



## 3<sup>ème</sup> COLLOQUE

# « ANALYSE VIBRATOIRE EXPERIMENTALE »

Blois, 20 et 21 Novembre 2012

## PROGRAMME

---

<http://www.enivl.fr>

Rubrique **Colloque AVE2012**

# **AVE 2012**

**3<sup>ème</sup> Colloque « Analyse Vibratoire Expérimentale »**

**Programme**

**20 et 21 Novembre 2012, Blois, France**

Editeur : Roger SERRA

Organisé par l'Ecole Nationale d'Ingénieurs du Val de Loire (ENIVL) et le Laboratoire de Mécanique et Rhéologie (LMR), Blois

Sous l'égide du Groupe Scientifique et Technique Vibrations et Bruit de l'Association Française de Mécanique.

# Présentation

---

Après 2001 et 2003, la troisième édition du colloque national sur l'Analyse Vibratoire Expérimentale fait son retour en 2012.

La part de plus en plus croissante de l'analyse vibratoire dans les différents secteurs d'activité de l'aéronautique à l'automobile en passant par l'usinage, la maintenance ou le génie civil, font de ce rendez-vous une nécessité. Les méthodes ont elles aussi connu un essor important. En effet, l'analyse vibratoire n'est plus un simple outil complémentaire. Elle est la base de nombreuses techniques puissantes qui permettent de sonder les structures, voire l'intérieur même des matériaux durant leur service, de détecter les défauts et les endommagements et de suivre leur évolution en temps réel, ...

## Objectifs

---

Ce colloque a pour objectif de réunir des scientifiques issus de l'Industrie, de Grands Organismes Nationaux et de Laboratoires Universitaires intéressés par les développements récents de l'analyse expérimentale des structures en dynamique.

Ce thème doit être compris dans un sens assez large, il concerne :

- 1) Les progrès de l'analyse vibratoire expérimentale ;
- 2) les informations que l'on peut tirer de ces analyses.

De manière non exhaustive, les thèmes suivants sont attendus:

- Développements de l'analyse modale expérimentale : Méthodes stochastiques, précision des méthodes, .... ;
- Impact des nouveaux matériels : Capteurs de vibrations à grand champ, Vibrométrie laser, Interférométrie Speckle, Méthodes d'exploitation liées à ces matériels, Vibro-thermographie, ... ;
- Processus instationnaires : méthodes temps-fréquence, ondelettes, ... ;

- Recalage de modèles éléments finis ;
- Détection de changements de structures, Approche par l'identification modale, Localisation de défauts, Détection, ... ;
- Vibrations de systèmes à symétrie de révolution : Applications au diagnostic précoce de défaillance: turbines, rotors, roulements, ... ;
- Vibrations non-linéaires : détection, caractérisation, ... ;
- Chaîne vibratoire en boucle fermée : spécification d'essais et contrôle vibratoire, ... ;
- Applications vibro-acoustiques : interaction fluide-structure, contrôle acoustique, localisation des sources, ...

Ce colloque balaira un champ assez vaste, dont l'élément fédérateur sera l'exploitation de mesures expérimentales et garantira un échange fructueux entre les acteurs du domaine, industriels, chercheurs et praticiens.

Ce colloque devrait rassembler une centaine de participants (chercheurs, étudiants et industriels) autour de 2 conférences plénières d'experts dans ce domaine : le Pr D. Ewins (UK) et le Pr L. Garibaldi (Politecnico di Torino), 22 conférences thématiques et 6 posters dont 50% des conférenciers sont étrangers (Algérie, Belgique, Canada, GB, Italie, Suisse, Tunisie). Ce colloque hébergera des exposants référents dans le domaine de l'analyse vibratoire expérimentale comme AMTECHDATA, Bruel & Kjaer, KISTLER, LMS, OROS et PCB Piezotronics.

Cet évènement important pour le monde de la recherche en mécanique vibratoire se tiendra les 20 et 21 Novembre 2012 à l'ENI du Val de Loire, Blois.

L'accueil de ce colloque à Blois offre à la ville un rayonnement international dans le domaine de la recherche mais également une visibilité touristique importante. Les conférenciers bénéficieront ainsi d'une visite du Château de Blois, d'un dîner de gala dans une salle du Château de Blois et d'un spectacle de « Close-up ».

Plus d'informations sur le site : <http://www.enivl.fr> dans la Rubrique **Colloque AVE2012**.

# Partenaires

---



# Exposants

---



# Comités

---

## Comité d'organisation

**R. Serra** (*ENIVL / LMR*) – **Président du comité**

**M.-L. Gobert** (*ENIVL / LMR*)

**J. Mahfoud** (*INSA Lyon / LaMCoS - AFM / GST Vibrations et Bruit*)

**H. Chibane et G. Gautier** (Doctorants du LMR)

Etudiants de 5<sup>ème</sup> Année de l'option PMAT de l'ENIVL

## Comité scientifique

**J. Antoni** (*INSA Lyon / LVA*)

**P. Argoul** (*ENPC / LAMI*)

**L. Arnaud** (*ENIT / LGP-Vibration*)

**E. Aubry** (*ENSISA / MIPS*)

**P. Audrain** (*Hutchinson - CDR Montargis*)

**F. Bolaers** (*Univ. Reims / GRESPI*)

**E. Chatelet** (*INSA Lyon / LaMCoS*)

**C. Clerc** (*Vibratec*)

**P. Dehombreux** (*Faculté Polytechnique de Mons*) - BELGIQUE

**M'P. Diaby** (*Thales Air Systems*)

**C. Dieudonné** (*DYNAE*)

**J.-L. Dion** (*Supmeca / LISMMA*)

**R. Dufour** (*INSA Lyon / LaMCoS*)

**E. Foltête** (*ENSMM / FEMTO-ST*)

**L. Garibaldi** (*Politecnico di Torino*) - ITALIE  
**M.-L. Gobert** (*ENIVL / LMR*)  
**J.-C. Golinval** (*Univ. Liège / LTAS*) - BELGIQUE  
**J.-P. Grisval** (*ONERA Châtillon / DADS*)  
**J. Lardiès** (*Univ. de Franche-Comté / FEMTO-ST*)  
**J.-P. Lombard** (*SAFRAN*) – **Président du comité**  
**J.-M. Mencik** (*ENIVL / LMR*)  
**C. Meyer** (*Dassault Aviation*)  
**F. Poisson** (*SNCF-I&R / PFC*)  
**D. Rémond** (*INSA Lyon / LaMCoS*)  
**R. Serra** (*ENIVL / LMR*)  
**S. Sieg-Zieba** (*CETIM*)  
**J.-J. Sinou** (*ECL / LTDS*)  
**M. Thomas** (*ETS / DYNAMO*) - CANADA  
**T. Tison** (*Univ. Valenciennes / LAMIH*)

Les auteurs avaient la possibilité de soumettre leur communication rédigée en **anglais** pour une expertise par le comité scientifique du Colloque et l'Editorial Board de la revue de l'AFM **Mechanics & Industry** :

<http://www.mechanics-industry.org>

Une sélection des meilleurs articles permettra de constituer un numéro thématique « Analyse Vibratoire Expérimentale » qui sera édité par EDP Sciences et publié début 2013.

La revue **Mechanics & Industry** (dont l'impact factor pour 2012 est 0,221) est actuellement indexée et référencée par :

INIST PASCAL, Journal Citation Reports/Science Edition, Science Citation Index Expanded, ISI Web of sciences et Scopus.

# Programme du Colloque

**Compte-tenu du nombre et de la qualité des communications, 2 conférences plénières, 22 conférences thématiques et 6 posters sont programmés.** Les conférences thématiques seront en langue française et d'une durée de 20 minutes. Chaque présentation sera suivie de 10 minutes de questions / discussion.

Une synthèse du colloque, en vue de dégager les axes de recherche et de développement futurs, l'orientation du colloque et l'évolution des structures associatives clôturera les débats.

## **PROGRAMME Synthétique**

### **Mardi 20 Novembre 2012**

8h – 9h15	Accueil et enregistrement des participants
9h45 – 10h30	<b>Conférence plénière 1</b>
10h30 – 11h00	<b>Pause Café - Visite exposants</b>
11h00 – 12h30	<b>Session 1</b>
12h45 – 14h15	<b>Déjeuner</b>
14h30 – 16h00	<b>Sessions 2A et 2B</b>
16h00 – 16h45	<b>Session Poster</b>
16h45 – 17h45	<b>Sessions 3A et 3B</b>
18h45 – 24h00	<b>Dîner du Colloque</b>

### **Mercredi 21 Novembre 2012**

7h45 – 8h15	Accueil et enregistrement des participants
8h15 – 9h00	<b>Conférence plénière 2</b>
9h00 – 10h30	<b>Session 4</b>
10h30 – 11h00	<b>Pause Café – Visite exposants – Poster</b>
11h00 – 12h00	<b>Session 5</b>
12h15 – 13h45	<b>Déjeuner</b>
14h00 – 15h00	<b>Session 6</b>
15h00 – 16h00	<b>Pause Café – Visite exposants – Poster</b>
16h00 – 17h00	<b>Session 7</b>
17h00 – 18h00	<b>Table Ronde</b>
18h00	<b>Clotûre du Colloque</b>



# PROGRAMME

<b>Mardi 20 Novembre 2012</b>	
8h – 9h15	Accueil et enregistrement des participants
9h45 – 10h30	<b>Conférence plénière 1</b>
11h00 – 12h30	<b>Session 1</b>
	<b>Applications industrielles I</b>
12h45 – 14h15	<b>Déjeuner</b>
14h30 – 16h00	<b>Session 2A</b>
	<b>Applications ferroviaires</b>
14h30 – 16h00	<b>Session 2B</b>
	<b>Machines tournantes</b>
16h00 – 16h45	<b>Session Poster</b>
16h45 – 17h45	<b>Session 3A</b>
	<b>Identifications non-linéaires</b>
16h45 – 17h45	<b>Session 3B</b>
	<b>Analyses Modales</b>
18h45 – 24h00	<b>Diner du Colloque</b>
<b>Mercredi 21 Novembre 2012</b>	
7h45 – 8h15	Accueil et enregistrement des participants
8h15 – 9h00	<b>Conférence plénière 2</b>
9h00 – 10h30	<b>Session 4</b>
	<b>Applications industrielles II</b>
10h30 – 11h00	<b>Pause Café – Visite exposants</b>
11h00 – 12h30	<b>Session 5</b>
	<b>Identification</b>
12h15 – 13h45	<b>Déjeuner</b>
14h00 – 15h00	<b>Session 6</b>
	<b>Détection de défauts</b>
15h00 – 16h00	<b>Pause Café – Visite exposants</b>
16h00 – 17h00	<b>Session 7</b>
	<b>Détection d'endommagements</b>
17h00 – 18h00	<b>Table ronde</b>
	<b>Discussions et synthèse du Colloque</b>
18h00	<b>Clotûre du Colloque</b>

# Liste des Participants

NOM	PRENOM	ETABLISSEMENT	E-MAIL
AIT -SGHIR	Khalid	Univ. Reims	<a href="mailto:khalid.ait-sghir@univ-reims.fr">khalid.ait-sghir@univ-reims.fr</a>
ARGOUL	Pierre	ENPC / NAVIER	<a href="mailto:pierre.argoul@enpc.fr">pierre.argoul@enpc.fr</a>
BOLAERS	Fabrice	Univ. Reims	<a href="mailto:fabrice.bolaers@univ-reims.fr">fabrice.bolaers@univ-reims.fr</a>
CHASSAING	Guillaume	ENIM / LaBPS	<a href="mailto:g.chassaing@enim.fr">g.chassaing@enim.fr</a>
CHATELET	Eric	INSA Lyon / LaMCoS	<a href="mailto:eric.chatelet@insa-lyon.fr">eric.chatelet@insa-lyon.fr</a>
CHEVALLIER	Gaël	SUPMECA / LISMMMA	<a href="mailto:gael.chevallier@supmeca.fr">gael.chevallier@supmeca.fr</a>
CHIBANE	Hicham	ENIVL / LMR	<a href="mailto:hicham.chibane@univ-tours.fr">hicham.chibane@univ-tours.fr</a>
CLERC	Christian	Vibratec	<a href="mailto:christian.clerc@vibratec.fr">christian.clerc@vibratec.fr</a>
COLIN	Bruno	Nexter Group	<a href="mailto:b.colin@nexter-group.fr">b.colin@nexter-group.fr</a>
COUSTURES	Jérôme	LMS	<a href="mailto:jerome.coustures@lmsintl.com">jerome.coustures@lmsintl.com</a>
CUMUNEL	Gwendal	ENPC / NAVIER	<a href="mailto:gwendal.cumunel@enpc.fr">gwendal.cumunel@enpc.fr</a>
CUNY	Marion	ENIM / LaBPS	<a href="mailto:marioncuny@gmail.com">marioncuny@gmail.com</a>
DAMIEN	Frédéric	PCB Piezotronics	<a href="mailto:fdamien@pcbpiezotronics.fr">fdamien@pcbpiezotronics.fr</a>
DANRE'	Bernard	AMTECHDATA	<a href="mailto:bjmdanre@aol.com">bjmdanre@aol.com</a>
DEMY	Philippe	ULg / LTAS (BE)	<a href="mailto:philippe.demy@hepl.be">philippe.demy@hepl.be</a>
DIABY	M'Paly	Thalès	<a href="mailto:mpaly.diaby@thalesgroup.com">mpaly.diaby@thalesgroup.com</a>
DION	Jean-Luc	SUPMECA / LISMMMA	<a href="mailto:Jean-luc.dion@supmeca.fr">Jean-luc.dion@supmeca.fr</a>
DRON	Jean-Paul	Univ. Reims / GRESPI	<a href="mailto:jp.dron@univ-reims.fr">jp.dron@univ-reims.fr</a>
DUFOUR	Régis	INSA Lyon / LaMCoS	<a href="mailto:regis.dufour@insa-lyon.fr">regis.dufour@insa-lyon.fr</a>
EWINS	David	Univ. Bristol (UK)	<a href="mailto:d.ewins@imperial.ac.uk">d.ewins@imperial.ac.uk</a>
FEDALA	Semchedine	INSA Lyon / LaMCoS	<a href="mailto:semchedine.fedala@insa-lyon.fr">semchedine.fedala@insa-lyon.fr</a>
FESTJENS	Hugo	SUPMECA / LISMMMA	<a href="mailto:hugo.festjens@supmeca.fr">hugo.festjens@supmeca.fr</a>
FOLTETE	Emmanuel	ENSMM / Femto-st	<a href="mailto:emmanuel.foltete@femto-st.fr">emmanuel.foltete@femto-st.fr</a>
GARIBALDI	Luigi	Politecnico di Torino (IT)	<a href="mailto:luigi.garibaldi@polito.it">luigi.garibaldi@polito.it</a>
GAUTIER	Guillaume	ENIVL / LMR	<a href="mailto:guillaume.gautier@etu.univ-tours.fr">guillaume.gautier@etu.univ-tours.fr</a>
GOBERT	Marie-Laure	ENIVL / LMR	<a href="mailto:marie-laure.gobert@univ-tours.fr">marie-laure.gobert@univ-tours.fr</a>
GOLINVAL	Jean-Claude	ULg / LTAS (BE)	<a href="mailto:jc.golINVAL@ulg.ac.be">jc.golINVAL@ulg.ac.be</a>
GRYLLIAS	Konstantinos	INSA Lyon / LVA	<a href="mailto:konstantinos.gryllias@insa-lyon.fr">konstantinos.gryllias@insa-lyon.fr</a>
GUILLON	Olivier	Revue Essais & Simulations	<a href="mailto:o.guillon@mrj-corp.fr">o.guillon@mrj-corp.fr</a>
JRAD	Hanan	SUPMECA / LISMMMA	<a href="mailto:hanan.irad@supmeca.fr">hanan.irad@supmeca.fr</a>
KERROUMI	Sanaa	Univ. Reims (CRESTIC)	<a href="mailto:sanaa.kerroumi@etudiant.univ-reims.fr">sanaa.kerroumi@etudiant.univ-reims.fr</a>
KOUROUSSIS	Georges	Umons (BE)	<a href="mailto:georges.kouroussis@umons.ac.be">georges.kouroussis@umons.ac.be</a>
LENOIR	David	ECL / LTDS	<a href="mailto:David.Lenoir@ec-lyon.fr">David.Lenoir@ec-lyon.fr</a>
LIBERTO	Jenna	LMS	<a href="mailto:jenna.liberto@lmsintl.com">jenna.liberto@lmsintl.com</a>
LOMBARD	Jean-Pierre	SAFRAN	<a href="mailto:jean-pierre.lombard@safran.fr">jean-pierre.lombard@safran.fr</a>
MANIN	Lionel	Univ. Lyon / LaMCoS	<a href="mailto:lionel.manin@insa-lyon.fr">lionel.manin@insa-lyon.fr</a>
MARIN	Frédéric	ULg / LTAS (BE)	<a href="mailto:f.marin@v2i.be">f.marin@v2i.be</a>
MENCIK	Jean-Mathieu	ENIVL / LMR	<a href="mailto:jean-mathieu.mencik@univ-tours.fr">jean-mathieu.mencik@univ-tours.fr</a>
MESSANT	Guillaume	Univ. Blaise Pascal / IFMA	<a href="mailto:gmessant@ifma.fr">gmessant@ifma.fr</a>
MEYER	Claire	Dassault Aviation	<a href="mailto:claire.meyer@dassault-aviation.com">claire.meyer@dassault-aviation.com</a>
NYSSSEN	Florence	ULg / LTAS (BE)	<a href="mailto:florence.nyssen@student.ulg.ac.be">florence.nyssen@student.ulg.ac.be</a>
PALPACUER	Frédéric	OROS France	<a href="mailto:frederic.palpacuer@orosfrance.fr">frederic.palpacuer@orosfrance.fr</a>
PASCOAL	David	KISTLER France	<a href="mailto:david.pascoal@kistler.com">david.pascoal@kistler.com</a>
PEYRET	Nicolas	SUPMECA / LISMMMA	<a href="mailto:nicolas.peyret@supmeca.fr">nicolas.peyret@supmeca.fr</a>
PINTOS	Charles	AREVA NP	<a href="mailto:charles.pintos@areva.com">charles.pintos@areva.com</a>
POISSON	Franck	SNCF	<a href="mailto:franck.poisson@sncf.fr">franck.poisson@sncf.fr</a>
PONTIER	Floran	ACOEM Group - 01dB	<a href="mailto:floran.pontier@acoemgroup.com">floran.pontier@acoemgroup.com</a>
POPINEAU	Sébastien	Hutchinson / CDR Montargis	<a href="mailto:sebastien.popineau@cdr.hutchinson.fr">sebastien.popineau@cdr.hutchinson.fr</a>
POTEREAU	Philippe	Bruel & Kjaer	<a href="mailto:Philippe.potereau@bksv.com">Philippe.potereau@bksv.com</a>
RASOLOFONDRAIBE	Lanto	Univ. Reims (CRESTIC)	<a href="mailto:lanto.rasolofondraibe@univ-reims.fr">lanto.rasolofondraibe@univ-reims.fr</a>
REMOND	Didier	INSA Lyon / LaMCoS	<a href="mailto:didier.remond@insa-lyon.fr">didier.remond@insa-lyon.fr</a>
RENAUD	Franck	SUPMECA / LISMMMA	<a href="mailto:franck.renaud@supmeca.fr">franck.renaud@supmeca.fr</a>
SERRA	Roger	ENIVL / LMR	<a href="mailto:roger.serra@univ-tours.fr">roger.serra@univ-tours.fr</a>

NOM	PRENOM	ETABLISSEMENT	E-MAIL
SIEG-ZIEBA	Sophie	CETIM	<a href="mailto:sophie.sieg-zieba@cetim.fr">sophie.sieg-zieba@cetim.fr</a>
SINOUC	Jean-Jacques	ECL / LTDS	<a href="mailto:jean-jacques.sinou@ec-lyon.fr">jean-jacques.sinou@ec-lyon.fr</a>
SOUSA	Christina	LMS	<a href="mailto:christina.sousa@lmsintl.com">christina.sousa@lmsintl.com</a>
STEPHAN	Cyrille	ONERA	<a href="mailto:cyrille.stephan@onera.fr">cyrille.stephan@onera.fr</a>
STERNCHUSS	Arnaud	SNECMA	<a href="mailto:arnaud.sternchuss@sneema.fr">arnaud.sternchuss@sneema.fr</a>
TAAZOUNT	Mustafa	Univ. Blaise Pascal / IFMA	<a href="mailto:mustapha.taazount@univ-bpclermont.fr">mustapha.taazount@univ-bpclermont.fr</a>
TEIL	Benoit	ACOEM Group - 01dB	<a href="mailto:benoit.teil@acoemgroup.com">benoit.teil@acoemgroup.com</a>
THEVENARD	Christophe	RENAULT S.A.	<a href="mailto:christophe.thevenard@renault.com">christophe.thevenard@renault.com</a>
THOMAS	Marc	ETS / DYNAMO (CA)	<a href="mailto:marc.thomas@etsmtl.ca">marc.thomas@etsmtl.ca</a>
TISON	Thierry	Univ. Valenciennes / LAMIH	<a href="mailto:thierry.tison@univ-valenciennes.fr">thierry.tison@univ-valenciennes.fr</a>
TRICOCHÉ	Denis	HUTCHINSON SNC	<a href="mailto:denis.tricoche@hutchinson.fr">denis.tricoche@hutchinson.fr</a>
VINCENT	Julien	ENIM / LaBPS / SNECMA	<a href="mailto:j.vincent@enim.fr">j.vincent@enim.fr</a>

## Accès WIFI

---

Bien que sur l'ensemble de l'ENIVL le réseau EDUORAM soit déployé, un accès WIFI a été mis en place sur les salles des conférences (grand amphi, petit amphi et Atrium).

Le nom du Réseau est : **AVE2012** et le mot de passe est : [ave2012@enivl.fr](mailto:ave2012@enivl.fr).

Ce code permet un accès à tous les ports ouverts avec une garantie de bande passante minimale de 30Mb/30Mb en fibre optique. Seuls les protocoles Bi Torrent, Malware et Spyware sont bloqués.

Après la procédure de connexion classique à un réseau WIFI et avant toute utilisation d'internet, vous devez vous identifier. Pour cela, lancez un navigateur internet (Internet explorer, Firefox, Safari, Opera, ...), une fenêtre d'authentification va apparaître, ne tenez pas compte des informations de sécurité et faites « Poursuivez avec ce site ».

## Actes du colloque

---

Les actes du colloque sont disponibles en téléchargement à l'adresse suivante :

<a href="http://exotic.univ-tours.fr/mj7wy2">http://exotic.univ-tours.fr/mj7wy2</a>	avec le mot de passe <b>AVE2012</b> .
---	---------------------------------------

Vous pouvez télécharger le fichier ZIP « **Actes\_du\_Colloque\_AVE2012.zip** » ou simplement consulter directement les communications à partir du fichier « **Actes\_du\_Colloque\_AVE2012\_sessions.html** » ou encore directement à partir du fichier : « **Actes\_du\_Colloque\_AVE2012.pdf** ».

## Repas et Dîner du colloque

---

Les repas de midi seront pris au Restaurant « Le Saint Jacques » qui se trouve à 200m de l'ENIVL en direction de la gare.

Le Dîner du Gala se déroulera au Château Royal de Blois et sera précédé d'un cocktail de bienvenue et d'une visite du Château par deux guides nationaux.

# ***Programme du colloque***

**Lundi 19 Novembre**

**\*\*\*\***

*16h30 - 20h*

*Accueil et enregistrement des participants et exposants*

# Programme du colloque

**Mardi 20 Novembre - Matinée**

8h00 - 9h00 Accueil, enregistrement des participants et petit-déjeuner

9h15 : Ouverture du Colloque par :

- Monsieur le Directeur de l'ENIVL Pr R. Boné,
- Monsieur le Vice-Président de l'Agglopolys en charge de l'enseignement supérieur M. Jean-Philippe Minois,
- le Pr E. Foltête, Coordinateur du GST Vibrations & Bruits de l'AFM
- le Pr J.-M. Mencik, Responsable de l'Axe Vibrations au LMR,
- R. Serra, Président du Comité d'organisation

\*\*\*\*

9h45                      Conférence plénière – **Keynote lecture**                      Grand Amphi

Chairman      Jean-Claude GOLINVAL (Université de Liège / LTAS - Belgique)

Professor Luiqi GARIBALDI (Politecnico di Torino)

**« Output-only, time-variant and non linear systems: headache or challenge to system identification? »**



*Full Professor of Applied Mechanics and Vibrations at Politecnico di Torino, since 2002, he is leading the Dynamics & Identification Research Group whose research fields are: mechanical vibrations, system identification and diagnostics. He is the Coordinator of the PhD in Mechanics since 2011, and the responsible of Dynamics and Identification Research Group for industry consultancies and international program participations; he has been the national coordinator of five University net for a Ministry funded research program in 2007-2010.*

*Invited professor at the Université de Technologie de Compiègne, in 2003 and 2004, at ENPC (Ecole des Ponts et Chaussées) in 2008, and he has also conceived the Double Diploma accord with the UTC. He is member of Mechanical Systems and Signal Processing Editorial Board since 2004 and reviewer for the most relevant Journals on vibrations, identification and monitoring. He has organized congresses, such as DAMAS (2009 in Beijing and 2007 in Torino) and Surveillance5 (2004 in Compiègne) and he is participating in a number of congress scientific committees.*

*He has been External examiner / tutor / jury member for a number of PhD Thesis and HDR in Italy, France and Belgium. He has signed many research contracts with private companies such as Fiat Auto, D.R. Renault, Alenia, Pininfarina, Maserati, Fiat Engineering, Ferrari and many others.*

*He has published about 140 papers in International reviews and congresses.*

Systems showing time variant behaviour have recently attracted the interest of researchers and engineers, as a natural consequence of the reach number of exempla from real world engineering applications, quite often showing variable parameters along the observation period. Meanwhile, the same time variant systems cannot be always considered completely linear as it has been done for years; in fact, only recently the scientific community has developed algorithms for non-linear systems identification, which still remains an open and interesting field of researches; the straightforward simple linearization, which can be adopted for low excitation of structures, might lead to important response underestimation in certain cases, or even lead to catastrophic consequences in worse situations.

The third challenging aspect depends upon the capabilities of measuring the full set of data suitable to perform the inverse analysis, i.e. the measurement of both the input and the output of the vibrating system; in most practical cases, in fact, it exists an intrinsic difficult to measure the entire data set which is often reduced to the so called "output only" measurement.

Up to now, the engineer community has normally treated the systems holding the three characteristics at the same time simply neglecting, at least, one of these peculiarities.

The mass varying concept, specifically, has been deliberately neglected in the past, quite often considered as a higher order approximation of the system, not really needed to justify special efforts to be overcome. The mass variation of aircraft wings due to the fuel consumption is probably one of the rare exceptions in the literature; only recently a larger number of publications started treating these phenomena, particularly devoted to the classical bridge structure excited by moving load on it, as in the case of vehicles or human excitation. In this sense, the footpath-like structure, subjected to pedestrian excitation, has possibly achieved its peak interest on the occasion of the well known millennium bridge opening, in London, when the typical locking phenomena between pedestrian excitation and footpath eigenfrequencies took up, so that the vibration amplitudes became incredibly high.

In a more general way, there exist a number of different phenomena occurring when moving mass are acting over a structure and they have evidenced a number of still unsolved problems in this area.

Only recently a considerable effort has been dedicated on this subject, both under the modelling point of view and the identification aspect; some of the new techniques developed have shown new features and improved capabilities going further beyond the correct identification procedure. The relevant advantage of using such a type of analyses, i.e. taking into account the time varying mass, is the larger content of information with respect to the techniques usually adopted for invariant systems. In principle, mass variability allows extracting a larger set of information to detect anomalies, non-symmetric behaviour or even damage presence in terms of identification and/or localization. Contemporary, another advantage is the set of different load configurations driving such a type of analysis, also giving information over the non linear behaviour and, hence, the vibration amplitude dependency. Moreover, to increase the difficulty level, for most of these structures the excitation cannot be measured so that the suitable identification procedure falls in the wide framework of the so called output-only techniques. For the special case of moving mass measures, however, some extra information can be extracted and more refined analyses can be performed. Among the huge amount of structures which can take advantage from these techniques it is worth to cite the typical example of bridges crossed by vehicles or trains, the suspended footpaths, the cables with moving masses (lifts, ski lifts and similar) but also the robots with telescopic arms, some machining systems, the cranes with moving loads and so on.

Some examples and the different approaches beyond the subject are shown along the presentation.

\*\*\*\*

**10h30 - 11h00 : Pause - Visite des stands**

\*\*\*\*

## **Session 1 : APPLICATIONS INDUSTRIELLES I – *Industrial applications I***

**Grand Amphi**

**Chairman Marc THOMAS (ETS / DYNAMO – Canada)**

### **11h00 Identification des modes propres de corps rigide d'un bloc moteur par filtrage modal**

**C. THEVENARD, F. BARILLON**

*L'automobile est un secteur de perpétuelles innovations. Que ce soit sur la technologie des groupes motopropulseurs (architectures thermiques ou purement électriques) ou sur celle des suspensions filtrantes de ces derniers. Ces différentes technologies amènent naturellement une réflexion sur le couplage modal entre la structure de la caisse et le groupe motopropulseur en basses fréquences. Dans le but d'affiner les modèles numériques, il est nécessaire de constituer des bases de données riches en diversités de motorisations. On propose ici une méthode rapide d'identification des modes de corps rigide destinée à la constitution de bases de données modales.*

### **11h30 Caractérisation de poulie amortisseur de vibrations en torsion**

**L. MANIN, R. DUFOUR, S. SCHULTZ**

*The pulleys of automotive front engine accessory drive are driven in rotation by a poly-V belt itself driven by the crankshaft pulley. This driving pulley is often used as a torsional vibration damper (TVD) for the crankshaft. Three elements compose the pulley: the hub, a rubber ring and an inertia steel ring with v-ribs on its outer diameter. The technology of such a pulley is well known actually. However there is still one problem, the torsion vibrations of the crankshaft are transmitted to the belt transmission and therefore to the driven accessories. Hence, recent developments have conducted to add a supplementary function to these pulleys, the decoupling which is realized by another rubber ring. The TVD pulley components are designed in order to dampen crankshaft vibrations over a given frequency range, i.e. stiffness and damping characteristics are determined for the rubber ring. These expected characteristics have to be checked after manufacturing for product certification but also to give some real measured data input for simulation models. An experimental characterization method is presented for the determination of the stiffness and damping coefficients of the rubber rings used in such pulley. Some little deviation is observed from the theoretical expected values and also between pulley samples. The test rig developed is temperature controlled. The influence of the temperature is highlighted.*

### **12h00 Identification expérimentale des efforts dynamiquement opérationnels par des techniques inverses appuyées par modèle**

**C. CLERC, S. TEPPE**

*La détermination expérimentale des sollicitations appliquées aux structures est un élément important pour comprendre et résoudre les problèmes de dynamique des structures. La mesure directe n'étant généralement pas envisageable, le recours systématique à des méthodes inverses, appuyées si possible par des modèles de simulations, constitue un outil puissant pour connaître les chargements opérationnels indispensables au dimensionnement mécanique des structures ou pour le diagnostic. Ces méthodes s'appuient sur la mesure des vibrations ou de la réponse dynamique en fonctionnement mais ensuite différentes démarches sont possibles en fonction du problème à traiter :*

- tout expérimental en s'appuyant sur des fonctions de réponse en fréquence mesurées

- plus fréquemment en s'appuyant sur un modèle aux *Eléments Finis* qui sera utilisé en amont pour optimiser la configuration de mesures et en aval pour calculer les *Fonctions de Réponse en Fréquence* nécessaires à l'identification des efforts. Le modèle pourra être recalé à l'aide d'une analyse modale expérimentale

- pour les problèmes non linéaires, en synthétisant au mieux les signaux temporels mesurés à l'aide d'un modèle multi-corps.

Ces différentes stratégies possibles et les méthodes de résolution associées sont présentées ainsi que leur application sur des cas industriels.

\*\*\*\*

**12h45 - 14h15 Déjeuner au Restaurant « Le Saint Jacques »**

\*\*\*\*



# Programme du colloque

Mardi 20 Novembre – Après-midi

\*\*\*\*

Session 2A : Applications ferroviaires – *Railway applications* Grand Amphi

Chairman Christian CLERC (VIBRATEC)

**14h30 Etudes expérimentales et simulation numérique du phénomène de crissement sur TGV**

J-J. SINOÛ, A. LOYER, G. MOGENIER, F. COCHETEUX, S. BELLAJ, X. LORANG, O. CHIELLO

*Le crissement est un bruit strident fréquemment produit par les systèmes de freinage. Dans le milieu ferroviaire, des relevés de niveau acoustique ont montré que le crissement dû à l'arrivée en gare de certains trains pouvait atteindre 110 dB à un mètre du bord du quai. Ainsi, la problématique liée au crissement de freins à disque ferroviaires vise à traiter la gêne occasionnée par le crissement, principalement pour les passagers présents sur le quai lors de l'arrivée d'un train en gare, mais aussi pour les riverains et le personnel présent dans les gares. Cette étude vise donc à mieux comprendre les phénomènes vibratoires et mécanismes générés lors de l'apparition du crissement des freins à disque ferroviaires. Pour ce faire, des essais expérimentaux variés, ainsi que des confrontations avec des modèles éléments finis et simulations numériques complexes sont proposés. Cette étude s'insère plus globalement dans le projet de recherche AcouFren, subventionné par l'ADEME, dont l'objectif est de proposer de développer des outils d'aide à la spécification et à la conception de freins à disque ferroviaires optimisés vis-à-vis du crissement.*

**15h00 Étude expérimentale des vibrations générées par des trains IC/IR bruxellois sur leur environnement**

G. KOUROUSSIS, C. CONTI, O. VERLINDEN

*Dans ce papier, nous nous intéressons aux vibrations dues au trafic ferroviaire dans la région de Bruxelles, et plus particulièrement à son futur réseau RER, prochainement opérationnel afin de désengorger les axes routiers de la périphérie de la capitale belge. Nous présentons les mesures de vibrations en champs libre induites par le passage de trains IC (InterCity) et IR (InterRegion). Différents sites le long de la ligne principale L161 Bruxelles-Luxembourg ont été investigués. En vue d'une utilisation prochaine de ces résultats expérimentaux, une recherche approfondie sur les caractéristiques de la voie, de sol et du matériel roulant a été menée. Des mesures de vibration à la surface du sol relatives aux trains IC et IR sont ainsi présentées, pour une gamme de vitesses allant de 40 à 120 km/h sur la ligne L161 et ce, pour différents sites d'étude se différenciant essentiellement d'un point de vue géologique. Il en ressort que les automotrices AM96 génèrent le plus de vibrations au sol. L'état de la voie est également mis en cause, avec des niveaux vibratoires quantifiés nettement plus importants en présence de joints de rail. Par ailleurs, l'influence de la vitesse de trains n'est que très peu mise en évidence.*

**15h30 Qualification d'un appareil d'éclairage décoratif soumis aux vibrations induites par un pont ferroviaire**

F. MARIN, D. SIMON, J.-C. GOLINVAL

*Au même titre que la plupart des pièces mécaniques soumises aux vibrations, les appareils d'éclairage installés en extérieur sont amenés à satisfaire, en fonction de leurs conditions d'utilisation, aux exigences de procédures d'essais appliquées sur table vibrante. Celles-ci ont pour but de garantir l'intégrité structurelle du luminaire lorsque, une fois sur site, il est soumis aux effets du vent. Dans le cas des appareils d'éclairage décoratifs installés sur un pont de chemin de fer de structure métallique, le vent n'étant plus la source principale de vibrations en comparaison du trafic ferroviaire, on est dès lors confronté à une absence de toute indication appropriée décrivant l'essai à mener. Par conséquent, l'objectif de cette étude est d'élaborer une spécification d'essai de durée réduite, appliquée en laboratoire sur table vibrante, et représentative de l'environnement vibratoire réel de l'appareil à certifier. Sur la base des essais réalisés en laboratoire, des prescriptions de montage et d'installation sont également formulées afin de garantir des conditions d'utilisation et d'essai identiques.*

\*\*\*\*

**Session 2B : Machines tournantes – Rotating systems**

Petit Amphi

**Chairman Didier REMOND (INSA Lyon / LaMCoS)**

**14h30 Comparaison entre la sensibilité des algorithmes LMD et EMD pour la détection précoce des défauts d'engrenages**

T. KIDAR, M. THOMAS, R. GUILBAULT, M. EL BADAoui

*In recent years, the adaptive decomposition methods have become the center of interest of researchers in many fields and especially in the vibration diagnosis of rotating machines. This paper compares the sensitivity of defect detection of two adaptive methods: local mean decomposition (LMD) and empirical mode decomposition (EMD). The efficiency of LMD and EMD methods for detecting defects is investigated for two cases, one from numerical signals and the other from signals recorded during a fatigue test on gear bench. The time descriptors Kurtosis, Thalaf and Thikat are applied on the signal and on its Hilbert Transform. The results reveal that both techniques seem to be suitable and have good efficiency for the fault detection. From experimental signals, the comparative results reveal that both methods allows for monitoring wear, but that LMD is more sensitive to detect rapid changes of degradation than EMD method for the considered case. Consequently these features have potential to become powerful tools for the monitoring of rotating machinery.*

**15h00 Utilisation de l'erreur de transmission et de la vitesse angulaire instantanée pour le diagnostic vibratoire des défauts des engrenages**

S. FEDALA, D. REMOND, R. ZEGADI, A. FELKAoui

*Actuellement, les travaux consacrés à l'automatisation du diagnostic vibratoire s'appuient essentiellement sur les indicateurs calculés à partir des signaux accélérométriques échantillonnés temporellement. Or il existe d'autres alternatives beaucoup plus intéressantes comme par exemple celles fondées sur la mesure synchronisée angulairement. Fondée sur l'utilisation de techniques de ré-échantillonnage angulaire, elles peuvent offrir un nombre considérable d'indicateurs beaucoup plus pertinents et ainsi conduire à de meilleures performances dans la classification. Dans cet article, nous proposons d'utiliser des techniques de ré-échantillonnage angulaire pour la détection des défauts des engrenages à partir des signaux codeurs et accélérométriques enregistrés*

sur un banc d'essai en fonctionnement. En associant plusieurs de ces capteurs, on montre qu'il est possible d'étendre le nombre d'indicateurs sur la base des signaux disponibles. Il sera question de démontrer l'efficacité du diagnostic en utilisant les signaux accélérométriques ré-échantillonnés angulairement et la Variation de la Vitesse Instantanée (VVI) en ajoutant un codeur angulaire, puis d'accéder à l'Erreur de Transmission (ET) en ajoutant un deuxième codeur angulaire. On montre également comment utiliser les différents signaux pour extraire un maximum d'indicateurs pertinents pour de futurs travaux de mise en place de système automatisé de diagnostic vibratoire performant.

### **15h30 Suivi et suppression de composantes sinusoïdales modulées dans les signaux : une solution basée sur le Kurtosis et le filtrage de Kalman étendu**

*J.-L. DION, C. STEPHAN, G. CHEVALLIER, H. FESTJENS*

*Ce travail décrit une méthode pour la suppression des composantes sinusoïdales modulées présentes dans des signaux. Cette méthode consiste à utiliser le Kurtosis Spectral Optimisé pour initialiser une série de filtres de Kalman étendus. Elle est mise en œuvre sur une application expérimentale afin de supprimer les composantes sinusoïdales générées par une machine tournante en fonctionnement. Ces composantes sont généralement modulées en fréquence ou en amplitude et produisent des représentations spectrales semblables à des modes propres peu amortis. Cette ressemblance induisant en erreur les méthodes d'analyse modale opérationnelle, le traitement amont des signaux par la méthode proposée pourra permettre d'éviter ces ambiguïtés.*

\*\*\*\*

**16h00 - 16h45 Session « Posters »**

**ATRIUM**

**Présentation plénière de 3' par Poster puis questions / discussions devant les Posters**

**Chairman Roger SERRA (ENIVL / LMR)**

**Poster 1 Analyse vibratoire expérimentale des turbo ventilateurs en milieu industriel**

*T. KEBABSA, N. OUELAA, A. DJEBALA, R. KHELIF, N. HAMZAOU*

*Une variété de technologies peuvent et devraient être utilisées en tant qu'éléments d'un programme complet de maintenance préventive. Puisque les systèmes mécaniques ou machines (Turbo-ventilateurs, compresseurs, générateurs, turbines,...etc.) constituent la plupart des équipements stratégiques d'usines, la surveillance vibratoire est programmée en tant qu'outil efficace de maintenance préventive conditionnelle. Dans cette communication nous allons présenter une application portant sur l'utilisation de l'analyse spectrale comme outil d'aide au diagnostic et prise de décision avant l'apparition d'une panne due à une mauvaise surveillance vibratoire. Le travail est réalisé sur des machines stratégiques de l'un des plus importants complexes industriels d'Algérie spécialisé dans la production des produits fertilisants et engrais alimentaires (Ammoniac, Nitrates, Phosphate, ...etc.). Ce travail vise dans un premier temps à classer les équipements selon une procédure prenant en considération leur criticité dans le processus de production. Notre choix s'est ensuite posé sur le turbo ventilateur 101 BJT sur lequel nous avons entamé quatre campagnes de mesures dans les quatre bandes de fréquence [0-200Hz], [0-1000Hz] et [0-5000Hz], [0-10KHz]. Cette machine est surveillée habituellement par le service de maintenance dans les bandes de fréquences*

[0-200Hz] et [0-1000Hz]. Après le calcul cinématique de l'ensemble de ses constituants, nous avons constaté que ces deux dernières bandes de fréquence ne permettent pas une bonne surveillance du système vu que la fréquence d'engrènement dans les engrenages du réducteur est égale à 3969 Hz, ceci a justifié de faire une compagne de mesure dans les bandes [0-5000Hz] et [0-10KHz].

## **Poster 2     Détections des défauts de roulements simple et combiné par analyse spectrale, cepstrale et temporelle**

R. YOUNES, N. OUELAA, A. DJEBALA, A. ALIA

Nous présentons dans ce travail une étude expérimentale portant sur la détection des défauts isolés et combinés des roulements à partir de signaux mesurés pour deux fréquences de rotation (15 et 25 Hz) et deux bandes de fréquence (2000 et 6000 Hz). Les signaux sont mesurés sur le simulateur des défauts de machines (MFS: Machinery Fault Simulator) de la firme SpectraQuest. Chaque signal est composé de 100 blocs, contenant chacun 4096 points. En se basant sur le tracé des Skewness de tous les blocs, on choisi ceux qui ont les valeurs les plus élevés pour ainsi effectuer une analyse spectrale et cepstrale des signaux sélectionnés. L'analyse des résultats obtenus montre que pour optimiser les chances de détection des défauts à partir d'un signal mesuré, il faut que celui-ci contienne un grand nombre de blocs. Les défauts peuvent apparaître dans un certain nombre de blocs et pas dans d'autres. Enfin, nous avons constaté que pour les défauts de roulement, l'analyse cepstrale est la mieux adaptée pour une meilleure détection.

## **Poster 3     Détection d'un défaut de délaminage lors de l'usinage d'un matériau composite par analyse vibratoire**

H. CHIBANE, R. SERRA, A. MORANDEAU, A. BOUCHOU, R. LEROY

L'utilisation de pièces en matériaux composites, en particulier dans l'aéronautique est de plus en plus importante. Cependant, l'opération d'usinage de ces matériaux est compliquée par différents phénomènes dont le délaminage des plis composites. L'objectif de cette étude est de présenter une méthode de détermination des conditions de coupe, en utilisant la corrélation entre les vibrations et le défaut de délaminage. L'usinage en avalant d'un matériau composite carbone/époxy est réalisé avec une plaquette de revêtement diamant DLC (Diamond Like Carbon). Afin de réduire le nombre d'expériences, un plan d'expérience composite centré (CCD) a été étudié en utilisant les paramètres de coupe suivants : vitesse de coupe et épaisseur du copeau. Les résultats ont montré qu'au-delà d'un seuil de vibration, l'apparition d'un délaminage est certaine et que la longueur de délaminage augmente avec l'augmentation de la vibration enregistrée. L'analyse de variance a été utilisée pour valider les modèles.

## **Poster 4     Diagnostic vibratoire par recalage de modèle éléments finis et analyse modale opérationnelle**

G. GAUTIER, R. SERRA, J.-M. MENCIK

In this paper, a subspace fitting based method is proposed for identify faults in mechanical systems. The method uses the modal parameters of a mechanical system from an observability matrix, which is provided by Deterministic-Stochastic Subspace Identification. The method is applied to the study of rotating machinery. By incorporating the Finite Element Model of the machinery, the method is able to update a set of imprecise known parameters. A damaged rotor is simulated, and aims to demonstrate the ability and the efficiency of the method for localize and determine severity of damage in the mechanical structure.

**Poster 5      Easymod : du développement d'un toolbox sous Matlab vers l'enseignement des bases de l'analyse modale expérimentale**

G. KOUROUSSIS, L. BEN FEKIH, C. CONTI, O. VERLINDEN

*Ce papier présente le développement de l'outil EasyMod pour l'analyse modale expérimentale. Outre les méthodes d'identification de paramètres modaux, il intègre une série de fonctionnalités permettant une analyse complète, avec une validation basée sur, par exemple, le modal assurance criterion ou une animation graphique grâce au logiciel EasyAnim, développé par ailleurs dans ces mêmes objectifs pédagogiques. L'outil est proposé sous couvert de la licence GNU, offrant ainsi au monde scientifique la possibilité de l'utiliser librement mais également de le modifier au travers de la réutilisation des codes sources. Le lien avec les logiciels commerciaux est également possible, grâce à l'utilisation de fichiers standardisés qui restent compatibles avec la plupart des logiciels. Des exemples, tirés de nos enseignements, illustrent l'approche didactique proposée, en utilisant des données numériques (établies à partir des matrices de masse, de raideur et d'amortissement issues d'un modèle analytique) ou des données expérimentales (raquette de tennis, cadre de vélo, ski alpin, ...).*

**Poster 6      Identification modale de systèmes variant dans le temps à partir de réponses simulées sur un exemple d'éoliennes**

M. BERTHA, J.-C. GOLINVAL

*Wind turbines are good examples of time-varying systems as their modal properties depend on their instantaneous configuration. To catch the variations of modal parameters in time-varying systems, classical identification methods have to be adapted to the non-stationary nature of the recorded signals. In this paper, it is proposed to study the dynamic behavior of an offshore five-megawatt wind turbine. First, a numerical model of the wind turbine is created to serve as reference. Then, the time-varying behavior of the system is evaluated by simulating a large number of possible configurations. To this purpose, time responses are generated from the numerical model submitted to different environmental conditions. The wind is considered as the main non-measured external excitation force on the structure and the responses are recorded at several locations to simulate a real measurement process. Special care is brought to the accessibility of the measurement locations and to the limited number of available sensors in practice. Using these simulated measurements, output-only identification methods are used to extract varying dynamic properties of the structure. The final objective of this work is to pave the way to online condition monitoring of wind turbines.*

\*\*\*\*

## Session 3A : Identifications non-linéaires – *Non linear identifications*

Chairman Jean-Jacques SINOÛ (ECL / LTDS)

Petit amphi

### 16h45 Identification du comportement dynamique non linéaire des composants élastomères

H. JRAD, J.-L. DION, F. RENAUD, I. TAWFIQ, M. HADDAR

*Viscoelastic components, which have substantial energy absorption abilities, are always incorporated into automobile and aerospace structure systems in order to damp mechanical vibrations and thus avoid serious damage. Viscoelastic components are a key element in designing desired dynamic behaviour of mechanical systems. In this paper, The non linear dynamic behaviour of viscoelastic components is investigated. A Non Linear Generalized Maxwell Model (NLGMM) is proposed to characterize dynamics of viscoelastic components. Parameters of NLGMM are identified from Dynamic Mechanical Analysis (DMA) tests for different excitation frequencies. Comparison between measurements and simulations of dynamic stiffness of viscoelastic component has been carried on. The NLGMM shows a good accordance with experimental results.*

### 17h15 Etude dynamique expérimentale des effets du micro-glissement dans les assemblages de structures

N. PEYRET, J.-L. DION, G. CHEVALLIER, P. ARGOUL

*Cet article traite de l'amortissement dû aux micro-glissements dans les assemblages de structures. Un nouveau cas d'étude de l'amortissement dans les structures assemblées a été proposé et justifié. Le modèle de structure proposé est un modèle de poutres assemblées dont la position des interfaces est originale. La conception de la structure expérimentale est présentée, justifiée et comparée par rapport aux dispositifs présents dans la littérature. Afin d'isoler les effets de l'amortissement dû aux seuls glissements partiels dans les interfaces étudiés, le comportement vibratoire d'une structure monolithique puis d'une structure assemblée de géométrie identique sont étudiées. Enfin, les effets des interfaces sur la dynamique de la structure et la présence d'amortissement par micro-glissement sont mis en évidence expérimentalement.*

\*\*\*\*

## Session 3B : Analyse modale – *Modal analysis*

Grand Amphi

Chairman Thierry TISON (Université de Valenciennes)

### 16h45 Evaluation d'estimateurs spectraux à banc de filtres adaptatifs pour l'analyse modale

C. STEPHAN

*Les densités spectrales de puissance utilisées en analyse modale sont généralement obtenues grâce à l'estimateur spectral Welch. Récemment de nouveaux estimateurs spectraux à base de banc de filtres adaptatifs ont été développés afin de dépasser les limitations de l'estimateur Welch. Une évaluation de ces techniques est proposée afin de déterminer si ceux-ci peuvent apporter un avantage significatif lors de l'identification. L'implémentation algorithmique est détaillée pour être en mesure de traiter des signaux de taille conséquente. Les résultats sur un cas numérique et un cas expérimental montrent que cette approche peut permettre de mieux quantifier les amplitudes*

spectrales au droit de modes peu amortis que l'estimateur Welch, tout en conservant une robustesse au bruit de mesure satisfaisante.

## **17h15 Principes de moindre action en analyse modale opérationnelle**

*J. ANTONI, S. CHAUHAN, T. MONNIER, K. GRYLLIAS (en Anglais)*

*Des recherches récentes ont démontré que certaines méthodes de séparation aveugle de sources, initialement développées pour les signaux de télécommunication, permettent de décomposer les réponses vibratoires d'une structure en ses différentes contributions modales. L'avantage qui s'ensuit pour l'analyse modale opérationnelle est une identification immédiate des paramètres modaux par application des techniques traditionnelles dédiées aux systèmes à un degré de liberté, et ceci sans connaissance des forces excitatrices appliquées à la structure. L'idée sous-jacente à l'approche consiste à considérer les réponses vibratoires comme un « mélange » de coordonnées modales (les « sources ») dont les déformées modales associées forment les colonnes d'une matrice de mélange. Sous certaines conditions concernant l'indépendance statistique des sources, il est alors possible d'identifier les constituants du mélange moyennant seulement une indétermination sur l'amplitude des modes. L'approche est dite « aveugle », car elle ne nécessite aucune connaissance préalable sur les matrices de masse et de raideur, comme cela peut être le cas pour d'autres méthodes partageant des objectifs similaires (telle que la Principal Orthogonal Decomposition). Elle est aussi fondamentalement différente des méthodes d'identification paramétriques qui se basent sur l'imposition d'un modèle (par exemple de sous-espace). L'état de l'art dans le domaine s'articule autour de l'algorithme SOBI (Second-Order Blind Identification), dont la robustesse a été constatée à plusieurs reprises ; son principe consiste à extraire des sources qui sont les moins corrélées possibles pour un ensemble de décalages temporels. Plusieurs publications ont récemment tenté de donner a posteriori une interprétation physique à SOBI et ont aussi pointé ses limitations par rapport aux hypothèses de l'analyse modale. Cette communication propose de suivre la démarche inverse en montrant que des critères de séparation inédits et ad hoc peuvent être définis suivant des considérations physiques générales. Trois exemples sont donnés. Le premier critère, dit de « moindre longueur de l'enveloppe énergétique », stipule que l'enveloppe quadratique d'une réponse modale est la plus courte possible parmi toutes les trajectoires possibles. L'équation du mouvement qui en découle est obtenue par calcul variationnel (équations d'Euler-Lagrange). Le second critère, dit de « moindre variance spectrale », stipule que la densité spectrale d'une réponse modale est la plus concentrée possible autour d'une fréquence centrale. Enfin, le troisième critère dit de « moindre complexité spectrale » stipule qu'une réponse modale a la plus faible entropie possible dans le domaine fréquentiel. Tous ces critères peuvent être exprimés selon une intégrale de moindre action en fonction de la matrice de mélange qui contient les déformées modales inconnues. L'estimation de celles-ci est solution de leur minimisation. Une différence algorithmique notable avec SOBI est que les modes sont extraits un par un au lieu de simultanément. Les simulations montrent que l'approche proposée donne lieu à des résultats de séparation très similaires à ceux de SOBI. L'avantage principal dont ils jouissent cependant est d'être issu de considérations physiques spécifiques à la problématique de l'analyse modale opérationnelle, contrairement aux autres méthodes de séparation aveugle de sources qui ont été principalement développées pour le domaine des télécommunications. Le principe de moindre longueur de l'enveloppe énergétique permet d'ailleurs de séparer des modes de fréquence variable, tel que rencontrés par exemple dans les ondes guidées, ce qui constitue une performance unique par rapport à l'état de l'art.*

\*\*\*\*

## **17h45 – 18h30 Annonce du programme de la soirée**

### **Visite des exposants et des Posters**

\*\*\*\*

**18h45 :** Début de la visite avec des guides nationaux du Château Royal de Blois offert par la Mairie de Blois



**19h45 :** Réception de bienvenue au Château Royal de Blois offerte par la Ville de Blois

**20h15 :** Dîner du gala dans une salle du Château Royal de Blois

**Spectacle « Close-up »**

***Au cours du Repas :***

- Remise du **Prix de l'AFM GST Vibrations & Bruit pour la meilleure communication** par le Professeur Emmanuel FOLTÊTE, nouveau coordinateur du GST Vibrations & Bruit de l'AFM
- Remise du **Prix du Meilleur Poster**
- Remise des **Prix Essais & Simulations pour la meilleure approche combinée calcul / essai** par Monsieur Olivier Guillon, Rédacteur en chef de la revue Essais & Simulations
- Remise du **Prix Robert-Houdin pour la contribution la plus originale** par Monsieur Jean-Michel BERNABOTTO, représentant le président de la communauté d'agglomération Agglopolys



# **Programme du colloque**

**Mercredi 21 Novembre - Matinée**

## **Grand Amphi**

\*\*\*\*

7h30 - 8h15 Accueil - enregistrement des participants et petit-déjeuner

\*\*\*\*

**8h15 Conférence générale - *Keynote Lecture***

**Chairman Jean-Pierre LOMBARD (SAFRAN)**

**Professor David J. EWINS** (Univ. Bristol / Imperial College London)

*« Future Directions in Experimental Structural Dynamics »*



**David Ewins** has spent the past 50 years studying and measuring vibration in a range of application areas - mostly in aerospace, defence and other hi-tech industries. Having studied at Imperial College London and Cambridge University, he has been based at Imperial, throughout his career, and as Professor of Vibration Engineering since 1983, with periods as Visiting Professor overseas in the USA, France, Switzerland and Singapore. Following partial 'retirement' in 2005 (he still spends 1 day per week at Imperial) , he now spends much of his time at Bristol University where he is Director of the BLADE laboratories and Director of the AgustaWestland UTC in Vibration Reduction. He is also the Chairman of the EU CleanSky Scientific and Technology Advisory Board.

His research has focused on two main areas - Modal Testing (and its applications) and Vibrations in Turbomachinery, in the latter case, working closely with Rolls-Royce since 1963. Current research priorities are (i) developing new test strategies to improve the effectiveness of vibration testing by an order of magnitude, including the development of new laser-based measurement techniques; (ii) properly accounting for the effects that structural joints have on the dynamics of engineering structures and (iii) incorporating robustness characteristics in dynamic analysis and design.

He founded the Dynamic Testing Agency in 1990 (now the Dynamics and Testing Working Group in NAFEMS), has published a textbook and many papers on Modal Testing, and a total of more than 300 papers on structural dynamics in general. He set up the first Rolls-Royce University Technology Centre (Vibration UTC) at Imperial College on 1990 and is currently running the new AgustaWestland UTC in Vibration Reduction at Bristol University. Between these two projects, as the first Temasek Professor in Singapore (at Nanyang Technological University), he set up the Centre for the Mechanics of Microsystems (CMMS) between 1999-2002.

He is a Fellow of the Royal Society and of the Royal Academy of Engineering.

*This lecture presents a high-level overview of Experimental Structural Dynamics at a time when supercomputers and the simulations made with them are attracting more and more attention and credibility – albeit not always justified. Dramatic increases in computation speed and capacity have shifted attention away from experimental techniques which, in effect, have not enjoyed corresponding improvements to those apparent in simulation. The lecture considers Philosophy, Strategy and Progress in the area of interest. The need for integration of experimental with theoretical and numerical methods is emphasised, and proposed as an essential feature for future directions of all three areas. Combinations of theoretical, numerical and experimental methods lead to the technologies of Identification, Simulation and Validation. Current major challenges which are seen as obstacles to further progress are reviewed and prioritised in an attempt to devise a strategy for the future development of structural dynamics as a whole, with a special interest here in the experimental aspects. The third section looks in some detail at a small number of key experimental techniques which are expected to evolve as major approaches to the enhancement of experimental structural dynamics. These include: testing of structures with non-linear characteristics, the need to target the most critical data to be measured and to focus effort on those, and the need to change the balance of numbers of measured DOFs and measured frequency components.*

\*\*\*\*

## **Session 4 : APPLICATIONS INDUSTRIELLES II - *Industrial applications II***

**Chairman Luigi GARIBALDI (Politecnico di Torino / DIMA – IT)**

**9h00 Déformée opérationnelle d'une plaquette de frein lors d'un crissement**

F. RENAUD, J.-L. DION, G. CHEVALLIER

*Le mouvement d'une plaquette pendant un crissement est observé sur un système de frein industriel à disque grâce à des accéléromètres tri-axes. Une analyse temps-fréquence est menée. Elle montre que le crissement apparaît en même temps que des composantes harmoniques. Ensuite les déformées opérationnelles de la plaquette avant et pendant le crissement sont visualisées par interpolation des mesures. Les déformées présentent principalement un mouvement de flexion.*

**9h30 Méthodologie d'excitation de modes à diamètres nodaux d'un anneau statorique de turboréacteur**

F. NYSSSEN, J.-C. GOLINVAL, D. SIMON, R. VIGUIE

*Cette étude consiste à développer une approche expérimentale, permettant l'isolation de modes à diamètres nodaux spécifiques d'un étage statorique de compresseur basse pression, ayant pour objectif final la calibration de jauges de déformation. Plus spécifiquement, une étude portant sur le nombre minimal de sources d'excitation (shakers) et sur leur répartition circonférentielle optimale a été menée, l'objectif suivi étant d'isoler des modes à diamètres cibles dans des conditions de laboratoire. La première partie de l'étude consiste en une approche théorique, basée sur les concepts d'appropriation modale en régime forcé. La combinaison optimale des positions des différents points d'excitation est choisie de façon à maximiser une fonction objectif, définie comme le rapport entre l'énergie injectée dans le mode cible et la valeur maximale des énergies injectées dans les modes présentant une fréquence naturelle proche du mode d'intérêt. Dans la deuxième partie de l'étude, des simulations numériques sur un modèle éléments finis de la structure ont été menées sur base des résultats théoriques obtenus. Enfin, la troisième partie a permis de valider expérimentalement les prédictions numériques via des analyses d'influence du nombre d'excitateurs et de leur position sur l'amplitude de la réponse fréquentielle.*

## **10h00 Simulation du bruit d'un moteur électrique : méthode de calcul et représentativité du modèle structural**

*J.-B. DUPONT, P. BOUVET, L. HUMBERT (présentée par C. CLERC)*

*L'industrie automobile est entrée dans une phase de profonds changements liés notamment à des considérations environnementales. De nouvelles motorisations hybrides voire 100% électriques font leur apparition. Alors que la physique du moteur à combustion est maintenant bien connue, un effort reste à fournir pour prédire le comportement dynamique des moteurs électriques. Ce papier présente une méthodologie complète de simulation du bruit rayonné par un moteur électrique. Il s'agit d'une procédure à trois phases. Dans un premier temps, les excitations électromagnétiques appliquées à la structure du moteur sont calculées grâce à un solveur éléments finis électromagnétiques. Puis la réponse dynamique de la structure est calculée par éléments finis. La dernière étape concerne le rayonnement acoustique. Ce papier s'intéresse particulièrement à la représentativité du modèle dynamique du moteur. En effet, le circuit magnétique est constitué d'un empilement de tôles et son comportement dynamique est complexe. La modélisation fine du détail de l'empilement étant impossible, un matériau homogène isotrope transverse équivalent est utilisé. Ses caractéristiques élasto-dynamiques sont obtenues grâce à une procédure de recalage.*

**\*\*\*\***

## **10h30 – 11h00 Pause - Visite des stands**

**\*\*\*\***

## **Session 5 : Identification – Identification**

**Chairman Pierre ARGOUL (ENPC / Laboratoire Navier)**

## **11h00 Détection de dommage et résonances locales sur un composite CFRP par vibrothermographie**

*P. DEMY, J.-C. GOLINVAL, D. SIMON*

*La vibrothermographie est une technique de thermographie active capable de détecter des singularités de type délaminage ou décollement dans un matériau composite comme les laminés en fibres de carbone très utilisés actuellement en construction aéronautique (CFRP). Les causes physiques du mécanisme d'échauffement interne, suite à l'interaction avec les ondes élastiques, peuvent être la friction, l'hystérésis viscoélastique ou encore la déformation plastique. La méthode est efficace également sur des géométries complexes et requiert uniquement que les deux faces internes du délaminage soient libres de vibrer. Cette étude consiste à déterminer la relation entre l'échauffement observé et la fréquence d'une excitation sinusoïdale entre 8 et 27 kHz. Il apparaît clairement des pics d'échauffement pour certaines fréquences particulières. La comparaison avec les fréquences de résonance locale du défaut modélisé par éléments finis montre des similitudes avec l'apparition de certains de ces pics. Une étude expérimentale visant à exploiter la présence de ceux-ci montre l'intérêt d'un test vibrothermographique de type balayage rapide (chirp), dans l'optique de mettre sur pied un test court et fiable pour le contrôle non destructif de matériaux composites.*

**11h30 Etude expérimentale des niveaux d'accélération induits par des chocs durs métal/métal**

D. LENOIR

*Cette communication présente un travail réalisé sur une machine de découpage et dont la finalité est la caractérisation expérimentale des niveaux d'accélération subis par l'outillage au cours du processus de découpage. Pour cela, deux moyens de mesure ont été mis en œuvre : le premier s'appuie classiquement sur des capteurs accélérométriques dédiés aux chocs et le second – plus innovant – repose sur un système d'imagerie numérique rapide, couplé à une analyse de trajectographie. Afin de mieux comprendre les résultats obtenus, une seconde étude reprenant les mêmes moyens expérimentaux et portant sur un démonstrateur de laboratoire est ensuite présentée.*

\*\*\*\*

**12h15 - 13h45 Déjeuner au Restaurant « Le Saint Jacques »**

\*\*\*\*

**Mercredi 21 Novembre – Après-midi**

\*\*\*\*

**Session 6 : Détection des défauts - *Monitoring***

**Chairman Sophie SIEG-ZIEBA (CETIM)**

**14h00 Méthode de classification des indicateurs de défauts pour la surveillance des roulements**

S. KERROUMI, X. CHIEMENTIN, L. RASOLOFONDRAIBE

*Cet article propose une méthode de classification dynamique basée sur le principe DBSCAN pour suivre l'état de dégradation de roulement. Comme le suivi est un point essentiel pour une surveillance réussie, nous avons choisi de suivre l'évolution de l'indicateur scalaire RMS, cet indicateur est calculé pour des signaux réels prélevés par deux capteurs piézoélectriques placés axialement et radialement sur un banc expérimental. Une étude comparative entre deux méthodes de classification non supervisées a montré que le principe DBSCAN est plus adapté aux signaux vibratoires que la méthode K-means. Cependant son aspect statique a rendu son exploitation difficile dans le domaine industriel, d'où l'idée d'intégrer la notion du temps dans l'algorithme. L'exécution de l'algorithme proposé a montré clairement la progression des défauts où chaque cluster formé correspond à un nouvel état de dégradation.*

## **14h30 Suivi vibratoire d'un défaut d'écaillage de roulement en régime non stationnaire**

K. AIT-SGHIR, F. BOLAERS, O. COUSINARD, J.-P. DRON

*La maintenance des machines tournantes en régime non stationnaire, caractérisé par la variation des paramètres d'opérations (vitesse, charge, etc..), présente un défi particulier. La variation de la vitesse a un impact sur la réponse vibratoire donnée par les accéléromètres et par conséquent masque un éventuel défaut qui peut être signalé par un indicateur classique en régime stationnaire. Afin de surmonter ce problème, un nouvel indicateur est proposé. Pour cela, un signal provenant d'un accéléromètre et un signal issu d'un codeur optique sont acquis en même temps. Un algorithme pour estimer la vitesse instantanée à partir du signal délivré par le codeur optique est appliqué. Ensuite, chaque échantillon du signal accéléromètre est divisé par la vitesse instantanée correspondante et la valeur RMS est appliquée au signal résultant. Des tests ont été réalisés sur un banc d'essais de détection de défauts de type écaillage sur butée à billes en régime variable (vitesse et charge). Les premiers résultats montrent une corrélation entre la valeur RMS proposée et l'état de dégradation des butées à billes.*

\*\*\*\*

## **15h00 - 15h30 Pause – Visite des stands**

\*\*\*\*

## **Session 7 : Détection d'endommagements – *Damage detection***

**Chairman Franck POISSON (SNCF)**

## **15h30 Une approche basée sur la SVD pour la détection d'endommagements de structures précontraintes**

G. CUMUNEL, G. RUOCCI, T.T.H. LE, P. ARGOUL

*Vibration-based methods are well-established and effective tools to assess the health state of civil, mechanical and aerospace engineering structures. However, their reliability is still affected by the variability of the features commonly used for damage detection. Environmental effects and changes in operational conditions are the main sources of variability in the structural response. As a consequence, the modal identification used to extract damage sensitive features has to face constricting requirements in terms of signals stationarity and performance accuracy. Moreover, with reference to the damage assessment, large variations of monitored features mask subtle effects due to damage, which remain undetected. This study is conceived to address both these issues by focusing, in particular, on the non-stationarity of the loading conditions of tensioned structures, such as cables and pre-stressed beams. The capability of spectral methods to deal with the modal identification of non-stationary systems is enhanced by a curve-fitting procedure based on nonlinear least squares optimization. Wavelet analysis is also applied for comparison and validation of the FFT-based technique. Identified natural frequencies are then used for the damage detection, exploiting the capacity of singular values decomposition to discriminate between damage-related events and the intrinsic non-stationary nature of the structural response. A reduced order realization of the features set is performed to amplify changes not belonging to measurement variability but deriving from exogenous events, such as damage. The proposed methodology is validated by experimental analyses carried out on a beam subjected to time-varying loading conditions in order to simulate the health monitoring of quasi-stationary systems.*

## **16h00 Localisation d'endommagement de poutres sujettes au passage de poids par la méthode des ondelettes**

*J. M. MACHORRO-LOPEZ, A. BELLINO, S. MARCHESIELLO, L. GARIBALDI*

*La détection précoce des endommagements est un facteur fondamental pour la sécurité et fiabilité des structures. Dans cet article nous présentons une méthode qui s'appuie sur l'utilisation des ondelettes pour la détection et la localisation des endommagements dans les structures simples, comme des poutres et des ponts. Un modèle éléments finis est développé sur la base de l'expérimentation conduite sur une manip construite dans les labos du Département d'ingénierie Aérospatiale du Polito. Les simulations ont été conduites avec des poutres pour différents niveaux d'endommagement et sujettes au passage d'un poids à vitesse constante. Avec la transformée en ondelettes appliquée aux accélérations verticales de la structure on peut identifier et localiser l'endommagement, même en présence de bruit de mesure plutôt élevé. La méthode est améliorée par un filtrage des signaux, l'annulation des effets de bord de la transformée, et le calcul des énergies des différentes échelles de la transformée. La somme des énergies est aussi liée à la présence de l'endommagement sur la poutre. La partie théorique est enfin validée par l'expérimentation conduite sur la manip et les résultats obtenus sont cohérents avec ceux obtenus par les simulations numériques.*

**\*\*\*\***

## **16h30 - 18h00 Table ronde**

**Chairmen Emmanuel FOLTETE / Roger SERRA / Jean-Jacques SINOU**

- ▶ Présentation des structures existantes :
  - Présentation du GST Vibrations & Bruit,
  - Présentation de l'Association Adyva,
  - Présentation de la Section 09 du CNRS

### Pistes de réflexions / Discussions :

- ▶ Mise en place d'un Rendez-vous des doctorants ou jeunes docteurs
  - Exemples : JJCAM & Manuf'21
  - Thèmes : de la biblio à l'expertise
  - Format : 1 à 2 jours avec une visite d'entreprise possible
- ▶ Création d'un club des expérimentateurs / modélisateurs ?
  - Réseau AVE
  - Création d'une Base de données essais
  - Création de briques logiciels d'analyse vibratoire
  - Plateforme d'échange des pratiques pédagogiques,
  - Pilotage / Positionnement vis-à-vis du CNRS ?
- ▶ Publications / Communications :
  - Mise à jour des Documents Techniques de l'Ingénieurs
  - Numéro thématique annuel dans la Revue M&I
  - Ouvrage collectif dans la Collection FOCUS (Hermès)
- ▶ Future du colloque :
  - Session thématique au Congrès Français de Mécanique

- Format du colloque sur 3 jours mais avec une session unique
- 1 jour de formation par un partenaire avant le colloque
- Elargissement à la communauté numérique, AVE deviendrait AVEN ?

**...autres à préciser**

**\*\*\*\***

**18h00 Conclusion du colloque suivie d'un vin d'honneur**

**\*\*\*\***

# A vos agendas

---

## **2013**

[IMAC2013](http://sem.org/CONF-IMAC-TOP.asp) - <http://sem.org/CONF-IMAC-TOP.asp>

**IMAC XXXI A Conference and Exposition on Structural Dynamics**

[MEDYNA2013](http://www.medyna2013.com/) - <http://www.medyna2013.com/>

**1st Euro-Mediterranean Conference on Structural Dynamics and Vibroacoustics**

[CIRI2013](http://ciri2013.fr/) - <http://ciri2013.fr/>

**3<sup>ième</sup> Congrès International sur l'Ingénierie des Risques Industriels**

[DAMAS 2013](https://www.damas2013.org/) - <https://www.damas2013.org/>

**10th International Conference on Damage Assessment of Structures**

[CFM2013](http://www.cfm2013.org/) - <http://www.cfm2013.org/>

**XXIe Congrès Français de Mécanique**

[Surveillance 7](http://surveillance7.sciencesconf.org/) - <http://surveillance7.sciencesconf.org/>

**7th issue of the Surveillance Conference series**

## **2014**

**AVE2014**

**4<sup>ième</sup> édition du Colloque « Analyse Vibratoire Expérimentale »**



# Secrétariat du Colloque

---

**Colloque AVE2012**

ENIVL

3 Rue de la chocolaterie

41000 Blois

e-mail : [ave2012@enivl.fr](mailto:ave2012@enivl.fr)

Tél. : 02 54 55 84 22 / Fax : 02 54 55 84 41

## Contact

---

**Roger SERRA**

**Président du Comité d'Organisation**

ENIVL-LMR, 3 Rue de la chocolaterie, B.P. 3410, 41034 Blois Cedex

e-mail : [roger.serra@enivl.fr](mailto:roger.serra@enivl.fr)

Tél. : 02 54 55 84 22 / Fax : 02 54 55 84 41 / GSM : 06 04 49 11 04

# Informations pratiques

---

## Hébergement (à proximité)

\* [IBIS Budget \(ex Etap' hotel\)](#)

\*\* [All Seasons](#)

[Anne de Bretagne](#)

[Hotel de France et Guise](#)

[Hotel Renaissance](#)

[Hotel Saint Jacques](#) \* Petit déjeuner OFFERT \* aux participants au Colloque

[IBIS Centre](#)

[Le monarque](#)

[Le Savoie](#)

\*\*\* [Best Western](#)

[IBIS Style](#)

[Le Médicis](#)

\*\*\*\* [Holyday Inn](#)

[MERCURE](#)

## Activités (à proximité)

**Château de la Loire** : [Château Royal de Blois](#), [Domaine National de Chambord](#), [Domaine de Chaumont sur Loire](#), [Château de Cheverny](#), ... et beaucoup d'autres encore ([lien](#))

**Château du Clos Lucé** : [Découvrez la dernière demeure de Léonardo Da Vinci](#)

**Golf** : [Golf de La Bosse](#), [Golf de La Carte](#), [Golf de Cheverny](#)

**Mets & Vins** : Maison du vin sur la Place du Château à Blois, [Domaine de la charmoise](#) (Henry Marionnet), [Maison des vins de Cheverny](#), [Biscuiterie de Chambord](#), [Biscuiterie St Michel](#), ...

**Spectacle** : [Maison de la Magie](#)

## Plan d'accès



### Depuis PARIS par autoroute :

Prendre l'A10 - Direction Orléans/Tours    Sortie 17 – Blois    187 km - 2h00 environ

### Depuis TOURS par autoroute :

Prendre l'autoroute A10 direction Blois – Orléans    Sortie 17 – Blois    60 km - 45 mn environ

### Depuis LE MANS par la route nationale

Prendre la N157 Direction Orléans - Vendôme – Blois    Puis quelques km après Saint Calais, suivre la D957 Direction Blois    110 km - 1h40 environ

### Depuis BOURGES par autoroute et routes départementales

Prendre A71 Direction Vierzon - Orléans, sortie 4 Salbris    Prendre la D923, Direction Neung - Bracieux – Blois    120 km - 1h30 environ

## POUR TOUS

Arrivée à Blois, suivre les indications Blois Château - Centre ville, puis **Gare SNCF**, puis suivre le fléchage « *Colloque Analyse Vibratoire Expérimentale* ».

**Nous sommes installés à 200 m de la gare, 3 rue de la Chocolaterie** (bâtiment en brique rouge avec un grand parvis) et suivre le fléchage.

Bonne route et bon voyage !!!

