



Mesures basses fréquences des performances des silencieux de grandes dimensions

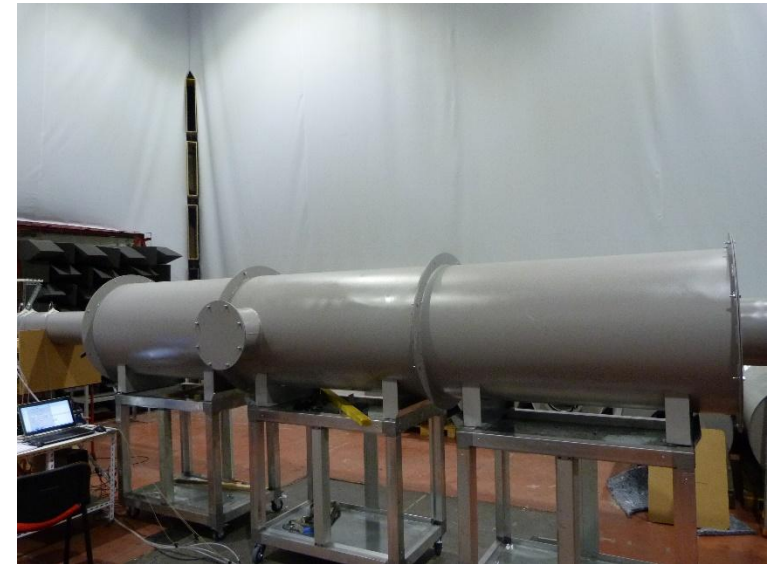
F. Fohr, E. Portier



www.ctm-lemans.com

Les silencieux industriels

Mesurer l'atténuation acoustique dans toutes les bandes de fréquence...



- Silencieux a baffles pour circuits de ventilation bâtiment
- Gaines souples de ventilation avec traitement acoustique
- Silencieux pour turbines à gaz ou groupes électrogènes
- Registres de régulation des circuits d'air...



Les méthodes de mesure

La norme ISO 7235

Mesures en laboratoire :

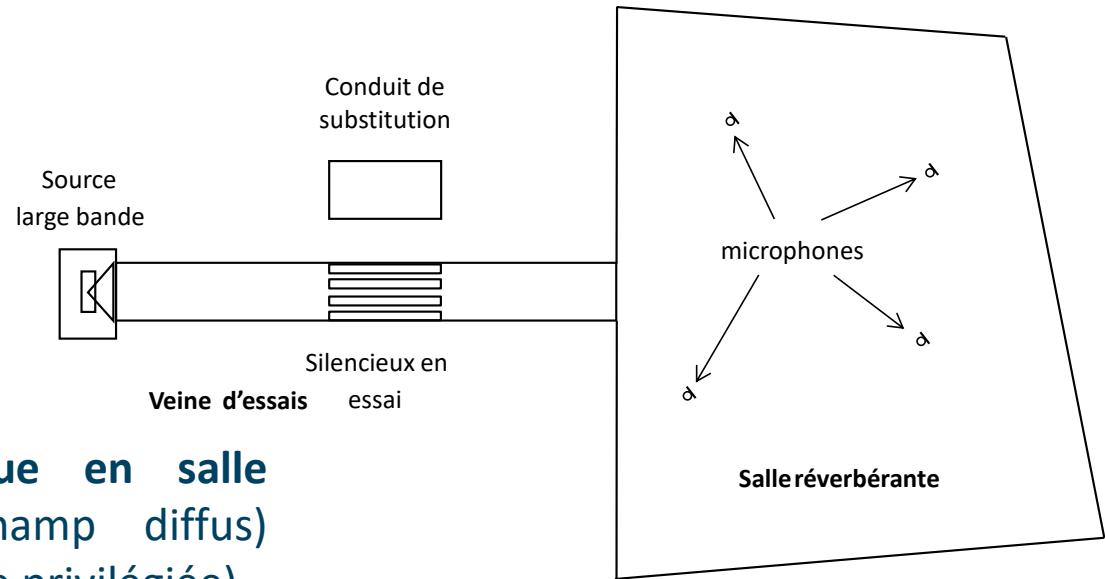
- Perte d'insertion
- Perte de pression totale
- Bruit régénéré

Mesure de puissance acoustique en salle réverbérante (conditions de champ diffus) suivant la norme ISO 3741 (méthode privilégiée)

Méthode de substitution : Rapport de deux mesures

- avec silencieux
- avec un conduit de substitution (simple conduit)

→ **Gamme de fréquence : 50 Hz – 10 kHz**



Les méthodes de mesure

Méthode des doublets microphoniques

Mesures en conduit :

- Mesure de la perte par transmission (TL)
- Microphones à membranes affleurantes
- Mesure de l'intensité acoustique



→ **Gamme de fréquence : limitée à la fréquence de coupure du conduit**

(Sauf avec méthodes multimodales utilisant des couronnes de microphones ...)

La norme ISO 7235 et les basses fréquences

Limites basses fréquences :

- ✔ ISO 7235 : octave 63 Hz (tiers d'octaves 50 Hz)
- ✔ ISO 3741 : octave 125 Hz (tiers d'octaves 100 Hz)

En pratique :

- ✔ Forte dispersion des mesures dans les premières bandes d'octave (63 Hz et 125 Hz)
- ✔ Ecart types de reproductibilité et de répétabilité très élevés
 - ✔ Essais inter-laboratoire en Amérique du nord Jerry G. Lilly, "*Suggested Modifications to ASTM Test Method E 477*", Sound &Vibration, june 2011
 - ✔ Retour de 10 ans d'essais au CTTM
- ✔ Complexité et inadéquation des préconisations de la norme

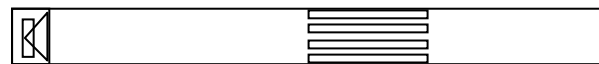
Les facteurs d'erreurs de la procédure normalisée

Etude méthodologique réalisée au CTTM :

F. Fohr & al, « Les problèmes posés par l'application de la norme ISO 7235 pour la mesure des silencieux dans les basses fréquences », Acoustique & Techniques n°79-80



Source
large bande



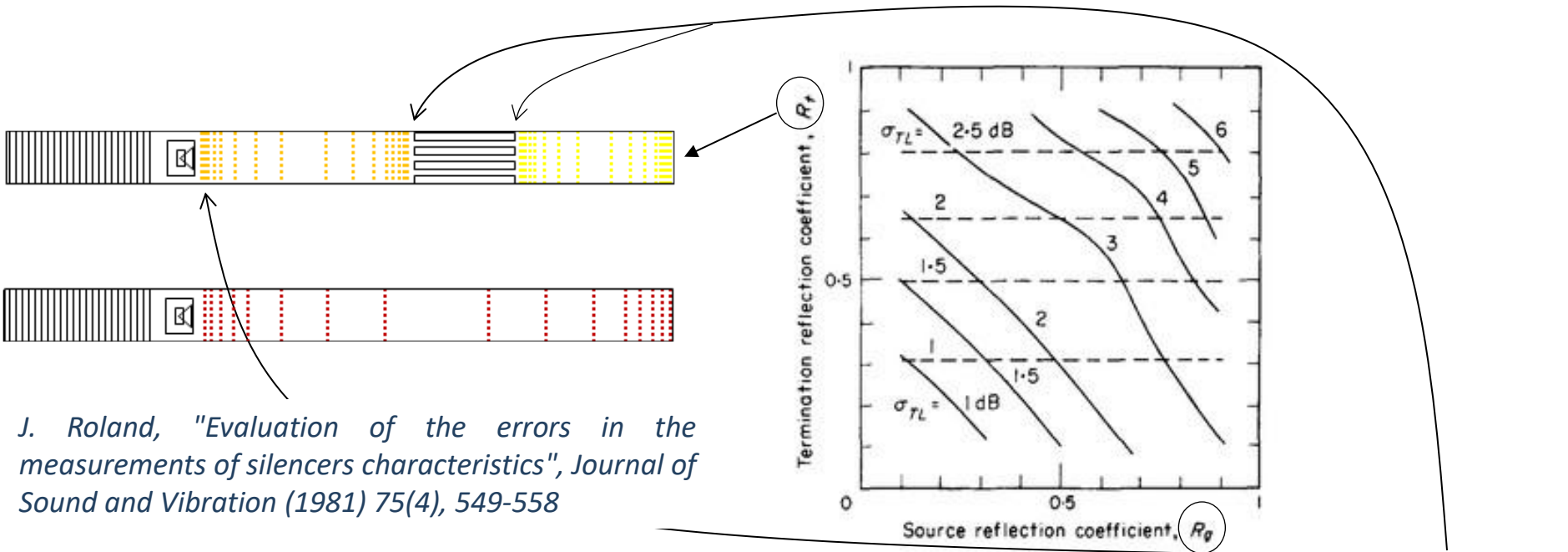
Silencieux en
essai



Salleréverbérante

- A. Différence de comportement modal de la veine d'essais avec et sans silencieux,
- B. Modification du comportement de la source acoustique avec et sans silencieux,
- C. Dispersion des mesures en salle réverbérante (champ non diffus en BF),
- D. Rayonnement par couplage vibro-acoustique de la veine d'essais.

A - Différence de comportement modal de la veine d'essais avec et sans silencieux

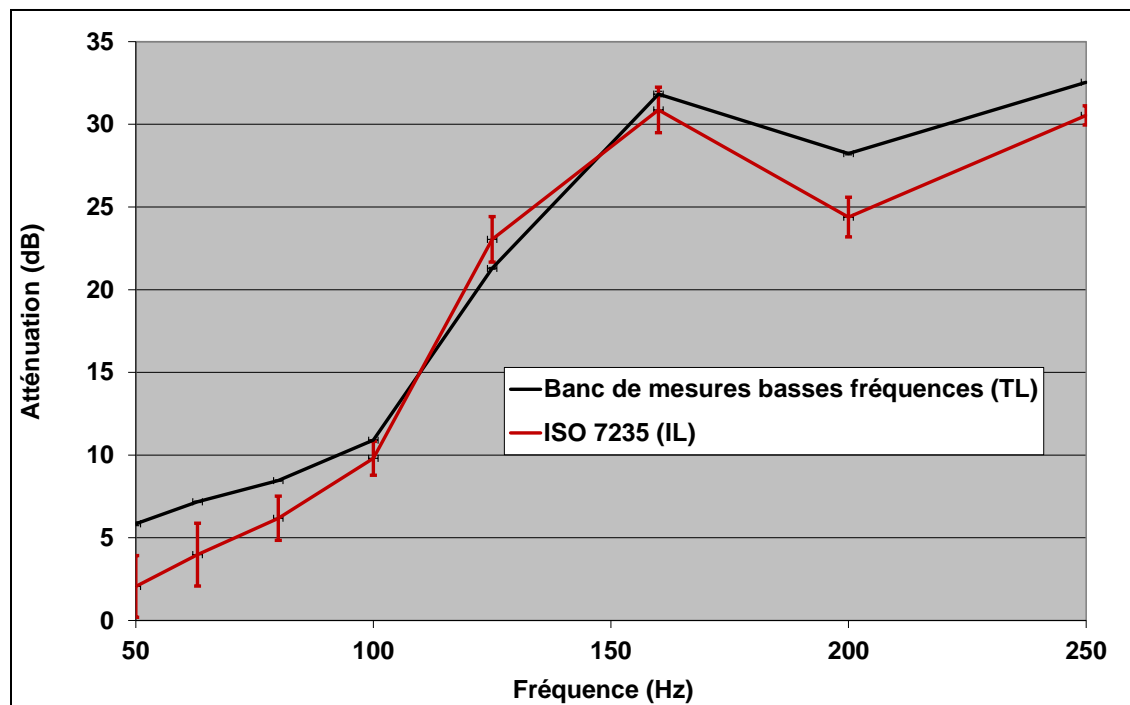


J. Roland, "Evaluation of the errors in the measurements of silencers characteristics", *Journal of Sound and Vibration* (1981) 75(4), 549-558

Figure 3. Standard deviation of the error in (dB) as a function of R_g and R_t for $R_{01} = R_{02} = 0.5$.
—, Substitution method; ---, direct method.

Erreur maximum = IL – TLO (substitution method) ou TL – TLO (direct method)
avec TLO : perte par transmission lorsque $R_g = R_t = 0$ (conditions anéchoïques)

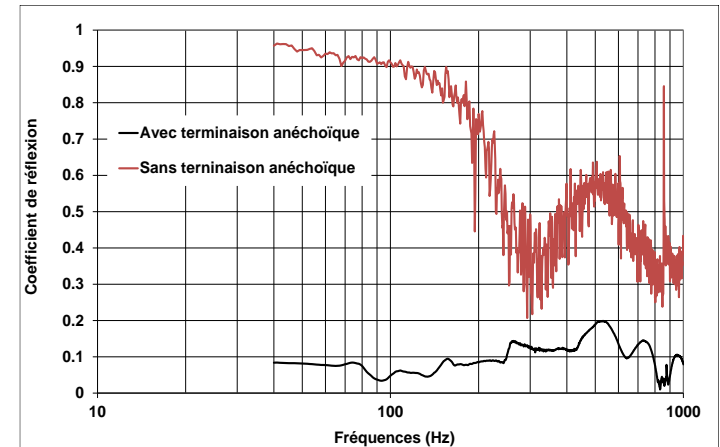
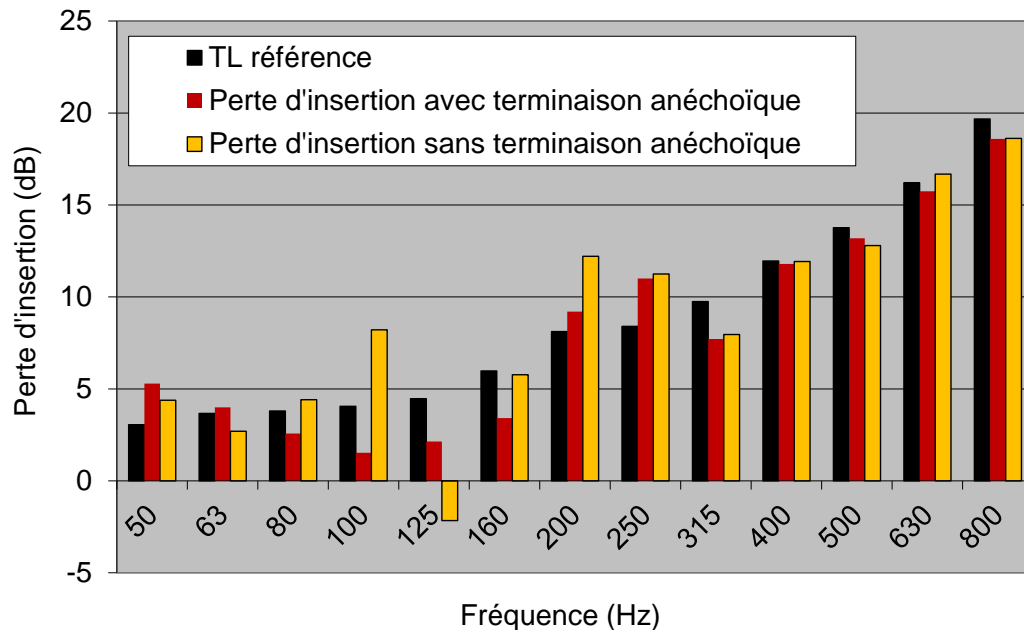
A - Différence de comportement modal de la veine d'essais avec et sans silencieux



Silencieux à baffles en gaine de section $0,5 \times 0,75 \text{ m}^2$ ($F_c \approx 250 \text{ Hz}$)

- Ecart entre IL et TL importants en basses fréquences,
- TL : grandeur de référence (dépend essentiellement du silencieux)
- IL : dépend du banc de mesure et du silencieux

L'apport de la terminaison anéchoïque



Coefficient de réflexion avec et sans terminaison anéchoïque

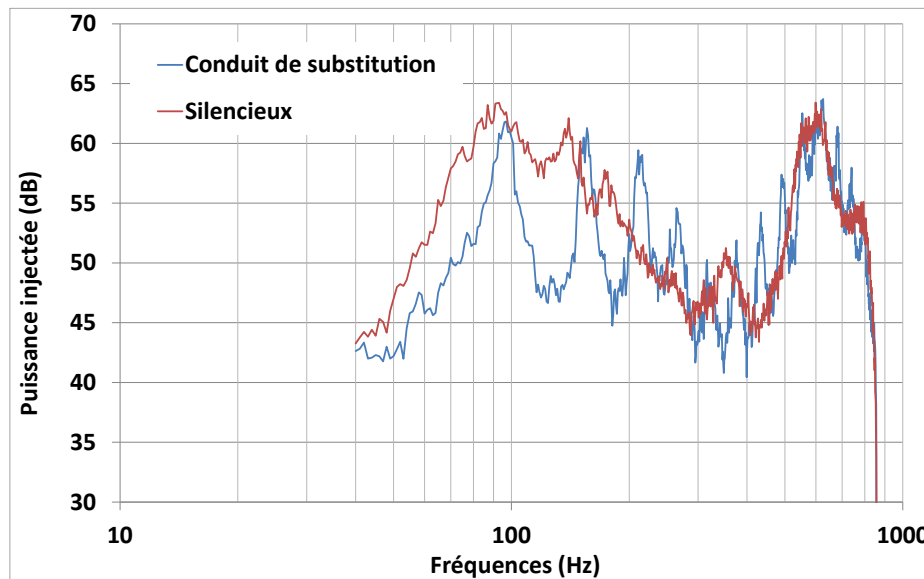
Exemple d'un silencieux circulaire classique de diamètre interne 0,2 m

- Réduction des écarts entre perte d'insertion et perte par transmission,
- Ecart résiduels dus à la modification de la puissance acoustique injectée à l'entrée du silencieux

B - Variation du comportement de la source acoustique

Modification de l'impédance de charge de la source en basses fréquences en fonction :

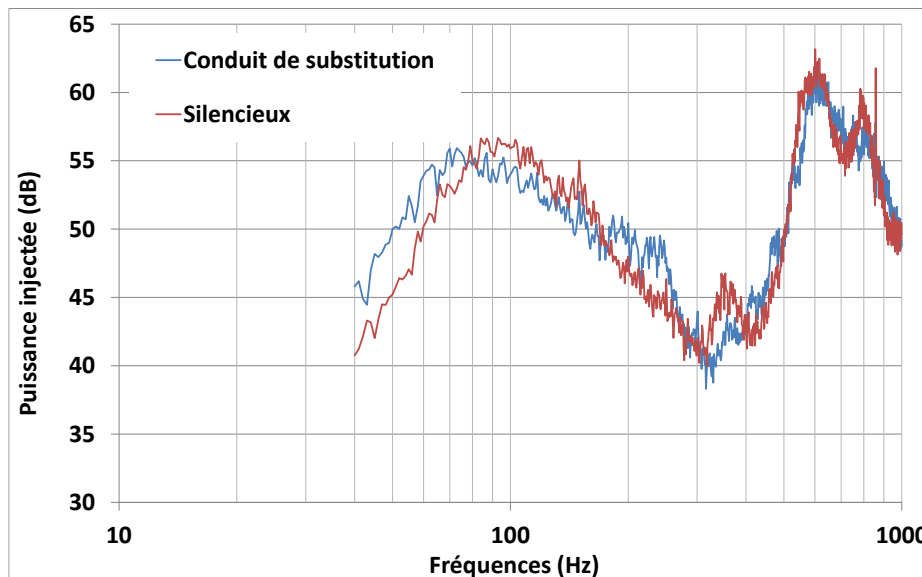
- des longueurs de conduits,
- des caractéristiques dimensionnelles du silencieux en essais,
- des coefficients de réflexion de la veine d'essais et du silencieux,
- de la conception de la source, ...



Mesure de la puissance acoustique injectée dans une veine d'essais de diamètre 160 mm à l'aide d'un doublet microphonique (mesure d'intensité acoustique)

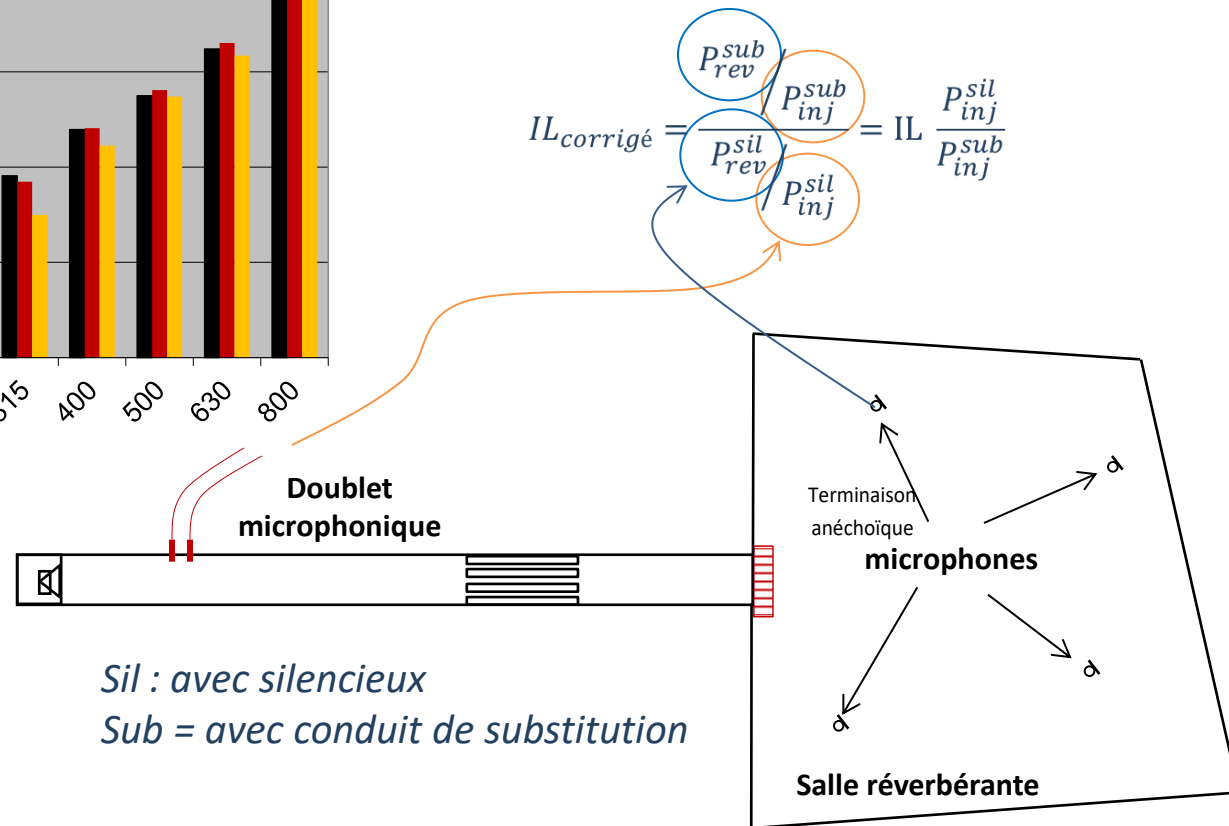
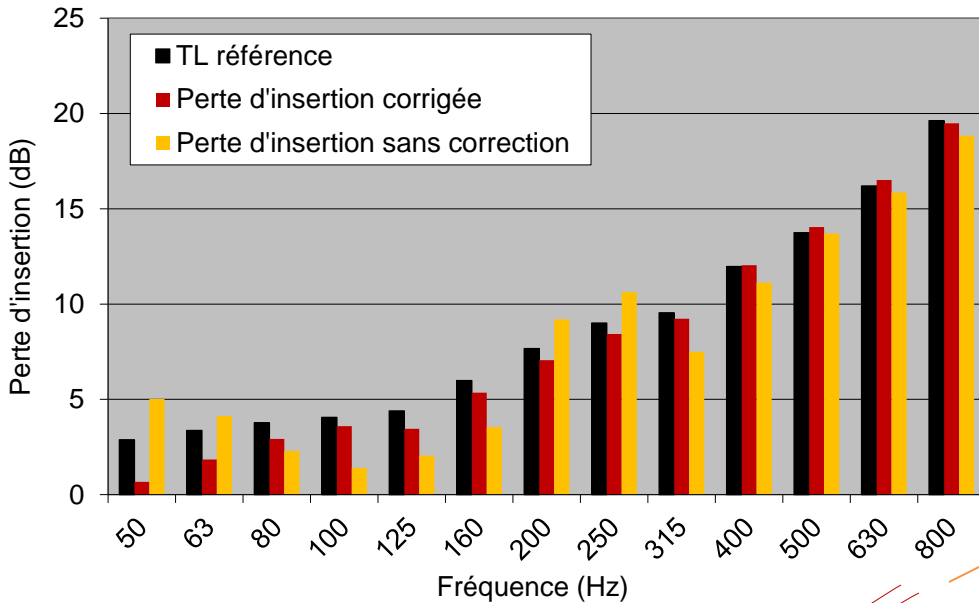
B - Variation du comportement de la source acoustique

- Utilisation d'une terminaison anéchoïque à l'extrémité de la veine d'essais,
- Solution nécessaire mais pas suffisante



Utilisation d'une terminaison anéchoïque

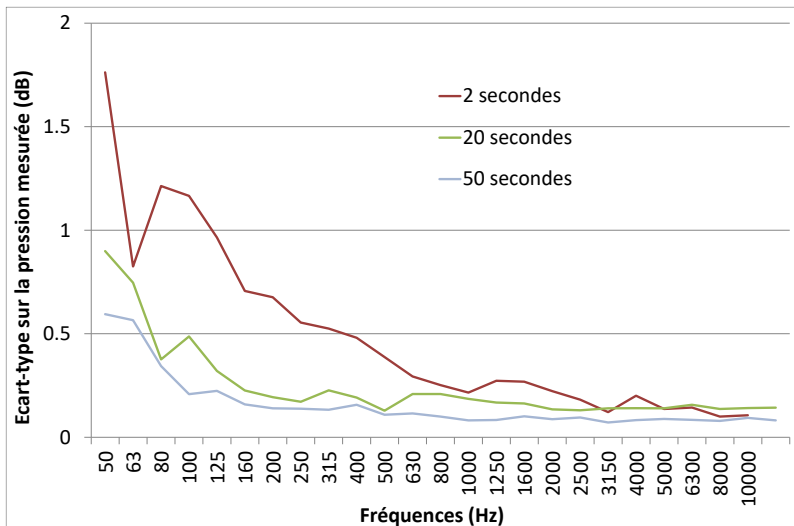
B - Variation du comportement de la source acoustique



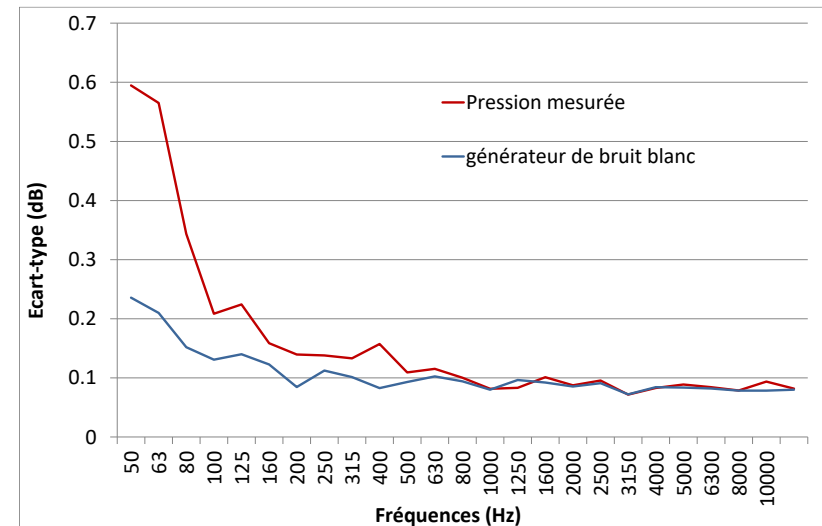
→ Normalisation des puissance mesurées par la puissance injectée

C - Dispersion des mesures en salle réverbérante

Dispersion temporelle



Ecart type d'une série de mesures de la pression acoustique avec l'un des microphones en fonction du temps d'intégration

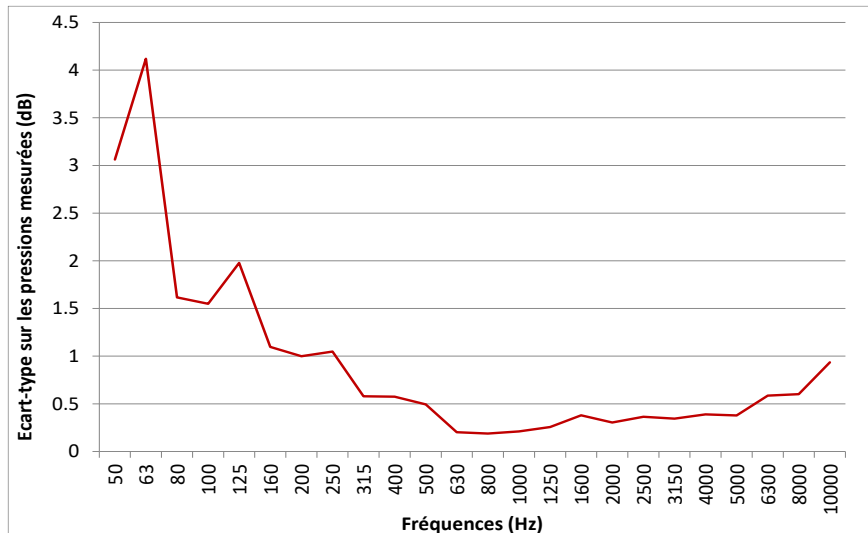


Ecart type d'une série de mesures de la pression acoustique et de la sortie du générateur de bruit blanc pour 50 s d'intégration

➔ Amplification de l'instationnarité du générateur de bruit blanc par le champ diffus

C - Dispersion des mesures en salle réverbérante

Dispersion spatiale



6 microphones répartis dans la salle

Salle réverbérante du CTTM :

Volume = 335 m³

Aucun mur parallèle

Diffuseurs optimisés

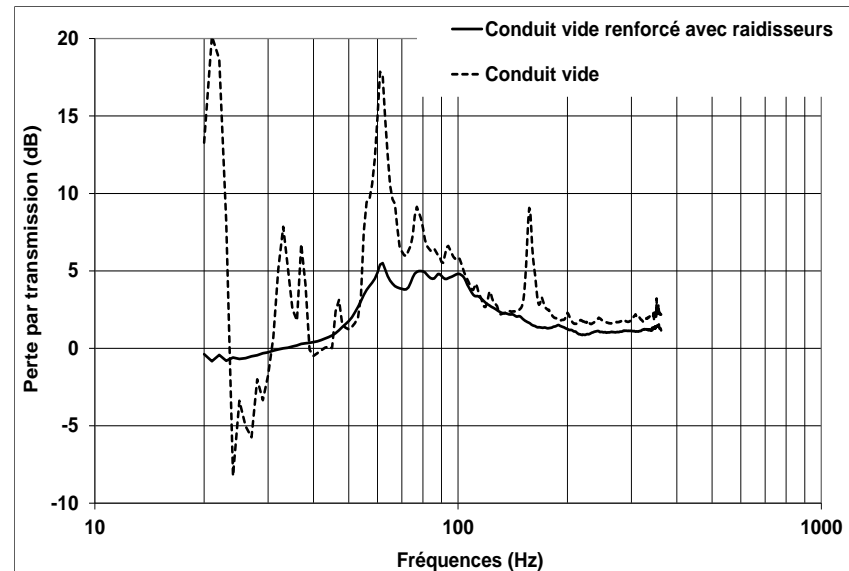
→ Existence de modes acoustiques résiduels en basses fréquences

Optimiser les conditions de mesure :

- Temps d'intégration longs (> 1 mn)
- Utilisation d'au moins 6 microphones
- Dépend des caractéristiques de la salle réverbérante.

D - Pertes par rayonnement du conduit de substitution

Exemple de mesures de la perte par transmission d'un conduit vide (conduit de substitution) simple et d'un conduit renforcé par des raidisseurs et une masse bitumeuse

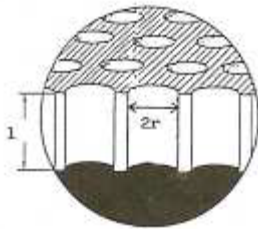


Conduit rectangulaire de section $0,5 \times 0,3 \text{ m}^2$ en acier galvanisé d'épaisseur $0,8 \text{ mm}$

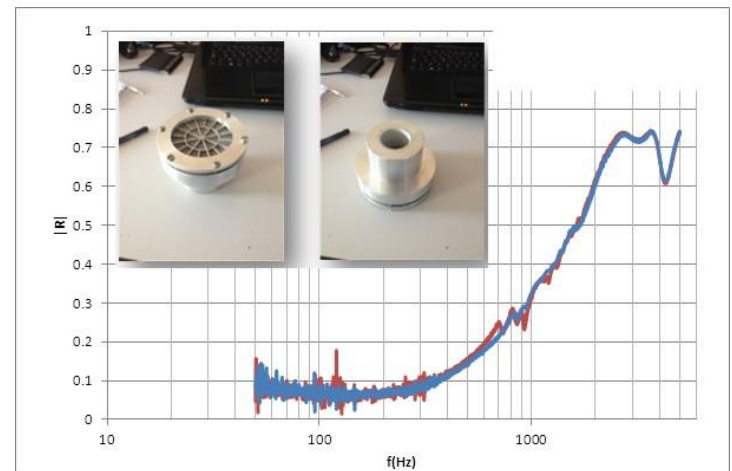
- Seule la mesure de TL permet de prendre en compte le rayonnement
- Utilisation de conduits raidis ou cylindriques

La terminaison anéchoïque toutes fréquences

JP. Dalmont, J. Kergomard, X. Meynial,
"Réalisation d'une terminaison anéchoïque
pour un tuyau sonore aux basses fréquences",
Compte rendu de l'académie des sciences de
Paris, t. 309, série II, p. 453-458 (1989)



E. Portier, JP. Dalmont, « Acoustic optimization of anechoic termination with and without superimposed flow », SIA Confort Automobile et Ferroviaire, 2012

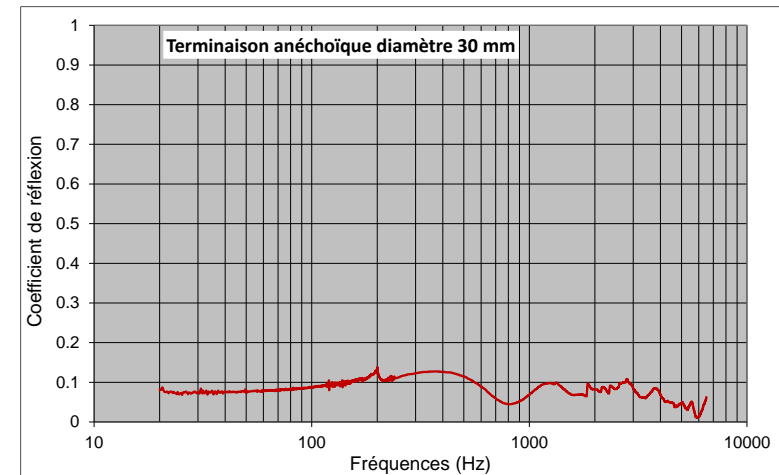


F. Fohr, E. Portier, « Conduit comprenant au moins une terminaison anéchoïque comprenant un moyen d'absorption acoustique basses fréquences et un moyen d'absorption acoustique moyennes et hautes fréquences », brevet FR1771310

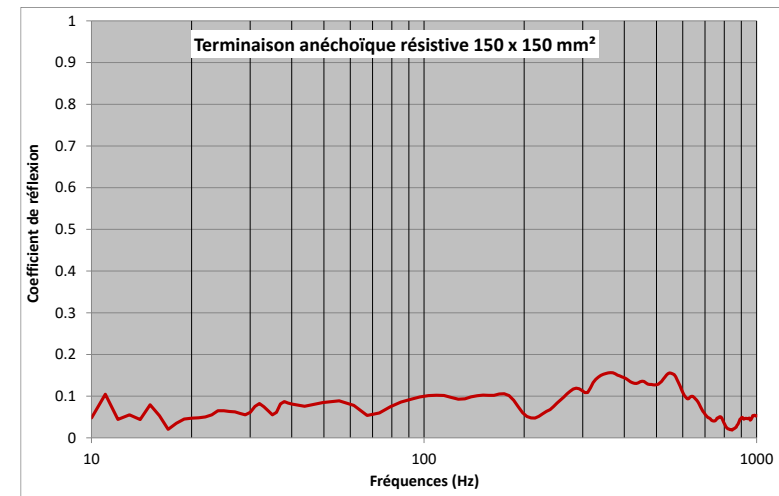


La terminaison anéchoïque toutes fréquences

Terminaison anéchoïque pour conduit circulaire de diamètre 30 mm

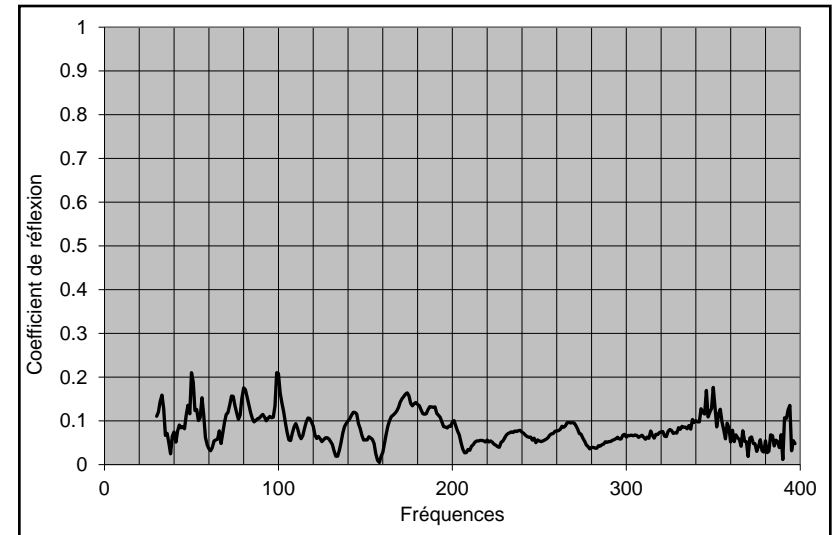


Terminaison anéchoïque pour conduit rectangulaire de section 160 x 160 mm²



La terminaison anéchoïque toutes fréquences

Terminaison anéchoïque pour conduit
rectangulaire de section 300 x 500 mm²



- Efficace dès les premiers Hz
- Principe déclinable a priori dans toute les dimensions
- Mesures sans écoulement