



**HAL**  
open science

# UNE APPROCHE DE MODÉLISATION DE LA GÉNÉRATION DU BRUIT DANS LES ÉCOULEMENTS

P. Lafon

► **To cite this version:**

P. Lafon. UNE APPROCHE DE MODÉLISATION DE LA GÉNÉRATION DU BRUIT DANS LES ÉCOULEMENTS. Journal de Physique Colloques, 1990, 51 (C2), pp.C2-1133-C2-1136. 10.1051/jphyscol:19902265 . jpa-00230596

**HAL Id: jpa-00230596**

**<https://hal.science/jpa-00230596>**

Submitted on 4 Feb 2008

**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.

UNE APPROCHE DE MODÉLISATION DE LA GÉNÉRATION DU BRUIT DANS LES ÉCOULEMENTS

P. LAFON

*Département Acoustique et Mécanique Vibratoire, EDF, Direction des Etudes et Recherches, 1 Avenue du Général de Gaulle, F-92141 Clamart Cedex, France*

**Résumé** - Un modèle de sources acoustiques générées par la turbulence dans les fluides est proposé; il intervient à l'interface entre les codes de calcul de mécanique des fluides et ceux de propagation acoustique. La validation s'appuie sur des mesures de puissance spectrale dans des conduits comportant des diaphragmes.

**Abstract** - A model of acoustical sources generated by turbulence is presented. The purpose is to make a link between computation of fluids dynamics and acoustics. Some comparisons are made between numerical and experimental results.

1. INTRODUCTION

La présence de singularités dans les circuits fluides industriels génèrent des perturbations acoustiques qui se propagent dans le reste du circuit. Ces excitations peuvent se coupler avec les vibrations de la structure ce qui pose alors des problèmes de fiabilité pour ces circuits.

une première approche pour étudier ces problèmes est de découpler le problème hydrodynamique et le problème acoustique; on peut alors envisager un modèle construit en trois étapes successives [1, 2]:

- calcul de l'écoulement
- modélisation de sources acoustiques
- calcul de propagation acoustique

La première et la troisième étape sont des points acquis grâce à l'utilisation d'outils de calcul numérique résolvant les équations concernées. Le présent travail concerne l'étape charnière de la modélisation des sources qui est réalisée en s'appuyant sur les résultats hydrodynamiques locaux.

2. APPROCHE THEORIQUE

Après le calcul de mécanique des fluides, nous disposons des grandeurs hydrodynamiques moyennes, de l'énergie cinétique turbulente et de la dissipation turbulente. A partir de ces données, il est possible de bâtir une échelle de temps caractéristique:

$$\text{avec } \begin{cases} [k] = L^2 T^{-2} \\ [\varepsilon] = L^2 T^{-3} \end{cases} \text{ on écrit } T_e = \frac{k}{\varepsilon}$$

La fréquence caractéristique sera l'inverse du temps caractéristique:

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{\varepsilon}{k}$$

La littérature fournit des expressions analytiques de spectres énergétiques [3]; on peut ainsi utiliser le spectre d'énergie cinétique de Karman:

$$E(K) = C \frac{\overline{u}^2}{K_e} \frac{\left(\frac{K}{K_e}\right)^4}{\left[1 + \left(\frac{K}{K_e}\right)^2\right]^{\frac{17}{6}}}$$

avec:

$$K_e = \frac{2 \pi f_e}{\bar{V}}$$

$\bar{V}$  étant le module de la vitesse moyenne locale

Les équations de propagation à résoudre pour obtenir le champ acoustique généré par une source acoustique sont les suivantes:

$$\begin{cases} \frac{1}{c^2} \frac{\partial p}{\partial t} + \rho_0 \vec{\nabla} \cdot \vec{v} = m(\vec{x}, t) \\ \rho_0 \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{\nabla} p = 0 \end{cases}$$

Des considérations dimensionnelles permettent d'écrire à partir du spectre de Karman que la densité spectrale de puissance de la source doit être proportionnelle à  $\Phi(f)$  telle que [4]:

$$\Phi(f) = \rho^2 \frac{k^8}{\varepsilon^5} \frac{\left(\frac{f}{f_0}\right)^{10}}{\left[1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^{\frac{17}{2}}}$$

### 3. REALISATION NUMERIQUE

#### 3.1. Principe

La méthode consiste à injecter dans le code de propagation des sources sonores correspondant à la définition précédente. Ces signaux temporels sont obtenus à partir d'un générateur de nombres aléatoires dont les résultats sont filtrés afin que les signaux aient la densité spectrale de puissance désirée.

#### 3.2. Mise en oeuvre

Ce modèle est appliqué au cas du diaphragme en conduite. En effet, on dispose de résultats expérimentaux exprimés notamment en termes de puissance spectrale qui ont été obtenus dans une veine rectangulaire de hauteur  $H = 80$  mm dans laquelle des diaphragmes de différentes tailles peuvent être placés et des vitesses d'air variables peuvent être générées [5]. Les résultats présentés ici concernent une vitesse d'écoulement moyenne  $U = 32$  m/s et des ouvertures de diaphragme  $E = 15$  et  $55$  mm. Les résultats sont exprimés en fonction du nombre de Strouhal caractéristique  $St$  :

$$St = f \frac{H - E}{U_E} \quad \text{avec} \quad U_E = \frac{H U}{E}$$



Le calcul de propagation acoustique est poursuivi suffisamment longtemps pour obtenir des enregistrements temporels de la pression acoustiques aux deux extrémités. On peut alors accéder aux autospectres de pression et à l'intensité acoustique puis à la puissance spectrale des sources.

### 4. COMMENTAIRES

Sur les figures 1 et 2 sont présentés les résultats de puissance spectrale calculée; il s'agit de les caler par rapport aux résultats expérimentaux afin de définir le coefficient qui manque dans le modèle de sources. En comparant les résultats dans le cas  $E = 15$  mm, il est possible de définir un coefficient global sur la bande de fréquence étudiée de 0.001. On peut alors comparer les résultats expérimentaux et les résultats numériques corrigés à l'aide de ce coefficient; cela est fait sur les figures 3 et 4. Une bonne concordance est alors obtenue sauf dans les basses fréquences. On peut expliquer cela en considérant que les enregistrements temporels utilisés n'ont pas été suffisamment longs pour permettre une définition correcte de cette partie du spectre. Les contraintes du calcul numérique imposent en effet la recherche d'un optimum entre le temps de calcul et les paramètres garantissant la précision du calcul.

### 5. CONCLUSION

Le modèle présenté ici est une vue simplifiée du problème des bruits d'écoulements. En effet, aucune corrélation n'est prévue entre les sources et l'influence des sources de surface n'est pas prise en compte. Néanmoins, ce premier pas qui nécessite encore nombre de validations et de comparaisons laisse espérer des possibilités de prédiction des bruits d'écoulements.

**REFERENCES**

- [1] VILLOUVIER V. , TAILLIFET D.  
*Etude des mécanismes du bruit des vannes*  
*18 mois de réflexion et définition d'une stratégie*  
Rapport EDF-DER HE/21 - 4754
- [2] DUMOND A. , ESPOSITO P.  
Aperçu sur les mécanismes de génération du bruit dans les tuyauteries  
Rapport EDF-DER HE/23-8820
- [3] HINZE J. O.  
*Turbulence*  
McGraw-Hill (1959)
- [4] CANDEL S.  
*communication personnelle*  
Ecole Centrale de Paris
- [5] VILLOUVIER V.  
*Caractérisation 1D des sources sonores aérodynamiques engendrées par des diaphragmes en conduite*  
Rapport EDF-DER HE/21-8727

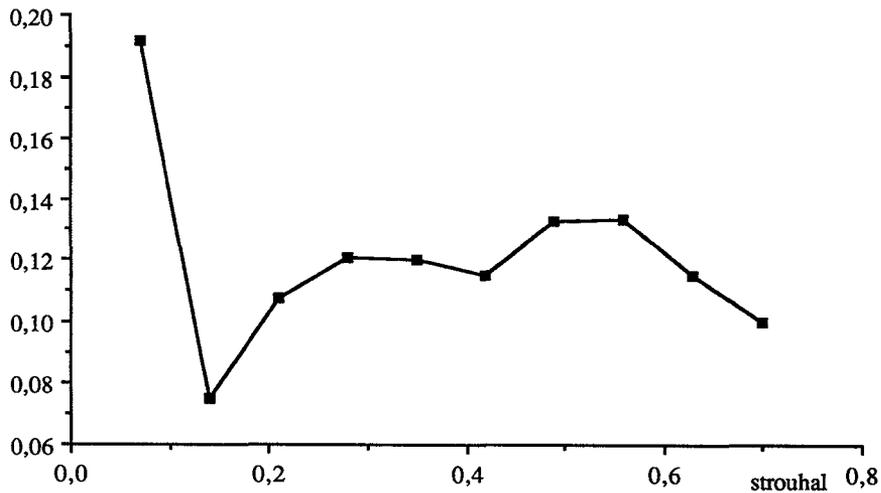
**FIG1: PUISSANCE SPECTRALE CALCULEE (E = 15 mm)**

FIG2: PUISSANCE SPECTRALE CALCULEE (E = 55 mm)

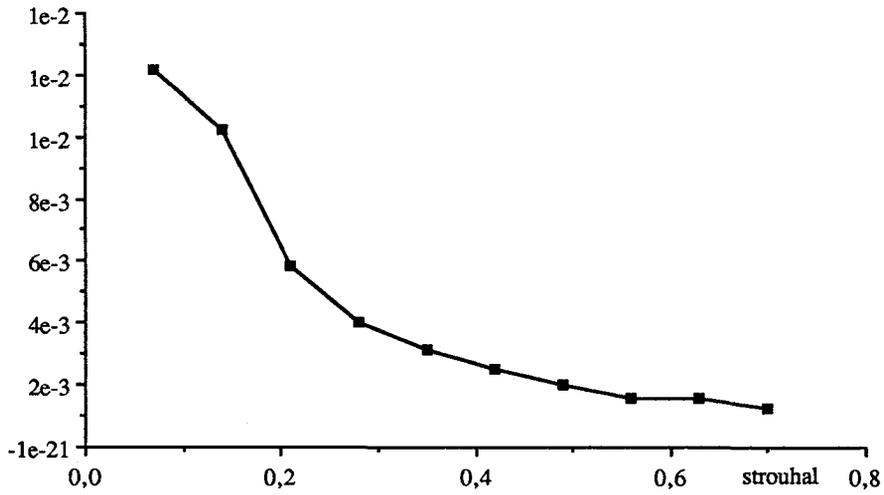


FIG3: PUISSANCE SPECTRALE (E = 15 mm)

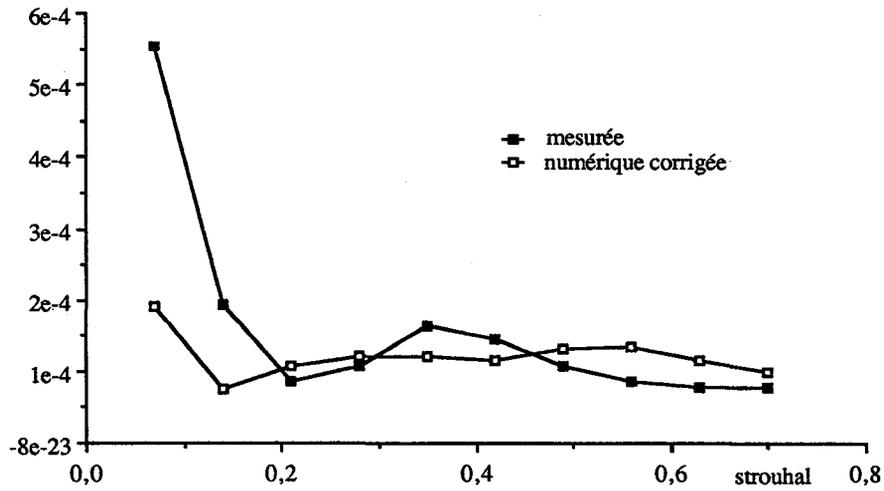


FIG4: PUISSANCE SPECTRALE (E = 55 mm)

