

# **L'acoustique des lieux de musique**

**Julien Sullerot**

**Juin 2014**

# **SOMMAIRE**

**INTRODUCTION – QUELQUES GRANDEURS**

**PARTIE 1 – LES ENJEUX GENERAUX DANS LES LIEUX DE MUSIQUE**

**PARTIE 2 – ISOLATION INTERIEURE AU BRUIT AÉRIEN**

**PARTIE 3 – ISOLATION EXTERIEURE AU BRUIT AÉRIEN**

**PARTIE 4 – CONTRÔLE DE L'ACOUSTIQUE INTERNE**

**PARTIE 5 – LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT ACOUSTIQUE**

**PARTIE 6 – TRAVAUX PRATIQUES A RUEIL**

# INTRODUCTION

## ◆ Pourquoi le dB(A)?

L'oreille ne perçoit pas toutes les fréquences de la même façon. En 1928, Fletcher et Munson établissent expérimentalement le lien entre la fréquence et l'amplitude du bruit conduisant à une même sensation. Chacun des points d'une des courbes du faisceau, représenté dans le tableau ci-dessous qui est extrait de la norme ISO 226, produit une même sensation.

**Historique de l'acoustique : science récente (Helmholtz : XIXème, acoustique des salles W.Sabine fin XIXème).**

**Domaine vaste infra-ultra : de quelques Hz (basses fréquences) à des centaines de kHz (hautes fréquences).**

**Longueur d'onde :  $\lambda$  en mètres (plus  $\lambda$  grand, plus la fréquence est basse)**

**Spectre sonore : octave et tiers d'octave. Analyse spectrale**

**Les niveaux sonores : dB – dB(A) . Pourquoi le dB(A) ?**

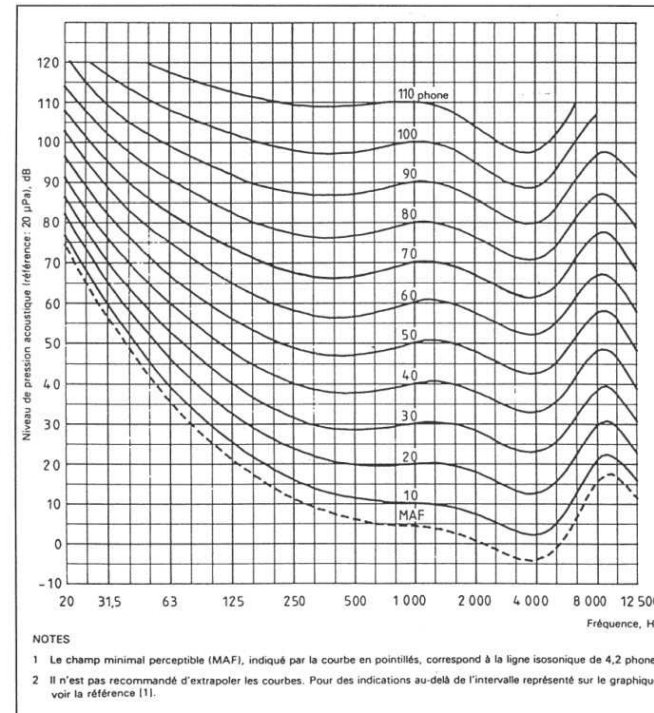
Les niveaux sonores sont des grandeurs logarithmiques de base 10, donc:

$$>30\text{dB(A)}+30\text{dB(A)}=33\text{dB(A)}$$

$$>24\text{dB(A)}+30\text{dB(A)}=31\text{dB(A)}$$

$$>20\text{dB(A)}+40\text{dB(A)}=40\text{dB(A)}$$

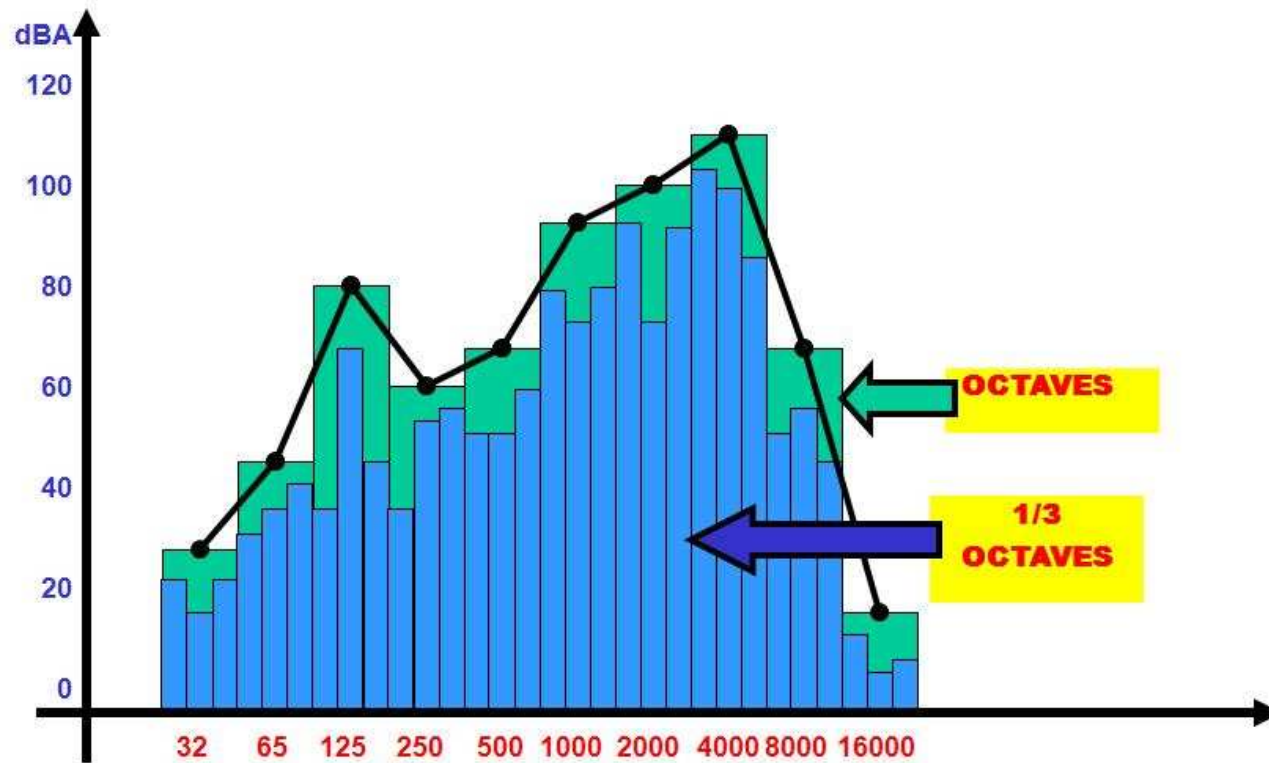
**Les critères acoustiques qualitatifs : Tr, EDT, Clarté C80, intelligibilité STI, définition D50...**



Représentation graphique des lignes isophoniques et du champ minimal perceptible (MAF)

# ANALYSE DU SON

## OCTAVE, 1/3 D'OCTAVES



C.THFOIN

# L'ACOUSTIQUE DES LIEUX DE MUSIQUE

Les enjeux et grandeurs de l'acoustique du bâtiment en général et pour les lieux de diffusion ou de reproduction de la musique live ou enregistrée

- > **Isolation acoustique** intérieure et extérieure (protection des locaux et de l'environnement)
- > **Niveaux sonores des équipements techniques** (dans les locaux et dans l'environnement)
- > **Contrôle de l'acoustique interne** et l'obtention d'une "ambiance" adaptée

# ISOLATION ACOUSTIQUE INTERIEURE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Isolation acoustique vis-à-vis de l'extérieur.

> Les isolements sont basés sur les émissions sonores souvent élevées, notamment aux basses fréquences et surtout pour les concerts de "musiques actuelles" amplifiés

Les principales grandeurs concernées :

> Moyens mis en œuvre : indice d'affaiblissement

$$R_{A,tr} = R_w + C_{tr}$$

> Résultat in situ : isolement  $D_{nTA,Tr} = D_{nTw} + C_{tr}$

Les mesures d'isolement :

- > La source de bruit artificiel (sonorisation)
- > Les sources de bruit réel (concerts, répétitions)

Quelques exemples d'isolements usuels vis-à-vis de l'extérieur :

Salle MA :  $D_{nT,A, tr} = 65$  à  $70$ dB

Théâtre :  $D_{nT,A, tr} = 50$  à  $55$ dB

Logements, écoles :  $D_{nT,A, tr} = 30$  à  $40$ dB

**Plus un isolement est élevé,  
meilleur est le résultat.**

# ISOLATION ACOUSTIQUE INTERIEURE

## Isolation acoustique intérieure entre locaux ou sur l'extérieur

> Les isolements sont basés sur les émissions sonores très élevées dans ces pratiques, notamment aux basses fréquences

### Les principales grandeurs concernées :

- > Moyens mis en œuvre : indice d'affaiblissement  $RA=Rw+C$
- > Résultat in situ : isolement  $D_{nT,A} = D_{nTw} + C$

### Le phénomène de transmissions latérales et de transmissions "parasites" (interphonie).

### Les mesures d'isolement :

- > La source de bruit artificiel (sonorisation)
- > Les sources de bruit réel (concerts, répétitions)

Quelques exemples d'isolements intérieurs usuels :

Entre 2 studios MA :  $D_{nT,A} = 75-80\text{dB}$

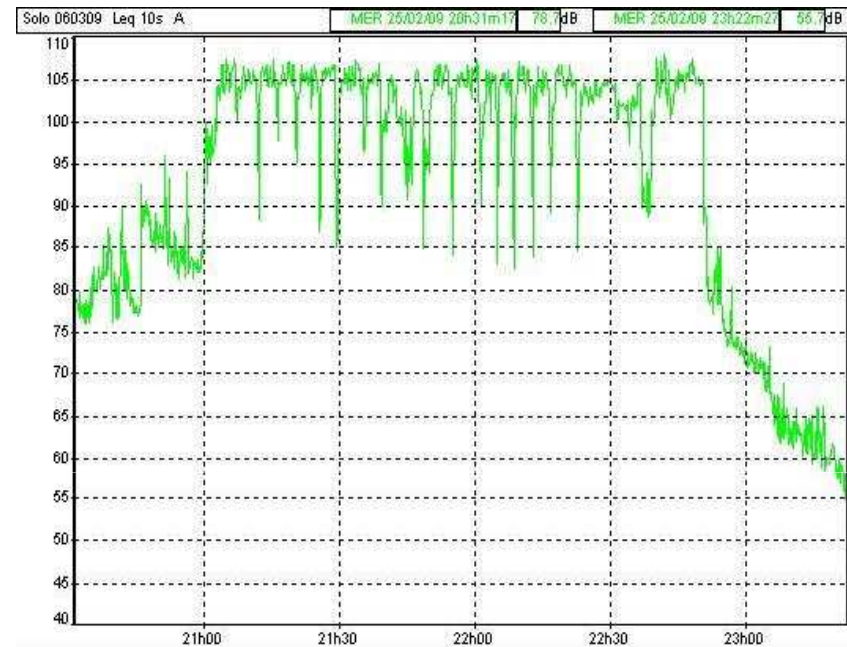
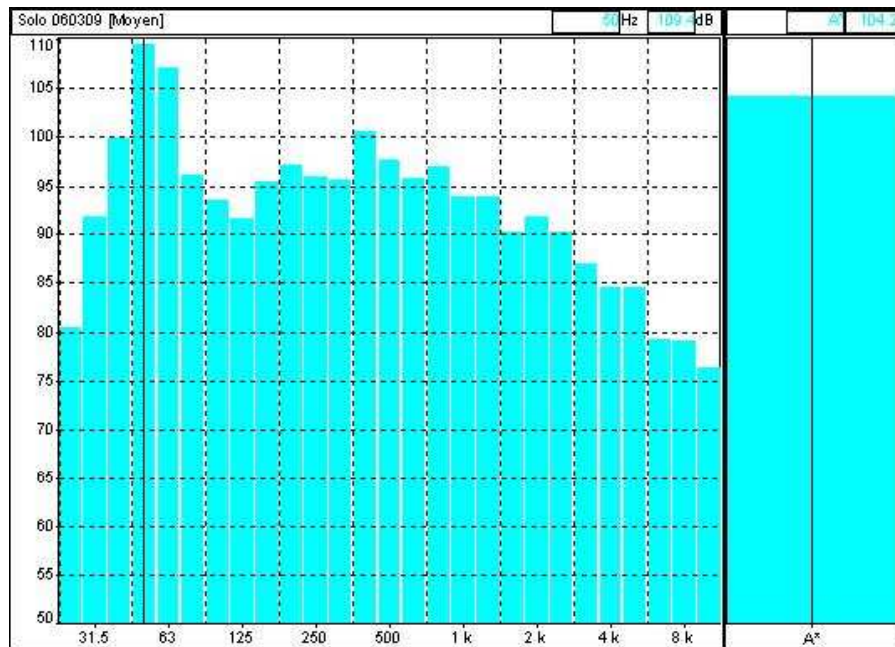
Entre studios conservatoire :  $D_{nT,A} = 65\text{dB}$

Entre deux logements :  $D_{nT,A} = 53\text{dB}$

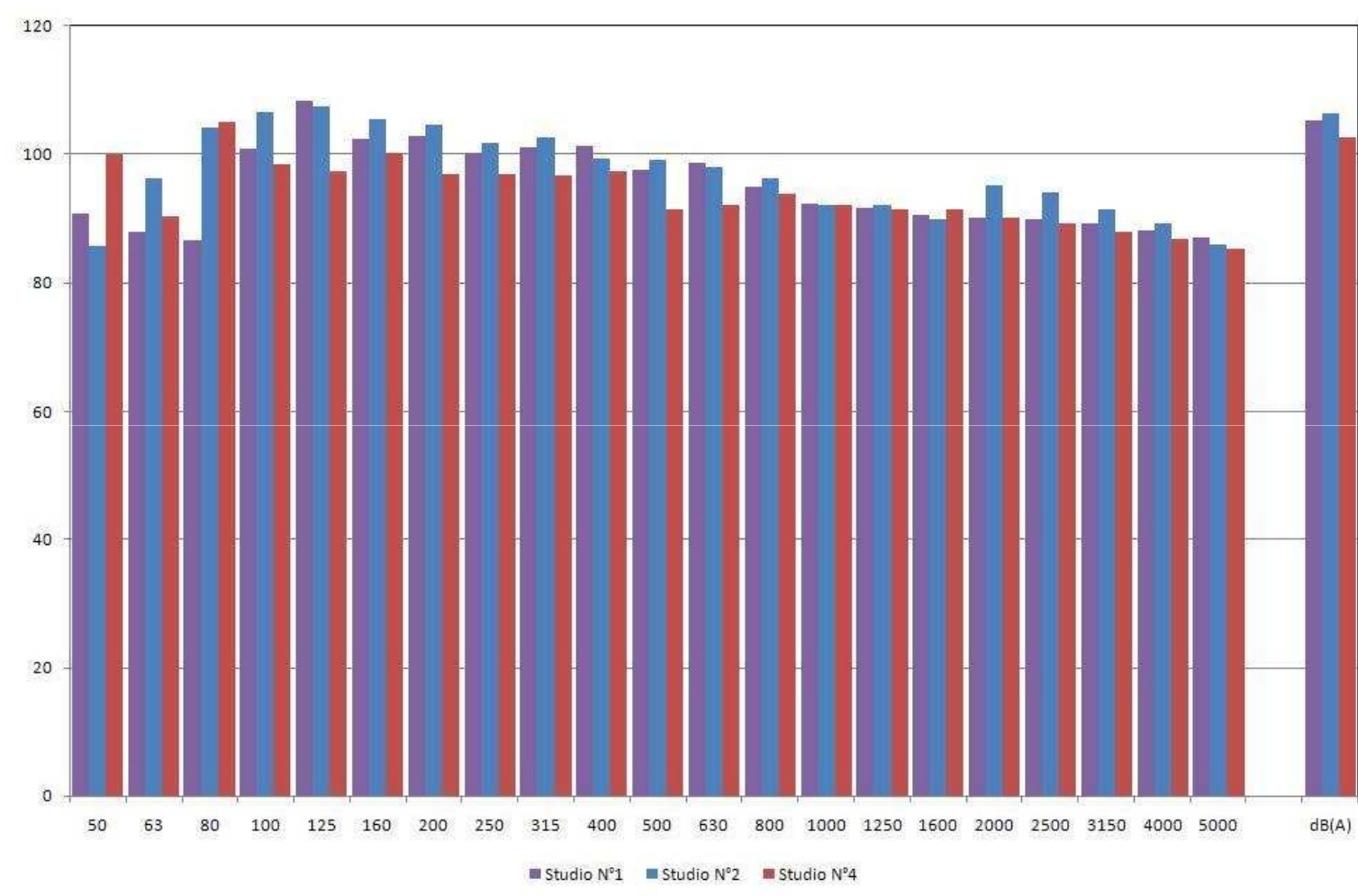
Entre deux classes :  $D_{nT,A} = 43\text{dB}$

**Plus un isolement est élevé,  
meilleur est le résultat.**

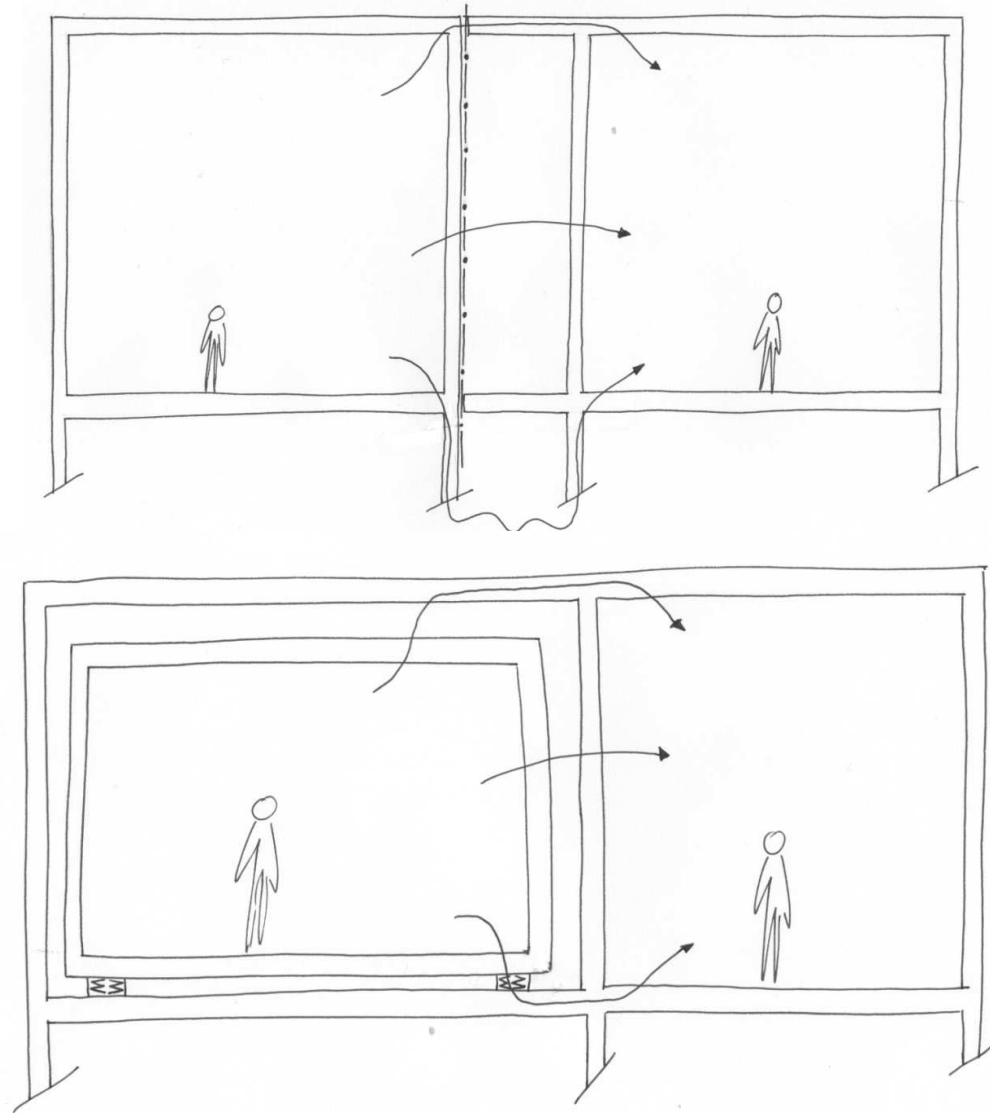
> Des niveaux sonores émis "extrêmes" durant certains concerts



> Des niveaux sonores élevés également lors de répétitions



## Des dispositions **d'isolation** à adapter aux contraintes de niveaux sonores élevés



# CONTRÔLE DE L'ACOUSTIQUE INTERNE

Il s'agit du contrôle de la réponse acoustique intérieure des salles et studios. **C'est le paramètre principal perçu par les artistes et le public... ou les audiophiles.**

Pour les salles, les principales grandeurs sont :

- > Durée de réverbération  $T_r$ , EDT
- > Intelligibilité STI, RASTI
- > Force sonore clarté, définition...

Pour les studios et lieux d'écoute, les principales grandeurs sont :

- > Durée de réverbération  $T_r$
- > Caractéristiques géométriques / diffusion

*Les objectifs visés sont très différents selon les lieux et leur usage (théâtres, salles de concert classique, studio des conservatoires.. )*

Quelques grandeurs usuelles :

>Durée de réverbération dans une salle de théâtre de 600-800 places :  $T_r \leq 0,9s$ .

>Durée de réverbération dans une grande salle de concert "classique" :  $T_r \leq 2$  à  $2,5s$ .

>Durée de réverbération dans une salle de musiques actuelles :  $T_r \leq 0,6$  à  $0,7s$ .

>Durée de réverbération dans un studio de répétition / mixage :  $T_r \leq 0,3$  à  $0,4s$ .

## Critères de référence – réverbération

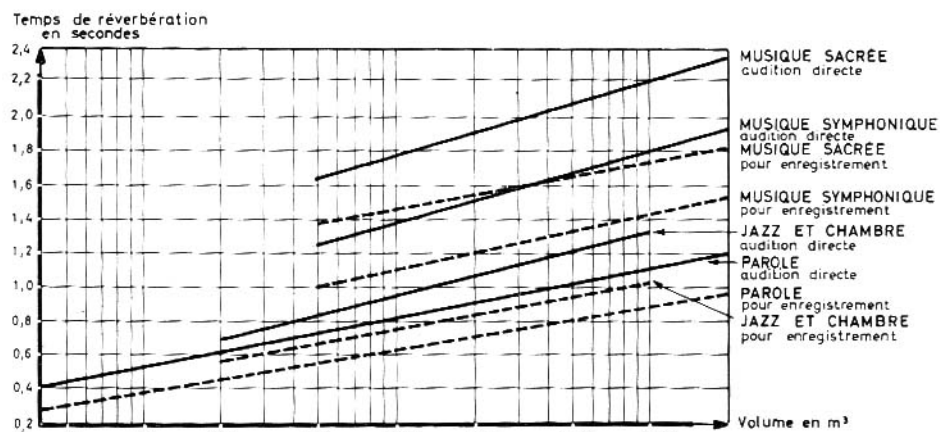
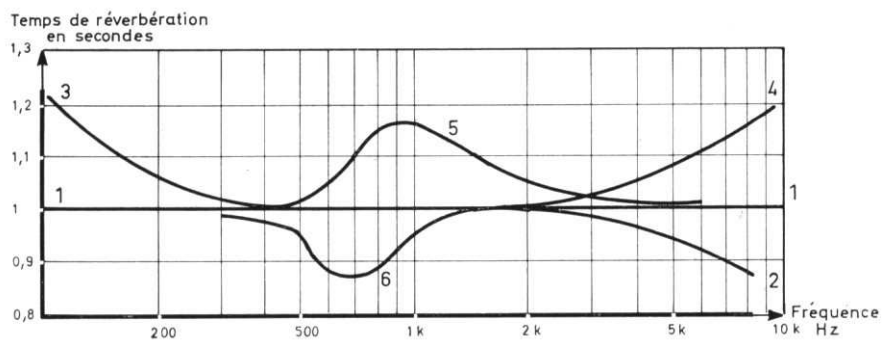


FIG. 1. — Temps de réverbération optimal à 1 000 Hz.

Selon LAMORAL, Acoustique Interne, 1967 :

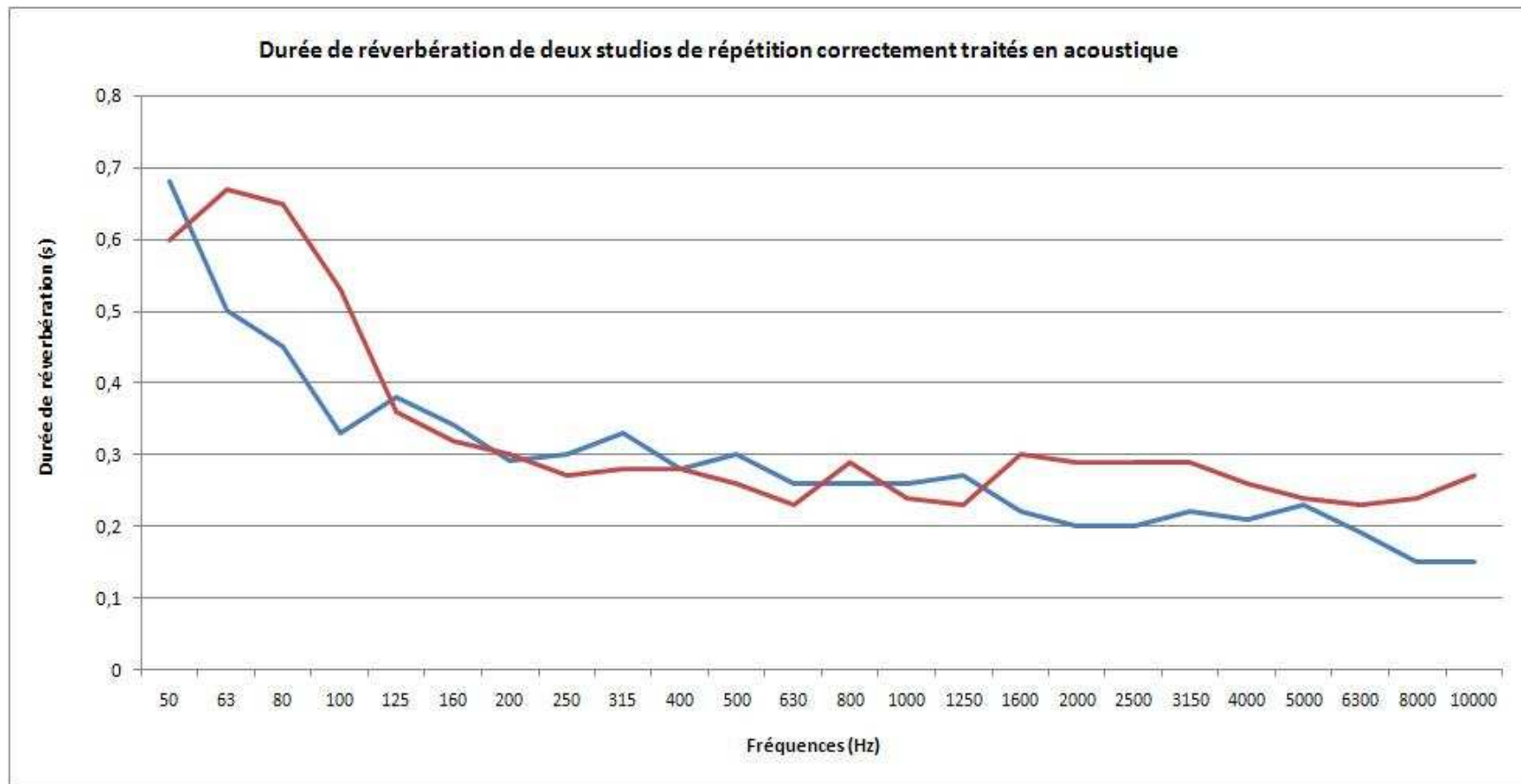
Les durées de réverbération recommandées dépendent du volume et du type de musique à reproduire !



En fréquence :

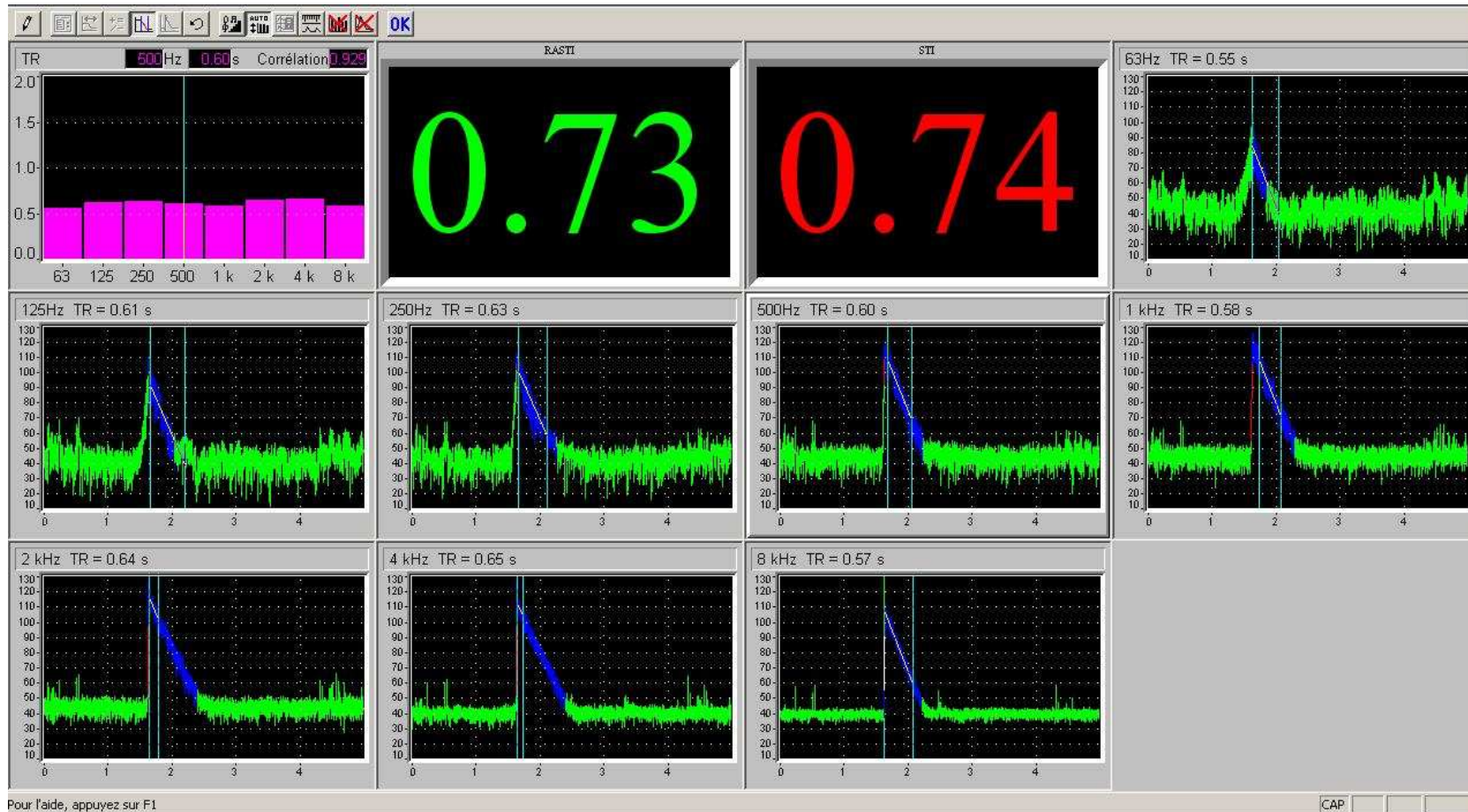
- La courbe 1 est "idéale"
- La courbe 3+4 est acceptable
- La courbe 5-6 est à éviter.

> Des durées de réverbérations contrôlées, **sur toute les bandes de fréquences**

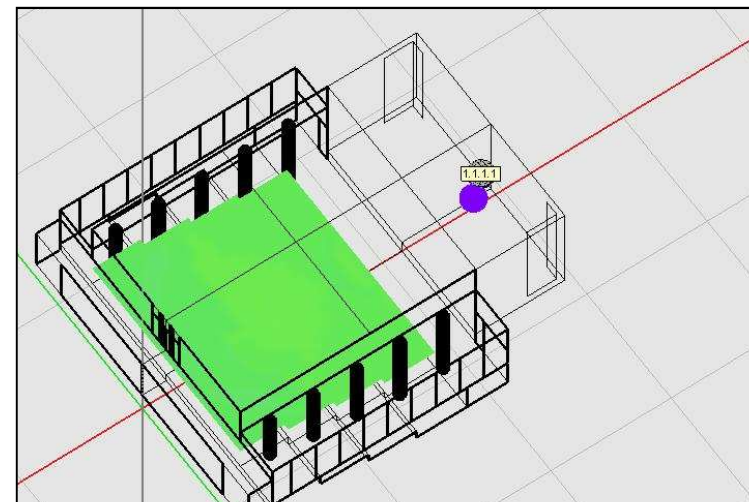
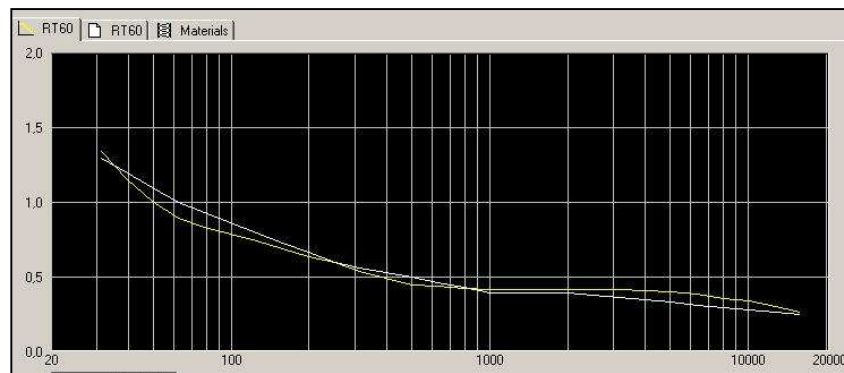
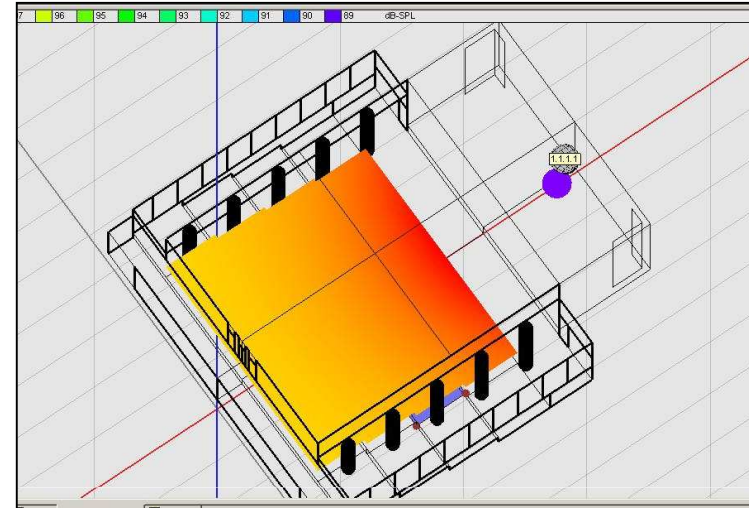
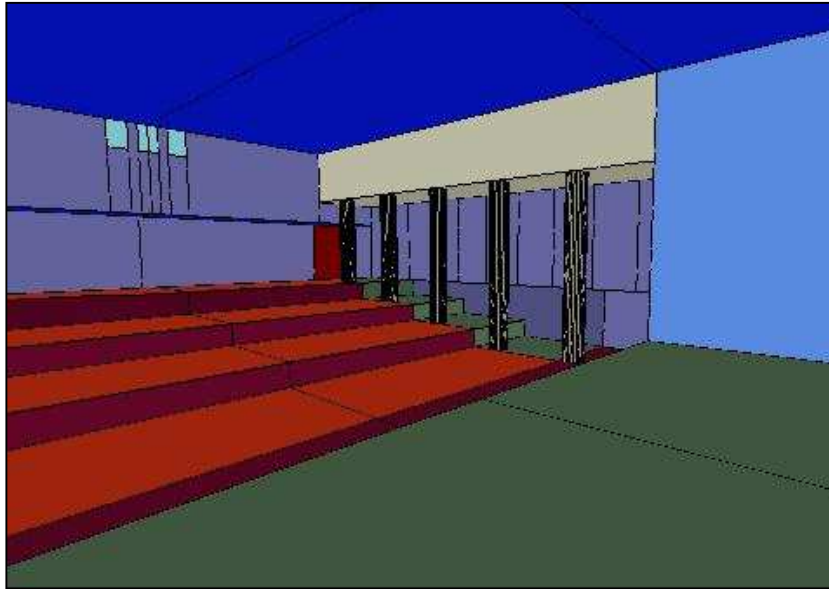


*Exemple d'un studio de répétition "rock"*

> Réponse d'une salle de musiques actuelles



> Exemple de simulation informatique et résultats de calcul – salle de cinéma



# ESTIMATION DU Tr

Formule classique de "Sabine" :

$$\text{Tr} = \frac{0,163 V \text{ (pièce)}}{\text{Aeq (absorption totale)}}$$

$$\text{Aeq} = \sum (S_i * \alpha_i)$$

$S_i$  = surface des matériaux

$\alpha_i$  = coefficient d'absorption matériaux

Seul le Tr est calculable  
"manuellement", les autres  
paramètres ne sont calculables qu'à  
l'aide d'outils informatiques.

Le calcul du Tr est primordial et permet  
une approche de la réponse de la salle  
avec une fiabilité satisfaisante

# LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT ACOUSTIQUE

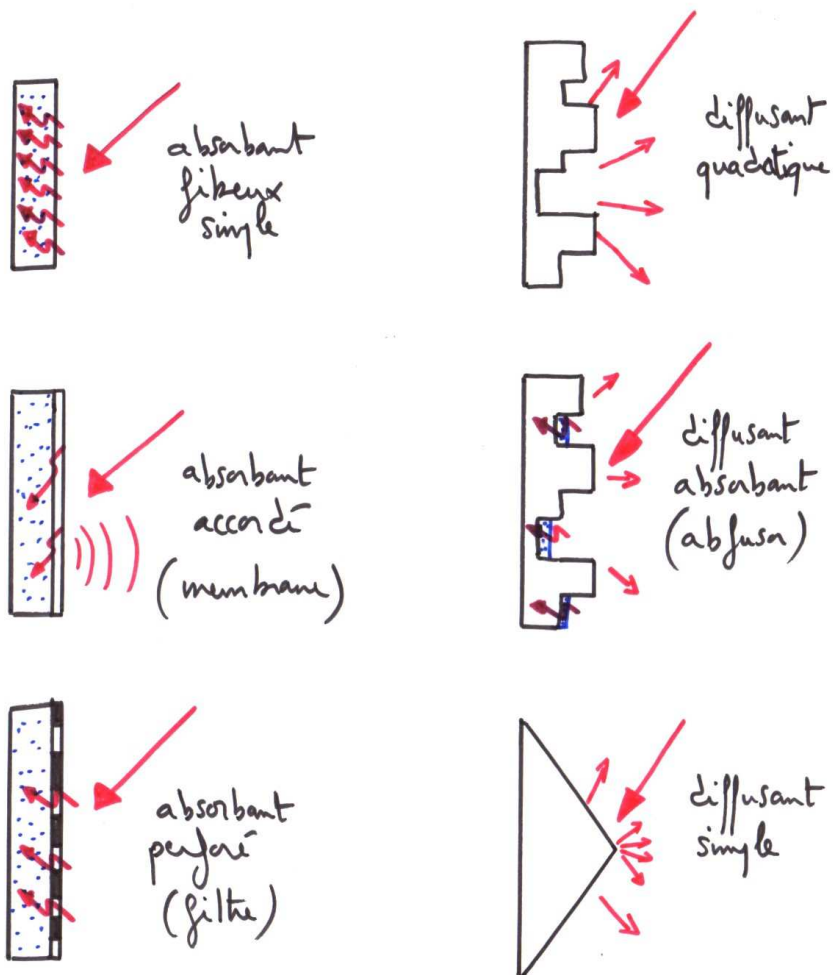
**Il s'agit de combiner des matériaux, en surface suffisante, afin de contrôler la courbe de réponse de la pièce, avec une bonne répartition et des caractéristiques complémentaires.**

- > Chaque famille de matériau ou de solution technique fabriquée a ses propres caractéristiques acoustiques
- > Il est important de "combiner" plusieurs solutions afin de corriger les différentes bandes de fréquences
- > La répartition doit être relativement uniforme, avec (ou sans) polarisation acoustique de l'espace (système LE-DE, norme multicanal...)

Quelques exemples usuels :

- >Les panneaux "poreux" : fibres de verre, mousse de mélamine, fibres de bois, tissu recyclé...
- >Les membranes "résonantes" : bois en général, métal, plastique...
- >Les cavités , Helmholtz et "bass traps".
- >Les lattis panneaux perforés : bois souvent, tôle, lames métalliques...

## Les principes de fonctionnement



## Quelques matériaux typiques :

Plafond fibres de verre



Plafond tissu tendu et mousse



Plafond lames bois

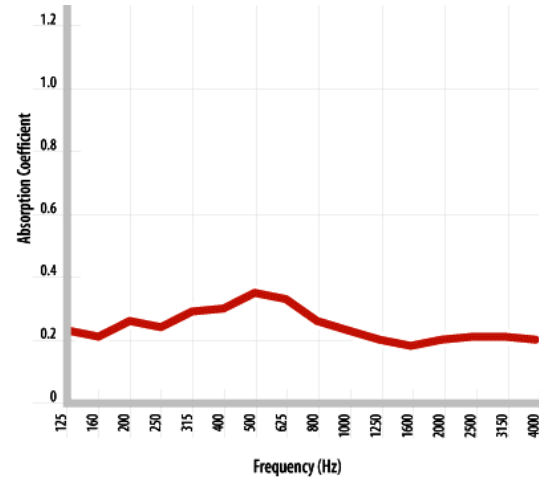


Plafond fibres de bois

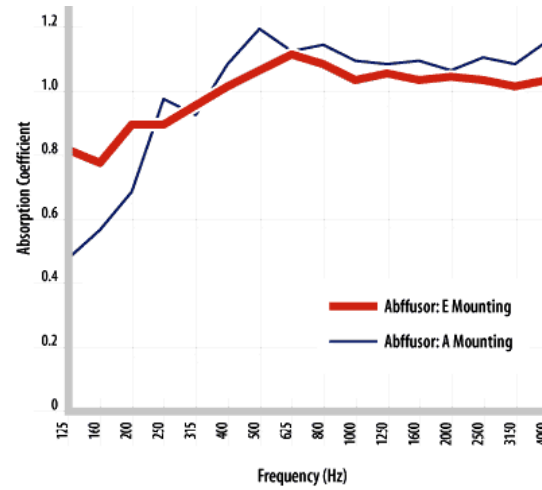


## Quelques exemples de modules diffusants comparés :

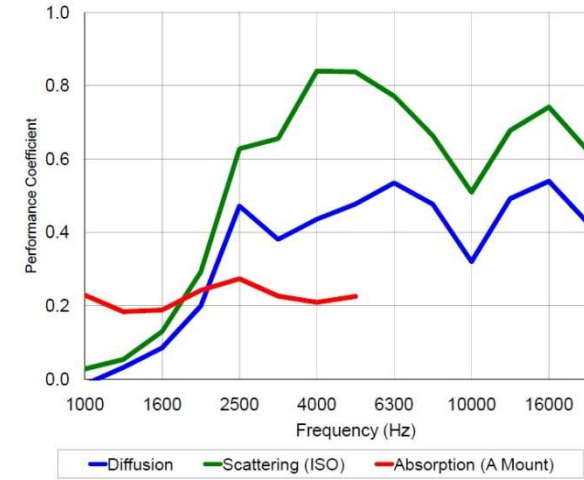
Panneau "diffusant"



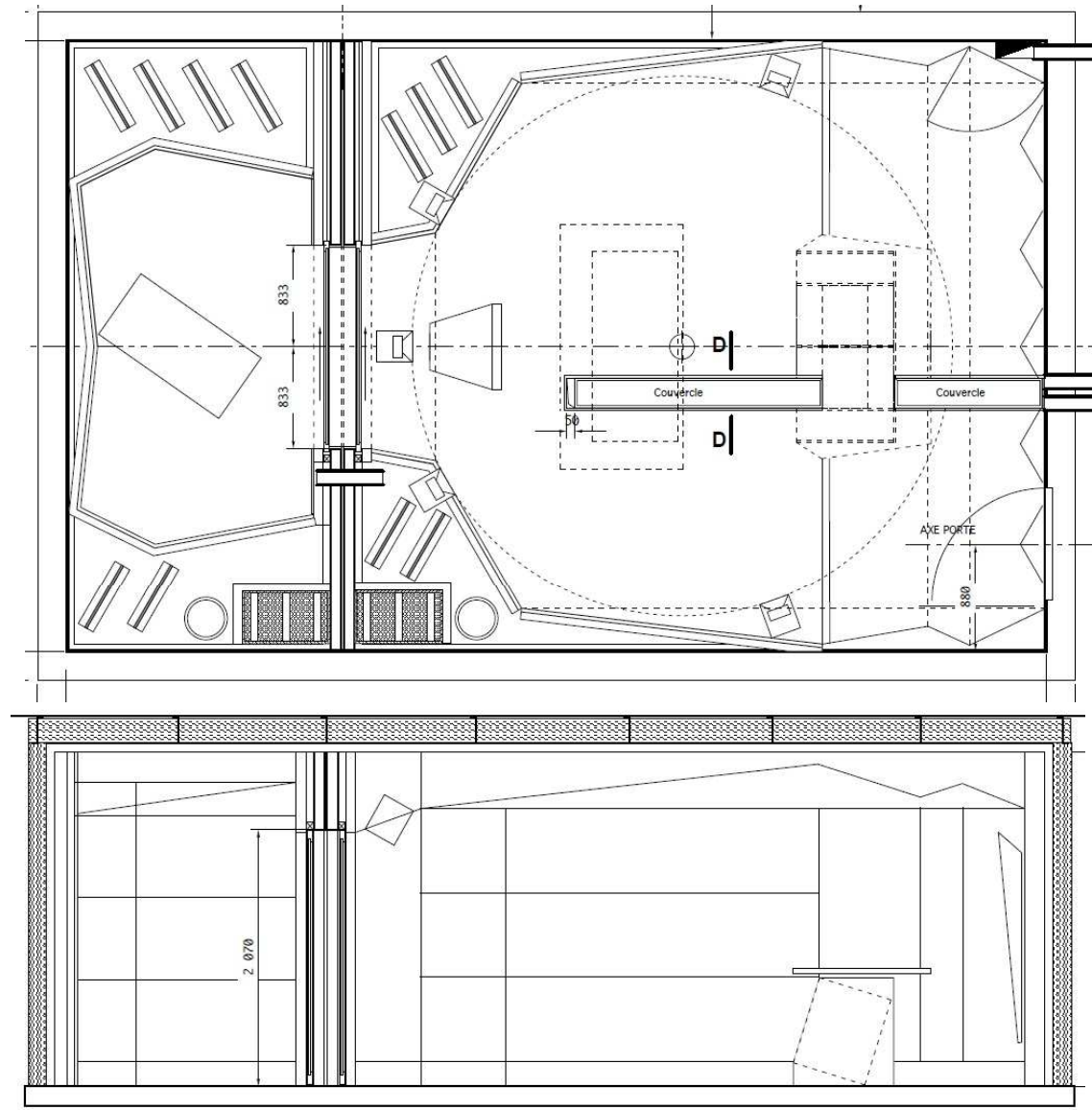
Panneau "Abfussant"



Flutterfree diffusion



Un exemple d'une cabine  
5.1 en plan et en coupe



# **TRAVAUX PRATIQUES A RUEIL**

**Mesure de la durée de réverbération de la salle de Rueil.**

**Dépouillement et analyse des résultats avec ou sans public.**