

Réalisation d'une chambre anéchoïque revêtue de panneaux et destinée à l'étude des bruits d'origine aérodynamique

par J. P. BERHAULT, M. SUNYACH, H. ARBEY et G. COMTE-BELLOT

Laboratoire de Mécanique des Fluides, Ecole Centrale de Lyon, 69130-Ecully, France

Sommaire

Le revêtement intérieur de la chambre est constitué par un empilement alterné de panneaux en laine de verre dont la masse volumique est 70 kg/m^3 et 38 kg/m^3 . Les panneaux les plus denses ont 80 cm de longueur; les panneaux les moins denses, 40, 50, 60 ou 70 cm. Les dimensions utiles de la chambre sont: 6,10 m (longueur), 4,60 m (largeur) et 3,80 m (hauteur). Le caractère anéchoïque a été contrôlé par la décroissance du niveau de pression sonore p en fonction de la distance r à diverses sources. Les écarts par rapport à la loi $p \sim 1/r$ apparaissent essentiellement autour de 80 Hz (décroissance trop rapide) et pour des explorations proches des parois (comportement dépendant de la fréquence).

L'installation pour l'étude des bruits d'origine aérodynamique comporte un circuit qui fournit un écoulement en veine libre. Le jet a une section de sortie de $30 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ et une vitesse maximale de 60 m/s.

Bau eines mit Glaswolleplatten ausgekleideten schalltoten Raumes zur Untersuchung von Geräuschen aerodynamischen Ursprungs

Zusammenfassung

Die innere Auskleidung des Raumes besteht aus gestaffelt angeordneten Glaswolleplatten mit Dichten von 70 kg/m^3 und 38 kg/m^3 . Die dichtesten Platten sind 80 cm lang, die weniger dichten 40, 50, 60 und 70 cm. Die Maße des nutzbaren Raumes sind: 6,10 m (Länge) \times 4,60 m (Breite) \times 3,80 m (Höhe). Die Reflexionsfreiheit des Raumes wurde überprüft durch die Abnahme des Schalldrucks p in Abhängigkeit von der Entfernung r bei verschiedenen Quellen. Die Abweichungen vom Gesetz $p \sim 1/r$ zeigen sich vor allem im Bereich um 80 Hz (zu schnelle Abnahme) und bei Messungen nahe der Wände (frequenzabhängiges Verhalten).

Die Einrichtung für die Untersuchung von Geräuschen aerodynamischen Ursprungs besteht aus einem Freistrahlbläse mit einem Düsenquerschnitt von $30 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ und Geschwindigkeiten bis 60 m/s.

The Design and Construction of an Anechoic Chamber, Lined with Panels, for Investigation of Aerodynamic Noise

Summary

The wall lining of the chamber consists of successive layers of glass wool panels, of densities 70 kg/m^3 and 38 kg/m^3 . The former are 80 cm long, the latter, 40, 50, 60 or 70 cm long. The dimensions of the open space in the chamber are: 6.10 m (length) \times 4.60 m (width) \times 3.80 m (height). The acoustic characteristics of the chamber were examined by measuring the sound pressure level p as a function of the distance r from different sources. The deviations from the decay law $p \sim 1/r$ are apparent principally in the region of 80 Hz, where p decreases too rapidly, and for surveys near the walls, where the decay is frequency dependant.

An air stream is ducted into the chamber for investigations of aerodynamic noise. The dimensions of the free jet in the nozzle plane are $30 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$. The maximum jet velocity is 60 m/s.

1. Introduction

La présence dans de nombreuses situations pratiques de bruit engendré par les écoulements turbulents, étudiés par ailleurs au Laboratoire de Mécanique des Fluides de l'E.C.L., nous a conduits à

réaliser une chambre anéchoïque et à l'équiper d'un circuit aérodynamique offrant un écoulement en veine libre à l'intérieur de la chambre (Fig. 1). Des essais sur le bruit des jets et sur le bruit des obstacles placés dans un écoulement peuvent ainsi être effectués. En outre, cette chambre anéchoïque com-

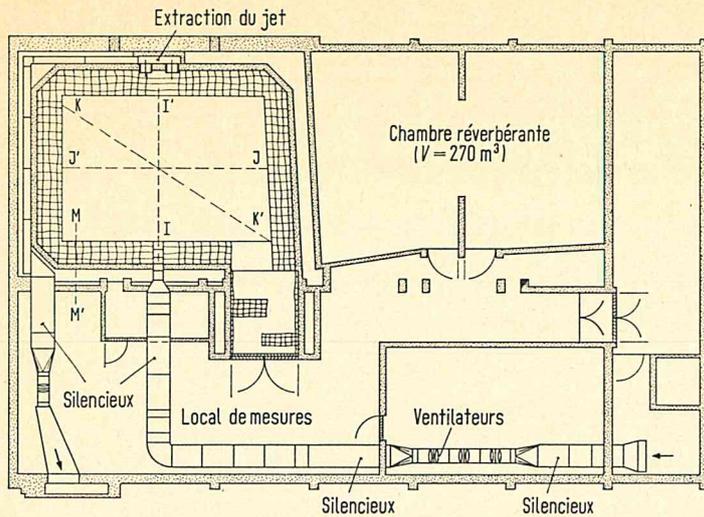


Fig. 1.
Schéma général du laboratoire d'aéroacoustique.

plète l'équipement dont dispose le Laboratoire dans le domaine de l'acoustique, à savoir :

- deux chambres réverbérantes couplées (Fig. 1) de dimensions moyennes : $L = 6,50$ m, $l = 4,50$ m, $H = 4,45$ m et $L = 6,40$ m, $l = 4,50$ m, $H = 4,45$ m, l'ouverture centrale étant de $3,45$ m \times $2,40$ m; le temps de réverbération est de $9,2$ s à 500 Hz.
- une chambre réverbérante de dimensions moyennes $L = 9,35$ m, $l = 6,45$ m, $H = 4,45$ m, présentant un temps de réverbération de $11,5$ s à 500 Hz; elle est munie d'une arrivée d'air dont le conduit est traité acoustiquement (revêtement en laine de verre et filtre rejecteur accordé sur la fréquence de passage des pales du ventilateur d'alimentation); cette installation, dont le débit maximal est de $1,5$ m³/s (pression 500 Pa), sert actuellement à l'étude aérodynamique et acoustique des bouches de soufflage.

2. Gros-oeuvre et environnement de la chambre

La chambre anéchoïque est située au sous-sol d'un bâtiment de deux étages construit sur le nouveau site de l'E.C.L. à Ecully, à l'écart de toute voie à circulation intense. Le fonctionnement des appareils de travaux pratiques situés dans le bâtiment ne produit au sous-sol qu'un niveau de pression acoustique en filtre $1/3$ d'octave de 45 dB (référence 2×10^{-5} N/m²) pour les fréquences inférieures à 200 Hz et de 25 dB pour les fréquences supérieures à 200 Hz. La principale source de bruit dans l'environnement de la chambre est donc le groupe ventilateur du circuit aérodynamique associé à la chambre (Fig. 1). L'emplacement de ce groupe et son isolement acoustique sont décrits à la Section 8.

Le gros-oeuvre de la chambre est réalisé selon la technique de la double enceinte (Fig. 1 et Fig. 2). Les murs et le plafond de l'enceinte intérieure forment une cloche qui repose sur un cuvelage hydro-

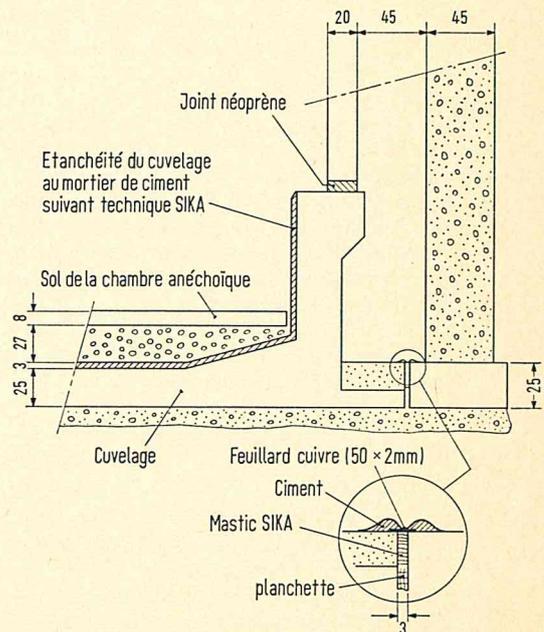


Fig. 2. Détail du gros-oeuvre de la chambre (cotes en cm).

fuge par l'intermédiaire d'un joint en néoprène de 1 cm d'épaisseur. Le cuvelage a une fondation indépendante de celle du bâtiment. L'étanchéité le long de son pourtour est effectuée au moyen d'un joint très peu rigide (Fig. 2). Le sol de la chambre est une dalle isolée du cuvelage par un lit de graviers. L'isolement aux vibrations mécaniques de l'enceinte intérieure par rapport au local de mesures adjacent est d'environ 55 dB. Ces mesures ont été effectuées

au moyen d'un accéléromètre BRUEL et KJAER 4318 relié à un amplificateur BRUEL et KJAER 2624 et placé en 12 positions réparties sur les parois intérieures de la chambre, l'excitation étant créée par une machine à frapper BRUEL et KJAER 3204 posée à 50 cm du mur extérieur.

Brute de maçonnerie, la chambre a les dimensions suivantes: longueur 7,70 m; largeur: 6,20 m; hauteur: 5,40 m. Le sol et le plafond sont parallèles ainsi que les grandes parois latérales tandis que les petites parois latérales font un angle de 5° environ.

3. Revêtement intérieur de la chambre

A cause des petites dimensions de la chambre, dues à l'architecture du bâtiment, on a cherché un revêtement intérieur qui présente une grande efficacité et qui restreigne le moins possible le volume restant disponible.

Le revêtement utilisé est constitué par un empilement alterné de panneaux en laine de verre dont la masse volumique est 70 kg/m³ et 38 kg/m³ (Fig. 3).

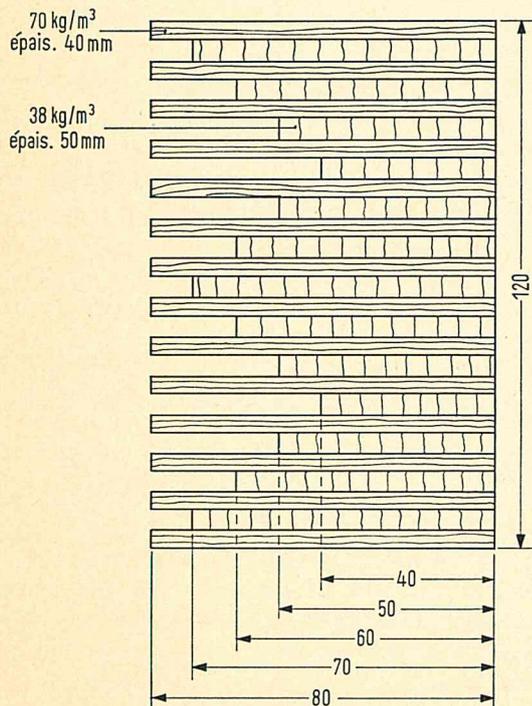


Fig. 3. Coupe du revêtement utilisé (cotes en cm).

Les panneaux les plus denses ont 80 cm de longueur; les panneaux les moins denses, 40, 50, 60 ou 70 cm. Ce revêtement a été choisi d'après les résultats obtenus sur de nouvelles configurations d'absorbants par la Compagnie Saint-Gobain (Centre de Recherches Industrielles de Rantigny) qui effectue des essais dans un tube à ondes station-

naires de section 1,20 m × 1,20 m et de longueur 11,3 m. Pour la configuration choisie, la variation en fonction de la fréquence du coefficient d'absorption sous incidence normale est indiquée Fig. 4.

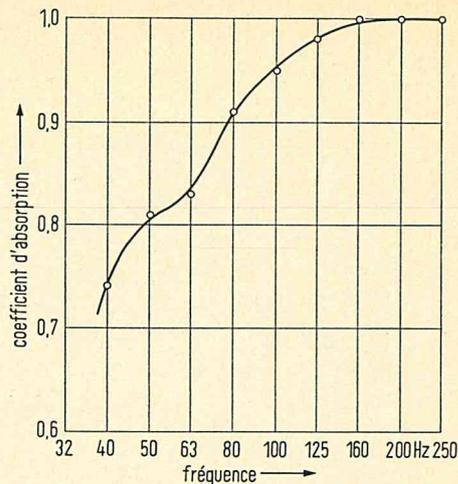


Fig. 4. Coefficient d'absorption du revêtement utilisé, sous incidence normale.

La maille carrée de 1,20 m de côté a été retenue comme élément de base du revêtement de la chambre, les mailles étant alternativement horizontales et verticales (Fig. 5 a). Pour le sol et les murs, les

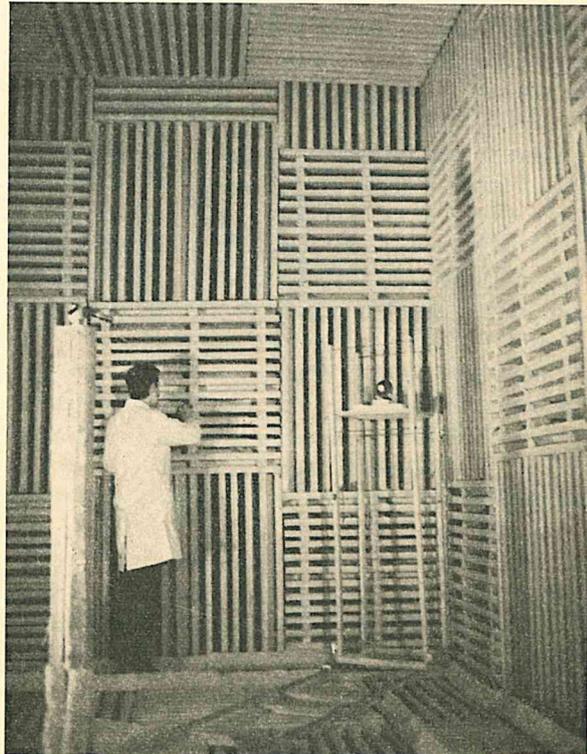


Fig. 5. (a) Vue générale de la chambre et dispositions de la source et du microphone lors des tests d'anéchoïcité.

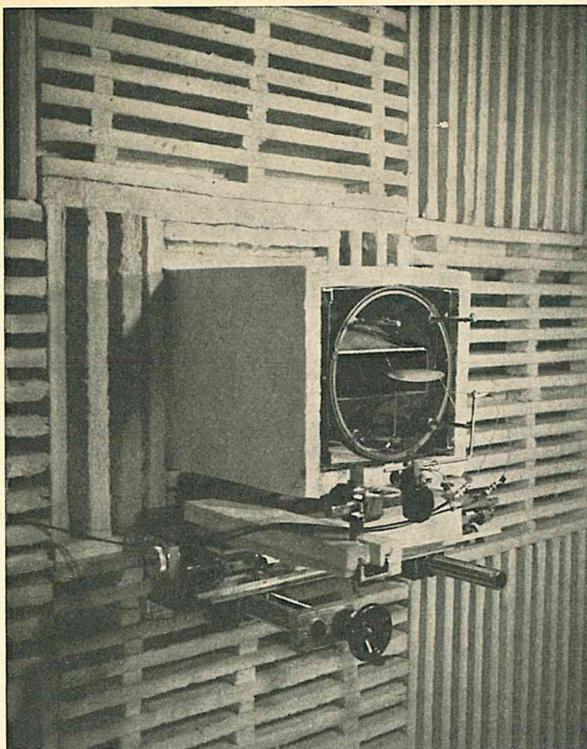


Fig. 5. (b) Buse de sortie du circuit aérodynamique associé à la chambre et dispositif de montage pour l'étude des bruits d'obstacles.

panneaux sont simplement posés les uns contre les autres. Au plafond, ils sont enfilés sur des tubes en plastique (80 mm de diamètre) suspendus au béton par des colliers. Une feuille de polyester de 3/10 mm d'épaisseur est intercalée entre le béton et les panneaux. Aucune cavité résonante n'a été associée au revêtement. On sait en effet que des augmentations du coefficient de réflexion peuvent apparaître de part et d'autre de la fréquence d'accord du résonateur et empêcher l'extension du fonctionnement de la chambre vers les basses fréquences [1], [2].

Par rapport aux configurations d'absorbants généralement utilisées, [1] à [7], le revêtement retenu est d'une exécution très simple et présente les deux propriétés suivantes :

- réaction en masse de la laine de verre aux basses fréquences,
- liaison souple entre la laine de verre et les parois,

propriétés qui ont été reconnues comme essentielles lors de travaux antérieurs [5], [8].

4. Sas d'entrée

On accède à la chambre anéchoïque par un sas muni d'une porte (Fig. 1). Le plafond et les parois

latérales du sas sont formés de deux murs de 20 cm d'épaisseur (moellons pleins assemblés par un lit continu de mortier) séparés par un espace de 30 cm. L'intérieur du sas qui a 2,14 m de hauteur comprend :

- deux chicanes en laine de verre (longueur: 1,20 m, épaisseur 60 et 40 cm, masse volumique 70 et 38 kg/m³),
- une couche de 5 cm de laine de verre (38 kg/m³) sur les parois et le plafond, ainsi que sur la face interne de la porte du sas,
- une moquette sur le sol.

Ainsi traité, le sas présente une absorption voisine de celle de la chambre (cf. Section 7).

La porte du sas (largeur: 1,30 m, hauteur 2,10 m) est à doubles battants et son ouverture s'effectue manuellement au moyen d'une crémone accessible de l'intérieur ou de l'extérieur de la chambre. Chaque battant est constitué par deux plaques en acier de 3,6 mm d'épaisseur séparées par un espace de 10 cm environ contenant des raidisseurs en acier et des panneaux en gyproc. L'encadrement de la porte, qui est également en acier de 3,6 mm d'épaisseur, est scellé au mur. La porte présente une atténuation moyenne de 45 dB environ entre 125 Hz et 2 kHz, cette atténuation étant d'ailleurs comparable à celle de la structure en double paroi possédée par la chambre et le sas.

Les câbles utiles aux commandes et aux mesures effectuées passent par le chemin MM' à travers le double mur de la chambre (orifice de 12 cm de diamètre) de même que les fils blindés alimentant l'éclairage de la chambre (lampes à incandescence).

5. Aménagement de la chambre

On a limité la partie accessible de la chambre à un chemin de ronde de largeur 0,50 m et à une plate-forme centrale de dimensions 1,20 m × 1,20 m. Ce sol, qui est constitué par des caillebotis encastrés dans des cornières, est entièrement amovible, pour minimiser les réflexions parasites éventuelles [9].

Les cornières ont pour dimensions 20 mm × 40 mm pour le chemin de ronde et 80 mm × 80 mm pour la plate-forme centrale. Elles sont recouvertes d'une bande de mousse polyester adhésive et reposent sur des pieux scellés au béton et noyés dans la laine de verre (ronds en acier de diamètre 20 mm ou cornières de 80 mm × 80 mm). Quelques pieux supplémentaires (diamètre 80 mm) sont disposés entre le sas et la plate-forme centrale. Ils peuvent recevoir des rails destinés à faciliter la mise en place des matériels lourds sur la plate-forme centrale (charge permise: 10 000 N).

6. Bruit de fond de la chambre

Les mesures ont été effectuées au moyen d'une chaîne BRUEL et KJAER comprenant un microphone 4145 de 2,54 cm de diamètre, un préamplificateur 2619, un analyseur 1/3 d'octave 2113 et un enregistreur de niveau 2305. La Fig. 6 reproduit le

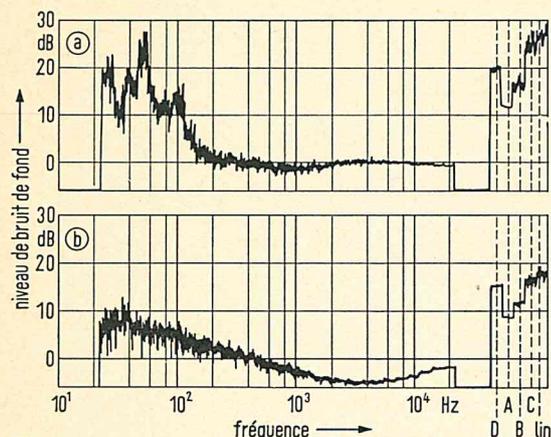


Fig. 6. (a) bruit de fond de la chambre,
(b) bruit de fond du circuit de mesures.

spectre et les niveaux sonores obtenus (décibels D, A, B, C et échelle linéaire 20 à 20 000 Hz) lorsque le microphone est situé au centre de la chambre. A titre de comparaison, on a représenté aussi le signal qui correspond au bruit électronique de la chaîne de mesures, l'entrée du préamplificateur étant alors fermée par une capacité de 50 pF. Le bruit propre de la chambre apparaît donc essentiellement aux fréquences inférieures à 100 Hz. Cette contribution dépend d'ailleurs un peu de la place du microphone dans la chambre. Par exemple, les pics à 50 et 100 Hz disparaissent à proximité du mur le plus éloigné des salles réverbérantes tandis que le pic à 100 Hz s'accroît (+4 dB) du côté du sas et des salles réverbérantes.

7. Tests d'anéchoïcité

7.1. Exécution des essais

Pour déterminer l'approximation avec laquelle sont réalisées les conditions de propagation en espace libre, nous avons mesuré systématiquement la décroissance de la pression p acoustique en fonction de la distance r à la source. Pour ces mesures les caillebotis sont retirés de la chambre.

Les différentes sources utilisées sont:

1^o) un haut-parleur électrodynamique SUPRAVOX T 215 RTF 64 de 21,5 cm de diamètre incorporé à une enceinte de dimensions extérieures 50 cm × 50 cm × 50 cm comprenant une fente de décompression,

2^o) deux haut-parleurs AUDAX F11PA9 de diamètre 10 cm vissés face à face et connectés de façon à être excités en phase,

3^o) un haut-parleur électrodynamique AUDAX 5CIS/C de 52 mm de diamètre monté dans un baffle constitué de panneaux en laine de verre.

Dans chaque cas, nous avons effectué des essais dans toute la bande passante permise. Seuls cependant ont été reportés les résultats obtenus avec la source n^o 1 pour les fréquences inférieures à 800 Hz et avec la source n^o 2 pour les fréquences supérieures. Il est en effet apparu, que pour la plupart des essais effectués dans le domaine 1 à 6 kHz, la source n^o 3 donnait des résultats sensiblement meilleurs que ceux correspondant à la source n^o 2, cela vraisemblablement à cause de la directivité plus marquée de ce troisième montage.

Ces sources sont excitées en fréquence pures (générateur TACUSSEL GBF4 et amplificateur de puissance TACUSSEL AP12). Un microphone BRUEL et KJAER à capacité, type 4145, de 2,54 cm de diamètre, monté sur son préamplificateur 2619 est utilisé pour la mesure des pressions acoustiques. Il est fixé à un mât, de 4 cm de diamètre, solidaire du bâti d'un chariot. Cet ensemble, habillé par 5 cm de laine de verre se déplace sur une voie constituée par deux profils en duralumin, de 25 mm, maintenus écartés de 50 cm par de petites traverses en bois. Cette voie s'appuie sur le revêtement inférieur de la chambre sourde et sur les cornières qui servent de support au caillebotis à l'aide de cales en laine de verre (Fig. 5 a). Le déplacement du chariot est assuré depuis la salle de mesures par un système de va-et-vient monté à l'aide de poulies et d'une corde en nylon. Sa position est déterminée par la rotation d'un tambour et traduite en tension à l'aide d'un potentiomètre multitour.

Le signal du microphone est transmis à un analyseur à bande étroite BRUEL et KJAER type 2107 ($\Delta N/N = 6\%$). La tension aux bornes du cadre mobile est alors appliquée à l'amplificateur Y d'un enregistreur XY HEWLETT-PACKARD 7005 B, tandis que la tension aux bornes du potentiomètre repérant la position du micro est appliquée à l'amplificateur X. Pour ces enregistrements, la position du microphone est repérée par rapport au plan frontal des haut-parleurs (source n^o 1 et n^o 3) ou par rapport au plan médian (source n^o 2) et les relevés du niveau de pression acoustique sont effectués par gammes de 10 dB (Fig. 7). Cette façon de procéder permet de conserver sur l'enregistrement la précision obtenue lors de la lecture directe du niveau sonore à l'aide de la chaîne de mesure. La reproductibilité des essais ($\pm 0,2$ dB, $\pm 0,25$ cm) permet de

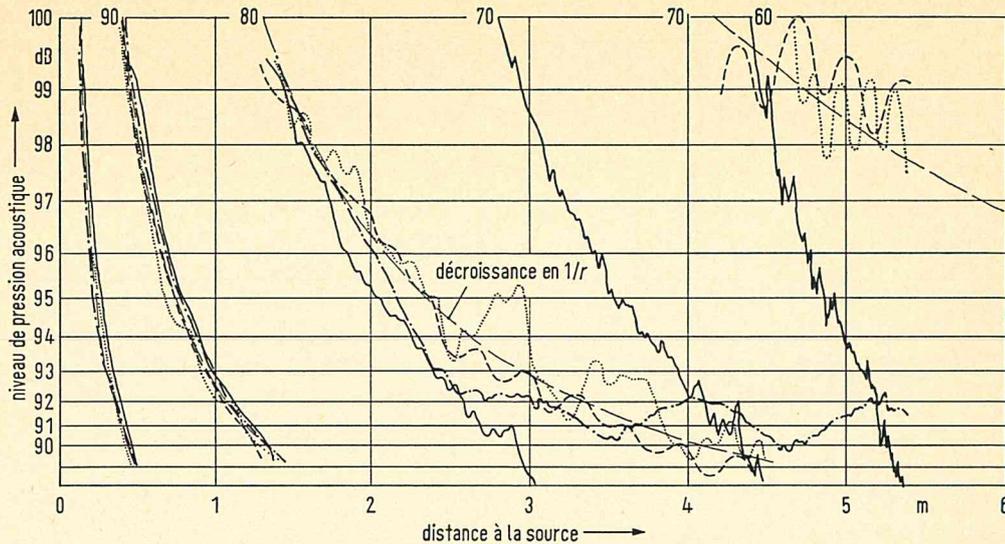


Fig. 7. Relevé continu du niveau de pression acoustique suivant la grande médiane JJ'.
 1000 Hz, - · - · - 160 Hz,
 - - - 500 Hz, — 80 Hz.

confirmer le caractère stationnaire des variations de niveau enregistrées.

Les résultats sont ensuite traduits sur un diagramme logarithmique (Fig. 8). On peut alors dé-

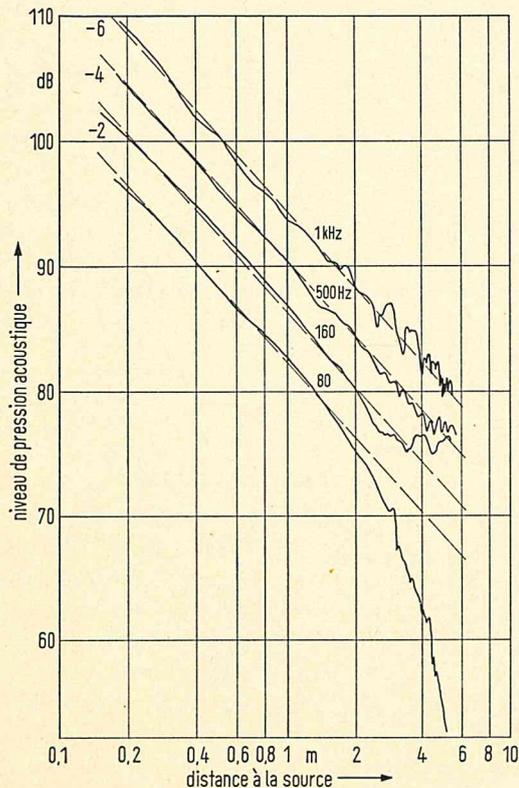


Fig. 8. Tracé de la décroissance du niveau de pression acoustique en fonction de la distance à la source suivant la médiane JJ' (fréquences moyennes).

terminer la position de la source réelle, position qui est alors prise pour origine des distances r source-microphone. Les corrections ainsi effectuées sont cependant toujours inférieures à 5 cm, de sorte que leur incidence sur les mesures effectuées au-delà de 1 m est négligeable.

7.2. Résultats

Trois directions ont été explorées systématiquement dans un plan horizontal situé à 1,80 m au-dessus du sol: la petite médiane II', la grande médiane JJ', et la diagonale orientée vers le sas KK'. Les écarts entre les niveaux sonores mesurés dans ces trois directions et la loi $p \sim 1/r$ apparaissent sur les Fig. 9, 10 et 11 pour des fréquences comprises entre 80 Hz et 8 kHz.

D'après les résultats obtenus on peut distinguer approximativement trois domaines de fréquences:

- la gamme 2,5 à 8 kHz pour laquelle les écarts relevés ne dépassent jamais ± 1 dB,
- la gamme 200 Hz à 2,5 kHz pour laquelle les écarts sont un peu plus grands, en particulier au-dessus de 800 Hz où ils peuvent atteindre ± 2 dB,
- la gamme 80 Hz à 200 Hz pour laquelle de grands écarts apparaissent dès que la distance source-micro dépasse 2,5 m.

Dans ce dernier domaine les observations les plus caractéristiques sont obtenues pour des fréquences proches de 80 Hz et de 160 Hz: pour 160 Hz l'écart devient positif et croît avec la distance; pour 80 Hz il est au contraire négatif. L'évolution continue des phénomènes de part et d'autre de ces fréquences se

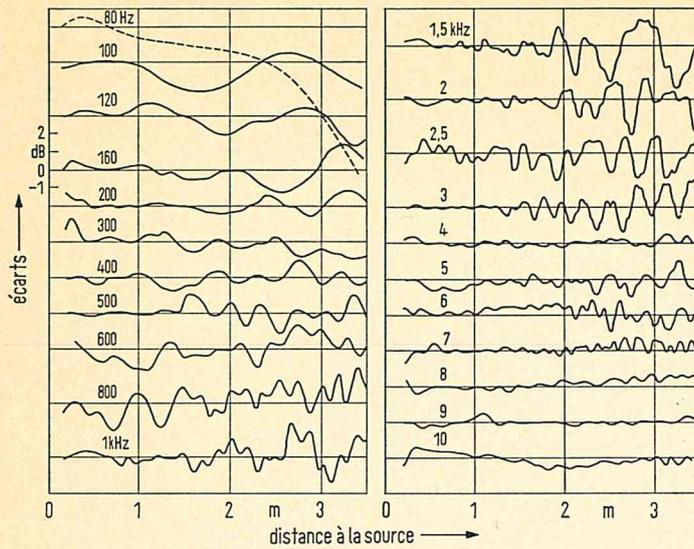


Fig. 9. Ecarts par rapport à la loi en $1/r$ suivant la petite médiane II'.

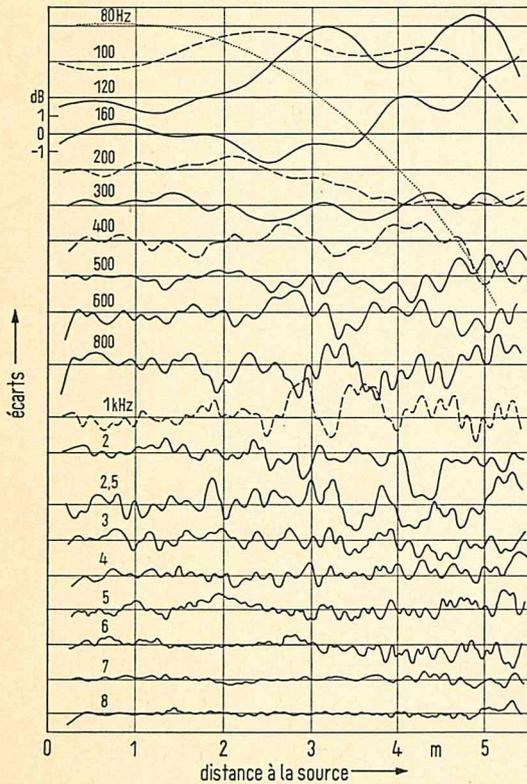


Fig. 10. Ecarts par rapport à la loi en $1/r$ suivant la grande médiane JJ'.

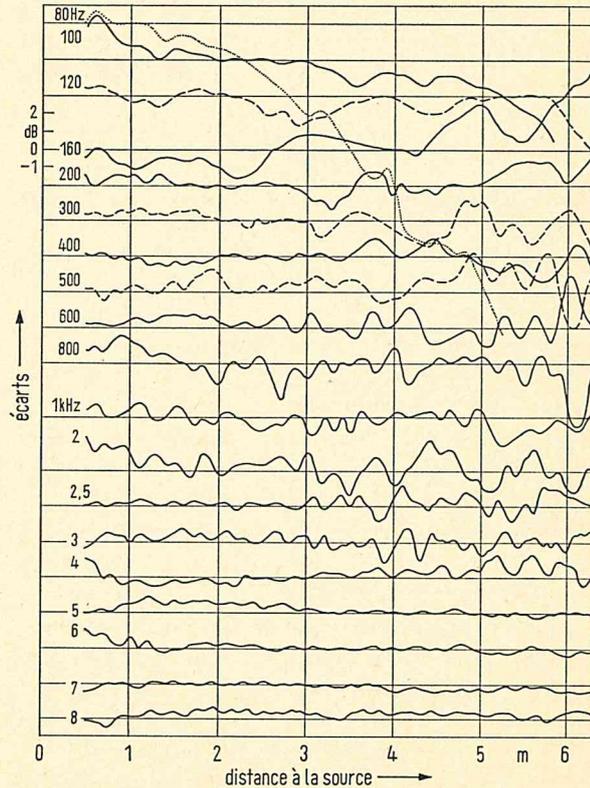


Fig. 11. Ecarts par rapport à la loi en $1/r$ suivant la diagonale KK'.

traduit par un comportement plus proche de l'idéal à 100 Hz et à 40 Hz (Fig. 12). La similitude entre les résultats obtenus dans les trois directions pour une même distance source-micro nous fait supposer que les écarts observés pour $r \geq 2,5$ m seraient dus à des réflexions multiples sur les parois de la chambre et non pas seulement à une réflexion sur la paroi frontale. Le calcul de l'amplitude de l'onde normale

réfléchi et l'exploration du champ sonore dans la zone distante de moins de $\lambda/4$ de la paroi en béton révèlent d'ailleurs, pour 80 Hz, une remontée du niveau de pression au voisinage immédiat du revêtement, mais celle-ci est beaucoup trop faible pour expliquer l'écart de 16 dB observé par rapport à la loi en $1/r$. Notons aussi que l'absorption d'un revêtement absorbant décroît avec l'incidence [10].

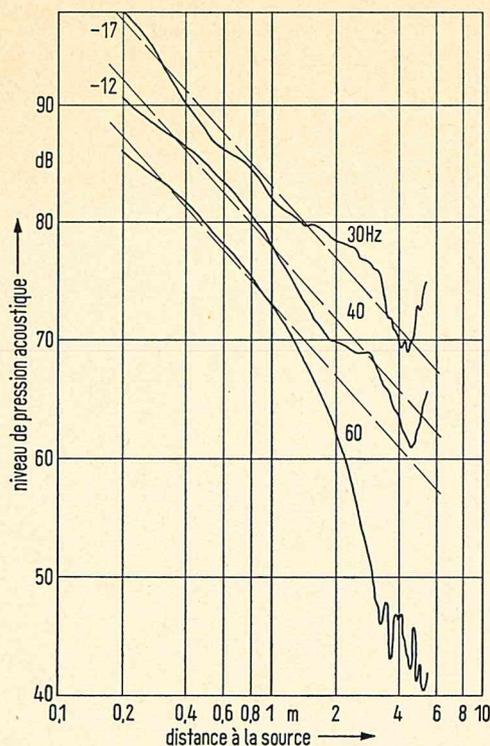


Fig. 12. Décroissance du niveau de pression acoustique en fonction de la distance à la source suivant la médiane JJ' (basses fréquences).

Dans le domaine 200 Hz à 2,5 kHz, le niveau de pression évolue avec une série de maximums et de minimums relatifs espacés de $\lambda/2$ environ. Ces oscillations se produisent à peu près uniformément sur toute la distance explorée; elles sont de plus portées par des ondulations plus ou moins régulières dont l'amplitude devient importante pour $r \geq 2,5$ m. Ces dernières ondulations, responsables des plus grands écarts par rapport à la loi en $1/r$, semblent liées au comportement de la chambre à des fréquences plus basses. Les oscillations dont la longueur d'onde est celle du signal émis semblent au contraire apparaître du fait de la réflexion sur la paroi arrière et sont sensibles à l'effet de maille, comme on a pu le vérifier par des essais complémentaires partiels.

Aux fréquences supérieures à 2,5 kHz seules les ondulations subsistent mais leurs amplitudes et leurs dimensions moyennes diminuent.

Une comparaison plus précise des Figs. 9, 10 et 11 montre que les écarts mesurés suivant la diagonale sont en moyenne inférieurs à ceux que l'on obtient suivant les deux médianes. On peut de ce fait conclure que la présence du sas n'apporte pas de perturbation notable dans le comportement de la chambre.

En plus des essais décrits ci-dessus nous avons voulu déterminer la distance minimale microphone-

paroi pour laquelle les erreurs ne sont pas supérieures à celles que l'on observe sur l'axe. Des explorations ont donc été faites parallèlement à la grande médiane à diverses distances Δ de la paroi: 0,13; 0,40; 1 et 2 m. L'évolution de la pression relevée sur la Fig. 13 pour une fréquence de 500 Hz est

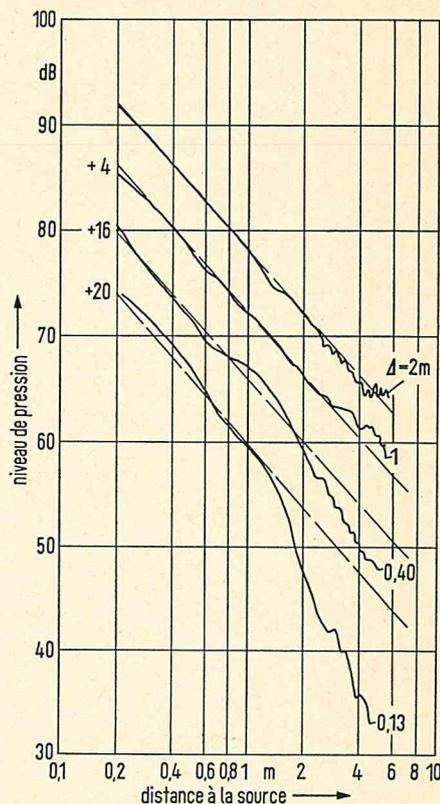


Fig. 13. Evolution du niveau de pression acoustique en fonction de la distance à la source suivant des parallèles à la médiane JJ' à diverses distances Δ du revêtement (fréquence: 500 Hz).

caractéristique des résultats obtenus pour les fréquences supérieures à 100 Hz environ. De grands écarts par rapport à la loi en $1/r$ se manifestent lorsque les essais sont effectués près de la paroi; on observe par exemple que pour $\Delta = 0,13$ m l'écart dépasse 2 dB dès que $r = 1,5$ m. Les mêmes observations effectuées pour la fréquence de 80 Hz (Fig. 14) montrent en outre que la décroissance du niveau de pression décrite plus haut est surtout localisée dans une région contenant le grand axe de la chambre.

Cette série d'essais souligne la nécessité de concevoir un revêtement en liaison avec les caractéristiques géométriques de la chambre. Ces dernières conditionnent en effet le comportement aux fréquences les plus basses pour lesquelles le revêtement perd de son efficacité. Le volume utile de la chambre, ainsi que ses performances, sont fortement tributaires:

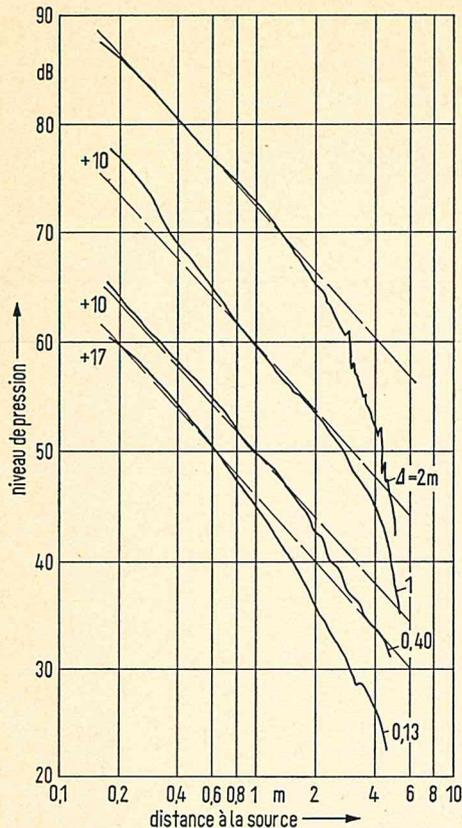


Fig. 14. Evolution du niveau de pression acoustique en fonction de la distance à la source suivant des parallèles à la médiane JJ' à diverses distances Δ du revêtement (fréquence: 80 Hz).

- de la prévision des modes propres de la pièce dont les parois sont considérées comme absorbantes,
- des qualités absorbantes du revêtement aux incidences et aux fréquences correspondant à ces modes.

8. Circuit aérodynamique

Le jet qui débouche dans la chambre anéchoïque est actuellement issu soit d'une buse circulaire (diamètre 0,10 m) soit de buses rectangulaires (sections 0,30 m \times 0,10 m ou 0,30 m \times 0,15 m). Sa vitesse est réglable de 10 à 70 m/s environ.

Le circuit d'alimentation comprend essentiellement:

- 1°) un collecteur d'admission muni de filtres à poussières en polyamide (PETIT THERAIN, type P 15-500 et T 3200);
- 2°) deux coudes silencieux (éléments WOODS WBS 2);
- 3°) trois paires de ventilateurs hélicoïdes contrarotatifs (WOODS 19-JAF-2022.L); à leur vi-

tesse nominale de rotation, 2900 t/min, chaque ventilateur peut fournir un débit de 1,25 m³/s sous une pression de 550 Pa.

- 4°) un silencieux de 2,7 m de long et de 0,86 m \times 0,74 m de section, équipé de quatre cloisons de laine de roche parallèles à l'écoulement (éléments WOODS WS2); l'atténuation prévue par les constructeurs serait de 50 dB au-dessus de 125 Hz; ce silencieux est scellé au mur qui sépare le local des ventilateurs de la salle de mesures.
- 5°) une gaine de raccordement en tôle de 3 mm d'épaisseur;
- 6°) un silencieux identique à celui de la Section 5; il est scellé au mur extérieur de la chambre anéchoïque;
- 7°) un tronçon d'intervention de section 0,86 m \times 0,74 m et de longueur 0,70 m; il peut recevoir des dispositifs permettant de modifier la pré-turbulence du jet et se termine par un convergent dont la section de sortie est un carré de 0,30 m de côté.
- 8°) enfin les buses de sortie (Fig. 5 b); elles sont raccordées au convergent précédent par l'intermédiaire d'un conduit de 0,80 m de long et de section 0,30 m \times 0,30 m; le plan de sortie des buses est à 0,45 m en avant du revêtement acoustique de la chambre; l'ensemble est réalisé en matériau amorti (tôles d'acier de 1,5 mm et résine visco-élastique Hoechst).

Le jet est repris, au niveau de la paroi qui lui est opposée, à travers une maille du revêtement anéchoïque qui a été dépourvu de ses panneaux les moins denses; quatre ouvertures circulaires (diamètre 0,30 m) ont été forées dans le mur intérieur de la chambre et sont reliées à un circuit de reprise qui comprend essentiellement:

- 1°) un caisson collecteur en béton de 0,10 m d'épaisseur, fixé au mur intérieur de la chambre;
- 2°) une gaine de bois (épaisseur 22 mm, section 0,84 m \times 0,20 m) posée sur des consoles fixées au mur intérieur de la chambre;
- 3°) un silencieux (WOODS WS2) de 2 m de long scellé au mur extérieur de la chambre;
- 4°) un ventilateur hélicoïde (WOODS 15 JAF 1542 L ou WOODS 15 JAF 2022 L selon le débit à extraire);
- 5°) une gaine de refoulement vers l'extérieur.

Enfin trois portes acoustiques offrant une atténuation de 45 dB environ au-dessus de 125 Hz isolent les divers locaux concernés par le circuit aérodynamique (Fig. 1).

Remerciements

Le circuit aérodynamique a été réalisé avec le concours financier de l'Electricité de France (Direction des Etudes et Recherches — Service Machines et Automatismes de Production).

Références

- [1] RIVIN, A. N., An anechoic chamber for acoustical measurements. *Soviet Phys.-Acoust.* **7** [1962], 258 (traduction).
- [2] INGERSLEV, F., PEDERSEN, O. J. et MOLLER, P. K., New rooms for acoustic measurements at the Danish Technical University. *Acustica* **19** [1967/68], 185.
- [3] BERANEK, L. L. et SLEEPER, H. P., The design and construction of anechoic sound chambers. *J. Acoust. Soc. Amer.* **18** [1946], 140.
- [4] MEYER, E., KURTZE, G., SEVERIN, H. et TAMM, K., Ein neuer großer reflexionsfreier Raum für Schallwellen und kurze elektromagnetische Wellen. *Acustica* **3** [1953], Beih., 409.
- [5] ELLISON, A. J. et MILLER, B. B., Design and construction of the anechoic chamber at Queen Mary College. *Mech. Eng.* **178** [1964], 53.
- [6] TRIOU, J., Détermination des caractéristiques de la chambre sourde. Rapport LN 230-06-03, Direction des Constructions et Armes Navales, Brest, Février 1962.
- [7] CHAVASSE, P. et LEHMANN, R., La nouvelle salle sourde du Centre National d'Etudes des Télécommunications. *Cahiers d'Acoustique* n° 93 [1959], 72.
- [8] KOSTEN, C. W. et JANSSEN, J. H., Acoustic properties of flexible and porous materials. *Acustica* **7** [1957], 372.
- [9] LEHMANN, R. et BRUN, P., Remarques sur l'étude du champ acoustique dans les salles sourdes. 3ème Congrès International d'Acoustique, Copenhague 1959, 619.
- [10] PYETT, J. S., The acoustic impedance of a porous layer at oblique incidence. *Acustica* **3** [1953], 375.