

# Etude du comportement acoustique de matériaux absorbants soumis à un écoulement rasant

Workshop du projet COMATEC

"**CO**mportement acoustique de **MA**Tériaux sous **EC**oulement"  
soutenu par la Fondation de Recherche pour l'Aéronautique et l'Espace  
*Amphithéâtre Rataud - ENS, Paris, 18 mai 2010*

## *Programme préliminaire*

8h 30      *Introduction : présentation d'ensemble du projet COMATEC*  
*F. Simon - ONERA*

8h 40      *Conception et fabrication de traitements acoustiques*  
*"industriels" et "non-conventionnels"*  
*V. Fascio - ATECA*  
*L. Leylekian - ONERA*

9h 00      *Mesure par micro-PIV dans un micro-canal résonant avec*  
*analogie hydrodynamique*  
*J-. L. Aider - Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes*

9h 15      *Performance de micro-jets pour un contrôle aéro-acoustique*  
*D. Begovic - FLOWDIT*

9h 30      *Instabilité aéroacoustique dans un conduit compliant à*  
*réaction locale*  
*Y. Aurégan - Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine*  
*D. Marx - Institut P'*

9h 45      *Mise en évidence par LDV de l'absorption acoustique de*  
*Traitements acoustiques "industriels" et "non-conventionnels"*  
*E. Piot et F. Simon - ONERA*

10h 05      *Approche numérique et expérimentale du bilan global de la*  
*dissipation d'un silencieux en modes élevés et en présence*  
*d'écoulement*  
*J.-M. Ville et M. Ben Tahar - Laboratoire Roberval*

10h 25      *Questions diverses*

10h30      *Clôture du workshop*

# *Projet COMATEC*

*F. Simon – ONERA / DMAE, Toulouse*

## 1. Contexte général

Le projet COMATEC consiste à mettre en œuvre différents outils de modélisation et de mesure pour mieux comprendre l'influence d'un écoulement rasant sur le comportement acoustique de traitements absorbants utilisés dans les nacelles d'aéronefs (en particulier, interaction écoulement / acoustique face aux perforations).

Des matériaux de référence (de complexité variable) ont été testés dans trois bancs d'essais aéroacoustiques utilisant des techniques d'analyse complémentaires (micro-LDV, LDV 2D, PIV, microphone/fil chaud, matrice de transfert...) et les résultats expérimentaux couplés à des modèles de propagation acoustique prenant en compte l'écoulement et la constitution des matériaux. Des matériaux "non-conventionnels" (poreux à base de sphères creuses ou de fibres métalliques, résonateurs volumiques) ont également été mis au point, testés et leur capacité d'absorption comparée à des matériaux "conventionnels".

## 2. Partenaires

- a. Université et CNRS : LAUM, Institut P', ESPCI/PMMH, UTC
- b. Organismes parapublics : ONERA
- c. Entreprises privées : ATECA, FLOWDIT

## 3. Problématique

Avec l'augmentation du trafic aérien et le rapprochement des aéroports des villes, la réduction des nuisances sonores causées par les avions devient une préoccupation majeure des avionneurs. Deux origines principales peuvent être distinguées : le bruit d'origine "aérodynamique" particulièrement présent en phase d'approche et le bruit d'origine "moteurs" présent dans les deux phases de décollage et d'approche. Les industriels aéronautiques utilisent des traitements acoustiques absorbants sur une surface importante de leurs systèmes propulsifs de façon à réduire les bruits de soufflante, de combustion et de turbine. Le type de traitement optimal à employer est défini par son impédance acoustique et son épaisseur maximale, variant en fonction de sa position (manche, cône, carter, nacelle...). Néanmoins, plusieurs problèmes subsistent : Premièrement, les performances des matériaux sont généralement déduites de modèles ne prenant pas en compte la présence d'un écoulement rasant et les mesures d'impédance sont réalisées hors écoulement en tube à impédance ou en écoulement à l'aide de microphones intégrés au matériau en supposant une réaction "localisée". Deuxièmement, les matériaux employés sont constitués de nid d'abeille et de parois résistives, dimensionnés pour répondre au besoin dans une bande de fréquence restreinte. Ils ne permettent pas en outre d'atteindre les niveaux requis de réduction du bruit, en particulier à basse fréquence.

Il apparaît, par conséquent, que l'étude théorique et expérimentale des performances des traitements acoustiques soumis à des écoulements rasants pour différentes micro-géométries et différentes conditions d'écoulement est indispensable pour prédire précisément le bruit rayonné par des conduits traités et concevoir des traitements optimisés.

Il est également nécessaire de proposer des solutions innovantes, en terme de matériaux acoustiques, plus aptes à satisfaire les spécifications optimales, ceci avec un souci d'intégration industrielle.

## 4. Réalisations

Le projet a porté dans un 1er temps sur la réalisation par ATECA de matériaux dit "industriels" de type résonateur à paroi de tôles perforées ou micro-perforées, collées au dessus d'un nid d'abeille

(ATECA), ceci avec ou sans trous de drainage entre cellules, puis d'échantillons, constitués de matériaux poreux (sphères creuses, fibres métalliques) de type matériaux "non-conventionnel".

Les divers matériaux ont été fournis, d'une part, à l'ONERA pour mesure en tube à impédance ou dans le banc aéroacoustique B2A et, d'autre part, à l'UTC dans le banc aéroacoustique DUCAT. L'ONERA a, par ailleurs, fabriqué un type de matériau "non-conventionnel" appelé ULSAP (Ultra Light Structural Acoustic Panel) constitué d'alvéoles de feuillards en forme de pyramides tronquées à la place d'un nid d'abeille classique.

Les essais menés en chambre sourde et en tube à impédance, sur de nombreux échantillons de tailles différentes, pourvus d'une plaque perforée classique en face supérieure, ont montré la présence de mécanismes de vibration et de transfert des feuillards améliorant l'absorption du complexe absorbant sur une large gamme de fréquence.

L'ONERA a ensuite réalisé de nombreuses campagnes d'essais par LDV 2D, sans et avec écoulement (Mach 0.1 et 0.2), afin de fournir une banque de données (impédance, bilan de puissance) à l'UTC et d'évaluer de façon comparative le comportement des divers matériaux "industriels et "non-conventionnels" (micro-champs de vitesse ou macro-champs d'intensité acoustique).

Il est apparu que, sans écoulement, l'impédance optimale d'un liner de la taille des éprouvettes testées dans B2A était proche de celle du matériau "industriel" avec paroi "micro-perforée. La paroi "micro-perforée" a, en outre, l'intérêt d'avoir un comportement "linéaire" vis-à-vis du niveau d'excitation acoustique (impédance inchangée), alors que la paroi "perforée" génère des tourbillons procurant une résistance plus élevée s'éloignant de la résistance optimale du banc B2A.

En présence d'écoulement, une forte interaction entre trous apparaît sur les champs de vitesse acoustique, quelle que soit la taille des trous (présence de tourbillons étalés). Celle-ci procure une augmentation de résistance acoustique.

Il s'avère également que les matériaux "non-conventionnels" à base de paroi "micro-perforée" ont un comportement d'absorption plus élevé en présence d'écoulement que ceux comportant une paroi "perforée".

Par contre, ces matériaux font apparaître, sur les champs d'intensité acoustique, un comportement marqué de réaction "non-localisée" (en raison de l'absence de cloisonnement axial). Il convient d'éviter cet effet pour deux raisons : d'une part, cela ne permet pas de "représenter" le matériau par une surface d'impédance constante (utile dans les modèles numériques), d'autre part cela génère des interactions qui ne semblent pas être favorables à un affaiblissement élevé.

Néanmoins, on peut penser que, si l'affaiblissement procuré par ces matériaux est nettement plus faible qu'avec le matériau "industriel" à paroi "micro-perforée, c'est en raison de la forte influence des matériaux garnissant la cavité sur la nature des ondes réfléchies, éloignant les éprouvettes de la réaction optimale obtenue par le matériau de référence lorsqu'il est placé dans le banc B2A.

On peut, de fait, placer les matériaux fibreux ou les billes dans un nid d'abeille afin de conserver la réaction localisée tout en modifiant l'impédance vers la valeur optimale souhaitée (autour d'une fréquence donnée).

De plus, il est à noter que le matériau ULSAP, en l'absence de perforation dans les cellules, apporte une absorption relativement indépendante de la fréquence, contrairement aux autres matériaux "industriels" ou "non-conventionnels".

Les différentes données mesurées par l'ONERA / DMAE ont été envoyées à l'UTC en vue de réaliser, d'une part, une comparaison des impédances de matériaux "industriels" mesurées sans écoulement par les bancs ONERA et UTC, d'autre part, une comparaison des Champs LDV 2D globaux mesurés par l'ONERA dans B2A et simulés par l'UTC (FEM Galbrun avec conditions d'impédance mesurées).

Parallèlement, l'UTC a mis en place une méthodologie de mesure aéroacoustique originale en écoulement afin de mesurer des bilans de puissance acoustique, pour les différents matériaux, à l'aide de sondes "microphone-fil chaud" mobiles.

Cette approche est complémentaire de celle de l'ONERA qui consiste à mesurer l'intensité acoustique par LDV 2D, couplée à une formulation de type Euler ou Euler/Lagrange (Galbrun).

Il a été constaté, pour la configuration du banc DUCAT, une augmentation de l'atténuation des matériaux "industriels" en présence d'écoulement (Mach 0.1 avec écoulement en sens inverse des ondes incidentes), atténuation dépendant du vecteur incident (position de la source et milieu de propagation).

En outre, le matériau ULSAP avec paroi "micro-perforée" est apparu plus performant en terme d'atténuation acoustique que les matériaux "industriels" sur une large bande de fréquence pour laquelle les 1ers modes transverses sont présents. L'intérêt de ce matériau est alors confirmé lorsque l'incidence des ondes n'est pas rasante, ce que n'a pu montrer l'ONERA dans le banc B2A (propagation d'un mode plan) mais qui avait été constaté en chambre anéchoïque à l'ONERA.

Un modèle numérique (par FEM) de propagation acoustique, en présence d'écoulement laminaire et de matériau absorbant en paroi (surface d'impédance), a enfin été développé et validé sur des cas génériques. Les premières simulations montrent, néanmoins, que des vérifications supplémentaires doivent être menées avant d'exploiter les résultats pour les matériaux de type "industriels".

Parallèlement, des essais PIV (Institut P') et LDV (ONERA) ont mis en évidence, à fort nombre de Mach, la présence de fluctuations de vitesse cohérentes au niveau d'un matériau "modèle" (micro canaux à cellules carrées), amplifiées par des ondes acoustiques autour de sa fréquence de résonance. Ces fluctuations semblent être à l'origine d'une production d'énergie acoustique augmentant le niveau de pression acoustique en sortie de matériau. Par ailleurs, Flowdit a réalisé plusieurs règles oscillantes pour le banc du LAUM/Institut P' afin d'exciter par micro-jets, plutôt que par des ondes acoustiques, les modes propres "hydrodynamiques" produits en présence du matériau "modèle" autour de sa fréquence de résonance. Ces solutions n'étant pas à ce jour jugées satisfaisantes par Flowdit, d'autres solutions sont à l'étude.

Enfin, ESPCI/PMMH a pu mettre au point un banc de mesure hydrodynamique, appliqué à des micro-canaux soumis à un écoulement rasant et perturbés en amont par des ondes acoustiques. L'objectif était de se focaliser sur l'interface entre un ou des milli-canaux constituant le matériau et l'écoulement. Un système de mesure par micro-PIV a permis de mesurer le champ moyen dans la cellule hydrodynamique et dans un micro-canal. Un montage spécifique appelé TR-PIV (source lumineuse et caméra rapide) a ensuite été utilisé pour suivre les oscillations d'une interface "air-eau" placée en fond du micro-canal. Des campagnes d'essais et des post-traitements de volume conséquent ont été menés, montrant, entre autre, que l'interface "air-eau" répond aux oscillations acoustiques incidentes.

Ce nouveau banc et les méthodes expérimentales associées permettent d'envisager des études ultérieures très riches (variation de la vitesse de l'écoulement, de la fréquence et de la position de l'interface, amélioration des moyens d'essais).

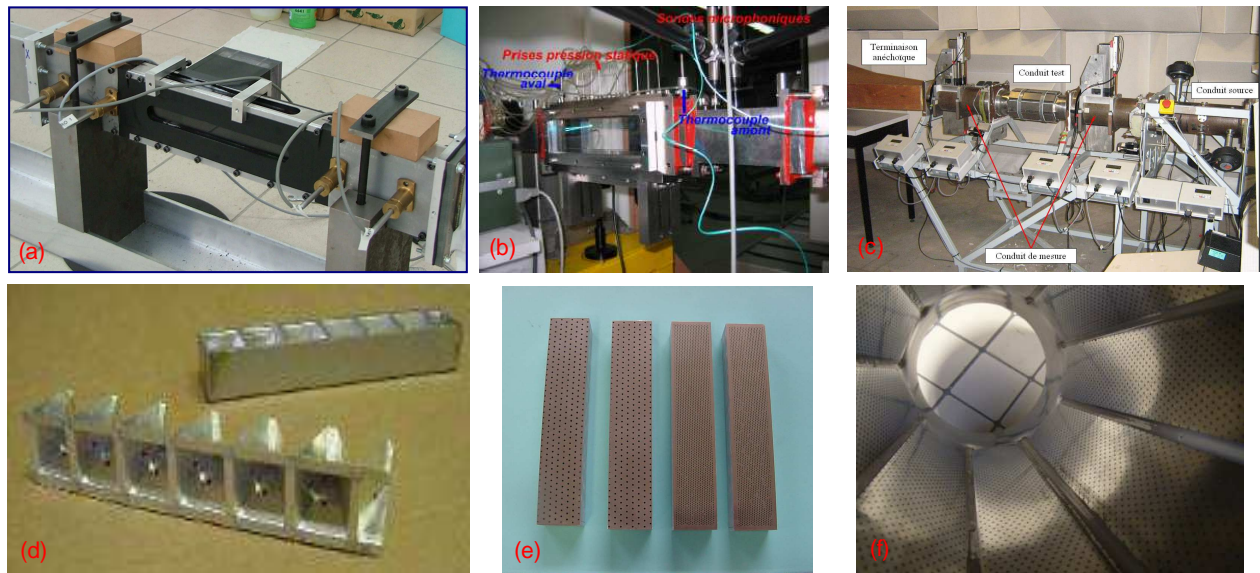


Figure : (a) Banc LAUM/Institut P' – (b) Banc ONERA (B2A) – (c) Banc UTC (DUCAT) – (d) Matériau ULSAP pour banc ONERA – (e) Eprouvettes "industriels" pour banc ONERA – (f) Tronçon de matériau avec paroi perforée pour banc UTC

## 5. Bilan et perspectives

Ce projet a été très riche en développements (modèles numériques, bancs d'essai, instrumentation, matériaux, actionneurs) et a contribué à stimuler une coopération entre laboratoires. Différents travaux ont fait l'objet de communications et publications, entre partenaires.

Les nombreux résultats constituent une base de réflexion et d'analyse pour d'autres projets, de façon à asseoir les méthodologies (ex. processus de couplage "mesure / modèle") ou valider certains travaux préliminaires sur le plan numérique (ex. modèle de propagation aéro-acoustique en écoulement avec conditions aux limites de type impédance) ou expérimental (ex. micro-PIV en analogie hydrodynamique).

## 6. Publications

- /1/ : M. Taktak, J.M. Ville, M.Haddar, G.Gabard, F.Foucart, "Acoustic Liners behavior investigation using the multimodal scattering matrix", International Review of Mechanical Engineering, Vol 2 n°4, (2008)
- /2/ : Mohamed Taktak, Jean Michel Ville, Mohamed Haddar and Félix Foucart, "Evaluation of the lined duct performances based on a 3D two port scattering matrix", Proceeding of ASA Meeting Paris (2008)
- /3/ : R. Pethieu, F. Simon, F. Micheli, "Characterization of an acoustic ceramic liner in a subsonic flow by mean of Laser Doppler Velocimetry", Acoustics'08 (Paris) and ODAS 9th ONERA-DLR Aerospace Symposium (Chatillon) (2008)
- /4/ : D. Marx, Y. Aurégan, Bailliet H., and J.-C. Valière, "Sound amplification in a lined duct with flow: PIV measurements", Acoustics'08 Paris (2008)
- /5/ : D. Marx, Y. Aurégan, Bailliet H., and J.-C. Valière, "Mise en évidence d'instabilités hydrodynamiques au-dessus d'un matériau absorbant acoustique en conduite avec écoulement", Acoustique & techniques ISSN 1263-8072
- /6/ : M.Taktak, J.M Ville, M.Haddar et F.Foucart, "Influence du non respect de la condition à la paroi sur les coefficients de la matrice de diffusion d'un tronçon droit", Congrès CMSM (2009)
- /7/ : D. Marx, Y. Aurégan, Bailliet H., and J.-C. Valière, " Evidence of Hydrodynamic Instability over a Liner in a Duct with Flow", 15th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference (2009)
- /8/ : B. Nennig, E. Piot, F. Simon, M. Ben Tahar, M. Taktak and J.-M. Ville, "A comparison between acoustic liner characterization methods and calculations", ICSV 16th (2009)
- /9/ : F. Simon, E. Piot and F. Micheli, "Acoustic characterization of "locally" and "non-locally reacting" porous liners in flow with LDV measurements", BNAM 2010 (2010)

## Résumés du Workshop

### *Conception et fabrication de traitements acoustiques "industriels" et "non-conventionnels"*

*V. Fascio – ATECA, Montauban*

*L. Leylekian – ONERA / DMSC, Châtillon*

Depuis une dizaine d'années, ATECA conçoit et réalise des traitements acoustiques à partir de matériaux poreux pour des applications aéronautiques. Ces systèmes passifs insonorisant intégrant des poreux ont fait l'objet de plusieurs brevets.

L'ONERA travaille depuis plusieurs années sur les matériaux fonctionnels en général et sur les absorbants acoustiques en particulier. Les études menées à l'ONERA comportent à la fois des volets expérimentaux (élaboration, caractérisation) et des simulations numériques.

Afin de dépasser les limites inhérentes aux matériaux classiques, de type nid d'abeille, ATECA et l'ONERA ont proposé, dans le cadre de COMATEC, deux voies de développement de nouveaux matériaux dits "non-conventionnels":

- la première fondée sur des matériaux poreux qui ont déjà montré leurs potentialités (ATECA). La recherche ne s'est pas limitée pas seulement aux procédés d'élaboration mais s'est élargie à l'assemblage et l'intégration des ces matériaux.
- la seconde fondée sur des résonateurs dont la géométrie est non-conventionnelle et qui sont susceptibles de présenter des propriétés intéressantes notamment sous incidence oblique (ONERA). Ces travaux avaient pour objectif de développer de nouvelles familles de résonateurs et de fournir des absorbants possédant des caractéristiques égalant celles des nids d'abeille en terme de mise en œuvre industrielle mais montrant également des propriétés acoustiques améliorées.

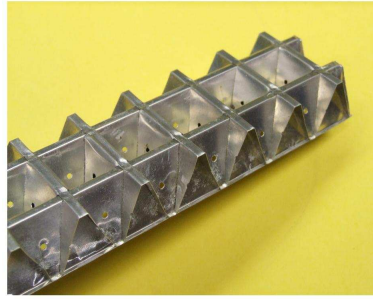
Les besoins des industriels exprimés par les industriels tels l'augmentation des performances acoustiques liées à un faible coût, le faible encombrement, la masse limitée et les propriétés structurales ont été pris en compte dans le choix des matériaux.

Pour ATECA, ce projet a permis de développer une nouvelle gamme de matériaux acoustiques innovants, qui limitent l'impact massique.

Pour l'ONERA, cette étude a permis de vérifier la faisabilité de résonateurs non conventionnels à une moyenne échelle et de valider le gain de performance acoustique de ces matériaux en paroi d'écoulement.

Les performances de ces matériaux ont été comparées à celles de matériaux de référence et les deux types de matériaux ont été testés sur les bancs UTC et ONERA (mesures locales et globales avec /sans écoulement).

Chacun de ces matériaux non conventionnels a fait ou fait l'objet de brevet.



**Figure 1 : Exemple de matériaux non -conventionnels fabriqués par ATECA (à gauche) et par l'ONERA (à droite)**

## *Mesure par micro-PIV dans un micro-canal résonant avec analogie hydrodynamique*

*J-. L. Aider - Laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, ESPCI, Paris*

Nous avons étudié l'interaction entre un écoulement incident et une cavité perpendiculaire avec et sans perturbation amont en analogie hydrodynamique. Nous avons cherché à reproduire l'effet de l'onde acoustique sur le matériau acoustique en aérodynamique à l'aide d'un montage expérimental original. Les canaux à fonds rigides perpendiculaires à l'écoulement principal sont remplacés par des canaux à fonds souples obtenus en plaçant une bulle d'air en fond de canal. L'onde acoustique est obtenue par une perturbation générée mécaniquement en amont du conduit. Grâce à ce montage nous pouvons aisément faire varier plusieurs paramètres comme la vitesse de l'écoulement ou la fréquence et la position de l'interface air-eau.

En raison des petites dimensions des canaux (section de l'ordre du millimètre) des techniques de mesures dédiées ont été testées et validées pour caractériser l'écoulement perturbé ou non. La micro-PIV (Particle Image Velocimetry) standard permet de mesurer le champ moyen dans la cellule hydrodynamique et dans le conduit. La fréquence d'acquisition et la qualité des champs instantanés ne permettent pas d'étudier les comportements instationnaires. Un montage spécifique est utilisé pour suivre les oscillations de l'interface air-eau : une caméra rapide est utilisée pour suivre les oscillations de l'interface. Les acquisitions permettent également de suivre des particules ajoutées à l'écoulement ce qui nous permet d'avoir également une information sur la modification du champ moyen.

En dépit des petites échelles mises en jeu, les explorations par vélocimétrie et visualisations représentent des temps de mesures et de post-traitement très importants. Nous avons donc du réduire le champs de notre étude paramétrique. Nous avons donc réduit notre exploration à l'étude de l'écoulement pour une vitesse d'écoulement donnée en faisant varier la position de l'interface et la fréquence de la perturbation amont. Nous avons ainsi pu confirmer la mise en oscillation du fond de la cavité, en fonction de la perturbation imposée en amont. Cette oscillation est bien à l'origine d'une perturbation à la jonction entre l'écoulement principal et le canal perpendiculaire.

## *Performance de micro-jets pour un contrôle aéro-acoustique*

*D. Begovic - FLOWDIT*

L'objectif de FLOWDIT était de développer des actionneurs de type micro jets pulsés afin d'exciter en amont l'écoulement de l'expérimentation du LAUM.

Ces micro-jets devaient pulser sur une bande passante comprise entre 500 et 1000 Hz, idéalement au plus près de 1000 Hz et souffler à une vitesse de l'ordre de 10 m/s.

Antérieurement au projet FLOWDIT avait déjà fabriqué des MEMS mono jet pulsé qui pouvaient souffler jusqu'à des vitesses de 40 m/s à des fréquences de l'ordre de 100 Hz et destinés à des problématiques automobiles. Ces actionneurs sont mis en mouvement par des forces électrostatiques et alimentés en air.

Il a été décidé de développer un « grand » MEMS multi jets en ligne avec une fréquence de pulsation de 1000 Hz. Il a fallu revoir à la hausse la masse de la solution retenue en raison de contraintes de fabrications. En conséquence le prototype ne développait plus assez de forces pour mettre correctement en mouvement la partie mobile.

Depuis nous avons continué nos travaux de développement de micro-jets avec des dimensions plus classiques. Ils ont permis deux avancées considérables, la génération de forces électrostatiques plus importantes grâce à un nouveau design de la partie motrice de l'actionneur ainsi que la possibilité de faire varier en continu la fréquence sur une large bande.

Nous aurions la possibilité en intégrant les dernières générations de prototypes dans un packaging en ligne de retrouver une topologie et des performances très proches du projet audacieux précédemment tenté.

Par ailleurs, ces dernières générations de micro-jets pulsés offrent des performances qui répondent aux spécifications pour le contrôle d'écoulement du secteur aéronautique. En effet, deux versions de prototypes ont été fabriqués, la première pulsant jusqu'à 300 Hz et la seconde jusqu'à 800 Hz. Pour la première une série d'essais a été réalisée par le laboratoire PMMH et a permis de mesurer des vitesses maximales dépassant les 250 m/s.

### *Instabilité aéroacoustique dans un conduit compliant à réaction locale*

*Y. Aurégan - Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, UMR CNRS 6613, Le Mans*

*D. Marx - Institut P', UPR CNRS 3346, Poitiers*

Au dessus d'un matériau poreux, la couche de cisaillement qu'est la couche limite de l'écoulement est potentiellement instable. Cette instabilité peut être amplifiée par une résonance du matériau poreux et se synchroniser, soit sur une onde acoustique présente au dessus du matériau, soit par une perturbation de vorticité dans la couche limite. L'efficacité acoustique des traitements est alors fortement modifié par la présence de cette instabilité. De plus, dans certaines configurations, ce mode hydrodynamique instable couplé aux modes acoustiques induit de forte variation des propriétés de l'écoulement porteur (augmentation significative du frottement turbulent à la paroi).

Au cours du projet COMATEC, nous avons réalisé des mesures du taux de transmission et de la dissipation d'énergie acoustique au passage d'un matériau absorbant composé de résonateurs quart d'onde en céramique sous écoulement. Ces mesures ont montré que pour un nombre de Mach suffisant (0.3), le matériau amplifie l'onde acoustique à la fréquence de résonance des canaux.

Des mesures de champs de vitesse par PIV ont été faites pour relier ce comportement à l'écoulement au-dessus du matériau absorbant. Un écoulement de Mach 0.3 avec ou sans excitation acoustique a été étudié. L'excitation acoustique a nettement modifié les caractéristiques moyennes et les fluctuations turbulentes de cet écoulement. En réalisant nous avons relié ces différences à l'apparition de structures cohérentes au-dessus du matériau. Ces structures existent déjà en l'absence d'excitation acoustique et sont fortement amplifiées par l'excitation. L'amplitude des structures connaît en outre une évolution axiale. Toutefois il reste encore difficile de préciser la partie initiale de la croissance des instabilités bien que nous puissions déterminer leurs nombres d'onde.

## *Mise en évidence par LDV de l'absorption acoustique de Traitements acoustiques "industriels" et "non-conventionnels"*

*E. Piot et F. Simon – ONERA / DMAE, Toulouse*

Les travaux menés par l'ONERA/DMAE consistent à étudier les capacités absorbantes de traitements acoustiques à l'aide d'une méthode optique non-intrusive. Les échantillons de traitements sont placés en paroi du banc aéro-thermo-acoustique B2A et sont soumis à des ondes acoustiques planes en incidence rasante dont la fréquence est comprise entre 300Hz et 3500Hz, ainsi qu'à des écoulements turbulents rasants avec des nombres de Mach jusqu'à 0.2. Le champ de vitesse au dessus du traitement est mesuré par vélocimétrie laser (LDV) à deux composantes, puis une procédure de post-traitement permet d'en extraire la composante acoustique, c'est-à-dire celle qui est corrélée avec les ondes acoustiques incidentes. A partir de ce champ de vitesse acoustique particulière, on détermine les champs de pression acoustique et d'intensité acoustique active, en utilisant un modèle de propagation basé sur une formulation mixte eulérienne-lagrangienne (équations de Galbrun). La connaissance du champ d'intensité permet alors d'effectuer un bilan de puissance acoustique entre l'amont et l'aval du traitement acoustique, et ainsi d'estimer ses capacités absorbantes dans la bande de fréquence étudiée. Cette méthodologie est appliquée aux deux gammes de matériaux testés lors de ce projet : les matériaux « industriels », composés de nids d'abeille et de plaque perforées, ainsi que les matériaux « non-conventionnels », garnis de sphères creuses, de fibres métalliques ou du matériau ULSAP.

## *Approche numérique et expérimentale du bilan global de la dissipation d'un silencieux en modes élevés et en présence d'écoulement*

*J.-M. Ville et M. Ben Tahar*

*Université de Technologie de Compiègne, Laboratoire ROBERVAL UMR-CNRS  
6253, SecteurAcoustique, Centre de Recherche Royallieu, Compiègne*

A venir