

# Maquette logiciel d'un système de mesure d'impédance

*PLUME: Prévoir Le brUit en Milieu Extérieur*

*P. Glé, D. Ecotièrre, G. Dutilleux*



Centre d'Études techniques de l'Équipement de l'Est  
PCI Acoustique & Vibrations

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

Ressources, territoires et habitats  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir

- ▶ Problématiques rencontrées en milieu extérieur
  - ▶ Prédiction en milieu extérieur? Forêts, cultures, montagnes,...
  - ▶ Effet de la végétation? Utilisation possible comme protection antibruit?
  - ▶ Incertitudes liées au milieu extérieur (effets météos, géométrie variable, ...)?

- ▶ **PLUME: Prévoir Le brUit en Milieu Extérieur**
  - ▶ 19 organismes partenaires
  - ▶ 3 axes de travail à différentes échelles
- ▶ Produits visés
  - ▶ Bases de données
  - ▶ Modèles numériques
  - ▶ Guides et recommandations techniques
  - ▶ Techniques et méthodes expérimentales

↔ Méthode de mesure de l'impédance acoustique d'un sol

- ▶ **PLUME: Prévoir Le brUit en Milieu Extérieur**
  - ▶ 19 organismes partenaires
  - ▶ 3 axes de travail à différentes échelles
- ▶ **Produits visés**
  - ▶ Bases de données
  - ▶ Modèles numériques
  - ▶ Guides et recommandations techniques
  - ▶ Techniques et méthodes expérimentales

↔ Méthode de mesure de l'impédance acoustique d'un sol

- ▶ **PLUME: Prévoir Le brUit en Milieu Extérieur**
  - ▶ 19 organismes partenaires
  - ▶ 3 axes de travail à différentes échelles
- ▶ **Produits visés**
  - ▶ Bases de données
  - ▶ Modèles numériques
  - ▶ Guides et recommandations techniques
  - ▶ Techniques et méthodes expérimentales

↪ Méthode de mesure de l'impédance acoustique d'un sol

# Plan de l'exposé

---

## Présentation du système

- Principe de fonctionnement

- Matériel requis

- Avancement du prototype

## Premiers résultats

- Caractéristiques de la carte son

- Caractérisation de sols

## Perspectives de travail

- Implémentation

- Validation



# Plan de l'exposé

---

## Présentation du système

Principe de fonctionnement

Matériel requis

Avancement du prototype

## Premiers résultats

Caractéristiques de la carte son

Caractérisation de sols

## Perspectives de travail

Implémentation

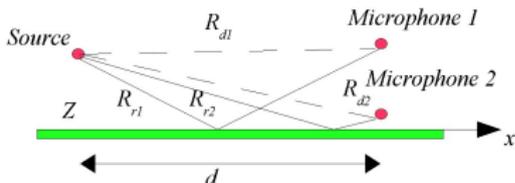
Validation



# Présentation de la méthode

## Hypothèses

- ▶ Source ponctuelle
- ▶ Sol plan
- ▶ Sol homogène



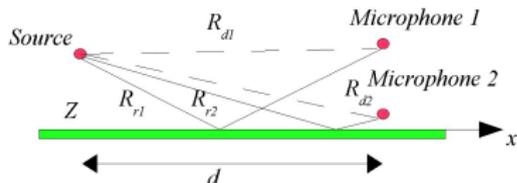
## Modèles

- ▶ Modèle de propagation
  - ▶ **Sol homogène:** [Rudnick, 1947]
  - ▶ Discontinuité d'impédance: [Rasmussen, 1982]
- ▶ Modèle de matériau
  - ▶ **Sols herbeux:** [Delany et Bazley, 1970] , [Miki, 1990]
  - ▶ Revêtements routiers: [Hamet et Bérenghier, 1993]
  - ▶ Matériaux poreux  $\forall$ : [Johnson et al., 1987] , [Lafarge et al., 1997]

# Présentation de la méthode

## Hypothèses

- ▶ Source ponctuelle
- ▶ Sol plan
- ▶ Sol homogène



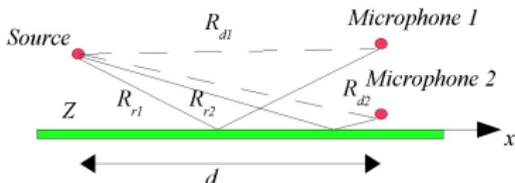
## Modèles

- ▶ Modèle de propagation
  - ▶ **Sol homogène:** [Rudnick, 1947]
  - ▶ Discontinuité d'impédance: [Rasmussen, 1982]
- ▶ Modèle de matériau
  - ▶ **Sols herbeux:** [Delany et Bazley, 1970] , [Miki, 1990]
  - ▶ Revêtements routiers: [Hamet et Bérengier, 1993]
  - ▶ Matériaux poreux  $\forall$ : [Johnson et al., 1987] , [Lafarge et al., 1997]

# Présentation de la méthode

## Hypothèses

- ▶ Source ponctuelle
- ▶ Sol plan
- ▶ Sol homogène

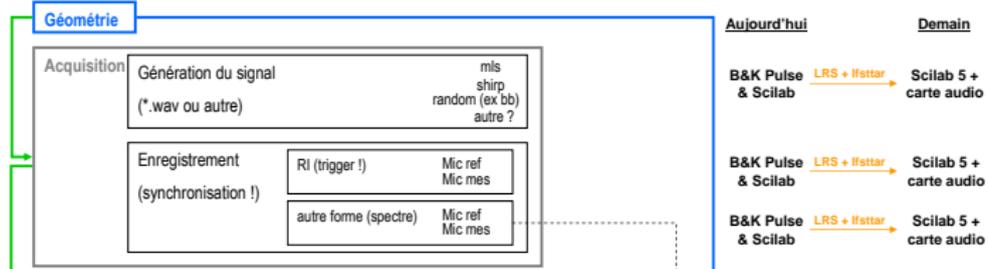


## Modèles

- ▶ Modèle de propagation
  - ▶ **Sol homogène:** [Rudnick, 1947]
  - ▶ Discontinuité d'impédance: [Rasmussen, 1982]
- ▶ Modèle de matériau
  - ▶ **Sols herbeux:** [Delany et Bazley, 1970] , [Miki, 1990]
  - ▶ Revêtements routiers: [Hamet et Bérengier, 1993]
  - ▶ Matériaux poreux  $\forall$ : [Johnson et al., 1987] , [Lafarge et al., 1997]

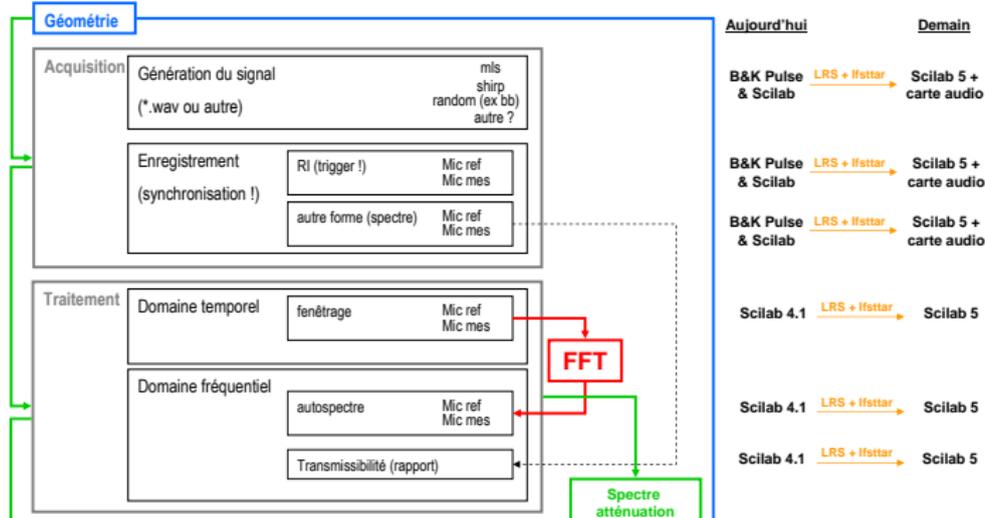
# Organigramme du système envisagé

[Gauvreau & GT Impédance,2012]



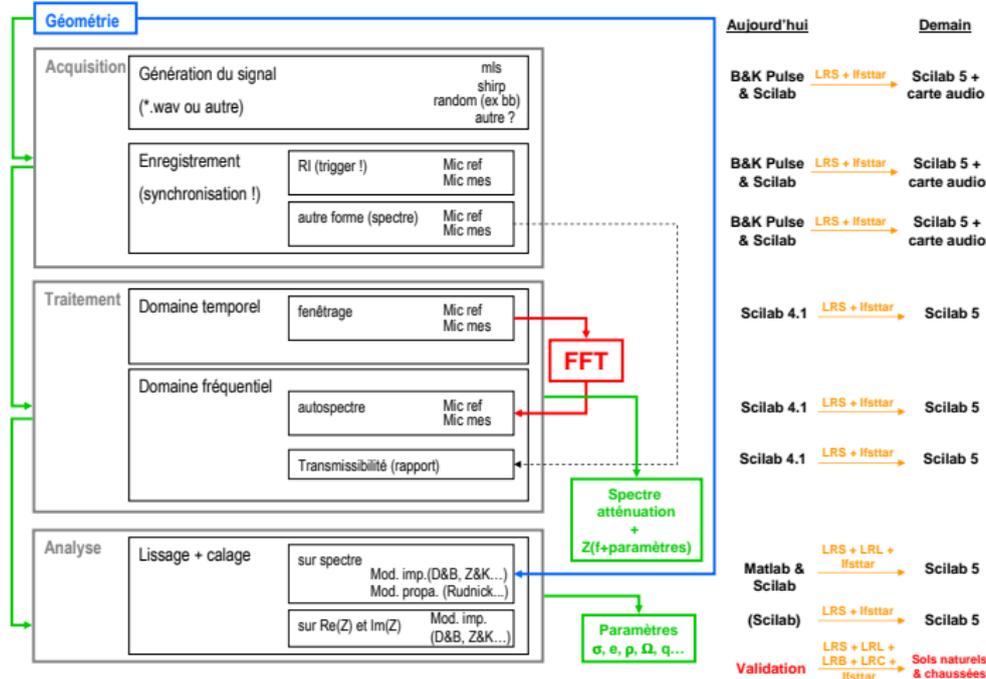
# Organigramme du système envisagé

[Gauvreau & GT Impédance,2012]



# Organigramme du système envisagé

[Gauvreau & GT Impédance,2012]



# Matériel requis

## Ordinateur

*Portable + Scilab*



## Carte son

*TRITON 2 voies*



## Ampli source

*Pioneer 300 W*



## Source

*Haut parleur*



## Conditionneur

*B&K Nexus Type 2693*



## Micros

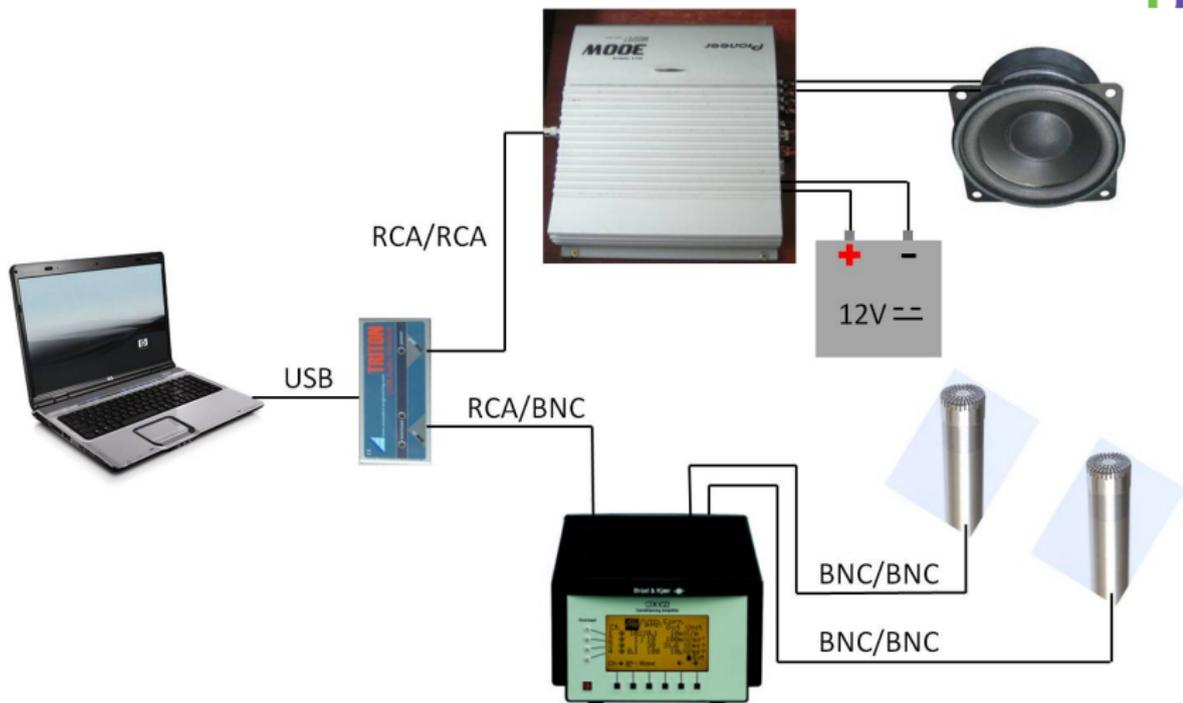
*Prepolarized B&K 1/2" Type 4189*



## Connectique + Alim. 12V



# Montage électrique



# Etat d'avancement du prototype

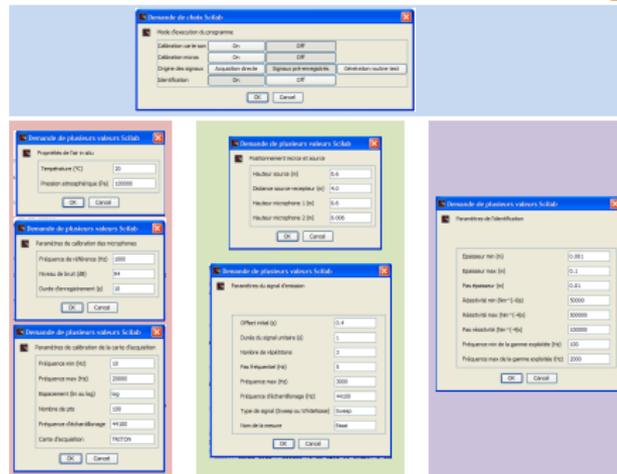
- ▶ Codage → Scilab-5.4.1
- ▶ Interfacage basique
- ▶ Dialogue "inter-blocs"

```

proto_FLUME.sce
1 // Executable pour la mesure d'impédance in situ, projet-FLUME
2
3
4 clear
5 clic
6 //mode(-1)
7
8 //----- Répertoire de travail -----
9 path = 'C:\FLUME\proto_FLUME\';
10 chdir(path);
11
12 //----- Chargement des fonctions et des paramètres de la mesure -----
13 exec('input_par_mesure.sce',-1);
14
15 //----- Initialisation de la carte -----
16 if (calibration_card | calibration_micro | wav_origin == 'direct') then
17     card_init(path,sound_card);
18 end
19
20 //----- Calibration de la carte -----
21 if calibration_card then
22     card_calibration(fmin_cal,fmax_cal,space_cal,nb_pts_cal,Fe_cal,path,sound_card);
23 end
24
25 //----- Calibration des micros -----
26 if calibration_micro then
27     micro_calibration(f_cal,t_cal,t_cal,path);
28 end
29
30 //----- Acquisition des signaux -----
31 select wav_origin
32 case 'direct'
33     // Procédure de mesure directe
34     ([f_p_1_p_2,wav_file] = record_wav(path,T_offset,Tf,dz,fmax,Fe,signal_n_rep,nom_mesure); // Generation du sign
35     si d'acquisition - émission et acquisition brute
36     save([path'\wav'\wav_file+'.comf'],sound_card,T_offset,Tf,dz,fmax,Fe,signal_n_rep,hz1,dz,hz2,dz,hz2,T0,
37     p0); // Enregistrement des paramètres d'entrée
38 case 'recorded'
39     // Procédure post mesure
40     wav_files = findfiles('wav', '*.wav');
41     wav_file = wav_files(x_choose(wav_files,["Quel fichier voulez vous exploiter?"]));
42     // - wav_file = '2019-04-12_18h06m0s_pelouseCETE_001'; // Chargement d'une acquisition antérieure
43     load([nom_mesure\wav_file -1].length(wav_file)+311+'.comf'); // Chargement des paramètres de la mesure
  
```

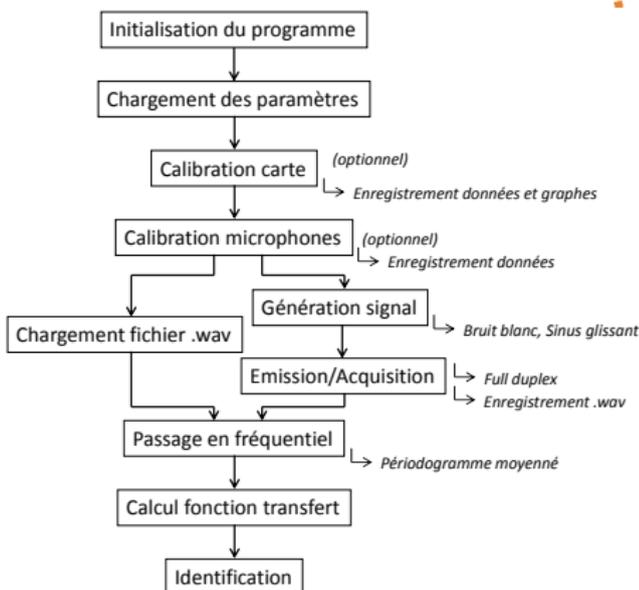
# Etat d'avancement du prototype

- ▶ Codage → Scilab-5.4.1
- ▶ Interfacage basique
- ▶ Dialogue "inter-blocs"



# Etat d'avancement du prototype

- ▶ Codage → Scilab-5.4.1
- ▶ Interfacage basique
- ▶ Dialogue “inter-blocs”



# Plan de l'exposé

---

## Présentation du système

Principe de fonctionnement

Matériel requis

Avancement du prototype

## Premiers résultats

Caractéristiques de la carte son

Caractérisation de sols

## Perspectives de travail

Implémentation

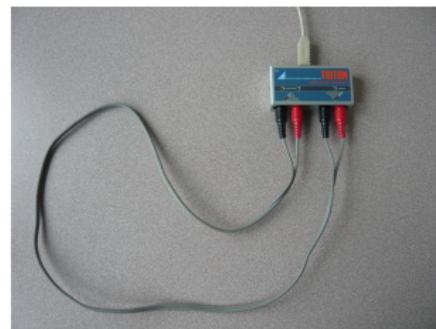
Validation



# Caractérisation de la carte son

## ► Procédure

1. Bouclage entrée  $\Rightarrow$  sortie
2. Full duplex en sinus balayé ( $f \in [10; 20000\text{Hz}]$ ,  $\times 1000$ )
3. Calcul ratio amplitude sortie/entrée
4. Calcul déphasage sortie/entrée



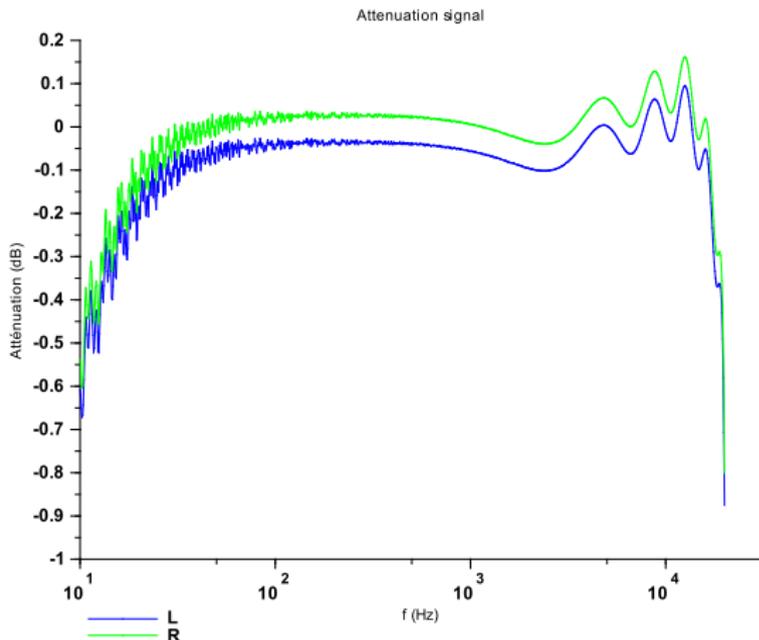
# Performances de la carte (entrée⇒sortie)

## Gain

- $|Att_L - Att_R| \leq 0,1 \text{ dB}$
- $Att_i$  csttes à  $\pm 0,1 \text{ dB}$  sur  $[50; 10000 \text{ Hz}]$

## Déphasage

- $|\Delta T_L - \Delta T_R| \leq 4.10^{-4} \text{ s}$
- $\Delta T_i \approx 0,293 \text{ s} \pm 5.10^{-4} \text{ s}$
- "Sauts ponctuels"



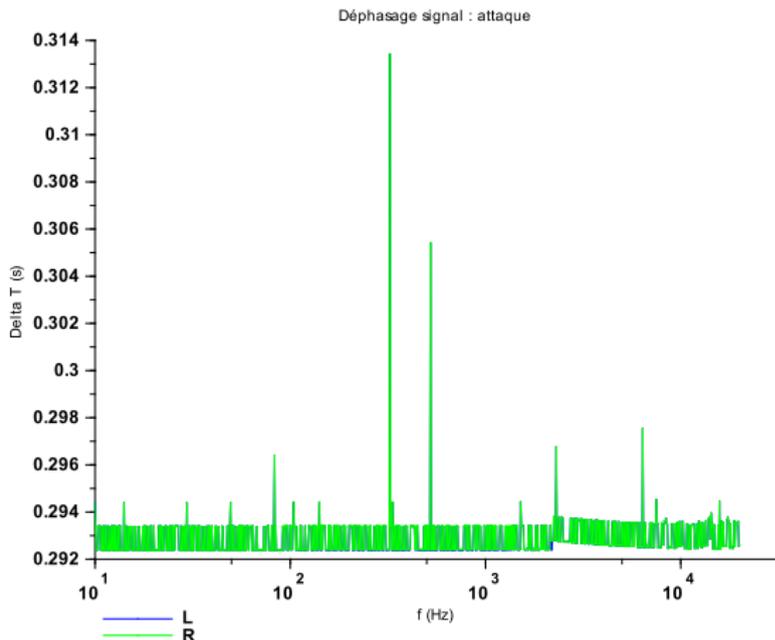
# Performances de la carte (entrée⇒sortie)

## ► Gain

- $|Att_L - Att_R| \leq 0,1 \text{ dB}$
- $Att_i$  csttes à  $\pm 0,1 \text{ dB}$  sur  $[50; 10000 \text{ Hz}]$

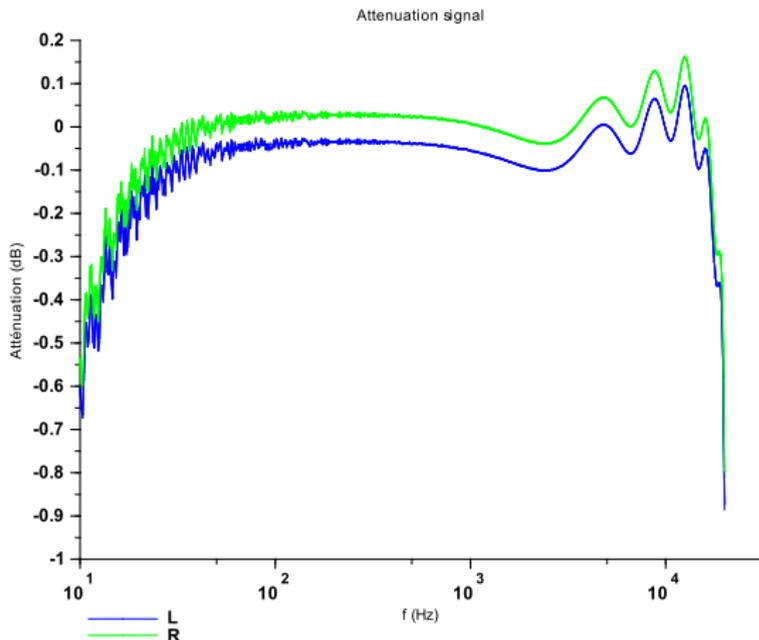
## ► Déphasage

- $|\Delta T_L - \Delta T_R| \leq 4 \cdot 10^{-4} \text{ s}$
- $\Delta T_i \approx 0,293 \text{ s} \pm 5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$
- "Sauts ponctuels"



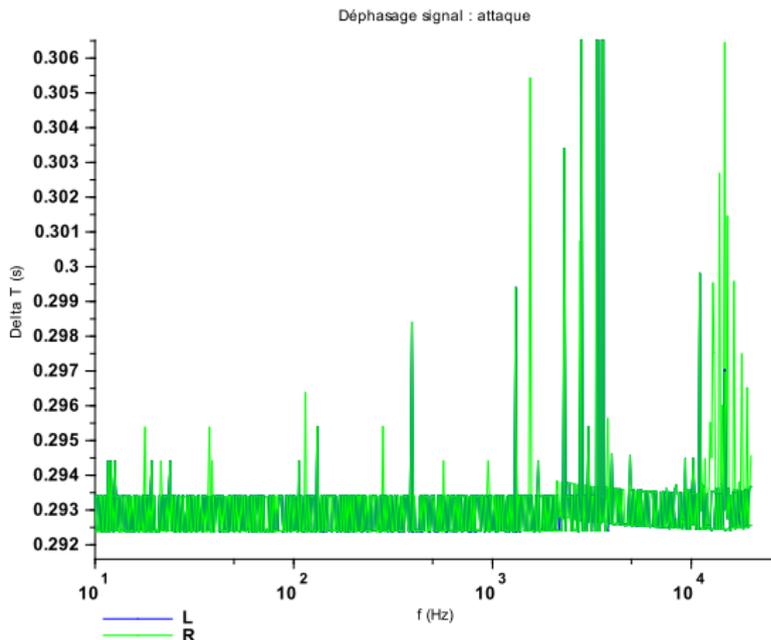
# Répétabilité de la carte

- ▶ Gain  
↳ 0,2%
- ▶ Déphasage  
↳ 0,4%



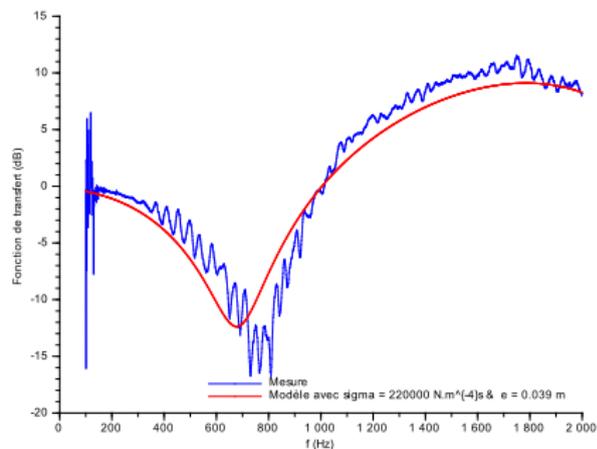
# Répétabilité de la carte

- ▶ Gain  
↳ 0,2%
- ▶ Déphasage  
↳ 0,4%



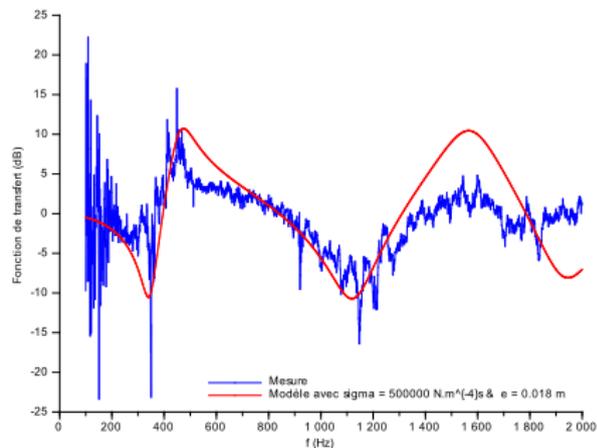
# Caractérisation de sols

- ▶ Pelouse
- ▶ Cultures (Blé)



# Caractérisation de sols

- ▶ Pelouse
- ▶ Cultures (Blé)



# Plan de l'exposé

---

## Présentation du système

Principe de fonctionnement

Matériel requis

Avancement du prototype

## Premiers résultats

Caractéristiques de la carte son

Caractérisation de sols

## Perspectives de travail

Implémentation

Validation



# Perspectives: Implémentation

---

- ▶ Mode de traitement
  - ▶ Intégration de la méthode temporelle avec fenêtrage
  - ▶ Correction de directivité de source
- ▶ Analyse et identification
  - ▶ Evaluation et exploitation de l'impédance de surface
  - ▶ Enrichissement de la modélisation (bibliothèque de modèles poreux, structures multi-couche ou multi-impédance)
  - ▶ Optimisation de l'identification (stratégies d'évolution)
- ▶ Interfacage
  - ▶ Modes: "Basique" / "Avancé"
  - ▶ Convivialité et ergonomie: TCL/TK

# Perspectives: Implémentation

---

- ▶ Mode de traitement
  - ▶ Intégration de la méthode temporelle avec fenêtrage
  - ▶ Correction de directivité de source
- ▶ Analyse et identification
  - ▶ Evaluation et exploitation de l'impédance de surface
  - ▶ Enrichissement de la modélisation (bibliothèque de modèles poreux, structures multi-couche ou multi-impédance)
  - ▶ Optimisation de l'identification (stratégies d'évolution)
- ▶ Interfacage
  - ▶ Modes: "Basique" / "Avancé"
  - ▶ Convivialité et ergonomie: TCL/TK

# Perspectives: Implémentation

---

- ▶ Mode de traitement
  - ▶ Intégration de la méthode temporelle avec fenêtrage
  - ▶ Correction de directivité de source
- ▶ Analyse et identification
  - ▶ Evaluation et exploitation de l'impédance de surface
  - ▶ Enrichissement de la modélisation (bibliothèque de modèles poreux, structures multi-couche ou multi-impédance)
  - ▶ Optimisation de l'identification (stratégies d'évolution)
- ▶ Interfacage
  - ▶ Modes: "Basique" / "Avancé"
  - ▶ Convivialité et ergonomie: TCL/TK

# Perspectives: Validation du système

---

- ▶ Campagnes de mesure *in situ*
    - ▶ Chaussées
    - ▶ Sols de l'environnement
  - ▶ Confrontation à données ( $\alpha$ ,  $Z_s$ ) de référence...
    - ▶ ...mesurées en tube de Kundt (carottage de sols)
    - ▶ ...modélisées pour des matériaux granulaires type sable
- [Boutin & Geindreau, 2008]

# Perspectives: Validation du système

---

- ▶ Campagnes de mesure *in situ*
    - ▶ Chaussées
    - ▶ Sols de l'environnement
  - ▶ Confrontation à données ( $\alpha$ ,  $Z_s$ ) de référence...
    - ▶ ...mesurées en tube de Kundt (carrotage de sols)
    - ▶ ...modélisées pour des matériaux granulaires type sable
- [Boutin & Geindreau, 2008]

*Merci de votre  
attention*



Centre d'Études techniques de l'Équipement de l'Est  
PCI Acoustique & Vibrations

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

Ressources, territoires et habitats  
Énergie et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir