne, 2007). Parmi les méthodes de prise en compte de l'incertain, on s'intéressera de manière privilégiée aux développements méthodologiques nécessitant le recours à des approches probabilistes ou fiabilistes. Les communications seront regroupées en sessions thématiques, *introduites par des cours* mettant en perspective les exposés. Une table ronde conclura chaque session. Des *cours d'introductions à l'utilisation de logiciels* publics seront proposés (OpenTurns, FERUM, OpenSees). Par ailleurs, des prix « *pôles de compétitivités* » seront remis aux meilleurs exposés de doctorants.

Les thématiques retenues concernent :

**La modélisation des données (TS1) :**

- Modélisation stochastique des données à partir d'essais destructifs ou CND sur les matériaux, de mesures, d'essais accélérés... ;
- Modélisation et identification des structures, ouvrages et sols : incertitudes de la mesure in-situ, retour d'expérience, problèmes inverses d'identification stochastique, géo-statistique ;
- Fusion de données ;

**Méthodes de calcul et propagation des incertitudes (TS2) :**

- Approches non-probabilistes : comment modéliser l'incertain ?
- Eléments finis stochastiques ;
- Conception fiable des structures ;
- Fiabilité Time-variant – modélisation par processus, modélisation des extrêmes sur le temps ;

**Maîtrise des risques et décision (TS3):**

- Définition des fonctions de coût et des échelles de temps ;
- Indicateurs de performance et décision multi-critères ;
- Optimisation mécano-fiabiliste ;

**Problèmes transverses aux thèmes précédents (TS4):**

- Fatigue ;
- Inspection – Maintenance – Réparation ;
- Modélisation des sollicitations extrêmes ;
- Etudes de cas (ateliers).
- Utilisation de codes publics : OpenTurns, FERUM, OpenSees.

**Dates clés :**

Résumés de 2 pages (700 mots maxi) à envoyer à l'adresse <a href="http://www.sciences.univ-nantes.fr/jfms2008">http://www.sciences.univ-nantes.fr/jfms2008</a>	<b>7 janvier 2008</b>
Liste des résumés retenus par le comité scientifique	<b>19 janvier 2008</b>
Envoi des articles (10 pages maxi – format Hermes) pour avis du comité scientifique	<b>29 février 2008</b>

**Frais de participation - inscription :**

Les frais d'inscription comprennent :

- la participation aux journées scientifiques,
- les actes de la conférence (résumés détaillés + CD Rom des articles),
- les déjeuners et les boissons durant les pauses,
- le dîner de gala (27 au soir).

Le montant indicatif des frais d'inscription est de :

- 400 € pour les industriels,
- 250 € pour les universitaires et les adhérents de l'AMRGenCi,
- 75 € pour les jeunes chercheurs-doctorants : l'inscription pourra être prise en charge.

Faire demande au contact courriel.

Pour tout renseignement sur l'organisation :  
Contact courriel :

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/jfms2008>  
[jfms2008@univ-nantes.fr](mailto:jfms2008@univ-nantes.fr)

## Fiabilité des Matériaux et des Structures 2008 Nantes – 26-28 mars

*5<sup>èmes</sup> journées fiabilité des matériaux et des structures*  
*2<sup>èmes</sup> journées Méc@proba*  
*2<sup>èmes</sup> journées scientifiques du GIS MR-GenCi*

### Journées organisées par le GIS MRGenCi et Méc@Proba

#### Objectif :

Ce colloque fait suite à plusieurs manifestations récentes de la communauté française en fiabilité et analyse de risques appliquées aux matériaux et aux structures : 5<sup>èmes</sup> journées fiabilité des matériaux et des structures, 2<sup>èmes</sup> journées de formation Méc@proba, 2<sup>èmes</sup> journées scientifiques du GIS MR-GenCi. Il en rassemble les thématiques et les préoccupations. Dans cet esprit, il prolonge le premier atelier commun AUGC-AFM « Approches probabilistes et fiabilistes appliquées à la durée de vie des structures », qui s'est tenu lors des 25<sup>èmes</sup> Rencontres Annuelles de l'AUGC (23-25 mai 2007), le jeudi 24 mai 2007 à Bordeaux.

### Organisation des cours :

#### **La modélisation des données :**

- Modélisation stochastique des données à partir d'essais destructifs ou CND sur les matériaux ; **D. Breyse**
- Problèmes inverses d'identification stochastique, géo-statistique ; **C. Bacconnet**
- Traitement statistique de faibles échantillons ; **G. Celeux**

#### **Méthodes de calcul du transfert des incertitudes :**

- Approches non-probabilistes : comment modéliser l'incertain ? **D. Boissier**
- EFS et EFS non intrusifs – méthodes de résolution ; **A. Nouy**
- Conception fiable des structures ; **M. Lemaire**
- Fiabilité Time-variant – modélisation par processus, modélisation des extrêmes sur le temps ; **B. Sudret**

#### **Maîtrise des risques et décision :**

- Définition des fonctions de coût et des échelles de temps ; **F. Schoefs**
- Indicateurs de performance et décision multi-critères ; **S.M. Elachachi**
- Optimisation mécano-fiabiliste ; **A. Chateaneuf**
- Utilisation de codes (OpenTurns, Phiméca, FERUM, OpenSees) ; **T. Yalamas & JM Bourinet.**