



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

CNRS

Université de Provence (U1)

Université de la Méditerranée (U2)

Ecole Centrale de Marseille (ECM)

Janvier 2011



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique  
sous tutelle des  
établissements et organismes :

CNRS

Université de Provence (U1)

Université de la Méditerranée (U2)

Ecole Centrale de Marseille (ECM)

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

**Pierre Glorieux**

Janvier 2011



# Unité

**Nom de l'unité :** Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique

**Label demandé :** Le laboratoire et sa tutelle principale (le CNRS) demandent le label d'UPR-CNRS alors que l'Université d'Aix-Marseille (qui résulte de la fusion des 3 Universités U1, U2 et U3) demande le label d'UMR

**N° si renouvellement :** UPR CNRS 7051

**Nom du directeur :** Mme Dominique HABAULT

# Membres du comité d'experts

**Président :**

M. Jean-Jacques MARIGO (Ecole Polytechnique)

**Experts :**

M. Yves AUREGAN, CNRS

M. Marc BONNET, CNRS

M. Michel BORNERT, ENPC

M. Alain COMBESCURE, INSA Lyon

M. Thierry Le MOGNE, CNRS

M. Christian LEXCELLENT, Université de Franche-Comté, représentant le CNU

Mme Claire PRADA, Laboratoire Ondes et Acoustique, ESPCI, représentant le CoNRS

M. Daniel PRESSNITZER, CNRS

M. Jean-Pierre VILOTTE, IPGP

Nota Bene : Thierry LE MOGNE étant souffrant n'a pas participé à la visite des 10 et 11 janvier mais a rencontré les ITA le 25 janvier, Jean-Pierre Vilotte a assisté à la journée du 10 janvier seulement.

# Représentants présents lors de la visite

**Délégué scientifique représentant de l'AERES :**

M. Jean-Claude GELIN

**Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :**

CNRS : Mme Marie-Christine LAFARIE-FRENOT (INSIS, DAS), M. Andrei CONSTANTINESCU (INSIS, CM), M. Luc DARRASSE (INSIS, CM), M. Younis HERMES (DR12)

Université de Provence : M. Denis BERTIN (Vice-Président du Conseil Scientifique)

Université de la Méditerranée : M. Pierre CHIAPPETTA (Vice-Président du Conseil Scientifique)

Ecole Centrale de Marseille : M. Jacques LIANDRAT (Directeur de la Recherche)



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée les lundi 10 et mardi 11 janvier 2011 sur le campus Joseph Aiguier du CNRS. Elle a débuté le lundi matin par la présentation du bilan par la directrice (exposé d'environ 40mn suivi de 20mn de questions) ; puis les 8 huit équipes ont fait une présentation de leur activité (exposé de 15mn suivi de 15mn de questions) dans l'ordre suivant : MESH (J.-C. MICHEL), MMC (P. BALLARD), MN (B. COCHELIN), SACADS (E. FRIOT), ASMOS (P. CRISTINI), PI (J.-P. LEFEBVRE), PA (S. MEUNIER), S2M (R. KRONLAND-MARTINET). La journée du lundi s'est terminée par la présentation du projet par F. LEBON (exposé de 20mn suivi de 20mn de questions). Le mardi matin, le comité s'est divisé en deux groupes pour visiter les installations du LMA et suivre les démonstrations d'expérience ou de calcul. Il s'est ensuite regroupé pour écouter la présentation du LCND, équipe de l'IUT d'Aix-en-Provence qui demande son rattachement au LMA (exposé de 15mn de G. Corneloup et J. Moysan suivi de 15mn de questions). Le comité a ensuite reçu et écouté les tutelles pendant 1h15mn. Sont intervenus successivement M.-C. LAFARIE-FRENOT (INSIS), Y. HERMES (DR12), D. BERTIN (U1), P. CHIAPPETTA (U2), J. LIANDRAT (ECM). L'après-midi du mardi, le comité a reçu et écouté, pendant 30mn chacune, les différentes catégories de personnel dans l'ordre suivant : (i) Chercheurs et Enseignant-Chercheurs, (ii) ITA, (iii) Doctorants et Post-doctorants. La visite s'est terminée par un entretien avec l'ACMO du laboratoire, A. Rimeymeille.

Le comité tient à souligner la parfaite organisation de la visite par la direction du laboratoire. Tous les entretiens et toutes les discussions se sont déroulés dans un climat serein et avec un profond respect mutuel. Il a été très sensible au fait que la quasi-totalité du personnel s'est mobilisée pour l'occasion et a fait preuve d'un très grand attachement à son laboratoire et à ses tutelles.

- Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

Créé en 1941, le LMA est une unité propre du CNRS qui a joué et joue toujours un rôle stratégique dans le développement de la recherche nationale portant sur la Mécanique des Solides et l'Acoustique. Implanté principalement sur le campus du CNRS Joseph Aiguier, situation géographique qui l'a tenu éloigné des campus universitaires, le laboratoire doit prochainement entièrement déménager sur le site de l'Etoile où il y retrouvera les autres laboratoires de Mécanique (IRPHE, IUSTI et M2P2) et ce qui le rapprochera des Ecoles d'Ingénieurs (Ecole Centrale de Marseille et Polytech Marseille).

L'activité de recherche du LMA était jusqu'à ce jour divisée en 4 axes (Matériaux, Structures, Ondes, Sons), axes qui étaient développés par 8 équipes dans le cadre d'opérations de recherche. Dans le projet présenté, la structuration de l'activité se fera autour de 3 pôles (Matériaux et Structures, Ondes et Imagerie, Sons) qui développeront des thèmes de recherche, les équipes disparaissant.

- Equipe de Direction :

Dominique HABAULT (directrice) et Sergio BELLIZZI (directeur-adjoint) constituaient l'équipe de direction de ce quadriennal qui s'appuyait sur une commission scientifique et des chargés de mission. Le porteur de projet du prochain contrat est Frédéric LEBON (PU).



- Effectifs de l'unité (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	14	22
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC	25	24
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants	9+28	7
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires	24,3	23,3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires	8,5	
N6 : Nombre de doctorants	33	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	33	33

## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité:

Le LMA tient un rôle central dans le champ d'expertise de la section 9 du CNRS, son activité couvrant un large spectre de thématiques de la mécanique des solides et de l'acoustique. Plusieurs de ses travaux de recherche jouissent depuis longtemps d'une très forte reconnaissance internationale et d'autres ont toutes les qualités pour y parvenir dans un avenir proche. Les interactions entre mécaniciens et acousticiens tendent à se développer et pourraient devenir un des points forts du laboratoire. Le projet qui propose de structurer l'activité autour de trois grands pôles qui viendraient se substituer aux équipes traditionnelles devrait favoriser ces interactions et l'émergence de nouvelles thématiques. Le recrutement passé a souffert de l'éloignement géographique du site Joseph Aiguier des campus universitaires. On peut penser que le déménagement sur le site de Château-Gombert résoudra à terme ce problème grâce à son rapprochement avec le vivier d'étudiants et les autres laboratoires de mécanique du campus. La restructuration qui va en résulter et l'amorce du rajeunissement des cadres grâce à une attractivité accrue sont les enjeux essentiels du prochain contrat.

- Points forts

Le large spectre de thématiques développées au LMA qui couvre pratiquement tout le champ de la Mécanique des Solides et de l'Acoustique constitue sans aucun doute la qualité première du LMA. Le laboratoire est un leader national voire mondial dans certaines de ses thématiques (homogénéisation non linéaire, mécanique du contact, vibrations non linéaires, acoustique et informatique musicales, acoustique active, ...). Il allie avec beaucoup de réussite les approches théoriques, numériques et expérimentales. Il a mis au point des dispositifs expérimentaux originaux de grande qualité. Il dispose d'un personnel ITA de grande valeur, dont plusieurs membres sont producteurs. Plusieurs chercheurs et enseignants-chercheurs jouissent d'une très grande réputation, font partie de comités éditoriaux de revues internationales et sont invités régulièrement dans les centres de recherche et les manifestations internationales les plus réputés. Les membres du LMA animent des GDR, participent aux principales instances nationales d'évaluation (ANR, CNU, CNRS). De solides relations récurrentes existent avec le monde industriel.

- Points à améliorer

Le nombre moyen de publications par chercheur et par an est en légère augmentation par rapport au contrat quadriennal précédent (1.2 versus 1.1), chiffre voisin de celui des autres laboratoires de mécanique marseillais (cf le



rapport Candel sur la fédération de Mécanique). Toutefois, ce chiffre ne représente qu'imparfaitement le potentiel de production du laboratoire. Le nombre de publications par chercheur varie beaucoup d'une équipe à l'autre et d'un chercheur à l'autre à l'intérieur d'une même équipe. Si dans certains cas le chiffre bas traduit un isolement qu'il faudra corriger, dans d'autres, compte tenu de la valeur scientifique bien établie, il pourrait être facilement amélioré avec une politique de diffusion des résultats plus volontariste. De façon générale, sans tomber dans le travers des politiques basées exclusivement sur les indicateurs bibliométriques, il est important que tous les chercheurs et enseignants-chercheurs du LMA mesurent la nécessité d'une publication variée et fréquente pour la visibilité et la reconnaissance de l'ensemble du laboratoire.

Alors que la capacité du LMA à attirer des chercheurs confirmés (français ou étrangers) est incontestable, le **recrutement d'étudiants et de jeunes chercheurs** est difficile. Une explication possible est l'implantation géographique du laboratoire, loin des centres universitaires, ainsi, peut-être, qu'une proportion encore trop faible d'enseignants-chercheurs dans l'effectif. L'augmentation sensible de son attractivité vis à vis des jeunes est absolument vitale pour le laboratoire, certaines activités risquant de disparaître dans un avenir proche sinon.

Le **nombre d'ITA**, après une période de diminution rapide, s'est pratiquement stabilisé durant le dernier quadriennal. Toutefois, l'augmentation du nombre d'enseignants-chercheurs et donc de thématiques nouvelles fait croître constamment la charge de travail du personnel ITA. Le déménagement à Château-Gombert ne pourra qu'accentuer le phénomène (tout particulièrement au cours du prochain contrat). Comme les ITA jouent au LMA un rôle essentiel dans la mise au point et le fonctionnement des outils numériques ou expérimentaux, il serait donc souhaitable d'ajuster le nombre d'ITA (ou d'IATOS) de façon à ce que le ratio ITA/(chercheurs+enseignants-chercheurs) reste constant.

- **Opportunités et risques :**

Le prochain contrat quinquennal va être marqué par de profonds changements tant à l'intérieur du LMA que dans son environnement proche : la restructuration de son activité en 3 pôles, l'intégration du LCND, le déménagement sur le site de Château-Gombert, la création de la Fédération de Mécanique de Marseille et la fusion des trois Universités d'Aix-Marseille en une seule Université. Tout ceci constitue une opportunité pour le laboratoire d'améliorer son attractivité, mais présente aussi quelques risques pour la production scientifique à court terme.

- **La restructuration en 3 pôles : cette restructuration paraît tout à fait judicieuse.**

L'activité en Mécanique des Solides était jusqu'ici séparée en Axe Matériaux d'un côté et Axe Structures de l'autre, ce qui ne pouvait que favoriser la bipolarisation de la discipline (comme c'est malheureusement le cas un peu partout en France aujourd'hui). L'organisation en équipe ne faisait qu'amplifier cette spécialisation. Est-ce que cela a contribué à la difficulté à recruter de jeunes chercheurs ? Il est difficile de répondre avec certitude, mais ces axes sont ceux qui sont le plus concernés par la nécessité de rajeunir les cadres. On peut penser que le regroupement de toute l'activité en un seul pôle « Matériaux et Structures » peut favoriser les interactions, faire émerger de nouveaux thèmes et créer un pôle suffisamment large et ouvert pour être attractif.

Le pôle Ondes et Imagerie présente une grande cohérence au niveau des méthodes et des objectifs. Tourné plus vers les applications que les deux autres pôles, il constitue un ensemble très original capable d'interagir avec les deux autres pôles. Les membres de ce pôle doivent profiter de ce regroupement pour consacrer une partie de leurs travaux à une recherche amont sur la propagation des ondes en milieu « complexe » qui fournira un cadre conceptuel fédérateur aux recherches plus finalisées et atténuera le risque que ce pôle ne soit qu'une juxtaposition de savoir-faire.

Le pôle Sons est celui qui sera le moins affecté par la restructuration, ses acteurs ayant déjà de nombreuses activités communes. Le rattachement de l'équipe SACADS paraît naturelle. La thématique psychoacoustique devrait profiter de ce regroupement pour renforcer ses collaborations avec les autres thématiques. L'organisation des activités du pôle autour de trois grands thèmes pluridisciplinaires dont l'un interagit avec le pôle Matériaux et Structures est très pertinente.

Le risque général de cette restructuration est évidemment que les personnes déjà isolées ou peu actives au sein des équipes le soient encore plus dans les pôles. La direction du laboratoire et l'animateur des pôles devront y prêter une attention particulière.



- L'intégration du LCND : le comité émet un avis très favorable.

L'activité de cette équipe d'Aix-Marseille 2 implantée dans les locaux de l'IUT d'Aix-en-Provence est de bonne qualité et viendra compléter le pôle Ondes et Imagerie. Son intégration sera d'autant mieux réussie que des collaborations (certaines sont évidentes ou naturelles) se mettront rapidement en place avec les équipes existantes du LMA. Sa compétence en caractérisation non destructive des matériaux devrait intéresser le pôle Matériaux et Structures. Le risque d'isolement et de repli sur soi du LCND engendré par l'éloignement géographique, bien qu'amointri du fait du déménagement du LMA à Château-Gombert (et donc de son rapprochement d'Aix-en-Provence), demeure.

Le déménagement sur le site de Château-Gombert et la création de la fédération de mécanique : c'est une chance à saisir par le laboratoire.

Le **déménagement** va permettre de regrouper sur un même site l'ensemble des acteurs de la mécanique marseillaise. Il rapprochera le LMA de l'Ecole Centrale (tutelle qui a fortement aidé le LMA en participant notamment à l'augmentation sensible de son potentiel d'enseignants-chercheurs) et de ses étudiants, ce qui ne peut que favoriser le recrutement. Le risque est que cette période réduise l'activité scientifique, en particulier celle qui s'appuie sur les dispositifs expérimentaux. Il faut veiller à ce que ceux-ci retrouvent des conditions au moins équivalentes à celles qu'ils ont sur le campus Joseph Aiguier.

La **fédération de Mécanique** constituera un pôle important visible à toutes les échelles (locale, nationale et internationale), pour peu que les 4 laboratoires qui la constituent (LMA, IRPHE, IUSTI, M2P2) arrivent à élaborer un projet commun. Elle constituera une force importante pour structurer l'offre d'enseignement locale, négocier les postes avec les tutelles, répondre aux appels d'offre, organiser des manifestations nationales et internationales et attirer les meilleurs étudiants, doctorants ou chercheurs. Le comité est donc très favorable à sa création.

La **fusion des 3 universités** constitue une opportunité pour le laboratoire en diminuant le nombre d'interlocuteurs et en facilitant le regroupement ou l'articulation des différentes filières liées à la Mécanique, mais elle ne sera bénéfique que dans la mesure où la Mécanique apparaît comme une composante bien identifiée au sein de l'UFR de Science de l'Université. Comme l'accroissement des liens entre la recherche et l'enseignement est une des conditions pour améliorer l'attractivité du laboratoire, le choix d'un enseignant-chercheur comme porteur de projet est tout à fait judicieux.

### • Recommandations:

Certaines des recommandations ci-dessous sont adressées au laboratoire, d'autres aux tutelles.

- La période du prochain contrat va être marquée par l'ouverture de plusieurs chantiers lourds. En conséquence :

1. L'ensemble du laboratoire doit se mobiliser pour aider la direction ;
2. La production scientifique risque temporairement d'en souffrir. Les tutelles devront en tenir compte lors de la prochaine évaluation ;
3. Il est probable que les effets ne se feront sentir qu'au contrat quinquennal suivant. Le laboratoire devra se montrer patient.

- Le recrutement de jeunes ou futurs chercheurs doit être une priorité. En conséquence :

4. Le laboratoire est fortement encouragé à présenter régulièrement des candidats aux concours de recrutement des chargés de recherche ;
5. Les enseignants-chercheurs doivent se mobiliser et s'organiser, en profitant du regroupement sur le site Château-Gombert de tous les mécaniciens marseillais, pour proposer et piloter des formations de Master originales et attractives (parcours internationaux, pluridisciplinaires, ...);
6. Le CNRS en tant que tutelle principale pourrait aider en fléchant un poste de Chargé de Recherche sur une des thématiques fortes du laboratoire et devra veiller au bon équilibre du ratio ITA/Chercheurs ;
7. Les tutelles universitaires doivent accompagner la création du pôle de Mécanique par un affichage clair de ses composantes d'enseignement et de recherche.



- Le renforcement de certaines thématiques fragiles est une nécessité.

8. Les thématiques qui sont dans une situation fragile parce que les acteurs sont déjà ou sont en passe d'être en masse sous critique devront faire l'objet d'une attention particulière.

9. Il faudra veiller à ce que la restructuration en pôle et la politique d'affectation des moyens aident à redynamiser ces thèmes ou à défaut à proposer une reconversion thématique des acteurs.

10. Dans la continuité de ce qu'elle vient de faire avec beaucoup de réussites durant le présent contrat, la direction du laboratoire doit inciter les chercheurs et enseignants-chercheurs en situation de le faire de passer leur HDR.

- **Données de production :**

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	41
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	9
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	89%
A4 : Nombre d'HDR soutenues	9
A5 : Nombre de thèses soutenues	37

### 3 • **Appréciations détaillées :**

Les appréciations détaillées des points 1 et 2 (qualité scientifique et rayonnement) sont faites dans la section suivante équipe par équipe. Nous ne les reproduisons pas ici et n'en faisons donc qu'un résumé.

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

- Pertinence et originalité des recherches, qualité et impact des résultats :

- globalement très bonne

- plusieurs activités sont de tout premier rang au niveau international et font référence : homogénéisation non linéaire, modélisation du contact, vibrations non linéaires, acoustique active, acoustique musicale, ...

- d'autres, dont la pertinence est certaine, sont moins visibles faute d'un effectif suffisant

- Quantité et qualité des publications, communications, thèses et autres productions :

- Quantité des ACL à améliorer (1.2 ACL/an/chercheur) et à mieux répartir

- Qualité des ACL globalement très bonne (avec des publications dans les meilleures revues : JMPS, IJSS, EJM, ARMA, Mech. Mat., J. Elas., CMT, JSV, GJI, JASA, IEEE T Audio, IEEE T Ultrason., ... )

- 35 thèses soutenues pour 26 HDR (période 2006-2009, hors LCND et émérites)

- 6 HDR soutenues dans la période 2006-2009 et 3 en 2010





– Qualité et pérennité des relations contractuelles :

- Relations récurrentes avec les grands groupes (CEA, Eurocopter, SNCF, EDF, IRSN, PSA, Renault) qui financent ou cofinancent (CIFRE, BDI) des thèses (17 durant le quadriennal) mais aussi avec les PME-PMI.

• **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration dans son environnement :**

– Nombre et renommée des prix et distinctions octroyés aux membres de l'unité, y compris les invitations à des manifestations internationales :

-1 membre de l'Académie des Sciences : P. Suquet

- Prix internationaux : P. Suquet, J.-C. Risset

- Prix ou distinctions nationaux : P. Herzog, J.-C. Risset

- Environ 40 conférences invitées dans des congrès internationaux

- Appartenance au comité éditorial de revues internationales (JMPS, IJSS, EJM, CMT, CRAS, ARM, JNMR, CMJ, JMM, ...)

– Capacité à recruter des chercheurs, post-doctorants ou étudiants de haut niveau, en particulier étrangers :

-la difficulté à recruter de jeunes chercheurs est le point faible du LMA : un seul recrutement de chercheur au cours du dernier contrat, pour deux départs. Le solde est positif grâce à l'arrivée de 2 chercheurs en mutation

- la situation est meilleure pour le recrutement d'enseignants-chercheurs (5 arrivées pour 2 départs entre 2006 et 2009)

- le laboratoire souligne sa difficulté à recruter des doctorants, alors que son accueil de chercheurs étrangers confirmés est tout à fait satisfaisant

- tout ceci tend à prouver que le problème ne vient pas de la qualité des recherches mais du vivier d'étudiants et de l'offre de formation

– Capacité à obtenir des financements externes, à répondre ou susciter des appels d'offres, et à participer à l'activité des pôles de compétitivité :

- bonne capacité à obtenir des financements externes : la part des contrats dans le budget (hors salaires et frais d'infrastructures) est de 39% dont 22% de contrats européens, celle venant de l'ANR est de 20%

- participation à 8 programmes ANR dont 5 en tant que coordinateur

- participation aux pôles de compétitivité Mer-PACA (acoustique sous-marine) et PEGASE (matériaux pour l'aéronautique)

– Participation à des programmes internationaux ou nationaux, existence de collaborations lourdes avec des laboratoires étrangers :

- participation au GDR européen Lagrange (mécanique du contact) et au laboratoire européen associé franco-roumain (mathématiques et modélisation), ...

- direction du GDR « bruit des transports », responsable d'un des 5 Groupes de Travaux Thématiques du programme IROQUA (contrôle actif), codirection du GDR européen « ultrasons », ...

- collaborations avec le Maghreb, les Etats-Unis, le Canada, le Brésil, le Chili, la Chine, ...



– Valorisation des recherches, et relations socio-économiques ou culturelles :

- politique soutenue de partenariats industriels dans diverses branches (environnement, santé, transport, énergie, ...) avec thèses
- membre de l'institut Carnot STAR
- participation à 2 pôles de compétitivité
- dépôt de 3 brevets
- développement de logiciels de calcul

• **Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité:**

– Pertinence de l'organisation de l'unité, qualité de la gouvernance et de la communication interne et externe :

- Organisation très pertinente avec outre la direction et les équipes de recherche, une commission scientifique, des services communs, des chargés de mission pour des points précis (exemple : l'opération Château-Gombert), des centres de ressource.
- Il y a un ACMO bien identifié ainsi qu'une correspondante formation qui rédige chaque année un plan de formation. Les agents n'ont pas de problème pour se former en cas de besoin.
- Excellent fonctionnement : réunion du Conseil de Laboratoire tous les 2 mois, 2 assemblées générales annuelles.
- Lors de la visite, la réunion avec les différentes catégories de personnel a montré que tous les membres du LMA sont très satisfaits du fonctionnement et très attachés à leur laboratoire et à son statut d'UPR.
- De l'avis même des intéressés, les dossiers de carrière des ITA sont très bien gérés.

– Pertinence des initiatives visant à l'animation scientifique, à l'émergence, et à la prise de risques :

- Séminaire hebdomadaire, journée annuelle doctorants, mise en place d'un séminaire jeunes chercheurs.
- Entretien avec les doctorants en fin de première année.
- Politique incitative à ce que les doctorants participent à des congrès et y présentent leurs travaux.

– Implication des membres de l'unité dans les activités d'enseignement et dans la structuration de la recherche en région :

- Participation importante aux enseignements de l'Ecole Centrale.
- Responsabilité de deux spécialités de Master (Acoustique, Matériaux et Structures).
- Forte implication dans le projet de déménagement sur le site de Château-Gombert et dans la création du pôle de Mécanique.

• **Appréciation sur la stratégie et le projet :**

Le laboratoire projette d'abandonner sa structuration en Axe-Equipe-OR pour la remplacer par une structuration en Pôle-Thème. Autrement dit, cette restructuration verra la disparition des 8 équipes (9 en comptant le LCND) qui seront intégrées 3 par 3 dans les 3 pôles. Ces 3 pôles, de tailles sensiblement égales (cf. le tableau ci-dessous), auront donc un spectre beaucoup plus large, ce qui devrait permettre

- de favoriser l'attractivité vis à vis des jeunes qui pouvaient être rebutés par un affichage trop spécialisé ;
- de favoriser l'interaction entre les membres d'un même pôle ;
- de favoriser l'émergence de nouvelles thématiques ;



- d'augmenter la visibilité nationale et internationale ;
- de faciliter la gouvernance en réduisant le nombre de responsables.

Faire coïncider cette restructuration avec le déménagement à Château-Gombert et la création du pôle de Mécanique est tout à fait judicieux, même si cela doit occasionner une surcharge temporaire de travail pour se coordonner.

- **Effectifs des pôles dans le projet**

	Pôle MS	Pôle OI	Pôle SO
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	9	8	5
N2 : Nombre de chercheurs	5	7	12
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs	4	1	2
N4 : Nombre d'ITA titulaires*	4	5	6
N7 : Nombre d'HDR	12	9	12

\* Certains ITA seront affectés aux Services Communs et non aux pôles, ce qui explique l'écart avec le tableau des effectifs présenté à la fin de la section 1.

- **Appréciation du projet pôle par pôle**

### **Pôle Matériaux et Structures (MS)**

Ce pôle sera constitué à partir des équipes MESH, MN et MMC. Le projet scientifique proposé pour le pôle est bien organisé et articulé autour de quatre grands thèmes : (i) changements d'échelle, (ii) contact, frottement, interfaces, (iii) couplages multiphysiques, (iv) structures. On y retrouve évidemment les thèmes traditionnels des équipes, mais aussi des nouveaux.

Le pôle propose de nombreux défis. Les uns, situés dans la poursuite de la tradition d'excellence du LMA comme par exemple le changement d'échelle ou la modélisation du contact, permettront au pôle de rester à la pointe de la recherche au meilleur niveau international. Les activités sur la modélisation numérique des Transformations Tribologiques de Surface sont intéressantes mais mériteraient une expertise plus approfondie en science des matériaux pour la tribologie des surfaces. D'autres sont novateurs et constituent des challenges pour le laboratoire. On pourra noter par exemple la modélisation des problèmes multiphysiques, thématique assez commune, pour laquelle le laboratoire devra trouver une identité à bâtir, à partir de champs scientifiques situés dans le monde de la mécanique et de l'acoustique. La thématique sur les structures déployables est très originale et devrait donner lieu à des collaborations fructueuses avec des équipes nationales ou internationales.

Le déménagement sur le site de Château-Gombert, incluant déjà l'Ecole Centrale de Marseille, permettra au pôle de trouver une plus grande unité. Ce pôle est également porteur d'opportunités de transversalité avec les autres pôles grâce à sa forte composante numérique. C'est une chance pour le laboratoire.

- **Ses points forts** sont un rayonnement indéniable de plusieurs de ses membres. Des thématiques originales traitées au meilleur niveau avec la production d'outils intellectuels qui ont un grand impact. L'équipe a également un très bon niveau de ressources contractuelles.

- **Ses points à améliorer** sont l'attractivité vis-à-vis des jeunes enseignants-chercheurs et chercheurs ainsi que le taux de publication pour un nombre significatif de personnes. Le déménagement et le rassemblement sur un seul lieu sont une opportunité pour l'équipe.

- **Recommandations** : On peut penser que le projet proposé comporte un nombre de sous thèmes encore trop important et pourrait être plus recentré. L'attractivité du pôle pourra grandir si une politique de recrutement de jeunes docteurs à fort potentiel est menée avec soin. La région étant plutôt attractive, un investissement plus important de certains cadres dans les lieux où l'on rencontre des jeunes docteurs devrait aider également à trouver ces candidats. Cet investissement pourrait être une priorité pour le pôle.



## Pôle Ondes et Imagerie (OI)

Ce pôle regroupera l'ensemble des activités concernant l'utilisation d'ondes (principalement dans des milieux solides, parfois acoustiques) pour l'investigation de milieux naturels ou industriels. Il consiste essentiellement en une fusion des équipes PI et ASMOS actuelles complétée par l'intégration proposée du LCND. Cette proposition de pôle nous semble très cohérente, compte tenu à la fois de l'unité de l'ensemble et de la grande variété des travaux menés ou proposés dans ce périmètre.

Les projets scientifiques présentés consistent principalement en l'extension, dans leur continuité, d'activités menées par les actuelles OR concernées et le LCND, les OR actuelles étant redistribuées sur trois thèmes (ondes et milieux complexes (OMC), ultrasons médicaux (UM), acoustique sous-marine et ondes sismiques (ASMOS)), le LCND définissant le quatrième (CND). La proposition d'actions communes à l'intérieur du pôle, consistant notamment en des réflexions communes sur les méthodes de modélisation physique ou numérique, d'inversion et de traitement du signal, constitue cependant un "liant" incontestable, et indispensable dans la mesure où les activités de ce type étaient menées séparément dans plusieurs OR relevant de ce futur pôle.

L'intégration du LCND au LMA, clairement souhaitée par les deux parties, est très pertinente dans son principe, les deux laboratoires menant des activités complémentaires mais suffisamment proches; nous la soutenons. L'implantation du LMA à Château-Gombert rendra cette opération viable sur les plans géographique et pratique. On note cependant que le développement préliminaire d'actions communes concrètes, sollicité lors de l'évaluation quadriennale précédente, est resté modeste (collaboration entre LCND et PI sur un banc optique / acoustique pour la caractérisation de nuages de bulles), sans publications communes à ce jour. Les projets de recherche UM et CND proposés pour le pôle restent distincts, à l'exception d'une action commune concernant la caractérisation d'arbres sur pied, et la synergie potentiellement permise par une mise en commun d'équipements expérimentaux importants dans le domaine de l'imagerie ultrasonore n'est pas abordée.

Certaines actions, concernant par exemple le développement commun de méthodes de calcul directes et inverses, ne sont décrites qu'en termes très généraux; s'agit-il surtout de s'approprier une large panoplie de techniques existantes, ou vise-t-on des innovations dans ce domaine aussi? Les aspects de caractérisation des matériaux proposés pour le futur thème CND devraient permettre des collaborations étroites, non évoquées, avec le pôle "Matériaux et structures".

La collaboration annoncée avec le pôle MS sur "interactions ondes-interfaces" est très appropriée, et pourrait être complétée par une collaboration autour de la caractérisation des matériaux (poreux, béton...) abordés par OMC et CND.

- Ses **points forts**. Le caractère "intégré" (théorie et modélisation, numérique, expérimentation, applications) des travaux projetés du pôle, rendu possible par un large éventail de compétences fortes, constitue un atout et une originalité majeurs. **La volonté de travailler en commun sur les nombreux outils (simulation, inversion, signal) est à souligner.**

- Ses **points à améliorer**. L'attractivité vis-à-vis des doctorants et des jeunes enseignants chercheurs et chercheurs,

- **Recommandations** : Les axes proposés dans le projet sont en nombre important et couvrent des aspects très variés, ce qui peut poser la question de la faisabilité (adéquation aux effectifs) et de la profondeur (risque de la superficialité et d'une démarche surtout "réactive" décidée dans les faits par le hasard des sollicitations externes). Une politique active de recrutement de jeunes doctorants à fort potentiel est essentielle. Enfin, les acteurs du pôle devront oeuvrer à une présence internationale (grandes revues, conférences invitées, investissement éditorial, organisation de conférences) soutenue et plus homogène. Il faut veiller à une intensification rapide des collaborations effectives et des synergies expérimentales entre l'actuel LCND et les autres composantes du LMA, ainsi que leur valorisation commune.

## Pôle Sons (SO)

Le pôle SONS regroupe de façon très cohérente trois équipes SACADS, PA et S3M. Ces trois équipes ont déjà de nombreuses relations qui seront amplifiées par la nouvelle organisation. Le pôle SONS a été divisé en trois thématiques qui ne recoupent pas le périmètre des équipes : (i) **environnement et nuisances sonores**, (ii) **virtualités sonores**, (iii) **sons et musique**. Ces thématiques scientifiques combinent les modèles physiques, le codage de signaux,



le contrôle des champs, les représentations mentales, etc. Parmi les projets de recherche envisagés, on peut citer en particulier les actions suivantes :

- La réduction active des bruits, la représentation réduite des systèmes vibroacoustiques et la synthèse de champs.
- La réalisation d'une chambre anéchoïque active dans le cadre du déménagement du LMA sera un défi scientifique et technologique très intéressant et permettra de fédérer les activités du pôle en contrôle et synthèse de champs sonores.
- En ce qui concerne la perception de l'intensité des sons, l'intensité subjective de sons de plus en plus réalistes sera étudiée (sons variables dans le temps, information de localisation).
- L'étude du contrôle gestuel de modèles de synthèse s'appuiera sur le savoir-faire expérimental désormais bien établi.
- Sera développé un projet ambitieux visant à relier le son produit avec des caractéristiques de la facture instrumentale, avec des applications industrielles possibles pour les fabricants d'instruments de musique.
- Les travaux sur l'inclusion de critères perceptifs dans des modèles de signaux seront aussi poursuivis, ainsi que le thème prometteur de neuro-acoustique.
- La collaboration très prometteuse avec le pôle MS sur les problématiques liées aux vibrations non linéaires et leurs applications sera poursuivie.

- Ses **points forts** : Le projet du pôle SONS est pluridisciplinaire par nature avec un thème fédérateur qui est la gestion de la complexité des champs sonores réels. Il doit donc permettre de poursuivre la stratégie actuelle tout en favorisant les collaborations internes au LMA.

- Ses **points à améliorer** : Certains projets sont décrits de façon succincte et il est donc difficile de juger de leur réel potentiel (l'aspect sémiotique par exemple).

- **Recommandations** : Il faudra veiller à ce que la création de ce pôle permette effectivement à certaines composantes en masse sous-critique d'améliorer leur production. Ce pôle devrait pouvoir interagir aussi avec le pôle Ondes et Imagerie.

### Actions transversales inter-pôles

Le projet fait état de deux actions transversales:

1. "Interactions Ondes-Interfaces" entre les pôles MS et OI avec des applications à la sismique, alliant les compétences en matière de modèles d'interface de MS avec celles en matière de propagation de OI.
2. "Dynamique Non Linéaire" entre les pôles MS et SO, action qui se fera dans la continuité de la collaboration existante entre les équipes MN, SACADS et S2M avec des applications importantes en acoustique musicale ou en atténuation du bruit.

Mais il est clair que de nombreuses autres actions transverses devraient naître au cours du prochain contrat.



## 4 • Analyse équipe par équipe

Comme le LMA va changer de structuration durant le prochain contrat, passant d'une structuration par équipe en une structuration par pôle, un bilan est fait ici équipe par équipe (soit les 8 équipes du LMA et le LCND qui demande son rattachement) mais l'évaluation du projet est faite pôle par pôle dans la section précédente. La présentation suit l'ordre du rapport d'activité.

Les effectifs sont ceux au 31/12/2009 sur la base du dossier déposé à l'AERES avec les règles adoptées suivantes :

- N3 : comme autres chercheurs sont comptabilisés les émérites, les PAST et les PRAG ; les ATER, post-doctorants et chercheurs non permanents ne sont pris en compte que dans la mesure où la durée de leur séjour est au moins égale à 12 mois.
- N4 : les gestionnaires étant gestionnaires de plusieurs équipes ne sont pas comptabilisés.
- N5 : les ITA recrutés en CDD sont pris en compte si la durée est supérieure à 12 mois.
- N6 : ne sont comptabilisées que les thèses soutenues dans la période (les thèses en cours sont prises en compte dans le projet) ; les thèses en collaboration avec 2 équipes comptent pour ½ pour chaque équipe. Les thèses en cours ou soutenues en 2010 sont indiquées entre parenthèses.
- N7 : sont comptabilisés les HDR (au 31/12/2009) des catégories N1 à N5.

### Equipe MESH – Matériaux Et Structures Hétérogènes

- Responsable : H. MOULINEC

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	2
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC	3
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs	3
N4 : Nombre d'ITA titulaires	2
N5 : Nombre d'ITA non titulaires	0
N6 : Nombre de doctorants	5,5 (4,5)
N7 : Nombre d'HDR	3

L'équipe MESH définit son activité scientifique par la description des hétérogénéités constitutives des matériaux et leurs implications sur leur comportement thermomécanique, linéaire et surtout non linéaire. Elle se répartit sur deux composantes, de poids sensiblement équivalents, si on le mesure par le nombre de chercheurs ou d'enseignants-chercheurs, le nombre de publications ou le nombre de thèses, ce qui ne reflète toutefois pas le rapport d'activité. Ces composantes sont toutefois assez différenciées par leurs activités et leurs domaines d'applications. À l'exception d'un enseignant-chercheur intervenant dans les deux composantes, il y a semble-t-il peu d'interactions entre elles. La première, à vocation principalement méthodologique, développe une activité à forte teneur théorique et numérique, susceptible d'être appliquée à diverses classes de matériaux et à diverses échelles. La seconde est focalisée sur le comportement des matériaux composites, principalement analysés à l'échelle du pli ou de la structure macroscopique, au moyen de modèles macroscopiques numériques et d'analyses expérimentales sur éprouvettes et sur structures, en forte interaction. La production scientifique est globalement bonne avec 20 ACL (ISI) parus en 4 ans pour les 3 chercheurs, 2 enseignants-chercheurs, 2 enseignants et 2 ingénieurs, auxquels il convient d'ajouter un brevet international, un logiciel sous licence Cecill et 2 autres ACL de bon niveau. Si le taux de publication par chercheur reste modeste, il faut noter qu'il s'agit pour la plupart d'articles dans les meilleures revues du domaine (5 JMPS, 3 IJSS, CMAME, CST, Comp. Part A., ...). Le taux d'encadrement d'environ 0,5 thèse/HDR/an reste modeste et reflète une probable difficulté à attirer des étudiants. Cette vision moyenne cache toutefois une forte hétérogénéité entre les divers acteurs de cette équipe.

Plus précisément, l'activité la plus visible est assurément celle traitant de l'homogénéisation des comportements non linéaires. L'équipe occupe une place centrale dans le domaine depuis une vingtaine d'années, au



plan international, et a fortement contribué à structurer ce domaine de recherche en proposant diverses formulations maintenant utilisées par de nombreuses équipes. La production du quadriennal est dans la lignée des précédents, avec en particulier des développements de la méthode NTFA et son application à des problèmes industriels, la proposition d'une formulation novatrice à variables internes effectives pour traiter les situations avec couplages forts entre mécanismes dissipatifs et réversibles, dont les fortes potentialités doivent encore être explorées, ou encore l'analyse des instabilités matérielles dans les élastomères chargés à diverses échelles. Les partenariats industriels (EDF, CEA, IRSN,...) sont maintenus et donnent l'occasion d'appliquer les démarches méthodologiques à des situations réelles. L'activité s'appuie également sur quelques partenariats internationaux de longue date.

Un projet ANR a été obtenu sur l'application de ces méthodes aux polycristaux et leur confrontation à l'expérience. Cette activité concentre un grand nombre de citations, toutes les conférences internationales invitées, une intense activité éditoriale et d'expertise, et a été récompensée par un prix international de tout premier plan. On pourra toutefois regretter que le taux de publication ou de communication de ses acteurs soit si différencié et que deux travaux de thèse n'aient pas conduit à la valorisation sous forme d'articles qu'ils auraient méritée. Les perspectives annoncées s'inscrivent dans une continuité logique avec les actions en cours, avec quelques pistes nouvelles comme le couplage magnéto-rhéologique. On ne voit toutefois pas clairement comment des liens entre cette activité et les autres composantes du laboratoire pourraient se concrétiser dans le cadre de la nouvelle structuration proposée, alors que des potentialités existent.

L'équipe a également proposé il y a une quinzaine d'années une méthode numérique originale particulièrement adaptée à l'analyse des réponses locales des matériaux hétérogènes à microstructure complexe. Si cette formulation n'a pas bénéficié d'évolution majeure au cours du quadriennal, il faut toutefois saluer l'effort de développement logiciel ayant abouti à une restructuration du code permettant sa diffusion à une communauté élargie d'utilisateurs, voire de développeurs. Il s'agira là d'un événement attendu et remarqué dans la communauté, susceptible d'accélérer les développements de cet outil et l'équipe aura un rôle central à jouer pour, d'une part, intégrer les diverses extensions récemment proposées par d'autres équipes ou proposer des algorithmes améliorés, et, d'autre part, renforcer les liens avec une communauté plus proche de l'analyse expérimentale des microstructures.

L'action «matériaux à gradients fonctionnels » vise à développer des méthodologies permettant d'optimiser le profil de proportion relative de constituants à travers une interface entre deux constituants, pour, par exemple, limiter les efforts internes en cas de chargement thermique. L'action est portée par un chercheur travaillant et publiant seul. La démarche repose sur la mise en œuvre soignée de méthodes d'optimisation avancées et l'analyse de leurs performances relatives. Les publications sont de bonne qualité mais en nombre modeste, avec peu de communications, en conséquence du caractère peut-être trop pointu de l'activité. Les orientations proposées, qui concernent le traitement de transitoires thermiques et l'optimisation des interfaces d'un composite à fibre, pourraient permettre d'étendre la méthodologie vers des considérations plus pratiques. D'autre part, l'exploration de nouvelles thématiques est également encouragée, par exemple dans la continuité des développements menés récemment sur les propriétés thermomécaniques effectives sous forte variation de température ou encore en cherchant d'autres applications des méthodes d'optimisation avancées mises en œuvre, dans le contexte du pôle «matériaux et structures » proposé.

L'activité «résistance et surveillance des structures composites », seconde composante de l'équipe, aborde la question de la prévision de la rupture des structures composites sous chargements statiques ou en fatigue, thématique qui induit naturellement des liens forts et maintenus avec l'industrie, en particulier Eurocopter, et qui s'accompagne d'un certain pragmatisme. Deux orientations principales sont explorées. Il s'agit d'abord de la mise au point de méthodes de calcul de durée de vie, basées sur la formulation et l'identification expérimentale de lois phénoménologiques d'endommagement continu anisotropes et de critères de rupture, et leur intégration dans les codes de calculs comme ABAQUS. Un critère de rupture non local basé sur l'utilisation d'une contrainte moyenne dans un «volume caractéristique de rupture » à la place de la contrainte locale sensible au maillage s'avère être une approche simple et suffisamment pertinente pour décrire les observations expérimentales. Deux thèses ont été soutenues sur ce thème, dans la lignée de travaux antérieurs, et ont conduit à deux publications chacune. D'autre part, l'équipe développe des techniques de surveillance des structures composites, par exemple au moyen de capteurs piézo-électriques embarqués originaux, dont il a été montré que l'évolution de l'impédance pouvait être une signature d'un délaminage. Une thèse a été soutenue sur ce thème. Dans cet esprit, l'équipe s'intéresse également à l'utilisation de moyens actuels d'analyse expérimentale, en particulier d'imagerie microtomographique et de mesures de champs. Cette composante de l'équipe comporte 2 enseignants-chercheurs, qui portent l'essentiel de l'activité et sont secondés par deux enseignants à temps plein. Le taux de publication et d'encadrement est très satisfaisant, et l'activité est reconnue, au moins à l'échelle nationale, comme en atteste l'organisation des JNC15 et l'implication



dans l'AMAC. Les perspectives ne sont pas très explicitement développées dans le document. L'extension des modèles d'endommagement aux chargements de compression est évoquée, ainsi que l'utilisation de l'imagerie microtomographique pour caractériser les endommagements. Si cette orientation est probablement intéressante, la maturité de la réflexion sur l'opportunité d'un investissement dans cet esprit ne semble pas encore suffisante. Le développement de modèles multiéchelles d'endommagements est également évoqué, et pourrait être un moyen de renforcer les liens avec l'autre composante de l'équipe.

## Equipe MN – Modèles Numériques

- Responsable : B. COCHELIN

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	5
N2 : Nombre de chercheurs	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs	2
N4 : Nombre d'ITA titulaires	1
N5 : Nombre d'ITA non titulaires	1
N6 : Nombre de doctorants	5 (8)
N7 : Nombre d'HDR	4

Cette équipe est centrée sur la mécanique numérique et développe des thématiques originales et reconnues, par exemple elle est la principale promotrice des méthodes asymptotiques numériques qu'elle a mises en forme dans un logiciel MANLAB distribué sous licence Cecill. Les compétences sur les instabilités et le non linéaire des structures minces sont bien reconnues au niveau international. Cette équipe a également un impact dans le domaine de la conception de logiciels innovants de nouvelle génération. Elle développe également des activités prometteuses dans la modélisation des problèmes multiphysiques de contact. Elle est très en prise avec les problèmes industriels qui relèvent de sa compétence.

Elle bénéficie d'un contexte favorable car elle est proche des étudiants de l'Ecole Centrale et vient d'être soutenue par le laboratoire par un IR en calcul scientifique. C'est une équipe jeune et dynamique qui a une bonne production scientifique et des relations industrielles de qualité.

Son type d'activité lui permet de s'engager assez facilement dans les actions transversales du laboratoire. Elle développe de nombreuses pistes de recherche intéressantes et originales (non linéaire géométrique et matériau). Certaines d'entre elles ont une reconnaissance internationale. Cette équipe développe aussi des projets innovants et prometteurs avec une bonne proximité avec les industriels. Elle développe des collaborations avec les autres académiques français et étrangers. Le déménagement prévu du laboratoire vers Château-Gombert lui donnera un poids accru dans le laboratoire. L'intégration au LMA de cette équipe, composée essentiellement d'enseignants chercheurs, est une réussite.

On pourrait peut être se poser la question d'une cohérence plus forte des thèmes de recherche des membres de l'équipe : il y a en effet 4 thèmes assez différents pour 4 enseignants chercheurs + 1 PREM.

Cette équipe, qui sait attirer des étudiants de qualité risque d'être pénalisée par les difficultés rencontrées dans la relation Eurocopter CNRS. Cette difficulté est à prendre en compte avec sérieux car elle risque de faire perdre à l'unité un contact industriel pérenne de qualité.





## Equipe MMC – Modélisation en Mécanique du Contact

- Responsable : F. LEBON

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	3
N2 : Nombre de chercheurs	2
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs	6
N4 : Nombre d'ITA titulaires	1
N5 : Nombre d'ITA non titulaires	0
N6 : Nombre de doctorants	4 (4,5)
N7 : Nombre d'HDR	5

L'équipe développe une recherche fondamentale de grande qualité sur les problématiques de contact avec frottement et de comportement d'interfaces. Ces questions sont abordées soit d'un point de vue théorique avec la mise au point de modèles ou l'établissement de propriétés qualitatives des équations mathématiques en résultant (une partie de l'activité sur le contact avec frottement s'appuyant sur les outils mathématiques d'analyse convexe), soit d'un point de vue numérique avec la mise au point d'algorithmes, la réalisation de cas tests et l'application à des cas industriels. La qualité des recherches effectuées, tant d'un point de vue théorique que numérique, se situe au meilleur niveau international. Mais en terme quantitatif la production scientifique est très moyenne : 18 publications de rang A entre 2006 et 2009 et la rédaction de 3 ouvrages. Ce nombre qui situe l'équipe en dessous de la moyenne du laboratoire cache de plus une grande hétérogénéité dans la répartition par chercheur, plusieurs d'entre eux étant juste au seuil des non-productifs, voire en dessous. C'est d'autant plus regrettable lorsque cela concerne des chercheurs dont la qualité scientifique est unanimement reconnue. Le nombre de thèses soutenues est relativement faible (4 entre 2006 et 2009).

Les relations internationales sont un des points forts de l'équipe et se sont traduites par :

- la co-organisation de 9 congrès internationaux ;
- la participation à 4 programmes internationaux en particulier avec l'Italie et la Roumanie : thèses en cotutelle avec l'Université de Ferrare (Italie) et l'Université de Béchar (Algérie), projet PACA/Campanie(Italie), GDR Lagrange franco-italien ;
- 13 chercheurs invités (séjours courts et longues durées), 5 post-doctorants (ou ATER) ;
- de nombreux séjours scientifiques à l'étranger pour 3 permanents de l'équipe (Italie, Colombie, Chine, Canada, Tunisie) avec des co-encadrements de thèse.

Les relations avec le monde industriel se traduisent par 5 conventions d'étude (dont Airbus), mais l'équipe n'a pas participé aux programmes de l'ANR ni aux programmes européens.

L'équipe sera intégrée au pôle Matériaux et Structures, ce qui permettra de mettre en commun les compétences théoriques et numériques en modélisation et calcul des structures. Le transfert à Château-Gombert en la rapprochant des écoles d'ingénieurs lui permettra d'être plus attractive en terme de recrutement de doctorants et d'avoir une participation plus grande en enseignement.

- Conclusion :

– Avis global sur l'équipe :

Cette équipe d'esthètes jouit d'une très bonne reconnaissance internationale sur les problèmes de contact et de frottement. Elle a noué de solides relations avec l'Italie et la Roumanie (publications communes et programmes communs). Mais elle vieillit...

– Points forts et opportunités :

Son rayonnement international est incontestable. Elle a des compétences certaines et historiques en mathématique pour la résolution des problèmes de la mécanique du contact. L'ouverture à l'expérimentation est un



vrai plus. La thèse CIFRE avec AIRBUS sur le comportement thermomécanique d'un pneu d'avion en contact avec le sol en constitue un exemple récent emblématique.

– Points à améliorer et risques :

L'équipe devrait investir dans de nouveaux domaines ou chercher de nouvelles applications à ses outils théoriques et numériques (comme elle vient de le faire en s'ouvrant à l'expérimental). Cette équipe va voir des personnes importantes partir à la retraite. Il faut les remplacer le plus vite possible par des jeunes enseignants-chercheurs ou chercheurs sous peine de disparition de cette activité. Le déplacement à Château Gombert et l'intégration dans le pôle Matériaux et Structures doivent lui fournir l'occasion de se redynamiser. Le « détachement » de F. Lebon à la direction du laboratoire peut faire perdre momentanément à cette équipe une partie de ses forces vives.

– Recommandations :

Que l'équipe continue à faire de la très bonne science tout en augmentant sa production. Tous les leaders potentiels doivent absolument se soucier de l'avenir de cette thématique phare du laboratoire en participant activement à son maintien à long terme.

## Equipe SACADS – Simulation Acoustique, Contrôle Actif, Dynamique Stochastique

- Responsable : E. FRIOT

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	2
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC	5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs	3
N4 : Nombre d'ITA titulaires	2
N5 : Nombre d'ITA non titulaires	0
N6 : Nombre de doctorants	9 (5)
N7 : Nombre d'HDR	7

L'équipe SACADS travaille sur la vibroacoustique, le contrôle actif et le contrôle de champs sonores.

En ce qui concerne la vibroacoustique, l'équipe continue de développer une recherche intéressante. Les liens entre la vibroacoustique et la perception ont été développés de façon très pertinente.

Par ailleurs et grâce à une collaboration avec l'équipe MN, l'équipe s'est intéressée aux vibrations non linéaires et elle a développé un nouveau concept de dissipation d'énergie par effet non linéaire très prometteur.

En contrôle actif, domaine où le LMA est très largement reconnu, les activités ont porté sur la contrôlabilité des champs, le contrôle acoustique décentralisé et des expérimentations originales à grand nombre de voies. Les changements dans le personnel amènent une évolution vers des activités plus basées sur la synthèse de champs sonores à l'aide des outils et des concepts développés dans le cadre du contrôle actif.

L'équipe a joué un rôle intéressant d'animation en développant des contacts intéressants et fructueux avec d'autres équipes du laboratoire sur des sujets novateurs et prometteurs. Elle s'implique dans des relations industrielles notamment au travers de contrats ANR et européens. Au travers du GDR Ville Silencieuse Durable, l'équipe participe à l'animation de la communauté française académique et industrielle dans le domaine du bruit des transports. De plus, deux des membres de l'équipe SACADS ont assuré la direction du LMA. L'arrivée de nouveaux personnels sera l'occasion d'amplifier et de développer les actions en analyse et en synthèse de champ sonore.

Les résultats de l'équipe ont été mieux mis en valeur par des publications que par le passé.



Les activités menées actuellement dans l'équipe SACADS s'intègrent très naturellement dans le pôle « SONS » au travers des sous-thèmes : réduction active des bruits, représentation réduite des systèmes vibroacoustiques et synthèse de champs.

La réalisation d'une chambre anéchoïque active dans le cadre du déménagement du LMA sera un défi scientifique et technologique très intéressant pour les membres de l'équipe et permettra de fédérer les activités en contrôle et synthèse de champs sonores.

## Equipe PI – Propagation et Imagerie

- Responsable : P. LASAYGUES

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	1
N2 : Nombre de chercheurs	3
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs	1
N4 : Nombre d'ITA titulaires	4
N5 : Nombre d'ITA non titulaires	2
N6 : Nombre de doctorants	4 (2)
N7 : Nombre d'HDR	4

Les activités de l'équipe concernent la propagation d'ondes dans des milieux solides complexes, sa modélisation et son exploitation en caractérisation, identification et imagerie de tels milieux. Elles se déclinent en deux opérations de recherches (ORs), nettement différenciées dans leurs thématiques comme dans leur présentation écrite ou orale :

L'OR "Ondes et vibrations dans les poreux" (OVP) s'intéresse aux problèmes directs et inverses de propagation d'ondes dans les matériaux poreux (des applications portant par exemple sur des tissus osseux ou des mousses plastiques). La modélisation fine (physique, et aussi numérique) de la propagation dans de tels milieux représente une part importante de son activité. Elle intervient dans des programmes internationaux ou nationaux mais mène peu de recherches finalisées.

L'OR "Imagerie ultrasonore" (IU) est centrée sur l'imagerie de matériaux, avec un fort accent vers des applications du domaine médical (prototype ANAIS pour la mammographie ultrasonore) ou concernant des tissus végétaux. La recherche menée est finalisée, avec des développements expérimentaux conséquents qui (via les divers financements obtenus sur projets) définissent pour une grande part les activités. Des outils de modélisation et d'inversion spécifiques sont également développés.

Tout en mettant l'accent sur des aspects différents (modélisation physique pour la première, expérimentation pour la seconde), les deux OR considèrent leurs objets d'étude sous les angles théoriques, numériques, expérimentaux et applicatifs. Le caractère « intégré » des travaux menés est original et utile en ce qu'il induit un certain pragmatisme dans le choix des sujets relevant de la théorie ou la modélisation. Compte tenu des effectifs limités de l'équipe (sans parler du départ prochain à la retraite d'un de ses membres), le risque de dispersion et d'un traitement plus superficiel de certains aspects doit cependant être considéré avec attention.

La production scientifique de l'équipe est assez fournie (38 articles dans les revues internationales pendant la période de référence, soit une moyenne tout à fait satisfaisante d'environ 2 articles par an et par chercheur ou enseignant-chercheur) mais très inégalement répartie entre les personnes (un CR et un DR émérite) apparaissant autant de fois que les autres membres de l'équipe réunis comme coauteurs d'articles) et les deux OR (27 articles pour OVP, 11 pour IU). L'équipe présente régulièrement ses travaux dans les conférences internationales et nationales du domaine.

Les recherches à caractère finalisé effectuées par l'équipe sont essentiellement financées via l'ANR ou d'autres programmes publics, auxquels elle participe activement. Le bilan de l'équipe ne fait pas état de financement industriel.



Les éléments de visibilité internationale de l'équipe se limitent à une conférence invitée. On ne note par exemple ni implication dans l'organisation ou les comités scientifiques de manifestations internationales, ni présence dans les comités de revues internationales.

L'équipe fait état de quatre thèses soutenues durant le quadriennal, et seulement deux thèses en cours, ce qui semble relativement peu. Elle ne mentionne pas, malgré les diverses collaborations internationales mentionnées, de séjour de chercheur extérieur (post-doc, invité). Compte tenu du large éventail des activités actuelles et futures des membres de l'équipe, il semble urgent de développer une attractivité plus forte, qui devrait être facilitée par la meilleure proximité géographique avec un vivier d'étudiants permise par la future implantation sur le site de Château-Gombert.

L'équipe participe au GDR 2501 (co-pilotage de l'axe « problèmes inverses et imagerie »). Durant le quadriennal, elle a coordonné 7 projets dont 2 ANR, a participé au programme international CNRS-NSF ainsi qu'à divers programmes nationaux. Des collaborations internationales passées ou en cours (la distinction n'étant pas aisée) sont listées (Algérie, Belgique, Brésil, Canada, CERN, USA); certaines d'entre elles n'ont pas conduit à des publications co-signées.

L'équipe (et notamment l'OR « Imagerie ultrasonore ») collabore avec, ou voit des projets labellisés par, divers établissements de recherche finalisée (médical, agronomie, transports).

Les projets scientifiques présentés se situent dans la continuité des travaux et de la division en OR antérieurs. Ils portent en particulier sur le développement de nouveaux moyens expérimentaux associant ultrasons et optique, ainsi que sur l'augmentation de la complexité des modèles de matériaux poreux considérés du point de vue de leurs propriétés propagatives (modèles fractals ou à dérivées fractionnaires). Ils sont déclinés comme contributions au futur pôle « ondes et imagerie ». Compte tenu du départ prochain à la retraite d'un DR, ces projets correspondent dans la configuration actuelle du LMA à l'activité future de trois (enseignants-) chercheurs en activité seulement. Cela repose la question de l'attractivité, préalable à des recrutements de bon niveau.

## Equipe ASMOS – Acoustique Sous-Marine et Ondes Sismiques

- Responsable : P. CRISTINI

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC	5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs	0
N4 : Nombre d'ITA titulaires	1
N5 : Nombre d'ITA non titulaires	1
N6 : Nombre de doctorants	1 (1)
N7 : Nombre d'HDR	3

Les travaux de l'équipe ASMOS s'organisent autour de 3 opérations de recherche. La première concerne l'acoustique hautes fréquences et « large bande » en environnement de petits fonds marin. L'enjeu est de mieux modéliser et simuler les phénomènes acoustiques multi échelles, en temps et nombre d'ondes : diffusion, réflexion/diffraction, associés aux interfaces rugueuses (fond et surface), et aux hétérogénéités en volume des sédiments marins (milieux poreux/granulaires, saturés en eau). L'approche développée est originale et combine théorie, simulation numérique et expérimentation en laboratoire. La grande cuve océanique, et le système d'instrumentation et d'acquisition, développés par l'équipe, fournissent un environnement contrôlé unique pour le développement et la validation de nouveaux modèles théoriques et de simulation, ainsi que pour l'optimisation de dispositifs expérimentaux in situ.

L'équipe a obtenu un ensemble de résultats prometteurs et originaux ayant d'importantes implications pour les méthodes haute résolution de cartographie des fonds marins, d'imagerie haute fréquence des sédiments marins, de détection et de localisation de structures ou d'objets. Une seconde opération de recherche plus récente, associée à l'arrivée de deux chercheurs de l'université de Pau, concerne l'imagerie et la surveillance sismique de milieux géologiques complexes avec d'importantes implications pour la prospection pétrolière et le suivi de réservoirs



(stockage et production). Plusieurs résultats originaux, résultant encore largement de travaux entamés dans le cadre des collaborations à l'université de Pau, ont été obtenus sur la résolution et la caractérisation multi échelles des « interfaces » géologiques ; sur de nouvelles méthodes de traitement et d'analyse du signal pour la détection et la localisation d'évènements microsismiques ; sur les ondes de surface en fond de puits et leur utilisation pour la caractérisation des milieux hétérogènes et fracturés. Enfin, une troisième opération de recherche, plus méthodologique, concerne le développement de méthodes numériques performantes d'ordre élevé en temps, pour la simulation de propagation des ondes acoustiques, formulée comme un système hyperbolique du premier ordre.

Plusieurs résultats originaux ont été obtenus : schémas d'intégration en temps explicite d'ordre élevé de type ADER ; nouvelle méthode d'interface immergée explicite, adaptée à une discrétisation régulière en espace de type différences finies ou volumes finis, pour la prise en compte de discontinuités d'interfaces, de conditions de contacts, et de surface libre. Ces méthodes ont été étendues à des milieux dissipatifs (viscoélastiques et poroélastiques), via des méthodes de splitting et de remaillage spatio-temporel, et plus récemment à des milieux acoustiques fortement hétérogènes. Cette expertise a permis le développement de logiciels de simulation, parallélisés, pour diverses applications en géophysique, mécanique des matériaux (bétons), et bio mécanique (hématocrites) au travers de collaborations au sein du LMA et à l'extérieur.

L'équipe aborde un ensemble de problématiques importantes pour l'imagerie acoustique avec comme point fort un lien étroit entre théorie, simulation et expérience en laboratoire. Les deux premières opérations de recherche ont d'importantes applications industrielles et militaires. Au delà de l'ANR EMSAPCO2, et de la récente convention avec la DGA (PEA), ces relations gagneraient sans doute à être renforcées en particulier avec le secteur pétrolier. L'équipe entretient de nombreuses collaborations nationales et internationales. Les thématiques scientifiques couvrent aujourd'hui un spectre assez large et les synergies entre les opérations de recherche pourraient être mieux exploitées.

La production scientifique des chercheurs de l'équipe, en terme de nombre de publications dans des journaux internationaux à comité de lecture, est globalement bonne (15 dans le rapport). Elle reste inégalement répartie entre les opérations de recherche. La plus jeune des opérations de recherche, « ondes sismiques en milieu géologique complexe » souffre d'une production encore faible, mais les projets qui sont lancés devraient aboutir à des publications prochainement. Il faut souligner également l'investissement important réalisé dans le domaine expérimental. Sur le quadriennal passé, l'équipe a encadré deux doctorants et accueilli un postdoctorant. Ce taux d'encadrement et le nombre de HDR dans l'équipe devraient pouvoir être améliorés.

Enfin, les chercheurs de l'équipe, tous CNRS, participent à l'enseignement (Master) indiquant une bonne implication dans les missions d'enseignement et de formation.

L'attractivité de l'équipe s'est traduite par le recrutement en 2008 de deux chercheurs confirmés, qui ont apporté leur dynamique de recherche et de collaboration, ainsi que par l'accueil régulier de chercheurs étrangers. L'équipe participe, au travers de plusieurs chercheurs, au GDR Ondes, avec l'animation de plusieurs journées thématiques dans ce cadre. Elle a participé au comité d'organisation d'un workshop international (EAGE/SEG, Barcelone 2009), et à l'organisation de sessions lors de congrès internationaux. Au niveau international, l'équipe a de nombreuses collaborations avec des équipes américaines (Applied Physics laboratory, Naval Research laboratory) ; russes (Université de Saint Petersburg) ; italiennes (NURC, OGS Trieste) ; et grecques (FORTH/IACM) avec en particulier un projet dans le cadre du programme Hubert Curien Platon. L'insertion de l'équipe dans l'environnement national est attestée par de nombreuses collaborations actives.

Durant le quadriennal, l'équipe a participé à un contrat ANR (EMSAPCO2) et un chercheur en a piloté un autre « jeune chercheur ». L'attractivité socio-économique de l'équipe s'est traduite par divers travaux d'expertises au niveau national et régional, des contrats (DGA, GESMA), et des dépôts de logiciels.

Le responsable de l'équipe assure aujourd'hui le secrétariat scientifique de la section 9 du Comité National du CNRS.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet de recherche s'inscrit dans le nouveau pôle « Ondes et Imagerie » du LMA, qui regroupe également les équipes « Propagation et Imagerie » (PI) du LMA et le Laboratoire de Caractérisation Non Destructive (LCND) de U2 autour de trois thèmes de recherche : ondes et milieux complexes ; ultrasons médicaux ; acoustique sous-marine et ondes sismiques ; caractérisation non destructive. Le thème « ondes et milieux complexes » regroupe l'équipe PI du



LMA et l'opération de recherche « Méthodes d'interfaces » autour de problématiques méthodologiques et numériques associées à la simulation directe et l'inversion dans des milieux hétérogènes complexes. Le thème « acoustique sous-marine et ondes sismiques » regroupe maintenant les deux opérations de recherche : « propagation en environnement petits fonds » et « interactions ondes sismiques - interfaces en contexte géologique complexe », poursuivant et approfondissant les thématiques acoustiques et sismiques. Un aspect original est la volonté de renforcer la composante modélisation expérimentale pour la validation des modèles théoriques et les méthodes de simulation dans des environnements complexes contrôlés. Cet aspect renforcera la visibilité et la spécificité du LMA au niveau national et international, ainsi que les collaborations industrielles (Thales Underwater System, NORSAR...). Si cette évolution est positive, des synergies entre les expertises des différents thèmes de ce pôle devront être trouvées, renforcées et animées, en particulier autour des méthodes numériques (simulation et inversion) ainsi que la modélisation des milieux hétérogènes complexes (poreux, milieux fracturés, interfaces non linéaires, homogénéisation, ...). Ce nouveau pôle devrait permettre de développer également des interfaces avec le pôle « Matériaux et structures » autour des problèmes de contacts et interfaces, structures et changements d'échelles (homogénéisation déterministe et stochastique en dynamique des ondes).

- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

Cette équipe d'effectif relativement modeste est active et occupe une thématique importante pour le LMA qui pourrait se traduire par plus d'interactions transversales entre les opérations de recherche et au sein du LMA. L'arrivée de deux nouveaux chercheurs confirmés a permis d'élargir les thématiques et ouvrir de nouvelles collaborations académiques et industrielles en direction de la géophysique.

- Points forts et opportunités :

L'équipe ASMOS a développé une expertise reconnue dans les domaines de la modélisation numérique et de la modélisation expérimentale. Cette dernière s'appuie sur des ressources expérimentales uniques dans le domaine de l'acoustique sous-marine et des ondes sismiques, qui doivent lui permettre de devenir un acteur important à l'interface entre la mécanique, l'acoustique et la sismique au niveau national et international.

- Points à améliorer et risques :

Un renforcement du nombre de doctorants et postdoctorants au sein de l'équipe est souhaitable. Un lien fort avec les industriels doit être encouragé, ainsi que l'implication dans des projets internationaux. Dans le domaine de la sismique, si la composante expérimentale constitue un atout important, il est important de veiller à confronter les méthodes développées avec les observations naturelles afin de pouvoir valider les méthodes développées dans des contextes d'acquisition réels.

- Recommandations :

La stratégie de l'équipe associant modélisation théorique, expérimentale et numérique autour de problèmes à l'interface entre l'acoustique et la sismique, sur une large gamme d'échelles, en fréquence et nombre d'onde, mérite d'être poursuivie et renforcée au sein du nouveau projet du LMA. Un enjeu aujourd'hui est clairement de dégager une meilleure synergie entre les expertises des diverses composantes du nouveau pôle, et au sein du LMA, afin de renforcer la visibilité scientifique du LMA au niveau national et international. Dans le cadre du nouveau projet, et du déménagement du LMA, il sera important de veiller à ce que la composante expérimentale unique de cette équipe continue à bénéficier de l'expertise et du support humain nécessaire afin de ne pas pénaliser l'effort nécessaire de publication.



## Equipe PA – Psychoacoustique

- Responsable : G. RABAU

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC	2
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs	2
N4 : Nombre d'ITA titulaires	2
N5 : Nombre d'ITA non titulaires	0
N6 : Nombre de doctorants	0,5 (4)
N7 : Nombre d'HDR	1

Les travaux de l'équipe PA s'organisent autour de trois thématiques. Un premier thème concerne la capacité d'auditeurs humains à localiser les sources sonores (droite/gauche, devant/derrière, etc.). Un problème fondamental est qu'il existe une grande variabilité dans les indices acoustiques utilisés par les auditeurs, certains étant ainsi spécifiques à la morphologie de chacun. L'équipe cherche à comprendre comment les auditeurs utilisent ces indices en étudiant notamment la variabilité inter-individuelle de la précision de localisation. Des résultats prometteurs ont ainsi été obtenus sur la possibilité de prédire la capacité de localiser dans le bruit par une mesure électrophysiologique. Un second axe concerne le masquage perceptif, c'est-à-dire la prédiction de la détectabilité de sons en présence d'autres sons. Une approche visant à relier traitement de signal (représentation temps-fréquence en ondelettes) et psychoacoustique est développée. Enfin, la perception de l'intensité subjective de sons variables dans le temps est étudiée, avec des applications immédiates aux problématiques de qualité sonore. En effet, les modèles actuels ont été développés pour des sons stationnaires, et demandent à être étendus pour le cas général. D'autres projets plus ponctuels sont aussi réalisés, par exemple en collaboration avec des cliniciens pour la caractérisation des acouphènes.

Les thématiques scientifiques de l'équipe abordent ainsi un ensemble de problématiques importantes pour notre compréhension de la perception auditive, avec comme point fort un lien souvent étroit avec des applications industrielles. L'équipe entretient ainsi des liens forts avec des acteurs nationaux comme la SNCF ou Renault.

Concernant la production, une critique potentielle pour le quadriennal passé concerne le nombre de publications dans des journaux à comité de lecture (7 dans le rapport). Ceci s'explique sans doute par le fait que les études portant par exemple sur les différences inter-individuelles nécessitent une expérimentation coûteuse en temps. Les projets qui sont lancés semblent néanmoins solides et devraient aboutir à des publications prochainement (certains articles étaient en révision au moment de l'évaluation). Un autre type de production concerne les contrats avec l'industrie, et sur ce plan la production est satisfaisante (5 contrats). Enfin, l'équipe a encadré ou co-encadré un total de 6 doctorants sur le quadriennal. Elle participe à l'enseignement de façon diversifiée (Master, Licence, École d'ingénieur, IUT), indiquant une bonne implication dans les missions d'enseignement et de formation.

L'équipe PA est manifestement attractive pour les partenaires industriels, avec 5 conventions sur le quadriennal (SCNF, Renault, Canon). Ces contrats peuvent avoir une importance sociétale : ainsi, grâce aux travaux de l'équipe, la SNCF a désormais adopté la sonie (intensité subjective) comme indicateur de qualité sonore. L'équipe a aussi été consultée pour une norme AFNOR. Des collaborations existent aussi avec d'autres acteurs publics, comme l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA) ou l'Institut de recherche et coordination acoustique/musique (Ircam). Au sein du LMA, les collaborations sont régulières, avec notamment S2M et SACADS.

Au niveau national, un membre de l'équipe a assuré la direction du groupe Perception Sonore de la Société Française d'Acoustique. L'équipe est aussi impliquée dans un GDR (bruit des transports) et dans l'organisation de conférences (Congrès Français d'Acoustique). Notons aussi le séjour d'un chercheur invité et d'un post-doctorant français.

Au niveau international, une collaboration a été mise en place avec l'Acoustics Research Institute en Autriche, avec notamment un projet ANR et une thèse de doctorat soutenue.





- Conclusion :

- Avis global :

Equipe à l'effectif modeste, mais qui occupe une thématique importante pour le LMA et son projet scientifique, comme en témoignent les projets en collaboration avec d'autres équipes du laboratoire.

- Points forts et opportunités :

Les thématiques avec lesquelles l'équipe est identifiée (sonie, localisation) sont traitées de façon rigoureuse et originale, tout en préservant un lien privilégié avec l'industrie. L'équipe est sans aucun doute un acteur important pour ces travaux à l'interface entre psychoacoustique et qualité sonore.

- Points à améliorer et risques :

Un accent pourrait être mis sur la publication plus régulière dans des revues internationales des résultats obtenus. Le lien fort avec les industriels doit être encouragé et maintenu sans gêner cet effort de publication.

- Recommandations :

La stratégie de l'équipe consistant à cultiver les thèmes pour lesquels elle est reconnue, à l'intersection entre acoustique, psychoacoustique et applications, mérite d'être poursuivie et s'inscrit pleinement dans le nouveau projet du LMA.

## Equipe S2M – Modélisation, synthèse et contrôle des signaux sonores et musicaux

- Responsable : R. KRONLAND-MARTINET

N1 Enseignants-Chercheurs	1
N2 Chercheurs EPST EPIC	5
N3 autres y compris post-doc	3
N4 Ingénieurs, techniciens, administratifs titulaires	2
N5 Ingénieurs, techniciens, administratifs non titulaires	2
N6 Doctorants	5 (6)
N7 HDR	3

Les travaux de l'équipe S2M s'articulent autour de deux approches complémentaires de l'analyse et synthèse des sons, à savoir les modèles physiques et les modèles de signal. L'approche « physique » vise à comprendre le fonctionnement d'instruments de musique, un problème mécanique et acoustique complexe du fait notamment des nombreuses non-linéarités impliquées. L'équipe s'est concentrée sur divers instruments à vents, qui présentent le défi supplémentaire d'une interaction riche avec l'instrumentiste. Une approche expérimentale de pointe caractérise les travaux, avec notamment des mesures en situation (alors que l'instrumentiste joue) et en contrôle artificiel (plateforme expérimentale « bouche artificielle »). L'élaboration et l'analyse de modèles physiques permet de confronter données expérimentales et théoriques, et d'explorer des régimes de jeu inhabituels par simulation numérique. Ces trois aspects sont complémentaires (expérimentation, modélisation, théorie) et donnent une bonne cohérence aux travaux réalisés.

L'approche « signal » vise, elle, à comprendre et reproduire les caractéristiques pertinentes d'un signal sans nécessairement simuler dans tous leurs détails les phénomènes physiques sous-jacents. L'équipe a donné à cet axe un caractère fortement pluridisciplinaire : la perception des sons est ainsi prise en compte dans les modèles de signaux proposés. L'équipe a ainsi par exemple mené à bien une collaboration avec l'équipe PA (et un institut en Autriche) pour relier masquage perceptif et méthodes d'analyse temps-fréquence. Les descripteurs acoustiques corrélés avec la catégorisation perceptive des sons ont aussi été étudiés, pour des sons musicaux ou pour des applications à l'industrie automobile. Enfin, une collaboration active avec un laboratoire de neuroscience cognitive a permis d'élargir de façon significative les outils d'analyse aux mesures électrophysiologiques.





La production de l'équipe est riche et variée. Les supports pour les articles à comité de lecture (31 dans le rapport) incluent des journaux de référence de la communauté acoustique (Journal of the Acoustical Society of America, Acta Acustica, Journal of Sound and Vibration), mais aussi des journaux de traitement de signal (IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing), et des journaux de neuroscience (Cerebral Cortex, Journal of Cognitive Neuroscience). Quatre ouvrages ont été coordonnés par des membres de l'équipe ; un ouvrage de référence sur l'acoustique des instruments de musique a été publié ; trois conférences internationales ont été organisées. Au niveau des contrats, on relève deux ANR coordonnées par l'équipe, 5 contrats industriels, et une participation à un contrat international (Chili). On note aussi le dépôt d'un brevet et la publication d'un logiciel en accès ouvert. L'enseignement est enfin bien représenté, dans des Master locaux (direction de la spécialité Acoustique) ou parisiens.

L'équipe S2M bénéficie de la présence de figures importantes du domaine, tant au niveau scientifique que dans l'animation d'instances nationales et internationales. L'un de ses membres a ainsi assuré la présidence de la Société Française d'Acoustique et assure la présidence de l'European Acoustics Association depuis 2010. Plusieurs conférences internationales ont aussi été organisées, avec des ouvrages édités. Les plus jeunes membres de l'équipe participent aussi à ce rayonnement, en ayant par exemple assuré la coordination de deux projets ANR Jeune Chercheur. L'équipe possède enfin des collaborations actives avec de nombreux partenaires nationaux (LAUM, Ircam, LAM, etc.) et internationaux (Autriche, Canada, Chili, etc.) qui devraient donner lieu à co-publications. Au sein du LMA, des collaborations existent avec PA, SACADS et MN.

- Conclusion :

- Avis global :

L'équipe S2M comporte un bon équilibre entre chercheurs établis et plus jeunes chercheurs, sur des thèmes permettant de couvrir de façon fructueuse la plupart des problèmes liés à l'analyse et la synthèse des sons. Sa productivité est bonne et les thèmes de recherche originaux et pertinents.

- Points forts et opportunités :

La pluridisciplinarité de l'équipe est certainement un point fort, ainsi que la qualité et la diversité de ses productions scientifiques. Le savoir-faire reconnu expérimental et théorique combiné à cette ouverture thématique font que l'équipe possède des opportunités propres.

- Points à améliorer et risques :

Les relations internationales de l'équipe pourraient éventuellement être améliorées, par exemple par le recrutement des post-doctorants ou par des co-publications. Les collaborations dans le domaine des neurosciences cognitives sont pour le moment locales (Marseille), il pourrait être fructueux de s'insérer plus largement dans la communauté internationale si cet aspect doit être poursuivi.

- Recommandations :

La stratégie de l'équipe, qui est de préserver l'équilibre entre les différentes composantes thématiques et la pluridisciplinarité, semble tout à fait appropriée.



## LCND : Laboratoire de Caractérisation Non Destructive\*

- Responsable : G. Corneloup (PU)

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs	7
N2 : Nombre de chercheurs	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs	9
N4 : Nombre d'ITA titulaires	0.1
N5 : Nombre d'ITA non titulaires	0.5
N6 : Nombre de doctorants	6 (3)
N7 : Nombre d'HDR	2

\* L'équipe de direction du LCND a été présente lors de la visite du comité. Elle a exposé son bilan et son projet d'insertion au LMA.

Les recherches du LCND portent essentiellement sur la propagation des ultrasons dans les milieux complexes : elles comprennent la modélisation de la microstructure et de la propagation dans les soudures multi-passes, l'étude de la diffusion ultrasonore dans le béton, les aciers à grains et les composites stratifiés. Plus récemment, des études sur l'acoustique non linéaire dans le béton et dans le sodium liquide engasé ont été lancées. La spécificité du laboratoire est de s'intéresser à des problèmes de propagation difficiles qui se posent dans l'industrie (en particulier nucléaire et aéronautique) en alliant modélisation et expériences. Ces recherches, originales en milieu universitaire, répondent à un besoin fort et doivent être soutenues.

Le taux de publication est en nette progression par rapport au précédent quadriennal. En tenant compte des dates d'arrivée des 2 nouveaux enseignants-chercheurs, il est de 1,4 publication par an et par équivalent temps plein. La plupart des articles sont parus dans les revues de référence en CND et l'on note une récente augmentation du nombre de citations de ces articles. A cela s'ajoutent de nombreuses participations à des conférences. Compte tenu de l'importante charge d'enseignement inhérente à l'IUT, la production scientifique du LCND peut être considérée comme tout à fait satisfaisante.

Les relations contractuelles jouent un rôle essentiel dans la vie du LCND. De 2006 à 2009, il y a eu 19 contrats de recherche privés principalement avec EDF et le CEA. Ces contrats permettent le fonctionnement du laboratoire en assurant le salaire des personnels non permanents. C'est aussi en partie grâce à ces relations que l'activité du LCND est visible au niveau national.

On note une conférence invitée à des journées franco-anglaises et une à une conférence coréenne.

L'attractivité du LCND est réelle ; en effet, deux nouveaux permanents ont été recrutés (MCF et PRAG). Le recrutement de doctorants (6 thèses soutenues, 3 thèses en cours) est bon dans un domaine où il n'est pas facile d'attirer les étudiants. Les doctorants ont de sérieuses perspectives d'embauche car le CND est un domaine très demandeur souvent délaissé par les grandes écoles et les universités.

Le LCND participe activement au GDR 2501 où il pilote le thème bruit de structure.

Durant le quadriennal, il a participé à 3 contrats ANR et participe actuellement à un projet FUI.

Les collaborations avec des laboratoires étrangers existent (LANL US, Univ Sherbrooke et univ Sungkyunkwan en Corée), mais seule celle avec le LANL a donné lieu à des publications. Deux enseignant-chercheurs prévoient un séjour de 6 mois au Canada et aux Etats-Unis, ce qui atteste un réel dynamisme et une volonté de développer ces collaborations.

Les recherches ont fait l'objet d'un seul dépôt de brevet avec le CEA. Cela semble peu compte tenu du caractère très appliqué des thématiques, toutefois, la complexité des problèmes étudiés peut expliquer ce nombre.



- **Appréciation sur le projet :**

Le projet scientifique est solide et dans la continuité des travaux antérieurs.

L'intégration du LCND au LMA semble intéressante pour plusieurs raisons :

- Même si les efforts de collaboration ne se sont pas encore traduits par des publications communes, certaines thématiques de recherche du LCND sont très proches de sujets développés au LMA. Il y a à l'évidence une synergie possible et les compétences sur la propagation en milieu complexe qui existent des deux côtés sont de nature à être mutualisées.
- Par ailleurs, l'intégration de l'équipe dans une structure bien établie devrait permettre un ré-équilibre entre des activités contractuelles et de recherche plus fondamentale.
- Il est clair que le LCND qui développe une activité reconnue mérite de bénéficier de postes d'ingénieurs et de techniciens permanents. Par ailleurs, la surface du laboratoire semble faible, par rapport à l'activité expérimentale qui y est menée.
- Cette intégration présente toutefois certains risques : la dilution d'une petite équipe très homogène et une perte de souplesse dans la gestion des contrats, qui pourrait réduire l'attractivité de l'équipe vis-à-vis des industriels.

- **Conclusion**

Le comité émet un avis très favorable à l'intégration de cette équipe au LMA et à sa participation au pôle Ondes et Imagerie en l'encourageant à établir des collaborations avec les deux autres pôles.



## Notation

Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
UPR7051 - Laboratoire de mécanique et d'acoustique	A	A+	A+	A+	A+

C1 - Qualité scientifique et production

C2 - Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 - Gouvernance et vie du laboratoire

C4 - Stratégie et projet scientifique

## Statistiques de notes globales par domaines scientifiques

(État au 06/05/2011)

### Sciences et Technologies

Note globale	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	Total
A+	6	9	12	8	12	11	58
A	11	17	7	19	11	20	85
B	5	5	4	10	17	8	49
C	2	1	2				5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>197</b>
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

## Intitulés des domaines scientifiques

### Sciences et Technologies

ST1 - Mathématiques

ST2 - Physique

ST3 - Sciences de la terre et de l'univers

ST4 - Chimie

ST5 - Sciences pour l'ingénieur

ST6 - Sciences et technologies de l'information et de la communication



## LABORATOIRE DE MECANIQUE ET D'ACOUSTIQUE

31 chemin Joseph-Aiguier 13402 MARSEILLE CEDEX 20 France

T +33 (0) 491.164.007

F +33 (0) 491.220.875

<http://www.lma.cnrs-mrs.fr>

[www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

LMA-UPR7051

Marseille, le 18 avril 2011

### Réponse de la direction du laboratoire aux membres du Comité AERES

Au nom de l'ensemble du personnel du LMA, l'équipe de direction tient à remercier le président et les membres du Comité de visite de l'AERES pour leur travail d'expertise et l'examen approfondi des activités du laboratoire.

Comme le souligne le Comité, le LMA est dans un contexte en forte évolution, porteur d'espoirs mais aussi d'inquiétudes. L'appui soutenu de notre tutelle CNRS ainsi que le dynamisme du personnel du laboratoire sont des atouts essentiels pour traverser cette période. La réalisation de l'opération Château-Gombert, projet de grande envergure dans lequel le personnel est fortement investi, devra permettre de disposer d'un outil à la hauteur des enjeux de la recherche. La création de la Fédération de Mécanique et la récente obtention du Labex "Mécanique et Complexité" apporteront une dynamique et une synergie amplifiant naturellement le développement et la visibilité des activités des quatre laboratoires de Mécanique.

Dans ce contexte, nous nous réjouissons également de l'avis très favorable émis par le Comité sur l'intégration du LCND au LMA. Le texte ci-joint de la direction du LCND apporte les précisions nécessaires sur les collaborations LMA-LCND.

Enfin, nous serons attentifs à intégrer l'ensemble des avis et recommandations du Comité dans nos prochaines discussions et plans d'actions. Les points à améliorer (hétérogénéité des publications, nécessité de recrutement) ont déjà fait l'objet de réflexions qui seront poursuivies au sein du laboratoire.

En réitérant nos remerciements, nous prions les membres du Comité de bien vouloir trouver ici l'expression de nos meilleurs sentiments.

Dominique Habault et Sergio Bellizzi  
Direction du LMA

## **REPONSE LCND AU RAPPORT AERES**

### **Remarques sur rapport AERES**

Le LCND est d'accord avec le rapport et n'a donc pas d'observations de fond à faire. Il est apprécié notamment la prise en compte des besoins à long terme d'une équipe constituée d'E/C, et qui nécessite le recrutement d'un IR pour l'aider à développer ses projets de recherche. Ceci contribuerait à maintenir constant le ratio ITA/(chercheurs+enseignants-chercheurs) du LMA comme le souligne la commission. La collaboration avec les équipes du pôle Ondes et Imagerie a été la priorité dans la phase de discussion du projet. Il est effectivement clair que les thèmes de recherche développés par le LCND pourront aussi permettre des collaborations fortes avec le pôle Matériaux et Structures (contacts non linéaires, matériaux composites, ...).

### **Complément d'informations au vu des observations de la commission**

Le LCND et le LMA (équipe PI) ont déjà souvent travaillé ensemble lors de différents PPF. La collaboration autour du projet de mesures acoustiques non linéaires de bulles ne se résume pas au seul banc développé dans le cadre d'un BQR de U2 mais a une visée à plus long terme : un projet région COMEDIES a été déposé (et accepté) dans ce sens par S. Mensah (équipe PI). Une publication commune est en cours de rédaction pour la revue IEEE Trans. on Instrumentations and Measurement.

La collaboration avec la Corée a donné lieu à l'accueil d'une doctorante coréenne et une publication est en cours de validation par le partenaire industriel (EDF).

Depuis le dépôt du dossier AERES plusieurs réunions entre l'équipe ASMOS et le LCND ont eu lieu. Des premiers résultats ont été obtenus dans des simulations numériques appliquées à un milieu hétérogène représentant le béton. L'objectif du travail est de pouvoir fournir des résultats de propagation numérique dans ce type de milieu, ce qui est encore peu fréquent. La prise en compte d'effets non linéaires est étudiée dans une action commune du pôle entre les équipes ASMOS et LCND (6.1 Modèles numériques et analytiques de la propagation d'ondes transitoires). Ces travaux font partie de ceux qui pourraient donner lieu à un travail avec le pôle Matériaux et Structures et le projet du laboratoire d'excellence MEC (B. Lombard).

Pour le laboratoire LCND

J. MOYSAN

G. CORNELOUP