

# Expérience de contrôle actif du champ diffracté en basse fréquence dans une salle semi-anéchoïque

C. Pinhede, D. Habault, Ph. Herzog, E. Friot,

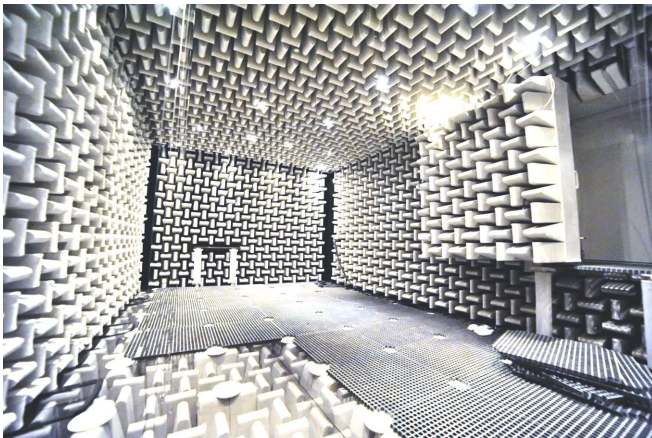
Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique  
CNRS - INSIS

19 janvier 2018



- Principe de l'anéchoïcité active
  - Estimation du champ diffracté
  - Contrôle actif du champ diffracté
- Expérience de contrôle actif du champ diffracté
  - Matériels
  - 3 configurations de contrôle

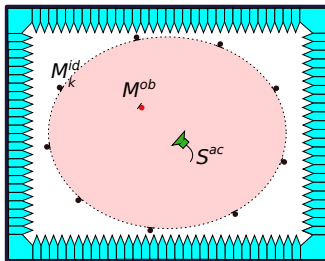
# Principe de l'anéchoïcité active



Nouvelle salle anéchoïque du LMA

- Mesures basses fréquences
- Champ diffracté par les parois
- Revêtement absorbant et contrôle actif

## I/ Estimation de la pression diffractée par les parois

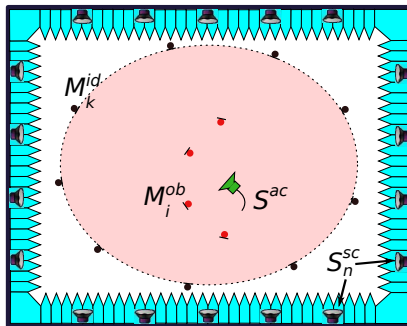


$$p_d^{est}(M^{ob}) \approx \sum_{k=1}^m D(M^{ob}, M_k^{id}) p_{tot}(M_k^{id})^1$$

- $M_k^{id}$  : Filet de microphones proche des parois
- $D(M^{ob}, M_k^{id})$  : Filtre de diffraction
- $p_d^{est}(M^{ob})$  : Pression diffractée estimée en  $M^{ob}$

1. Habault D., Friot E., Herzog Ph., Pinhède C. Active Control in an Anechoic Room : Theory and First Simulations. *Acta Acustica united with Acustica*, 2017, Vol. 103, pp. 369-378

## II/ Contrôle actif de la pression diffractée par les parois



$$J(\mathbf{u}) = \sum_{i=1}^{N^{ob}} \|p_d^{est}(M_i^{ob}) + C_i^{ob}\mathbf{u}\|^2 + \lambda \|\mathbf{u}\|^2$$

- $C_i^{ob}$  : Fonction transfert sources  $S_n^{sc}$  / microphones  $M_i^{ob}$
- $\mathbf{u}$  : Commandes envoyées aux sources de contrôle  $S_n^{sc}$
- $\lambda$  : Paramètre de régularisation de Tikhonov

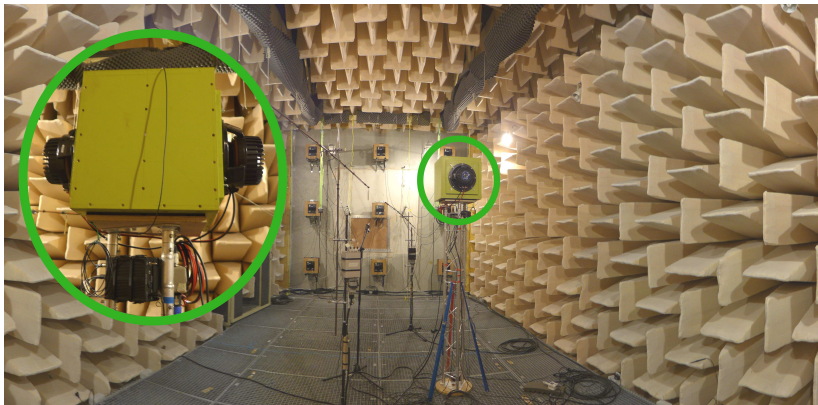
# Expérience de contrôle actif du champ diffracté : Matériels



Salle semi-anéchoïque du LMA (ancien site)

Expérience de contrôle actif du champ diffracté en basse fréquence dans une salle semi-anéchoïque

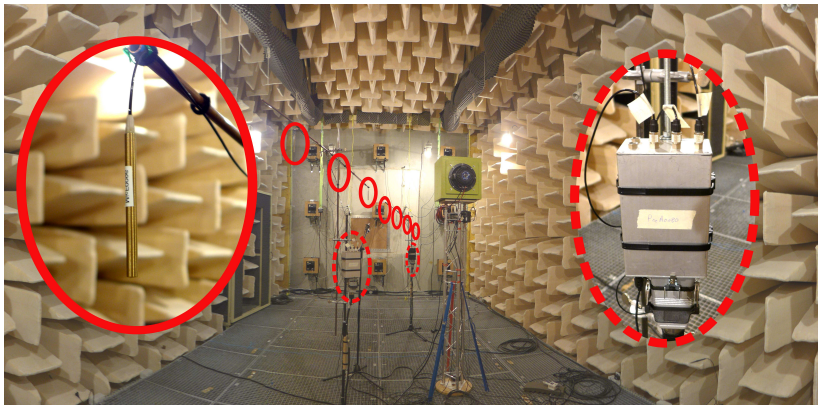
# Expérience de contrôle actif du champ diffracté : Matériels



Source à caractériser  $S^{ac}$

- Source monopolaire volume 37l (BEYMA 10LW30/N)
- Microphone de référence  $M^{ref}$  fort niveau (GRAS 40BF)

# Expérience de contrôle actif du champ diffracté : Matériels

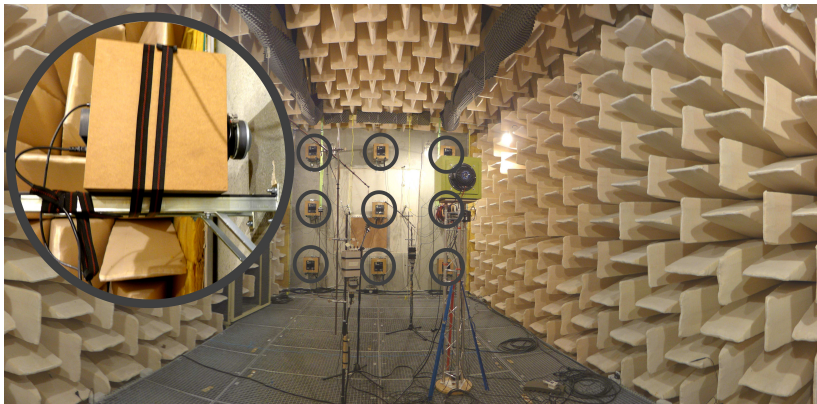


7 Microphones d'observation  $M^{ob}$  dans le volume de mesure

- Capsule électret (Sennheiser Ke4, CTTM)
- Alimentation et préamplification externe (CTTM)



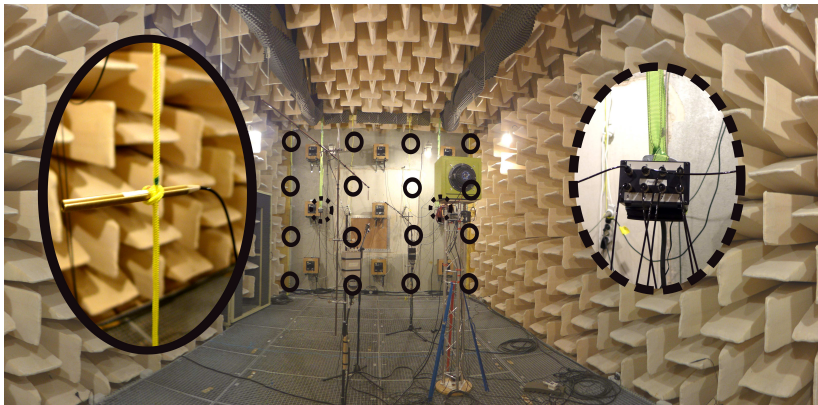
# Expérience de contrôle actif du champ diffracté : Matériels



9 sources de contrôle  $S^{sc}$  fixées en paroi

- Subwoofer compact push-pull (BC acoustique)
- Amplification intégrée

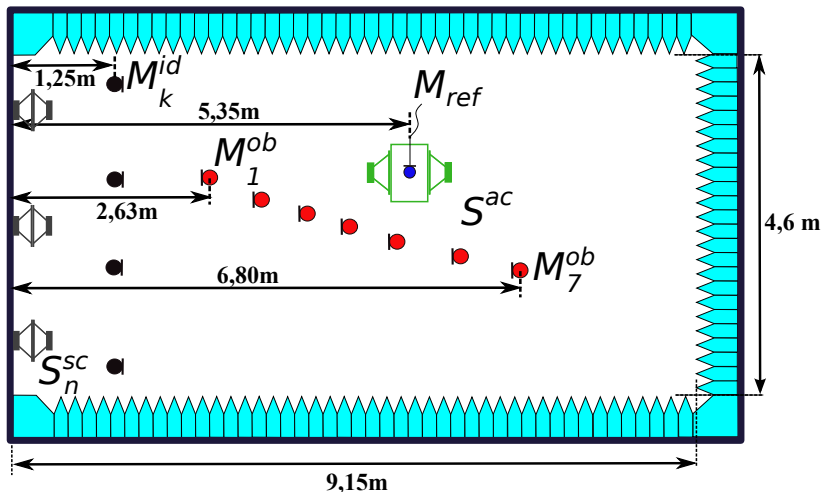
# Expérience de contrôle actif du champ diffracté : Matériels



Filet de 16 microphones  $M^{id}$  dans un plan parallèle à la paroi

- Capsule électret (Sennheiser Ke4, CTTM)
- Alimentation et préamplification externes (CTTM)

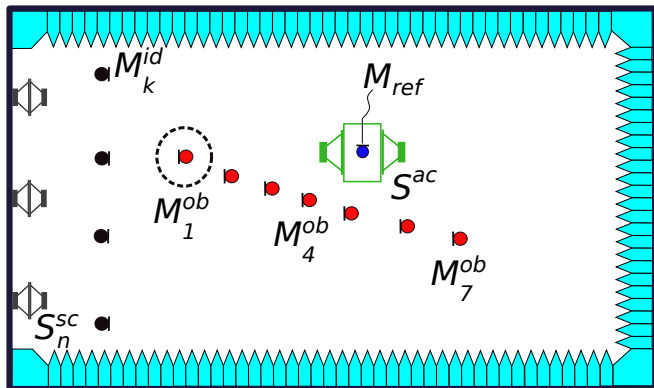
# Expérience de contrôle actif du champ diffracté



Représentation de l'expérience : salle semi-anéchoïque, vue dessus

# 1/ Minimisation du microphone d'observation $M_1^{ob}$

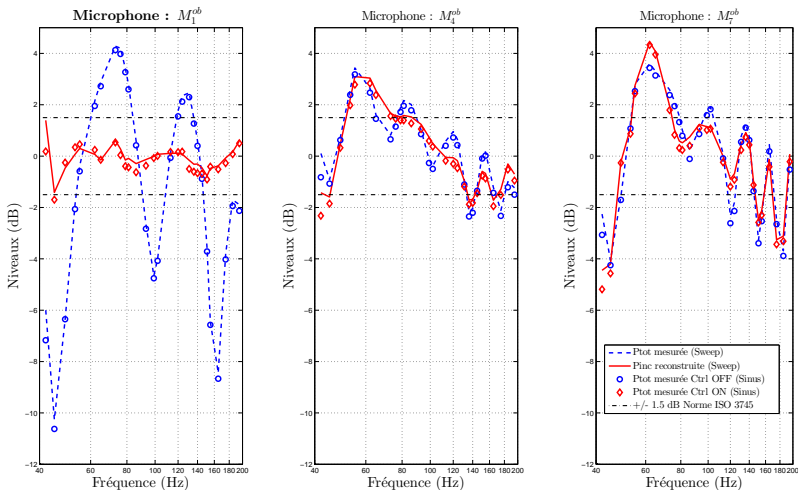
Représentation de l'expérience en salle semi-anéchoïque



Distances	$M_1^{ob}$	$M_4^{ob}$	$M_7^{ob}$	$M_{k=1-16}^{id}$	Source $S^{ac}$
Source $S^{ac}$	2.77m	1.11m	1.93m	$\approx 4$ à 5m	0m
Paroi rigide	2.63m	4.53m	6.80m	1.25m	5.35m

# 1/ Minimisation du microphone d'observation $M_1^{ob}$

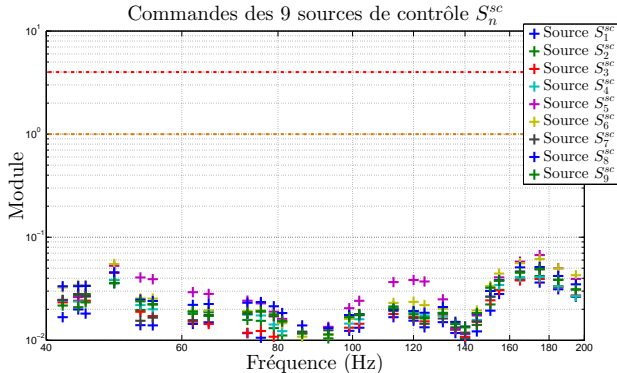
Niveaux pressions normalisées par débit et distance de la source  $S^{ac}$



Contrôle actif OFF (bleu), ON (rouge)

# 1/ Minimisation du microphone d'observation $M_1^{ob}$

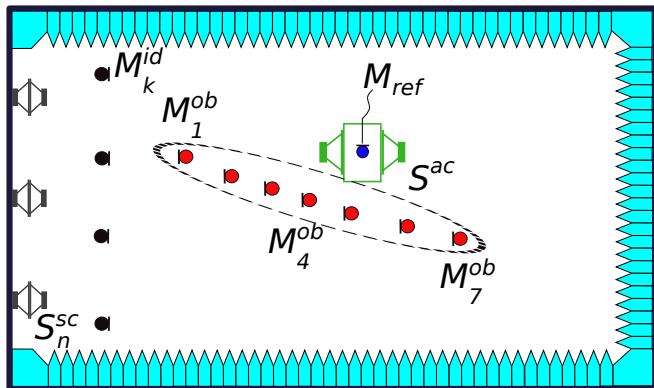
Niveaux des commandes pour les 9 sources de contrôle



- Très faibles niveaux des commandes
- Bon contrôle sur le microphone minimisé
- Contrôle localisé

## 2/ Minimisation des microphones d'observation $M_1^{ob}$ à $M_7^{ob}$

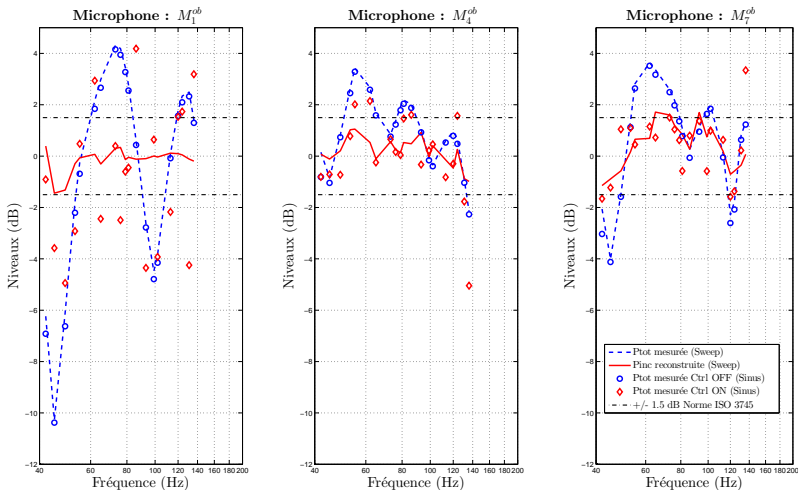
Représentation de l'expérience en salle semi-anéchoïque



Distances	$M_1^{ob}$	$M_4^{ob}$	$M_7^{ob}$	$M_{k=1-16}^{id}$	Source $S^{ac}$
Source $S^{ac}$	2.77m	1.11m	1.93m	$\approx 4$ à 5m	0m
Paroi rigide	2.63m	4.53m	6.80m	1.25m	5.35m

## 2/ Minimisation des microphones d'observation $M_1^{ob}$ à $M_7^{ob}$

Niveaux pressions normalisées par débit et distance de la source  $S^{ac}$

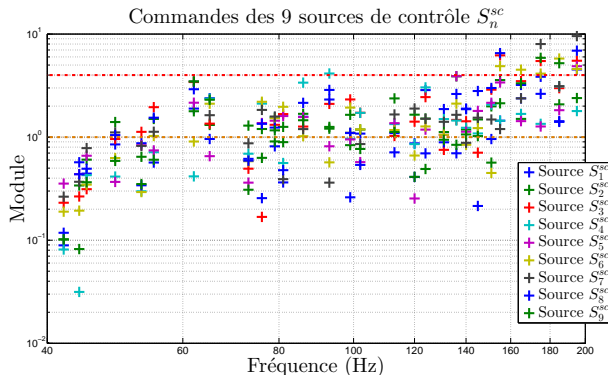


Contrôle actif OFF (bleu), ON (rouge)



## 2/ Minimisation des microphones d'observation $M_1^{ob}$ à $M_7^{ob}$

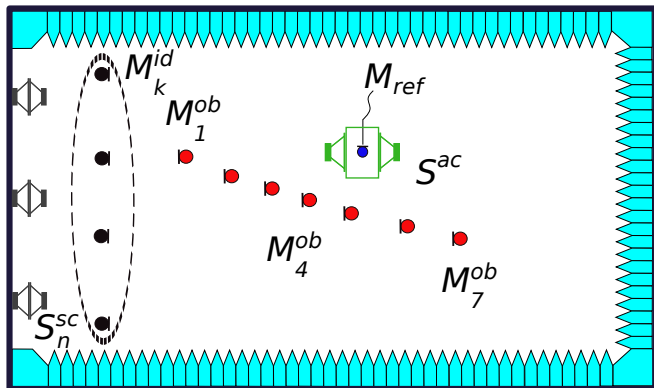
Niveaux des commandes pour les 9 sources de contrôle



- Très forts niveaux des commandes
- Amplification du niveau de bruit dans la salle
- Instabilité du contrôle

### 3/ Minimisation du filet de microphones $M_1^{id}$ à $M_{16}^{id}$

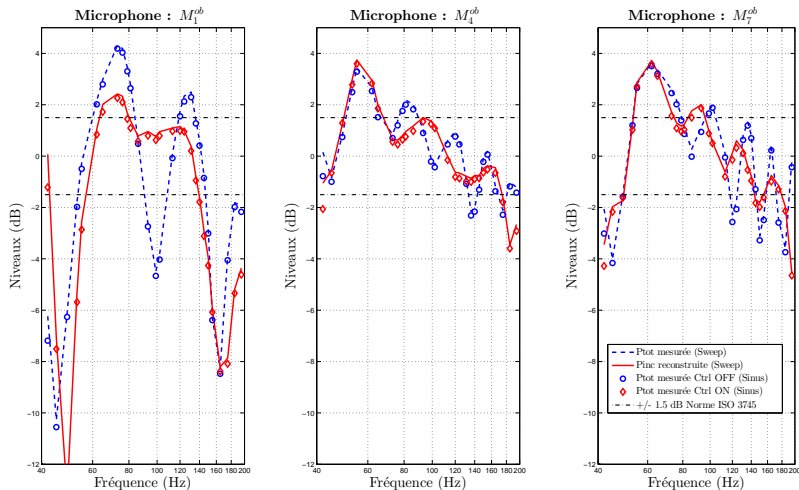
Représentation de l'expérience en salle semi-anéchoïque



Distances	$M^{ob}_1$	$M^{ob}_4$	$M^{ob}_7$	$M^{id}_{k=1-16}$	Source $S^{ac}$
Source $S^{ac}$	2.77m	1.11m	1.93m	$\approx 4$ à 5m	0m
Paroi rigide	2.63m	4.53m	6.80m	1.25m	5.35m

### 3/ Minimisation du filet de microphones $M_1^{id}$ à $M_{16}^{id}$

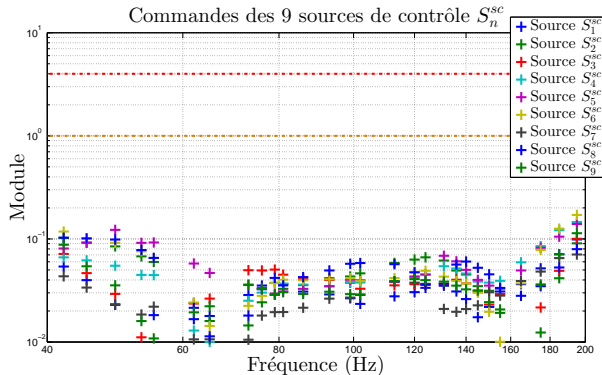
Niveaux pressions normalisées par débit et distance de la source  $S^{ac}$



Contrôle actif OFF (bleu), ON (rouge)

### 3/ Minimisation du filet de microphones $M_1^{id}$ à $M_{16}^{id}$

Niveaux des commandes pour les 9 sources de contrôle

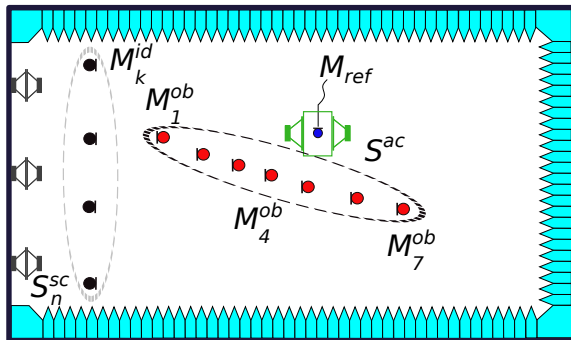


- Faibles niveaux des commandes
- Bon contrôle sur le filet de 16 microphones minimisés
- Contrôle dans une bande de fréquence sur les microphones d'observation

- Contrôle actif du champ diffracté en salle semi-anéchoïque
  - Bon contrôle sur un microphone  $M_i^{ob}$
  - Contrôle non maîtrisé pour plusieurs microphones  $M_i^{ob}$
  - Contrôle entre 75 et 140 Hz pour microphones en paroi  $M_k^{id}$
- Projet de la Salle Anéchoïque Active :
  - Tester de nouvelles configurations de contrôle
  - Simulations avec une source à caractériser plus complexe
  - Électroacoustique des sources de contrôle
  - Contrôle actif temps réel

# Contrôle actif du champ diffracté : Expérience 4

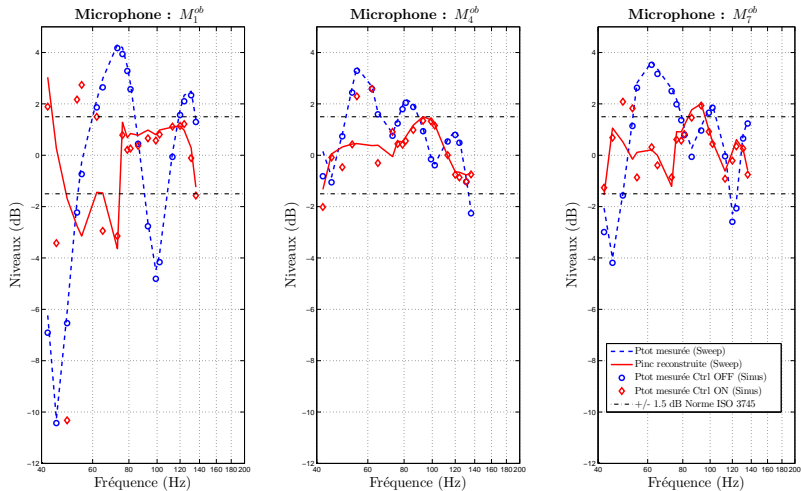
## Expérience 4 : Combinaison des commandes $u^{id}$ et $u^{ob}$



Distances	$M_1^{ob}$	$M_4^{ob}$	$M_7^{ob}$	$M_{k=1-16}^{id}$	Source $S^{ac}$
Source $S^{ac}$	2.77m	1.11m	1.93m	$\approx 4$ à 5m	0m
Paroi rigide	2.63m	4.53m	6.80m	1.25m	5.35m

# Contrôle actif du champ diffracté : Expérience 4

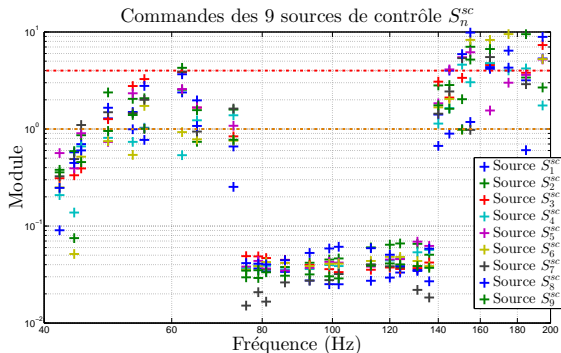
## Expérience 4 : Combinaison des commandes $u^{id}$ et $u^{ob}$



Contrôle actif OFF (bleu), ON (rouge)

# Contrôle actif du champ diffracté : Expérience 4

## Expérience 4 : Combinaison des commandes $\mathbf{u}^{\text{id}}$ et $\mathbf{u}^{\text{ob}}$



- Niveaux des commandes variant avec la fréquence
- Bon contrôle entre 75 et 140 Hz