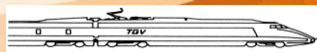




# Localisation de sources



SYNDICAT MIXTE D'AMÉNAGEMENT  
ET DE PROMOTION DE LA TECHNOPOLE DU MANS



[www.ctm-lemans.com](http://www.ctm-lemans.com)

20, rue Thalès de Milet - Technopole université - 72000 Le Mans - France - Tél. 33 (0)2 43 39 46 46 - Fax. 33 (0)2 43 39 46 47

# Introduction

## Objectifs:

- Mesure des champs acoustique et vibratoire
- Localisation des sources de bruit fluctuant ou non dans le temps
- Sources stationnaires ou instationnaires, sources mobiles ou fixes



moteur



joint de fenêtre



essuie-glace

## Méthodes:

- Intensimétrie acoustique
- Antennerie
  - Holographie acoustique
  - Formation de voies

# Méthode intensimétrique

**Intensité acoustique = puissance par unité de surface**

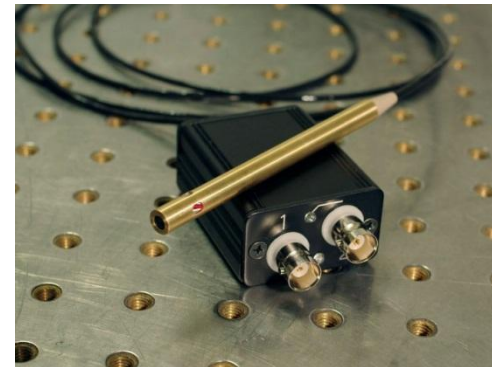
⇒ Grandeur vectorielle qui décrit le flux acoustique

Intensité instantanée :

$$\vec{I}_i = p \cdot \vec{v}_a$$

Intensité moyenne :

$$\vec{I}_{\text{moy}} = \frac{1}{T} \int \vec{I}_i dt$$

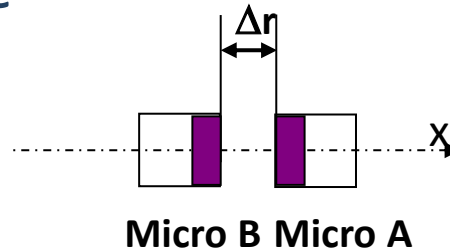


**Intérêts de la mesure d'intensité :**

- Mesure de puissance acoustique en milieux réverbérants (sur sites)
- Localisation de sources
- Mesure de transparence de structure

# Méthode intensimétrique

## Sonde intensimétrique



## Calcul de l'intensité acoustique

Intensité instantanée

$$\vec{I}_i = p \cdot \vec{v}_a$$

Pression moyenne :

$$p = \frac{p_A + p_B}{2}$$

Approximation par différences finies :

$$v_a = -\frac{1}{\rho} \int \frac{p_B - p_A}{\Delta r} dt$$

$$I = v_a p = -\frac{p_B + p_A}{2\rho\Delta r} \int (p_B - p_A) dt$$

# Méthode intensimétrique

## Exemple d'applications



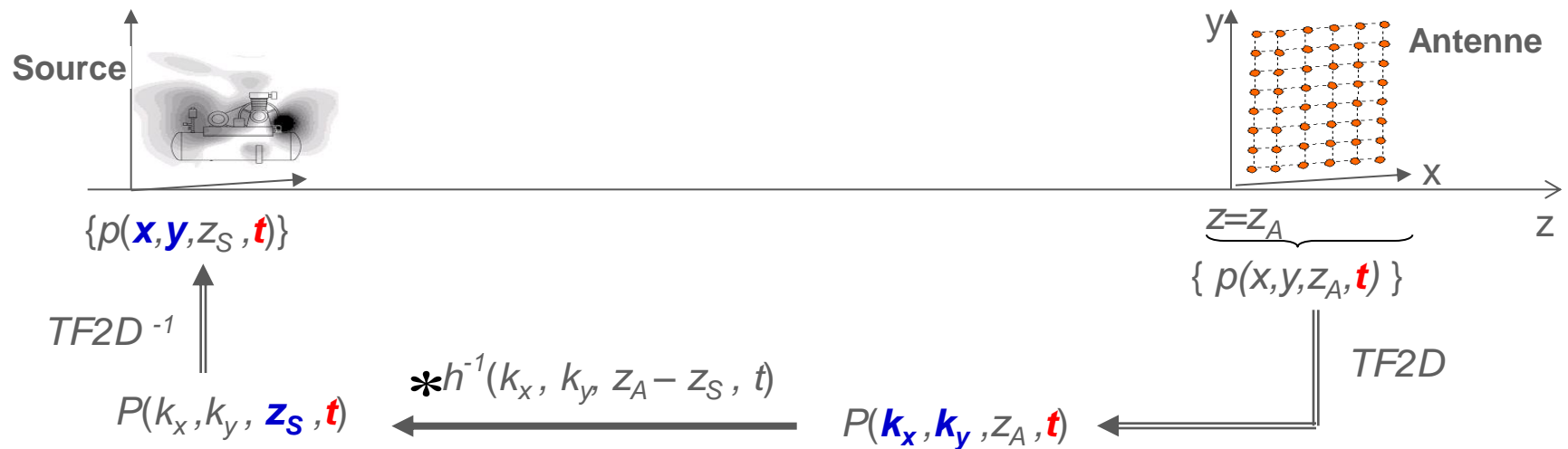
Mesure 3D avec balayage robot



# Holographie acoustique stationnaire et instationnaire

## Principe :

- Mesure champ proche (une dizaine de centimètres)
- Hypothèse : tout champ acoustique peut se représenter comme une infinité d'onde plane



⇒ Traitement direct du signal temporel dans le domaine des nombres d'ondes pour obtenir une **pression instantanée**

⇒ Reconstruction continue en temporel du signal de pression sur le plan source

# Holographie acoustique stationnaire et instationnaire

## Banc de mesure complet

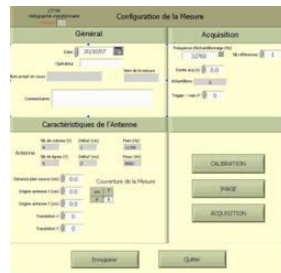
### Acquisition



Antenne  
(100 microphones)



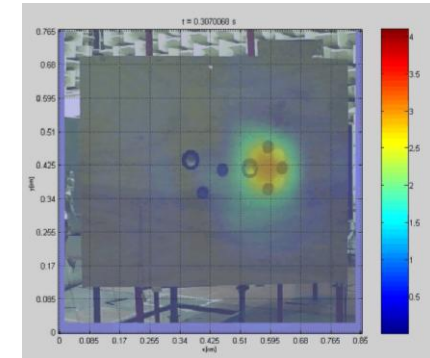
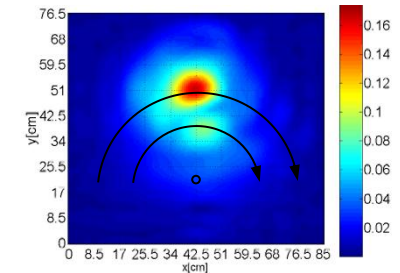
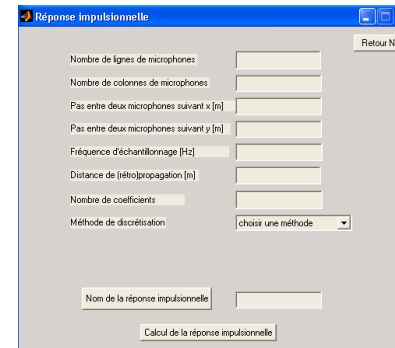
Frontal d'acquisition et conditionneurs  
(120 voies de mesures)



Logiciel d'acquisition (Labview)

- $\Delta x = 8.5\text{cm}$
- taille totale =  $76.5 \times 76.5\text{cm}$
- gamme de fréquences = [400-2000Hz]

### Post-traitement et visualisation

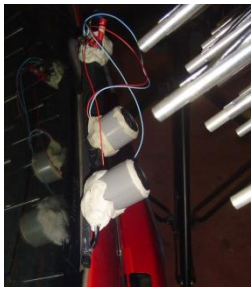


Logiciel de post-traitement et de visualisation  
(Matlab)

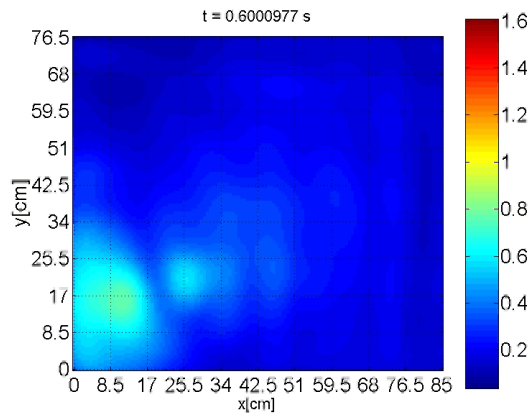
# Holographie acoustique stationnaire et instationnaire

## Exemples de résultats

### Cas de 2 sources en mouvement



- Excitation : bruit large bande filtré entre 400 et 2 kHz
- Mouvement : essuie glace arrière

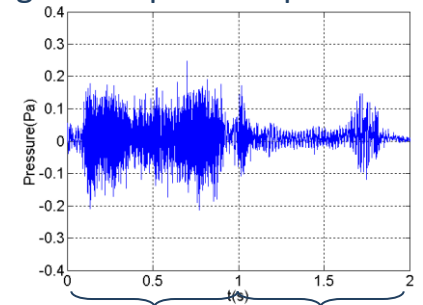


Plan source

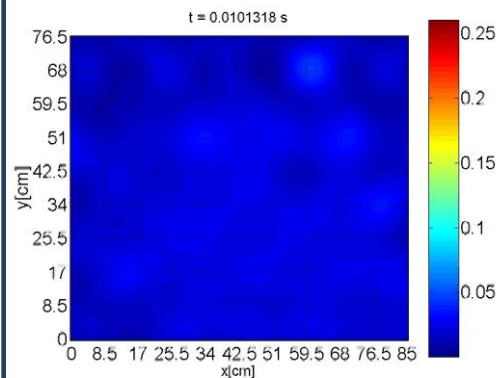
### Essuie glace arrière



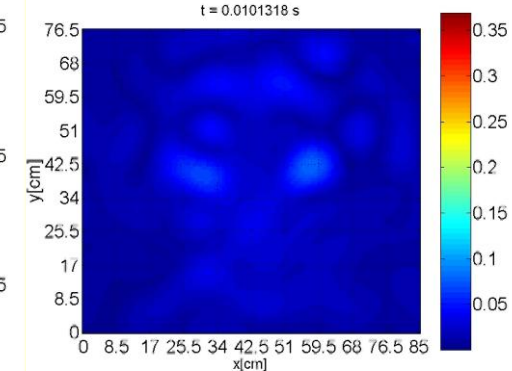
### Signal temporel de pression



aller retour



Plan antenne

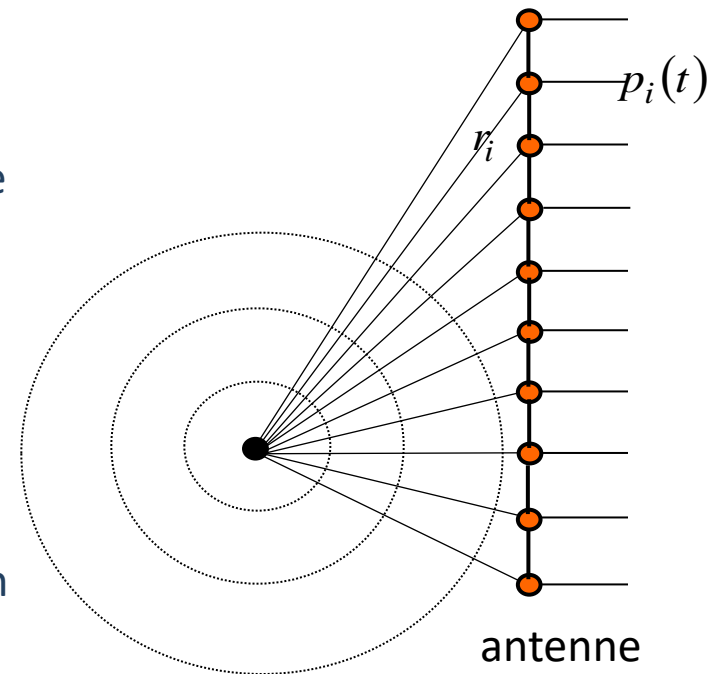


Plan source

# Formation de voies

## Principe :

- Principe du télescope acoustique (Billinsley & Kinns, 1976)
- Acquisition simultanée du signal sur une antenne de microphones
- Point de focalisation situé devant l'antenne (peut être à plusieurs mètres)
- Hypothèse : on suppose une source de type monopolaire au point de focalisation
- Le retard de phase entre un point source et un microphone est calculé en fonction des hypothèses de propagation



# Formation de voies

## Résumé simplifié du traitement :

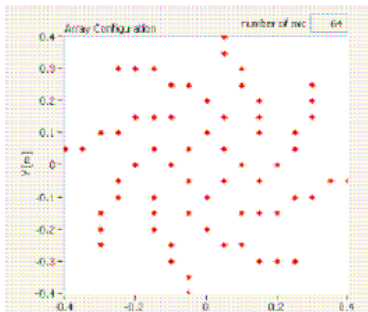
- Acquisition simultanée du signal sur l'antenne de microphones
- Pondération de chaque signal microphonique par une grandeur calculée en fonction du point de focalisation choisi (applique un retard de phase)
  - Modification de la réponse de l'antenne
- Addition des signaux pondérés
  - Valeur de la pression au point de focalisation
- Reconstruction d'une image acoustique point par point

# Formation de voies

## Banc de mesure complet

### Acquisition

#### Différentes géométries d'antenne



Antenne spirale  
(64 microphones)

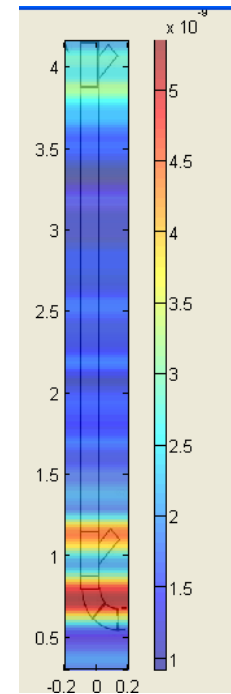
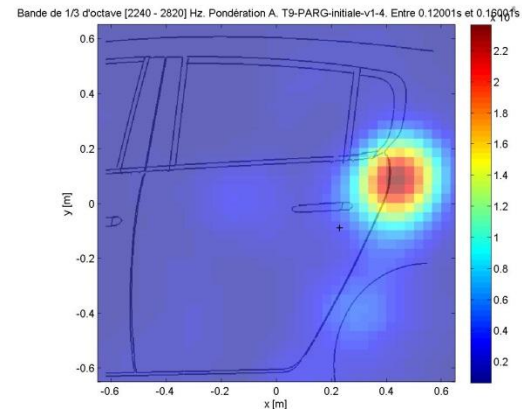
- taille : 76.5×76.5cm
- $f = [400-8000\text{Hz}]$



Antenne linéaire  
(16 microphones)

- taille : 3.5m
- $f = [800-8000\text{Hz}]$

### Post-traitement et visualisation



Logiciel de post-traitement et de visualisation  
(Matlab)

# Formation de voies

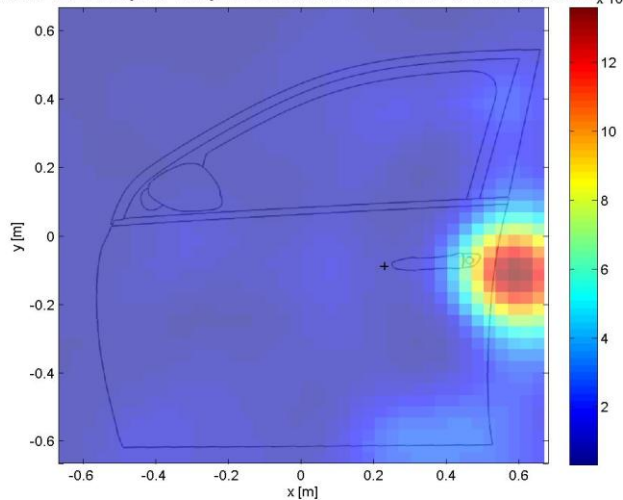
Exemple d'étude : projet bruit de manœuvre PSA



# Formation de voies

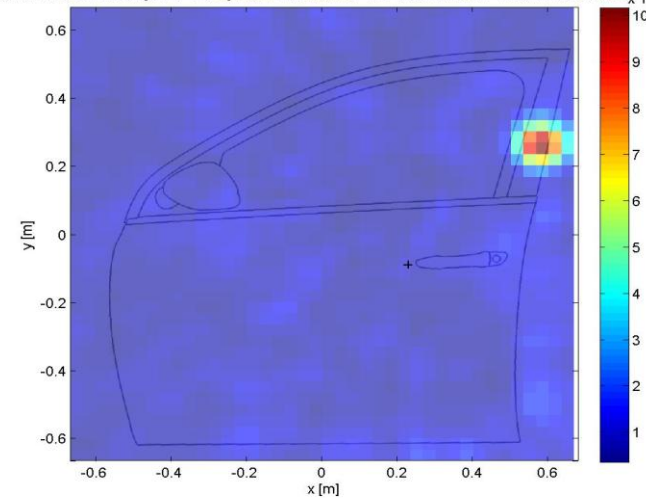
## Exemple d'étude : projet bruit de manœuvre PSA

Bande de 1/3 d'octave [2240 - 2820] Hz. Pondération A. T9-PAVG-conf6-v1-1. Entre 0.1s et 0.14s  $\times 10^{-6}$



$f = 2500$  Hz

Bande de 1/3 d'octave [5620 - 7080] Hz. Pondération A. T9-PAVG-conf6-v1-1. Entre 0.1s et 0.14s  $\times 10^{-7}$



$f = 6300$  Hz

- ⇒ Localisation des sources de bruit par bande de fréquence
- ⇒ Résolution spatiale augmente avec la fréquence

# Résumé : 3 méthodes complémentaires

## Méthode intensimétrique :

- Facilité de mise en œuvre (1 capteur)
- Temps de mesure important pour cartographie (point par point)
- Précision de la localisation dépend de la proximité du capteur par rapport à la source

## Holographie acoustique stationnaire et instationnaire :

- Besoin d'un grand nombre de microphones
- Temps de mesure réduit (mesure en une seule passe)
- Mesures champ proche
- Identification des sources instationnaires
- Limitations en fréquences liées à la forme de l'antenne

## Formation de voies :

- Besoin d'un grand nombre de microphones
- Temps de mesure réduit (mesure en une seule passe)
- Mesures champ lointain
- Résolution spatiale augmente avec la fréquence
- Limitations en fréquences liées à la forme de l'antenne