



HAL
open science

Histoire du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique : de la seconde guerre mondiale à nos jours

Sabine Meunier, Dominique Habault, Emmanuel Friot, Philippe Lasaygues,
Hervé Moulinec, Christophe Vergez

► **To cite this version:**

Sabine Meunier, Dominique Habault, Emmanuel Friot, Philippe Lasaygues, Hervé Moulinec, et al..
Histoire du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique : de la seconde guerre mondiale à nos jours.
Acoustique & Techniques, 2023, 100, pp.43-47. hal-04786261

HAL Id: hal-04786261

<https://hal.science/hal-04786261v1>

Submitted on 15 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Histoire du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique : de la seconde guerre mondiale à nos jours

S. Meunier, D. Habault, E. Friot, Ph. Lasaygues, H. Moulinec, C. Vergez
Aix Marseille Univ, CNRS, Centrale Marseille, LMA, 4 impasse Nicolas Tesla, CS 40006,
13453 Marseille Cedex 13, France

Résumé :

L'actuel LMA est issu d'une longue histoire, débutant lors de la Première guerre mondiale à Toulon. Installé à Marseille en 1941, il devient premier laboratoire propre (c'est-à-dire à tutelle unique) du CNRS. Au cours de cette histoire, le laboratoire a changé plusieurs fois de noms, de sites, de structures. Cet article retrace l'évolution du laboratoire, de ses domaines de recherche, de ses équipements et partenariats. Pour la période, de 1917 aux années 90, le présent article s'appuie principalement sur les textes rassemblés par Claude Gazanhes, ancien directeur du LMA, pour résumer l'historique du laboratoire [1], [2], ainsi que [3].

Summary

Today's LMA is the result of a long history, beginning in Toulon during the First World War. Moving to Marseille in 1941, it became the CNRS's first "laboratoire propre" (i.e. with a unique supervision). Over the course of this history, the laboratory has changed names, sites and structures several times. This paper traces the evolution of the laboratory, its research fields, facilities and partnerships. For the period from 1917 to the 90s, this article draws mainly on texts compiled by Claude Gazanhes, former director of the LMA, to summarize the laboratory's history [1], [2], as well as on [3].

1. Introduction

Le Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique est aujourd'hui composé de 130 personnes (chercheurs et enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens, administratifs, doctorants). Depuis 2018, c'est une unité mixte de recherche (UMR) rattachée à Aix-Marseille Université (AMU), le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et l'Ecole Centrale Méditerranée (ECM). Depuis 2015, il est installé à Marseille sur le Pôle de Château-Gombert qui regroupe de nombreux laboratoires relevant pour une grande part des Sciences de l'ingénieur (Mécanique des fluides, Physique,...).

2. Historique du laboratoire

Les origines du laboratoire remontent au Laboratoire de la Guerre Sous-Marine, créé à Toulon en 1917 par la Marine nationale. C'est entre autres dans ce laboratoire que Paul Langevin met au point les premiers émetteurs ultrasonores de puissance destinés à la détection par échos de sous-marins ennemis. Après la fin de la guerre, en 1920, les missions de ce laboratoire ont pris de l'ampleur ; il devient Laboratoire du Centre d'Etudes de Toulon (LCET) et sa direction scientifique est confiée à François Canac qui jouera un rôle capital dans l'histoire du laboratoire dont il sera le fondateur puis le directeur jusqu'en 1958.

Pour F. Canac, inspiré par le National Physical Laboratory (Teddington, G-B), l'objectif est que le LCET, bien au-delà de ses missions pour la Marine Nationale, soit un organisme de recherche amont et de "veille technologique", capable de développer, pour un Service de l'Etat ou l'Industrie, des applications issues des dernières découvertes, de construire des prototypes, ce que l'on appelle aujourd'hui le transfert de technologie.

Au début de la Seconde Guerre Mondiale, le laboratoire prend le nom de Centre de Recherches de la Marine (CRM). A la fin de juin 1940, le CRM, personnel et matériel, est embarqué précipitamment sur un navire vers Oran puis un train vers Alger. Le CRM semble alors devoir disparaître dans la tourmente. Mais il a à sa tête un homme énergique, de forte personnalité. Dès août 1940, F. Canac propose que le laboratoire soit placé sous la tutelle de l'Instruction

Publique : "Les méthodes de travail (du laboratoire) sont précisément celles qu'il faut introduire (des recherches très poussées, des mises au point complètes en vue de problèmes pragmatiques). Il apporterait en bloc ses spécialistes, son matériel, sa documentation".

L'appel de F. Canac est entendu. Le CNRS vient d'être créé ; sa situation administrative et financière est encore à l'étude mais tout se passe très vite. Le laboratoire est rattaché au CNRS courant octobre 1940 (la signature interviendra le 1er janvier 1941), le CRM devient le premier Laboratoire Propre (i.e. à tutelle unique) du CNRS en province et prend le nom de Centre de Recherches Scientifiques Industrielles et Maritimes (CRSIM). La recherche au CRSIM est répartie en cinq grands thèmes : Acoustique, Optique, Chimie-corrosion, Rayons X, Psychotechnique. La partie acoustique est fortement développée, notamment sous l'influence de F. Canac qui était en particulier passionné par l'acoustique des théâtres antiques. Elle comprend l'électroacoustique, les vibrations, l'acoustique architecturale, les ultrasons dans l'air et dans l'eau. Le CRSIM dispose déjà de nombreux équipements : une grande chambre sans écho ($13 \times 5 \times 5 \text{ m}^3$), une petite chambre sans écho ($4 \times 2 \times 2 \text{ m}^3$), une salle réverbérante ($10 \times 2,6 \times 2,6 \text{ m}^3$), une cuve à rides pour l'étude des maquettes de salles, un canal de 18 m avec bassin absorbant. La Figure 1 présente une vue de la grande chambre sans écho et rappelle les difficultés de l'époque : les parois absorbantes sont réalisées à l'aide de troncs de pyramides recouverts de couvertures fournies par le Service de la Santé.

Figure 1 : la salle anéchoïque du CRSIM

En 1958, suite au départ à la retraite de F. Canac, Théodore Vogel prend la direction du CRSIM. Les thèmes scientifiques du laboratoire vont évoluer rapidement, avec notamment le développement d'études en dynamique théorique, élasticité et rhéologie. Le laboratoire de Chimie-Corrosion devient le laboratoire de Chimie Bactériennes et Corrosion Biologique, qui essaimera en devenant, plus tard, un Laboratoire indépendant (Le laboratoire de Chimie Bactérienne). En 1962, en lien avec les mouvements de personnels, le CRSIM devient le Centre de Recherches Physiques (CRP) avec 4 départements : Mécanique Physique et Acoustique, Visualisation des ondes, Automatique et Structures des corps cristallins. Le laboratoire s'installe sur le site "Joseph-Aiguier", où il rejoint d'autres laboratoires CNRS. Grâce à cette opération, le laboratoire s'agrandit et bénéficie de la mise en place de nouveaux grands équipements performants pour l'acoustique : entre autres, une grande salle anéchoïque pour la propagation d'ondes, une salle anéchoïque plus petite pour la psychoacoustique, une station d'acoustique architecturale construite d'après les normes devenues internationales et comprenant deux salles réverbérantes adjacentes pour la transparence de cloisons, un studio de musique avec piano, plusieurs cuves dédiées à l'acoustique sous-marine et la propagation des ultrasons.

En 1973, le laboratoire se recentre sur la Mécanique des Solides et l'Acoustique et devient le LMA. La mécanique des milieux continus, l'informatique et les techniques en temps réel se sont développées à partir de cette époque, de même que les installations expérimentales pour la mécanique (machines de traction torsion par exemple). Au cours des années 80, des équipements mi-lourds sont mis en place, comme le scanographe à Rayon X et la grande cuve océanique. En 2012, le Laboratoire de Contrôle Non Destructif (LCND), basé à Aix-en-Provence (Aix-Marseille Université), rejoint le LMA. Depuis, le LMA dispose d'une antenne et de locaux à l'IUT d'Aix-en-Provence (Département Génie Mécanique). Le laboratoire est aujourd'hui structuré en trois équipes décrites au paragraphe 5.

En 2015, le LMA, s'installe sur le Technopôle de Château-Gombert (CG) où sont déjà présents les laboratoires de mécanique des fluides, de physique, ainsi que les école Centrale Marseille (ECM) et Polytech Marseille. Cette opération a été lancée en 2006, le projet de présence du

LMA sur ce site étant déjà dans les discussions dès 1985. En 2018, le LMA devient une Unité Mixte de Recherche (UMR) avec trois tutelles : AMU, le CNRS et l'ECM.

3. L'évolution des thématiques

Depuis son origine, le laboratoire s'est attaché à développer une recherche à la fois dans le domaine théorique et dans le domaine des applications. On résume ici l'évolution des thématiques en Acoustique et plus succinctement celles de Mécanique des Solides.

3.1. Acoustique

Un extrait du rapport de laboratoire produit en 1944 [4] donne une idée des études développées en acoustique à l'époque. On y trouve des travaux sur la protection contre les bruits (industriels, bruits de la ville de Marseille), sur l'isolement acoustique (studios de la Radiodiffusion Nationale, cabines d'avion), la propagation sonore sur un sol (influence du sol et du site à l'aide de modèles réduits en salle anéchoïque), la détection par ultrasons de défauts internes de pièces métalliques, les sondages de glaciers pour déterminer la pureté de la glace, les actions chimiques et biologiques des ultrasons pour le traitement des huiles. A partir de la fin de la guerre, les domaines de compétence vont évoluer en lien notamment avec le départ ou l'arrivée de chercheurs.

Les 2 thématiques très présentes à l'origine sont *l'acoustique appliquée et l'acoustique des salles*.

En *acoustique appliquée*, outre les études sur l'isolement acoustique, les travaux du laboratoire portent par exemple sur la construction de salles, la transparence de cloisons, les résonateurs dans le tunnel du Vieux-Port et plus tard sur le bruit du métro. Cette activité, qui a permis d'acquérir un savoir-faire expérimental, est beaucoup plus réduite aujourd'hui où le LMA interagit avec l'industrie sur des projets à plus long terme, notamment dans le cadre de thèses. Cette activité a permis au CRP de prendre part aux discussions sur les normes et règlements concernant l'environnement sonore en France et à l'étranger. Les travaux en *acoustique des salles* ont débuté par l'acoustique des théâtres antiques (dont celui d'Orange) accompagnée d'expérimentations optiques en cuve. Ils se sont orientés plus tard vers l'évaluation perceptive de l'acoustique des salles et se sont arrêtés au début des années 2000.

Les autres thématiques fortement développées sont les suivantes :

L'acoustique sous-marine, où les travaux sont tout d'abord consacrés à la propagation d'ondes en milieux marins. De nombreuses recherches ont été développées, entre autres en lien avec les demandes de la Direction Générale de l'Armement (DGA) sur la détection de cibles (sonars, sous-marins, etc) et la caractérisation de milieux et fonds marins. L'ajout d'une cuve de grandes dimensions (20 m de long) en 1987 a été le point de départ d'études nouvelles, en collaboration avec la Marine Nationale (DCN) sur des thèmes liés à la propagation en présence d'une bathycélérimétrie, la partie théorique étant traitée dans le cadre de l'approximation parabolique.

La psychoacoustique, une équipe est créée vers 1985 avec le développement de liens étroits avec des laboratoires américains et allemands. Les premières études portent sur les mécanismes actifs de l'attention, la localisation des sons et la sonie. Avec l'arrivée de jeunes chercheurs, l'équipe étend son domaine d'activités vers la qualité sonore des bruits de l'environnement urbain ou industriel (critères perceptifs du désagrément), vers l'évaluation perceptive des systèmes de restitution, puis plus récemment vers les implants cochléaires.

Le contrôle actif, avec la création d'une équipe renforcée dans les années 1980. De nombreuses études y sont développées à la fois théoriques et expérimentales, beaucoup dans le cadre de projets européens liés aux bruits des transports ; le contrôle inclut également la restitution temps réel d'environnements sonores. En 1993, Alain Roure reçoit le cristal du CNRS pour ses travaux en contrôle actif. Le premier brevet mondial de casque antibruit est déposé par le LMA en 1985, avec la société Technofirst.

L'acoustique musicale est aussi une activité qui s'est fortement renforcée au fil des années, profitant des nouveaux outils informatiques. Elle passe de l'étude des concepts d'harmonie et de mélodie à l'informatique musicale, avec l'analyse et la synthèse sonore, la commande temps-réel, le contrôle des signaux sonores et musicaux ; elle inclut également l'étude de la physique des instruments de musique (essentiellement à vent) qui va contribuer au développement de la synthèse sonore par modélisation physique. Le LMA a été un des premiers laboratoire à développer l'usage des ondelettes dans le domaine audible. En 1999, le CNRS a décerné sa médaille d'or à Jean-Claude Risset, Directeur de Recherche au CNRS (premier chercheur des Sciences Pour l'Ingénieur à recevoir cette distinction).

La propagation d'ondes acoustiques et élastiques où les premières études concernent la propagation et la diffraction d'ondes acoustiques dans l'air, puis s'élargissent aux solides, tissus biologiques, avec les problèmes directs (évaluation de niveaux de bruit en milieu extérieur, diffraction par des obstacles, caractérisation de rayonnement acoustique de structures vibrantes, absorbeurs non linéaires, etc) et les problèmes inverses (caractérisation d'objets industriels, de tissus humains à partir de mesures acoustiques).

3.2. Mécanique des Solides

Dans ce domaine, les études théoriques en mécanique des milieux continus et vibrations non linéaires sont s'étendre et se répartir en deux axes : l'un intitulé "Matériaux", sur le comportement des matériaux et structures hétérogènes, la résistance et surveillance des composites stratifiés, le comportement des élastomères ; le second intitulé "Structures", sur l'étude du contact, frottement, et interfaces, sur les vibrations non linéaires, ainsi que la mécanique multiphasique des milieux divisés. En 2004, Pierre Suquet, directeur de recherche au LMA, est élu membre de l'Académie des Sciences.

4. L'environnement de la recherche

L'environnement d'un laboratoire est lié aux partenariats avec d'autres laboratoires, avec l'industrie, la formation et l'enseignement, la diffusion des avancées vers le public.

Le LMA entretient des collaborations avec de nombreux laboratoires de mécanique et d'acoustique, en France et à l'étranger. Dans le domaine du partenariat industriel, le LMA a suivi la voie initiée par son fondateur en cultivant un lien fort avec la recherche appliquée, avec de grands groupes comme avec des PME. Les principaux domaines d'application des recherches du laboratoire ont été et sont encore : transports, santé, nucléaire, environnement, aéronautique, spatial, énergie, musique. Outre le casque antibruit déjà cité, on peut citer quelques exemples, comme les travaux en sismique/géoacoustique, en acoustique musicale (travaux avec Yamaha et Buffet-Crampon pour la facture instrumentale), en mécanique (sur le déploiement des structures souples), le partenariat avec le CEA, les travaux sur les implants cochléaires.

Unité à tutelle unique du CNRS, le laboratoire a été de par son histoire en partie éloigné des universités mais il a très tôt par lui-même mis en place un DEA en acoustique. Actuellement le LMA est solidement impliqué dans différentes formations du département de Mécanique d'AMU. Les équipes d'acoustique (OI et Sons) sont porteuses d'un Master international intitulé WAVES (Waves, Acoustics, Vibrations, Engineering and Sound).

Dès ses débuts, le laboratoire participe également à la diffusion de l'information. Le CRISM, par exemple, organise en 1948, le colloque "Méthodes de calcul dans les problèmes de mécanique" où Burgers présente son équation de propagation d'ondes en régime non linéaire. F. Canac a été le premier rédacteur français d'Acustica et figure parmi les fondateurs du Groupement des Acousticiens de Langue Française (GALF), devenu depuis la Société Française d'Acoustique (SFA). Les membres du LMA ont suivi cette voie et ont pu être présidents, membres actifs du Bureau et/ou des Groupes de la SFA.

5. Le LMA aujourd'hui :

Les équipes Matériaux et Structures, Ondes et Imagerie, et Sons constituent le LMA d'aujourd'hui.

La mécanique des solides est regroupée dans l'équipe matériaux et structures. Les recherches y sont aussi bien expérimentales, théoriques que numériques. Les thèmes abordés concernent la dynamique non linéaire des structures, la mécanique des milieux hétérogènes, la mécanique des interfaces (collages) et les problèmes de contact/frottement, la modélisation multiphysique et la tenue mécanique des matériaux composites stratifiés ainsi que la conception de structures composites.

Les recherches menées dans l'équipe Ondes et Imagerie (O&I) visent à développer des méthodes acoustiques pour la modélisation, la caractérisation et/ou l'imagerie des milieux hétérogènes avec des approches fondamentales et appliquées. Les travaux de cette équipe sont orientés autour des questions de propagation en milieux microstructurés, poreux et aléatoires, de la propagation non linéaire, de l'acoustique en environnement marin, de l'imagerie sismique, du contrôle et de l'évaluation non destructifs ainsi que des ultrasons biomédicaux.

Dans l'équipe Sons les questions autour des sons audibles sont abordées. On y étudie leur production, leur propagation, leur contrôle, leur synthèse et leur perception. Les travaux développés dans l'équipe concernent la synthèse et le contrôle de champs acoustiques, l'étude des systèmes dynamiques auto-oscillants producteurs de son, l'aide à la conception et l'étude de la qualité des instruments de musique, et l'étude des mécanismes de la perception auditive.

Des collaborations inter-équipes ont vu le jour autour de la dynamique non linéaire (modélisation physique des instruments de musique, développement d'absorbeurs de bruits et vibrations sur le concept de transferts irréversibles d'énergie), de l'utilisation des ultrasons pour stimuler le nerf auditif (avec application aux implants cochléaires), et sur la propagation non linéaire des ondes dans les milieux solides (applications CND dans les bétons) et fluides (trompettes). Une action a aussi été entreprise en relation avec le déploiement de structures micro-architecturées bistables (propagation de fronts de transition d'état). Un autre thème transverse est en train d'émerger dans le domaine de la facture instrumentale en termes de nouveaux matériaux et de nouveaux procédés de fabrication (alliant compétences en conception de structures en matériaux composites et en physique des instruments de musique).

La construction d'un nouveau bâtiment a permis au LMA de concevoir des salles expérimentales adaptées à ses recherches en acoustique. En particulier, un ensemble de 3 salles anéchoïques représente un équipement rare dans la communauté : une salle anéchoïque équipée du câblage nécessaire pour l'étude de l'anéchoïcité active à basse fréquence (Figure 2); une salle semi-anéchoïque couplée, par son plancher, à une salle d'excitation, conçue pour accueillir des projets de grande ampleur en prise directe avec des applications industrielles ; une salle anéchoïque pouvant recevoir du public pour les expériences de psychoacoustique. Le laboratoire est également doté d'un ensemble de 3 cabines audiométriques dont une paradisée (pour mesures d'électrophysiologie), d'un ensemble de studios (pour l'acoustique musicale et des projets art/science, Figure 3), d'une salle d'écoute pour une restitution normalisée en conditions non anéchoïques ainsi que diverses salles pour des expériences en vibroacoustique. Une salle de synthèse de champ permet de restituer des sons à partir de quelques Hertz à des niveaux suffisants pour être audibles.

Figure 2 : grande salle anéchoïque du LMA à Château-Gombert

Figure 3 : studio musique avec installation de reproduction sonore 3D du LMA à Château-Gombert

Le laboratoire est équipé de scanners, de diverses salles pour les expériences par ultrasons (salle avec dalle antivibratoire pour ultrasons aériens, salle laser/photo-acoustique), d'échographes ultrasonores de recherche, de microscopes optiques, de caméras rapides. Les travaux sur les matériaux biologiques, plus récents récents au LMA, nécessitent des équipements spéciaux (salle de culture cellulaire L2)

Enfin, en mécanique, les équipements comprennent une salle d'essais mécaniques (88.5m²), d'une salle de tribologie et d'observation microscopique (10m²), d'un microtomographe à rayons X (en commun avec les autres laboratoires du site) et d'installations pour concevoir, dimensionner, fabriquer et tester des structures en matériaux composites.

Remerciements

Les photos récentes ont été prises par Alain Rimeymeille, qui nous a aussi procuré la photo ancienne de la salle anéchoïque, nous l'en remercions chaleureusement.

Quelques liens

film *CRSIM* : <https://images.cnrs.fr/video/1267>

film LMA 50 ans <https://images.cnrs.fr/video/178>

Site web LMA www.laboratoire-mecanique-acoustique.fr

Bibliographie :

[1] Gazanhes C. *Du laboratoire de la guerre sous-marine de Toulon au laboratoire de mécanique et d'acoustique de Marseille*, La revue pour l'histoire du CNRS [En ligne], 2 | 2000, mis en ligne le 20 juin 2007, consulté le 08 juin 2023. URL : <http://journals.openedition.org/histoire-cnrs/2772> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/histoire-cnrs.2772>

[2] Gazanhes C. *Histoire du laboratoire de Mécanique et d'Acoustique de Marseille 1941-1991 (C.N.R.S.)*, Publications du LMA, Manifestations du cinquantenaire, ISSN 1159-0947, ISBN 2-909669-05-X, mai 1992.

[3] Guthleben D. *Histoire du CNRS de 1939 à nos jours : une ambition nationale pour la science*. Armand Colin, 2009.

[4] Canac F. *Rapport sur l'activité du CRSIM de Marseille du 1er janvier 1941 au 1er janvier 1944*, 15 février 1944.