

# LES PLÉNIÈRES 2007 DU LCPC

Sciences et techniques  
du **Génie Civil**

## JOURNÉES ACOUSTIQUE

BORDEAUX - 31 MAI ET 1<sup>ER</sup> JUIN 2007

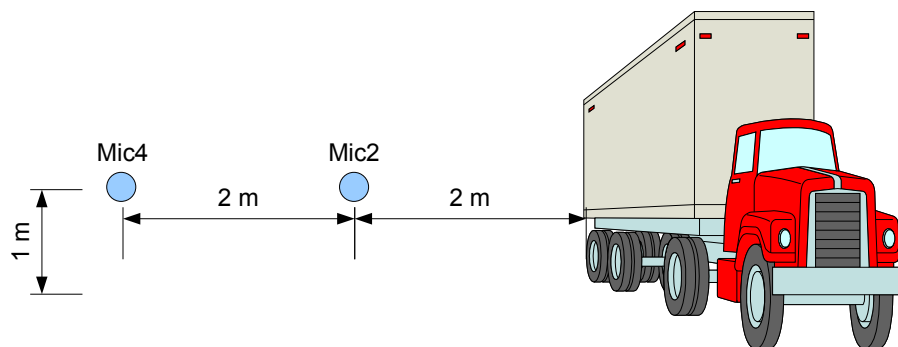
# Modélisation des véhicules étendus - Localisation de plusieurs sources à base de cepstre

Christophe AYRAULT, LAUM  
Guillaume DUTILLEUX, LRS  
Francis GOLAY, LRS  
Laurent SIMON, LAUM

# PLAN

- Introduction
- I - Préliminaires
- II - Présentation de la méthode des cepstres
- III - Mesures de validation
- IV - Limites actuelles de la méthode
- Conclusion

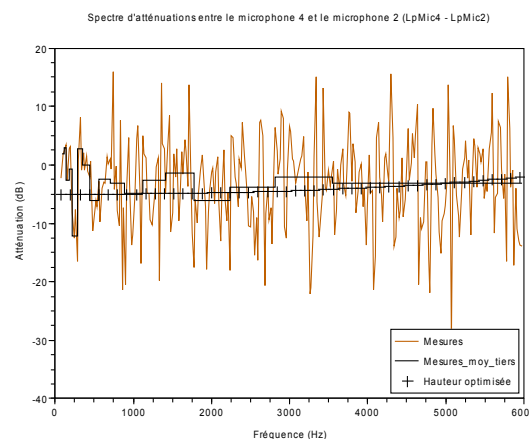
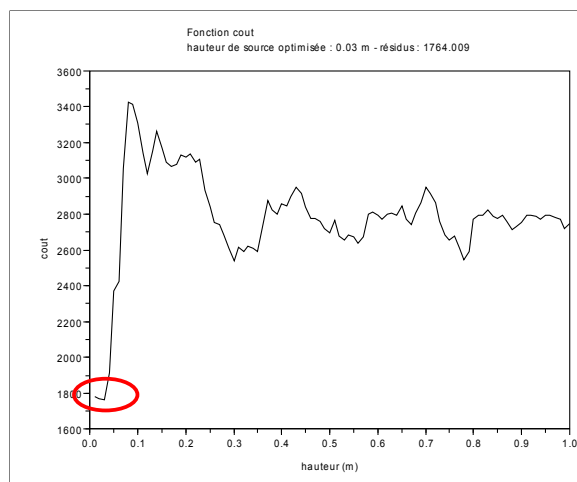
# Calcul de hauteur de source, D. Gaulin, 2000



## CONFIGURATION DE MESURAGE

Deux microphones

Optimisation calcul/mesure à partir du  
spectre d'atténuation



## RESULTATS TYPES

Fonction coût

Comparaison modèle/  
mesure

# CAS DES VEHICULES ETENDUS

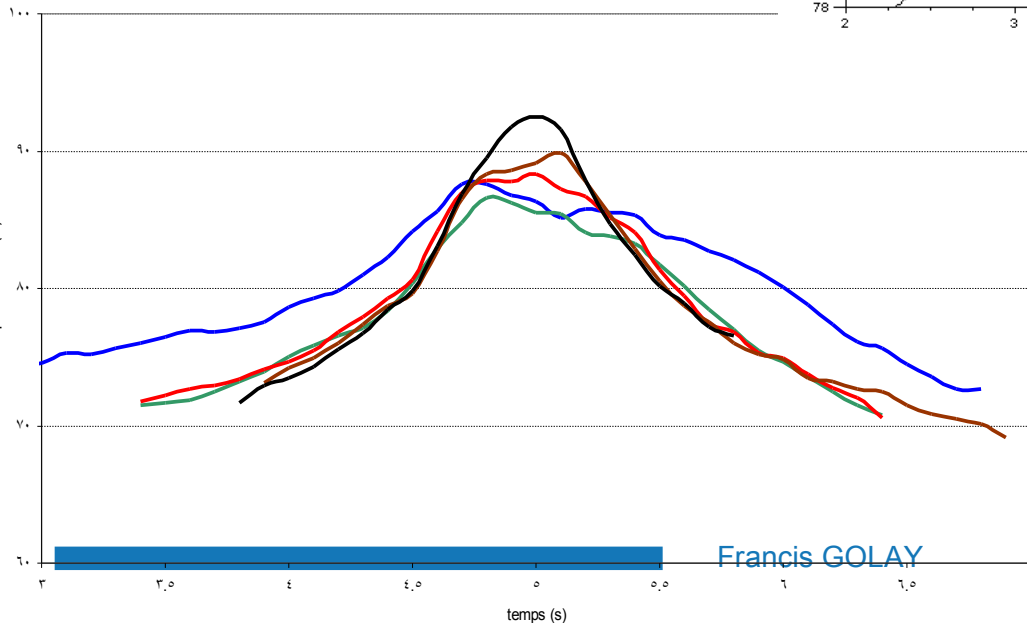
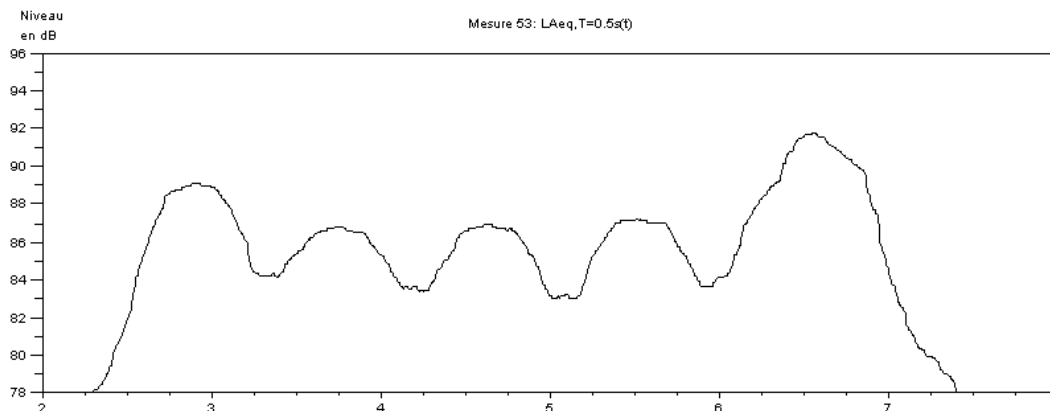
## • Modélisation par une seule source équivalente insuffisante ?

$L_{Aeq,500ms}$  pour un tramway

V=40 km/h

Plusieurs sources à la même hauteur

comparaison vitesse site champ libre (mercedes)



$L_{Aeq,100ms}$  pour un camion-benne

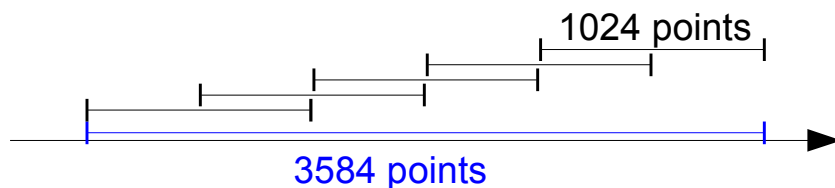
20 km/h < v < 90 km/h

N sources de natures différentes et de hauteurs différentes

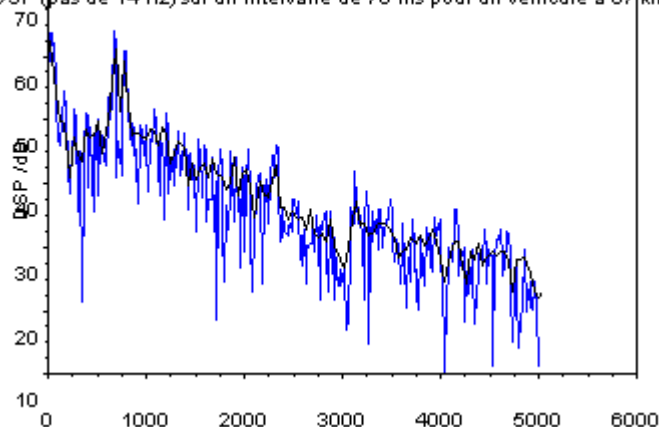
# PRELIMINAIRES

## • Périodogramme moyenné : une nécessité

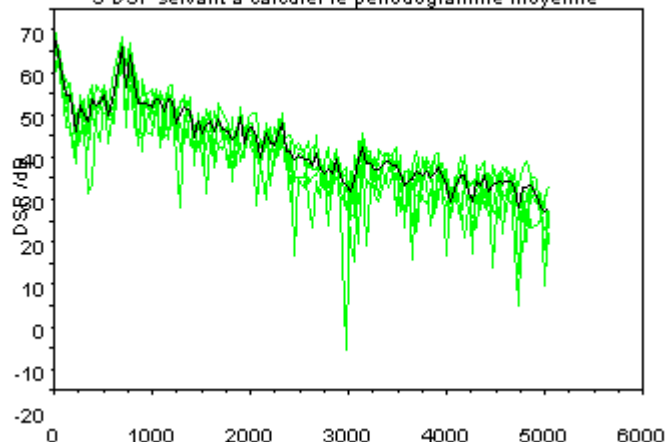
$$\hat{S}_{xx}(m) = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} |X_i(m)|^2}{L \sum_m |F(m)|^2}$$



Comparaison entre périodogramme moyenné (pas 43 Hz) et DSP (pas de 14 Hz) sur un intervalle de 70 ms pour un véhicule à 87 km/h



5 DSP servant à calculer le périodogramme moyenné



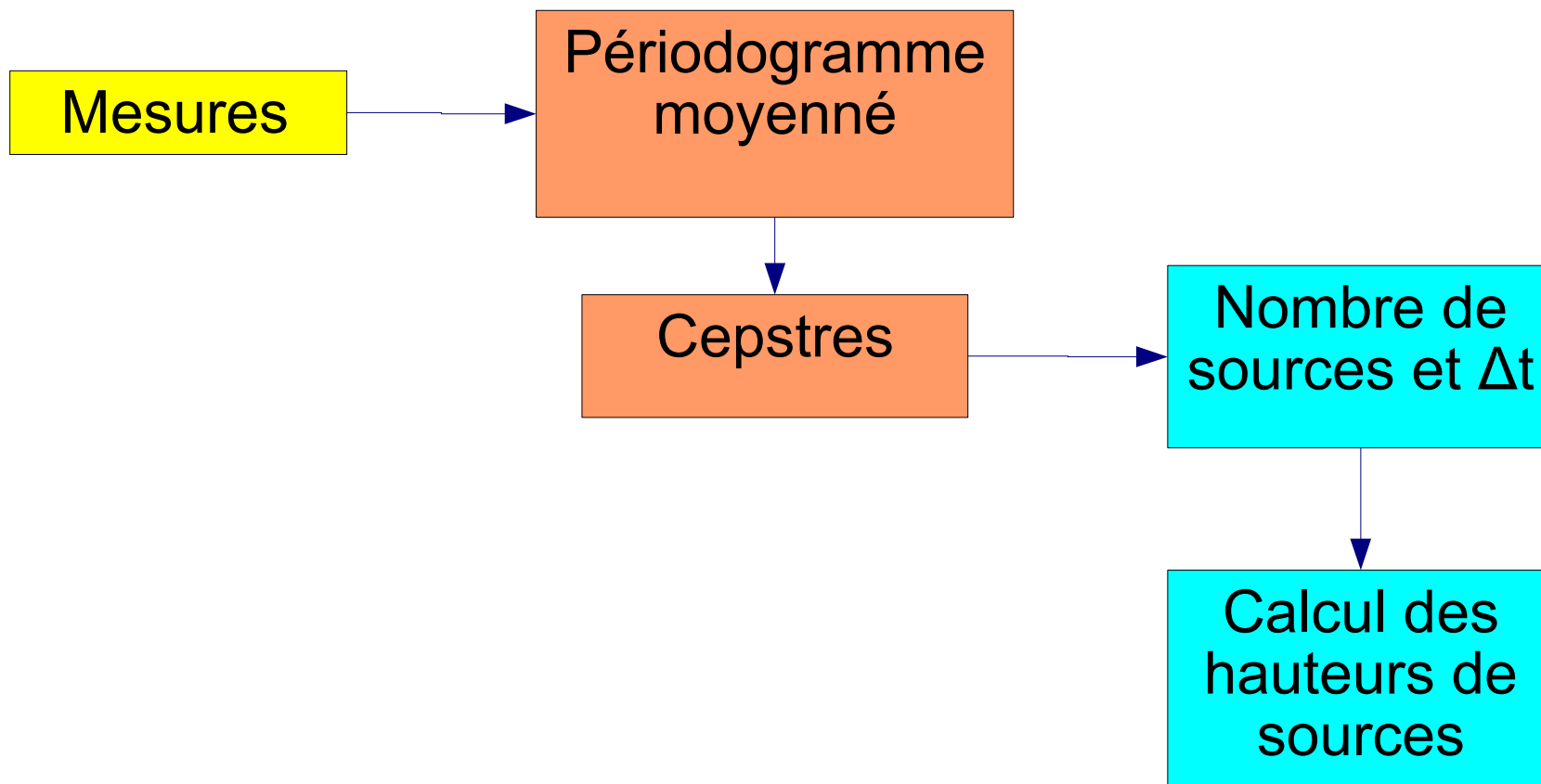
## • Définition des cepstres

$$CEP_{xx}(\tau) = TF^{-1}(\log_{10}(S_{xx}(f)))$$

## • Utilisation

- Permet de révéler des structures fréquentielles périodiques
- On obtient alors des diracs dans le domaine fréquentiel

# PRINCIPE DE LA METHODE DES CEPSTRES



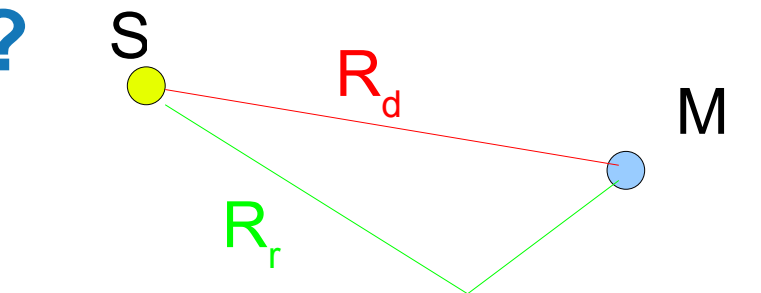


# MODELE

- **Principales caractéristiques du modèle**
  - Réflexions au sol parfaitement spéculaires
  - Récepteurs placés en champ lointain (ondes planes)
  - Approche interférentielle
  - Nécessité d'un bruit large-bande (sans raies)
  - Pas de nombre de sources a priori
- **Méthode en cours de développement**
  - Sources fixes
  - Modèle de sol simplifié
  - Un seul microphone

## COMMENT CA MARCHE ?

$$p_M(t) = \frac{p_S(t-t_d)}{4\pi R_d} + \frac{p_S(t-t_r)}{4\pi R_r}$$



$$S_{p_M p_M}(F) = \left( \frac{1}{(4\pi R_d)^2} + \frac{1}{(4\pi R_r)^2} + \frac{2 \cos(2\pi F \Delta t)}{(4\pi R_d)(4\pi R_r)} \right) S_{p_S p_S}(F)$$

Minimum pour :

$$2\pi F \Delta t = \pi \quad \left[ \frac{2\pi}{\Delta t} \right]$$

$$\text{Soit } F = \frac{1}{2\Delta t} \quad \left[ \frac{1}{\Delta t} \right]$$

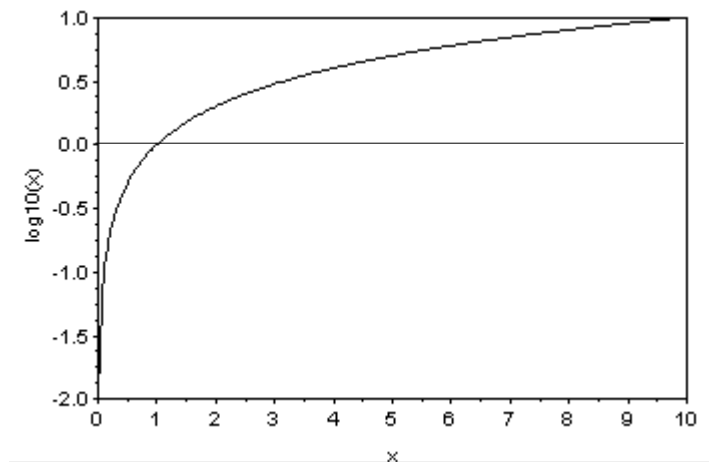
$$CEP_{xx}(\tau) = TF^{-1}(\underbrace{\log_{10}(S_{xx}(f))}_{\text{Spectrogram}})$$

Coefficients négatifs et très importants pour les fréquences où se produisent les interférences

$$CEP_x(\tau) \approx - \sum_{F=-k}^k A_F e^{i\pi \frac{2k+1}{\Delta t} \tau}$$

Pour  $\tau = \Delta t$ :

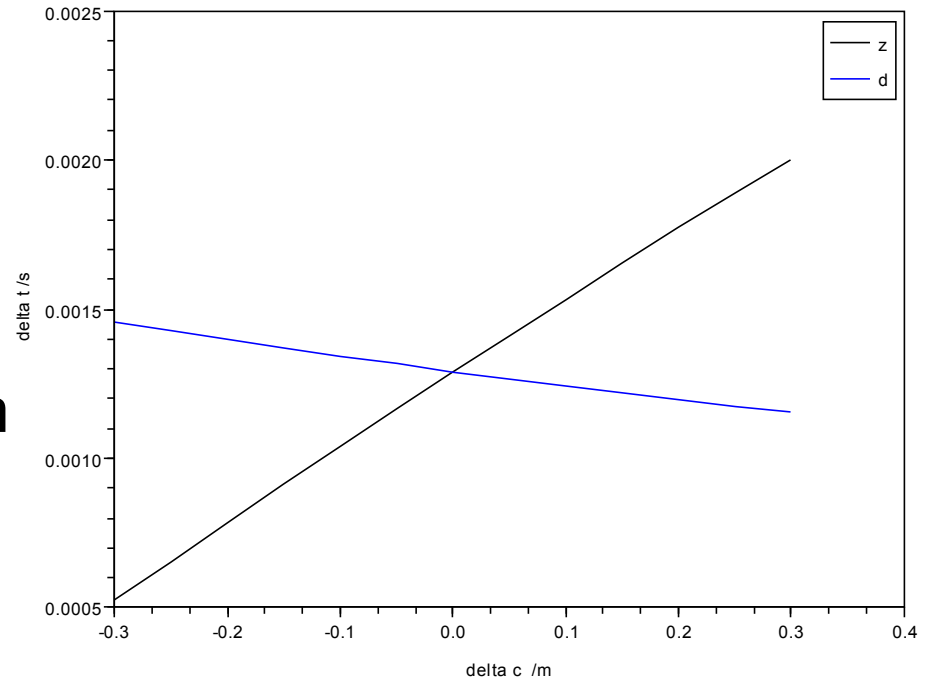
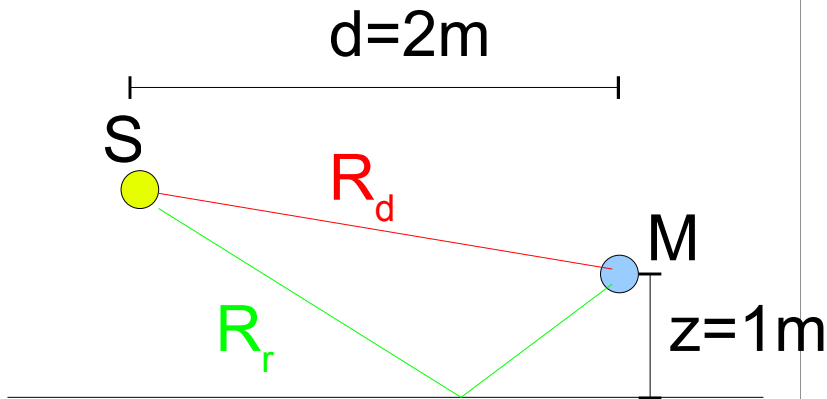
$$CEP_x(\tau) \approx \sum_{F=-k}^k A_F$$



# MESURE DE LA HAUTEUR DE SOURCE UNIQUEMENT ?

$$\Delta t = \frac{1}{c} \left( \sqrt{d^2 + (z_S + z_M)^2} - \sqrt{d^2 + (z_S - z_M)^2} \right)$$

## SENSIBILITE DE $\Delta t$ EN FONCTION DE $z$ ET DE $d$



# CONFIGURATIONS DE MESURAGES

## SOURCES PONCTUELLES

4 haut-parleurs (12.5, 23.5, 34.5 et 45.5 cm)  
Bruit blanc



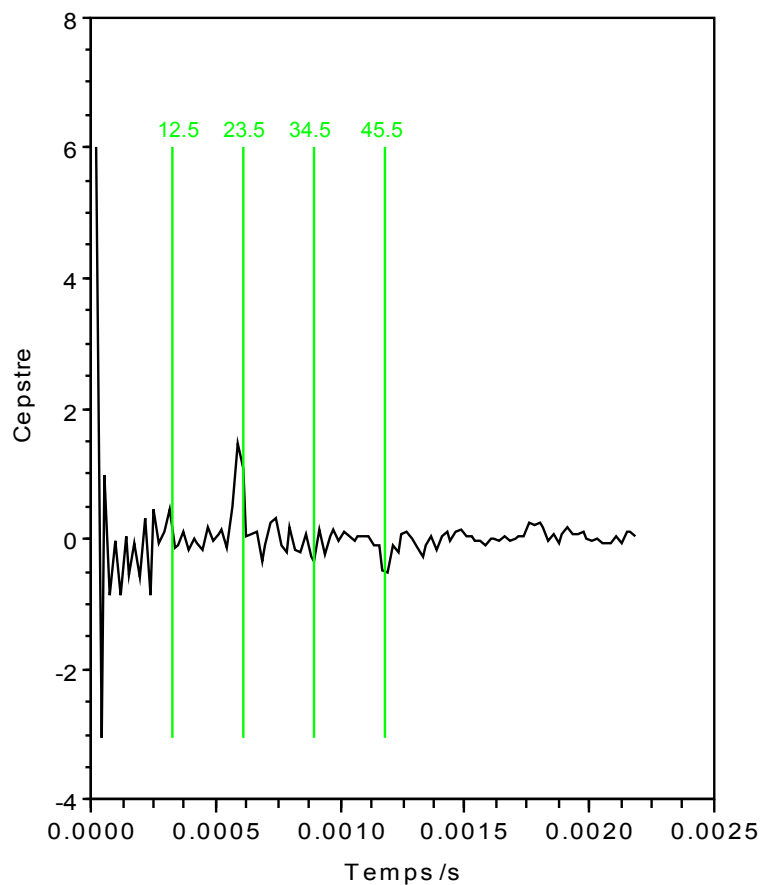
## SOURCE ROUTIERE

Moteur 4000 tours/mn  
Capot ouvert ou fermé

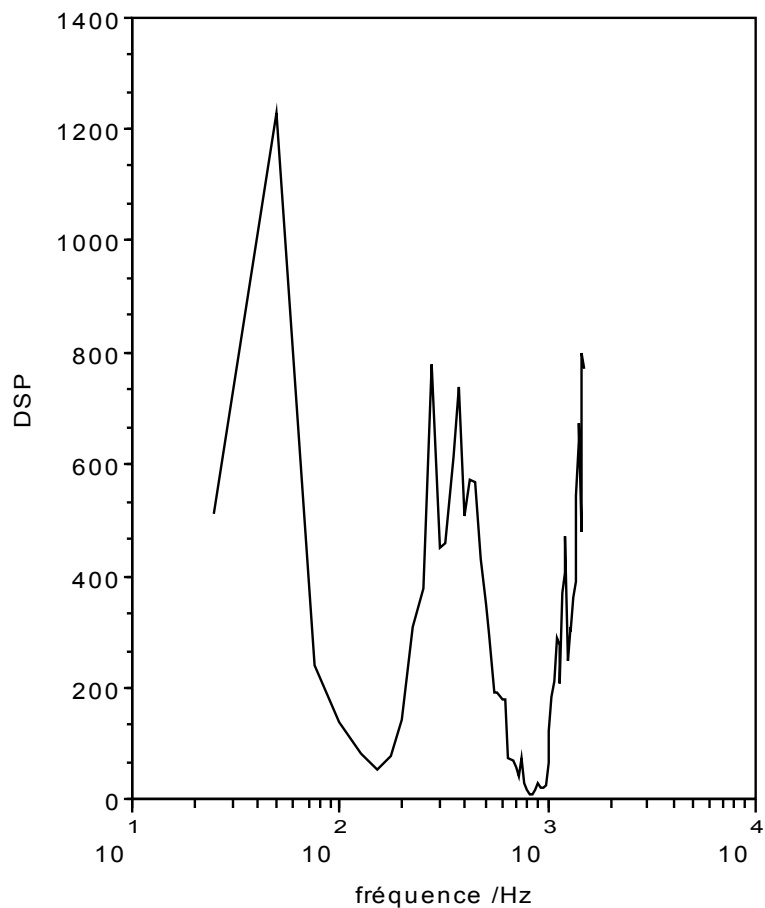


# RESULTATS AVEC DES SOURCES PONCTUELLES

VS2\_1.mat : cepstre du microphone 1  
h1=0.23 cm

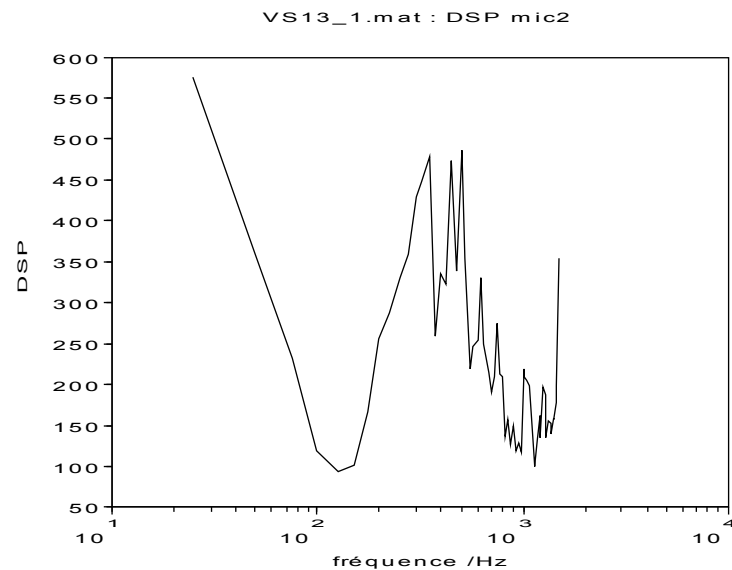
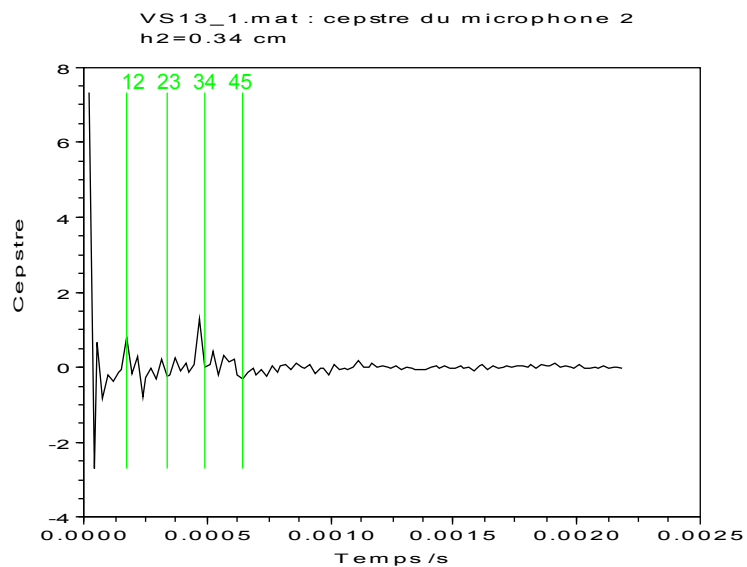
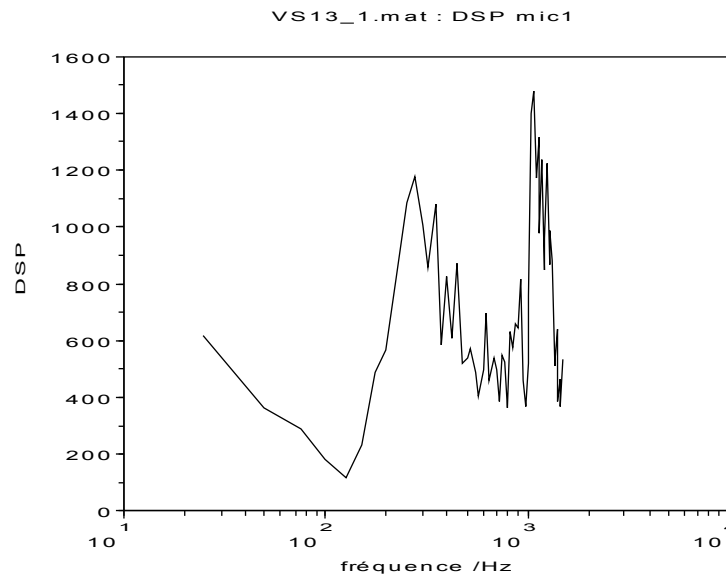
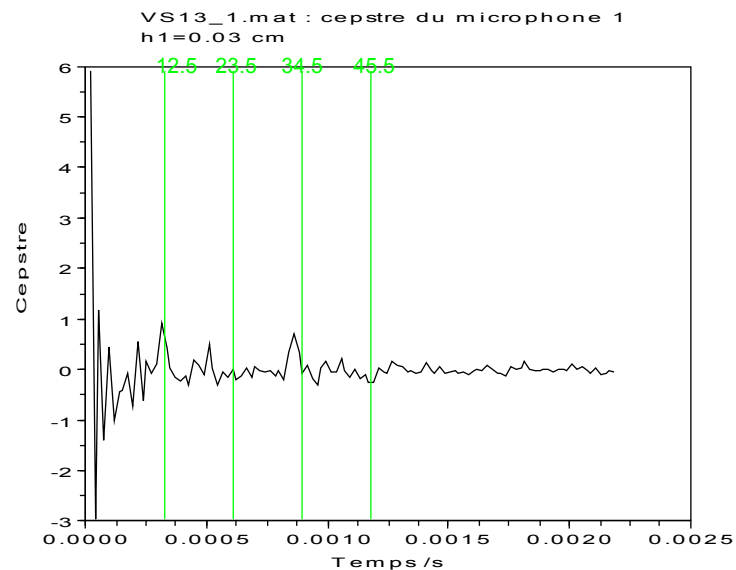


VS2\_1.mat : DSP mic1



# Méthode des cepstres

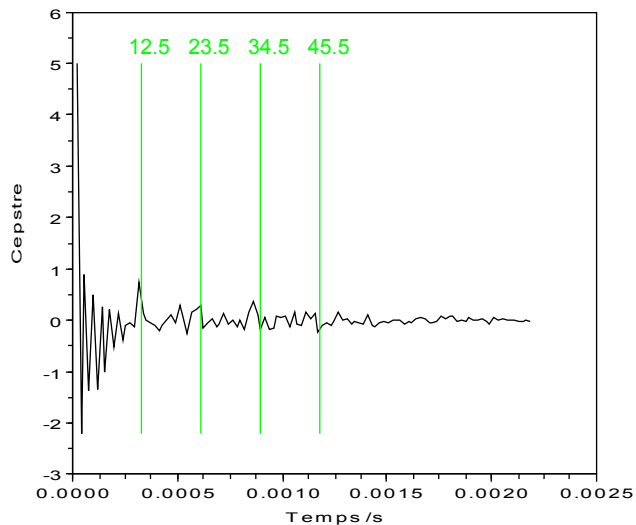
## IV – Mesures de validation



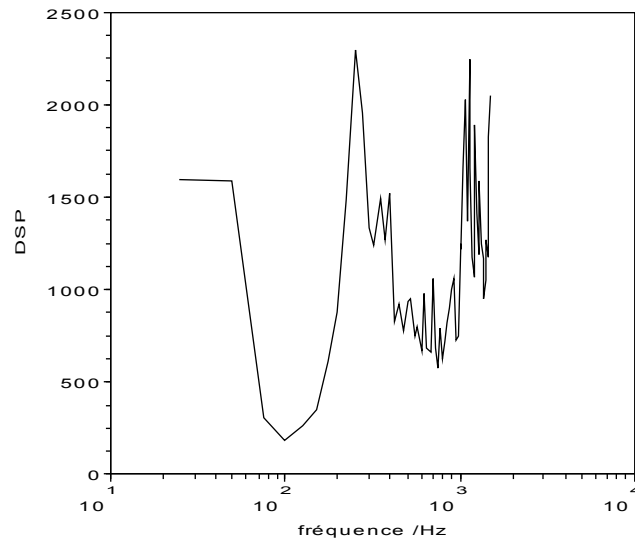
# Méthode des cepstres

## IV – Mesures de validation

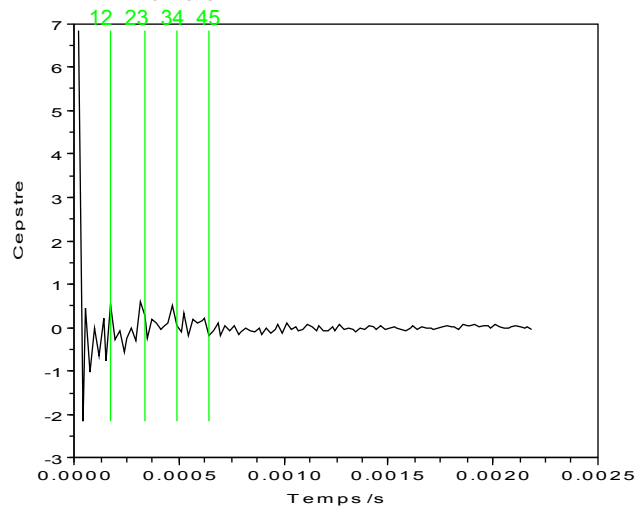
VS1234\_1.mat : cepstre du microphone 1  
h1=0.03 cm



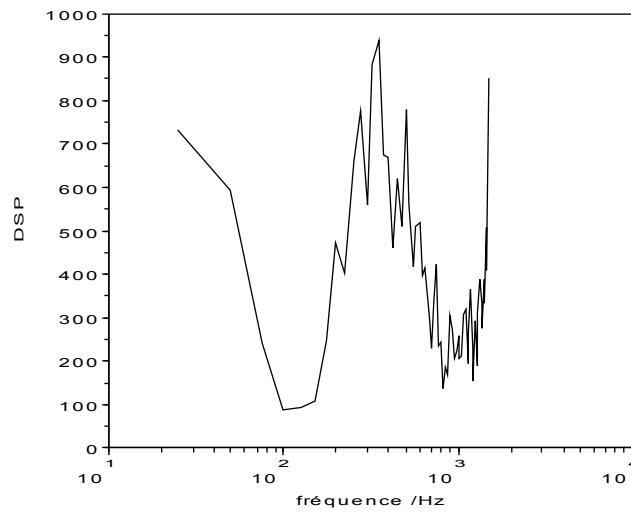
VS1234\_1.mat : DSP mic1



VS1234\_1.mat : cepstre du microphone 2  
h2=0.23 cm



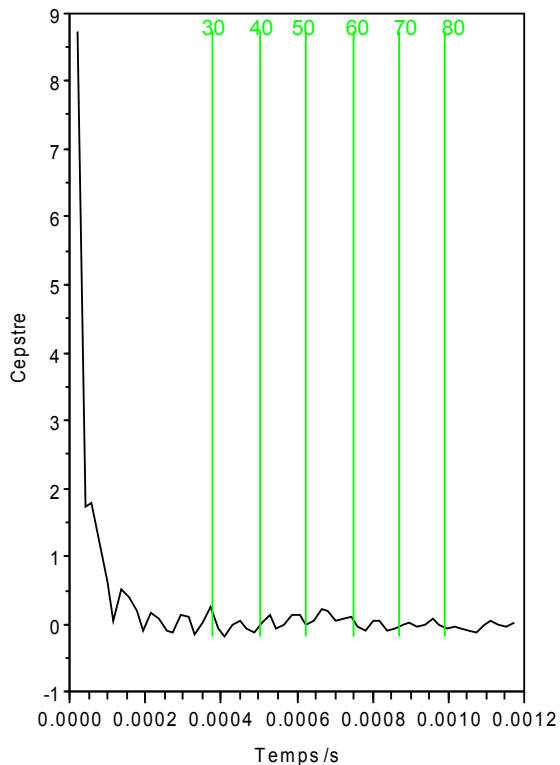
VS1234\_1.mat : DSP mic2



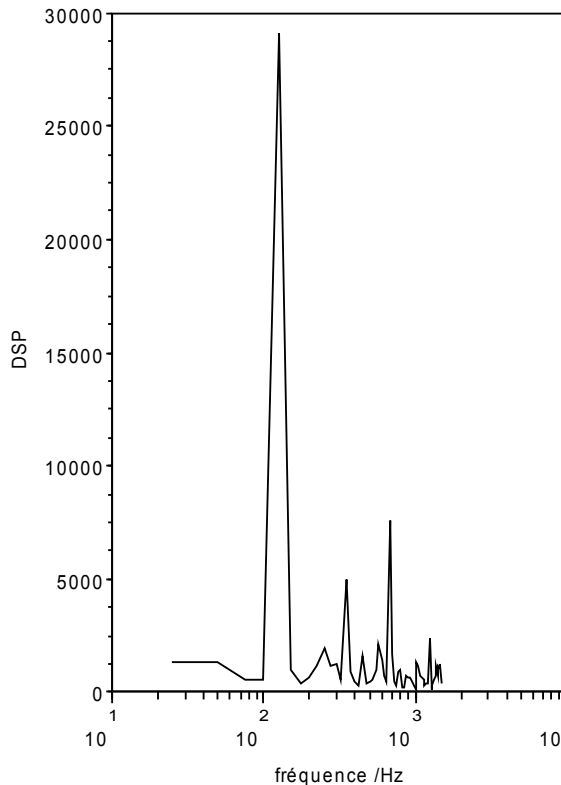


# RESULTATS SUR UNE SOURCE ROUTIERE

Jumpy4000\_1.mat : cepstre du microphone 2  
h2=0.05 cm



Jumpy4000\_1.mat : DSP mic2



## Les limites de cette méthode ?

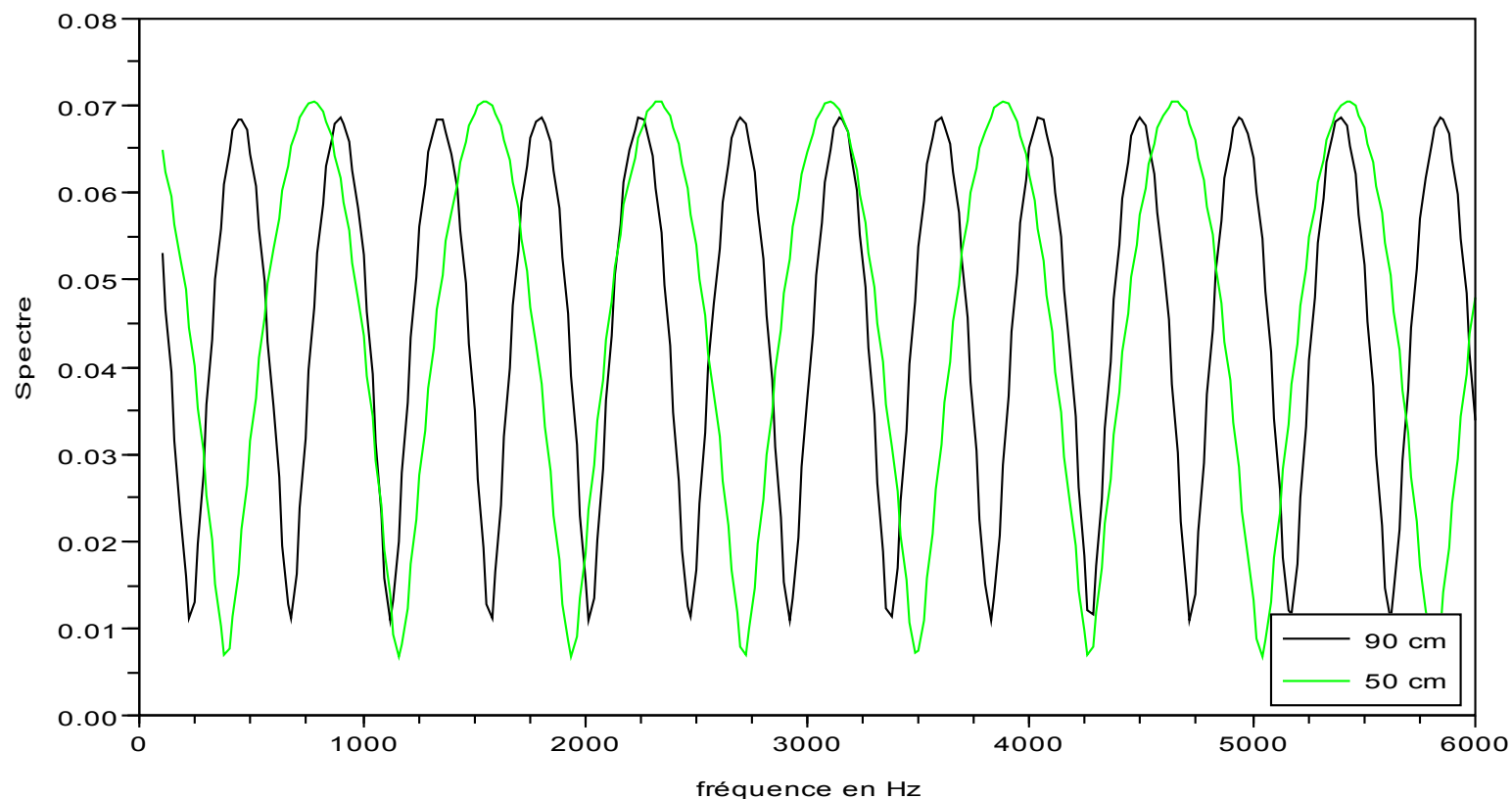
- large-bande (+ bruit blanc ?)



- sources ponctuelles (omnidirectionnelles)
- sources fixes

# PARTICULARITE DES SOURCES EQUIVA- LENTES

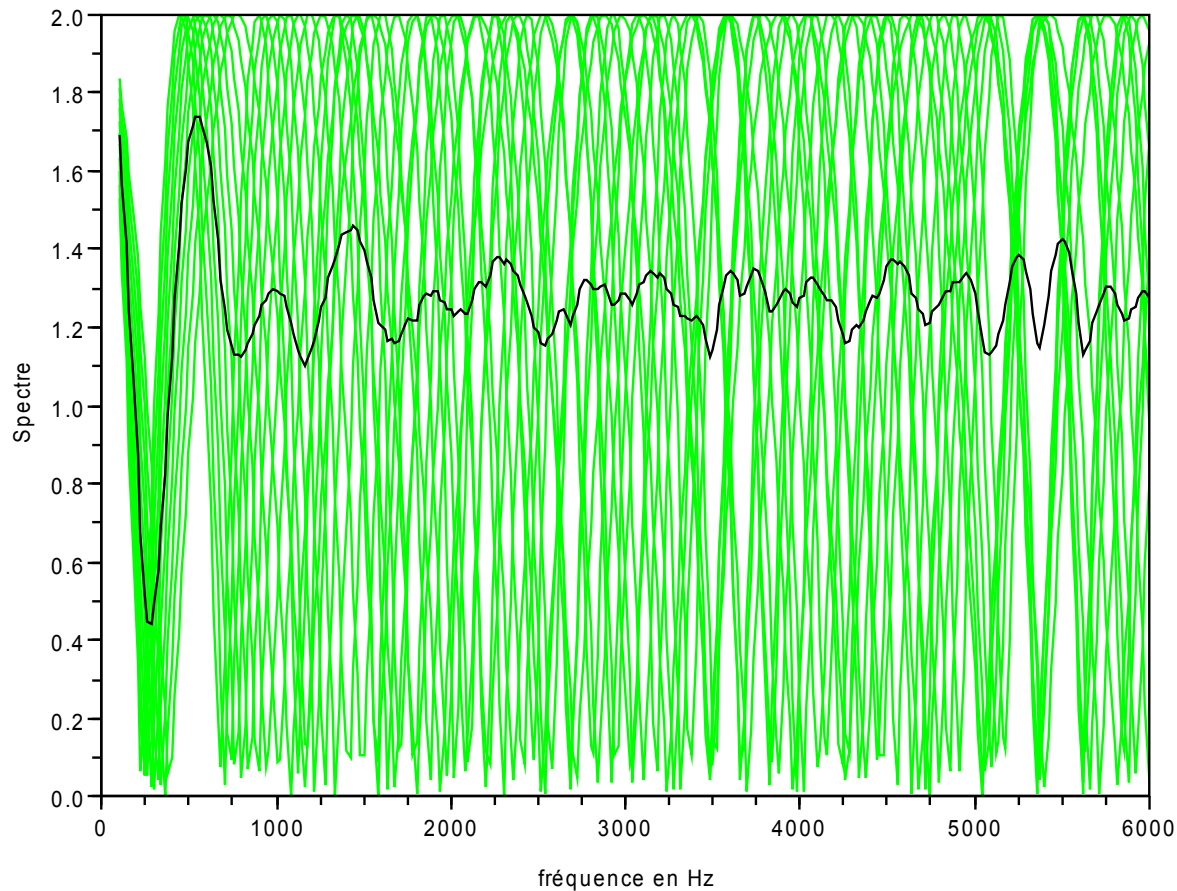
Spectre obtenu au microphone récepteur



# Méthode des cepstres

## IV – Limites actuelles de la méthode

Spectre obtenu au microphone récepteur pour une dizaine de sources réparties régulièrement entre 0.5 et 0.9 m



# METHODE DES CEPSTRES

- Premiers résultats intéressants
  - Pas de nombre de sources a priori
  - Détermination des hauteurs
  - Besoin d'un nombre limité de microphones
- Méthode à affiner
  - Utilisation de plusieurs microphones (moyennage)
  - Spécificités des sources routières à prendre en compte
  - Sources mobiles