

ETUDE PAR REFLEXION DE L'IMPEDANCE D'ENTREE, SOUS INCIDENCE
OBLIQUE, D'UN ECRAN ACOUSTIQUE AJOURE.

V.J. Chvojka, L-P. Simard
Génie mécanique

M. Amram
Génie physique

Ecole Polytechnique, Campus de l'Université de Montréal,
C.P. 6079-succursale "A", Montréal, Québec, H3C 3A7

RESUME

Un nouveau type d'écran ajouré constitué d'un empilement de guides d'ondes a montré pour des ondes planes en incidence normale, des propriétés intéressantes dans le contrôle du bruit de basse fréquence par effet de phase. Afin d'utiliser ce nouveau système il nous fallait connaître son comportement vis à vis d'ondes sonores en incidence oblique pour tenir compte, par exemple, de l'effet de sol. Deux méthodes de mesure par réflexion ont permis d'étudier l'effet de l'angle d'incidence des ondes sur l'impédance de l'écran acoustique ajouré déphaseur. La première, inspirée de Klein & Cops est une méthode d'ondes stationnaires dérivée de celle du tube d'impédance. L'autre méthode proposée par Ingard & Bolt mesure la pression sonore complexe à la surface de l'échantillon. Les résultats de cette étude ont montré que dans un plan vertical (perpendiculaire aux fentes d'entrée), l'impédance d'entrée du système est néanmoins indépendante de l'angle d'incidence (système localement réactif entre $\pm 40^\circ$). Par contre dans un plan horizontal parallèle aux fentes l'impédance varie de façon beaucoup plus importante en fonction de l'angle d'incidence.

ABSTRACT

A new type of phase reversal sound barrier composed of slitted waveguides has shown remarkable noise control properties in low frequency for a plane wave at normal incidence. In order to assess the overall performance (e.g. ground effect, variable source position, etc.) it was necessary to study the effect for obliquely-incident sound wave. Two methods based on reflexion measurements at oblique incidence were applied to study the input impedance of the phase reversal barrier. The first one, successfully used by Klein & Cops, is a stationary wave method derived from that of the impedance tube. The second method presented by Ingard & Bolt, consists in the measurements of the complex sound pressure at a point of the sample surface. The results of the study show almost no angular dependence of the system input impedance (locally reacting system within $\pm 40^\circ$) in the vertical plane (perpendicular to the slits). On the contrary, in a horizontal plane (parallel to the slits), this angular dependence becomes appreciably stronger.

INTRODUCTION

Cette étude fait partie d'un projet de développement d'un écran acoustique de type ajouré déphaseur constitué d'un empilement de guides d'ondes. Chacun des guides possède un profil en forme de peigne (dont chacune des dents est constituée d'une longue plaquette rigide) qui forme avec le fond de l'élément inférieur (dont il est maintenu écarté), une succession de guides d'ondes à quatre cavités (Fig. 1). Ce nouveau type d'écran contrôle le bruit par un effet de phase introduit entre l'onde sonore qui le traverse et l'onde qui est diffractée par son sommet. Il introduit, pour la partie du bruit qui le traverse, alternativement une série de bandes passantes et de bandes d'arrêt, à la manière d'un filtre. La fréquence à laquelle on atteint la première bande d'arrêt, présente ici un intérêt particulier; il s'agit de la fréquence de coupure du filtre.

Pour ce type d'écran ajouré, la théorie est connue pour le cas d'ondes sonores planes en incidence normale et de nombreuses mesures en chambre anéchoïque, ont déjà montré qu'il se compare favorablement avec un écran plein absorbant [1],[2],[3],[4],[5]. Comme il est nécessaire de connaître aussi son comportement en fonction de l'angle d'incidence (pour introduire, par exemple l'effet du sol), on a cherché à mesurer l'impédance de ce système et à déterminer sa dépendance angulaire. Pour cela, on a adapté les méthodes utilisées par Klein & Cops [6] et par Ingard & Bolt [7].

Ces deux méthodes sont basées sur la répartition d'énergie sonore dans un échantillon placé contre un mur réfléchissant qui agit comme référence (dans le cas de la seconde méthode). L'étude doit être réalisée en milieu anéchoïque pour éviter les réflexions provenant de surfaces autres que celle étudiée.

Pour déterminer l'impédance et le coefficient d'absorption de l'échantillon, la première méthode étudie la superposition des ondes incidentes et réfléchies formées devant l'échantillon de façon semblable à celle du tube d'impédance. La seconde détermine les mêmes caractéristiques à partir de l'amplitude et de la phase mesurées à la surface de l'échantillon comparées à celles que l'on mesurerait contre le mur de référence seul.

Les auteurs mentionnés ici ont obtenu des résultats intéressants pour des matériaux homogènes assez absorbants pour lesquels leurs méthodes s'avèrent valides. Néanmoins ces méthodes présentent des limitations pour d'autres types de matériaux. Dans notre cas, leur adaptation, pour un échantillon réactif non homogène, peu absorbant en soi aux fréquences d'intérêt, a consisté à utiliser une couche de 0.15m d'un matériau absorbant placé entre l'écran ajouré et le mur réfléchissant. L'ensemble à

tester ainsi formé devient plus absorbant et permet d'appliquer leurs techniques.

Les résultats de certaines de nos mesures (coefficient d'absorption en particulier) ont été comparés, en incidence normale avec ceux obtenus à l'aide du tube d'impédance. Cela a semblé montrer que la méthode utilisée par Klein & Cops donne des résultats plus satisfaisants que celle proposée par Ingard & Bolt pour ce cas particulier.

L'étude a permis de montrer que l'impédance d'entrée d'un tel écran déphaseur s'avère pratiquement indépendante (au moins jusqu'à plus ou moins 40 degrés) de l'angle d'incidence dans un plan normal aux fentes d'entrée, cela en dessous de la fréquence de coupure de l'écran ajouré. Par contre, elle varie de façon importante pour un angle d'incidence de plus ou moins 60 degrés dans un plan parallèle aux fentes.

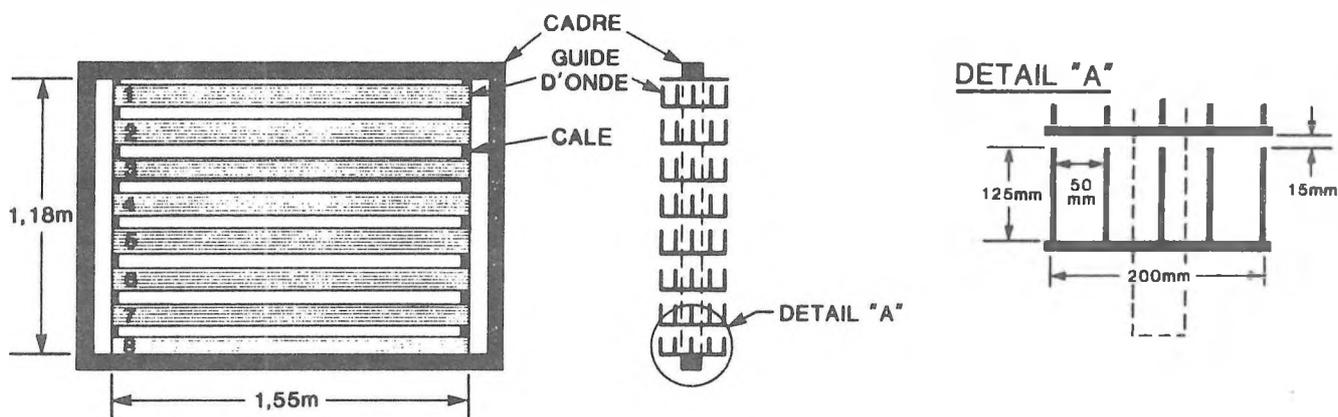


Figure 1: Description géométrique de l'échantillon

2. REVUE DES METHODES

Plusieurs méthodes différant par la technique de mesure sont disponibles pour étudier l'impédance d'un matériau sous incidence oblique. Il s'agit des méthodes: d'ondes stationnaires [6], [7], [8], de la pression sonore à la surface [9],[10], impulsionnelle [11],[12],[13] et d'intensimétrie [15]. Les méthodes utilisées dans cette étude sont résumées dans la référence [14].

Malheureusement, on rencontre assez souvent certaines limitations dans leur application comme par exemple la bande de fréquence (dimensions insuffisantes de l'échantillon par rapport

à la longueur d'onde impliquée), le coefficient d'absorption trop grand ou trop petit, la structure nonhomogène, etc....

C'est pourquoi dans notre cas d'un échantillon non-homogène, réactif et quasi-réfléchissant il a fallu augmenter son absorption par l'application entre l'écran ajouré et la paroi réfléchissante de référence d'une mousse polyuréthane absorbante.

2.1 Klein & Cops

Cette méthode inspirée de la méthode du tube d'impédance, consiste à mesurer, en chambre sourde la distance d_1 (fig. 2) de l'échantillon testé (s'appuyant sur une surface solide) au premier minimum de pression acoustique p_{min} , et le rapport des pressions acoustiques minimum et maximum p_{min}/p_{max} des ondes stationnaires formées devant l'échantillon. Cette méthode suppose que les ondes incidentes et réfléchies se superposent pour former des ondes stationnaires. La pression acoustique complexe peut s'écrire:

$$p = \frac{e^{ikr_1}}{r_1} + \frac{e^{ikr_2}}{r_2} [(1 - R_p)F + R_p] \quad (1.0)$$

où R_p est le coefficient de réflexion complexe, r_1 et r_2 , les distances indiquées sur la figure 3 et k le nombre d'ondes. Pour des angles d'incidence inférieurs à environ 60 degrés et des distances r_1 et r_2 assez grandes par rapport à la longueur d'onde, on peut admettre une simplification : le terme F qui tient compte de la sphéricité de l'onde peut être négligé et on obtient:

$$p = \frac{e^{ikr_1}}{r_1} + \frac{e^{ikr_2}}{r_2} R_p \quad (1.1)$$

le coefficient de réflexion R_p s'exprime par:

$$R_p = R_0 e^{i\psi} = \left| \frac{P_r}{P_i} \right| e^{i\psi} \quad (1.2)$$

où p_i et p_r sont les pressions sonores des ondes incidentes et réfléchies respectivement, R_0 et ψ sont le module et la phase de ce coefficient. Cette pression acoustique permet de calculer l'impédance si on utilise une méthode analogue à celle du tube d'impédance. Elle suppose la distance x , de l'extrémité de la sonde à la surface de l'échantillon (fig.3) assez petite par rapport aux distances r_1 et r_2 de façon à pouvoir écrire

l'approximation suivante:

$$\begin{aligned} r_1 &= h - x \cos\theta \\ r_2 &= h + x \cos\theta \end{aligned} \quad (1.3)$$

h et x sont des distances identifiées sur la figure 3 et θ est l'angle d'incidence. L'impédance acoustique spécifique a pour expression:

$$Z = \frac{\rho c \tanh(\psi)}{(1 + i/hk) \cos\theta} \quad (1.4)$$

ρc est l'impédance de l'air. La mesure nous donne la distance du premier minimum d_1 et la pression acoustique de ce minimum p_{min} . On détermine ensuite la pression acoustique du maximum suivant p_{max} de la même façon pour obtenir enfin le rapport: $r = p_{min}/p_{max}$ (dB). Ces valeurs permettent de calculer l'impédance et le coefficient d'absorption; on calcule d'abord les résultats intermédiaires d_2 , u et v .

$$d_2 = d_1 + \frac{\pi}{2k \cos\theta} \quad (1.5)$$

$$u = -\ln \frac{1}{2} \frac{e^{-d_1 \cos\theta/h} + r e^{-d_2 \cos\theta/h}}{e^{d_1 \cos\theta/h} - r e^{d_2 \cos\theta/h}} \quad (1.6)$$

$$v = \pi + kd_1 \cos\theta \quad (1.7)$$

et enfin:

$$\frac{Z}{\rho c} = \frac{[kh (kh \sinh 2u + \sin v)] - i [kh (\sinh 2u - kh \sin v)]}{2 \cos\theta (1 + h^2 k^2) [\cosh^2 u - \sin^2 v]} \quad (1.8)$$

$$\alpha = 1 - \left| \frac{Z \cos\theta - \rho c}{Z \cos\theta + \rho c} \right|^2 \quad (1.9)$$

Ces formules provenant d'une théorie simplifiée d'ondes sphériques sont supposées rester applicables pour les conditions (r_1 , r_2 et l'angle d'incidence) citées plus haut.

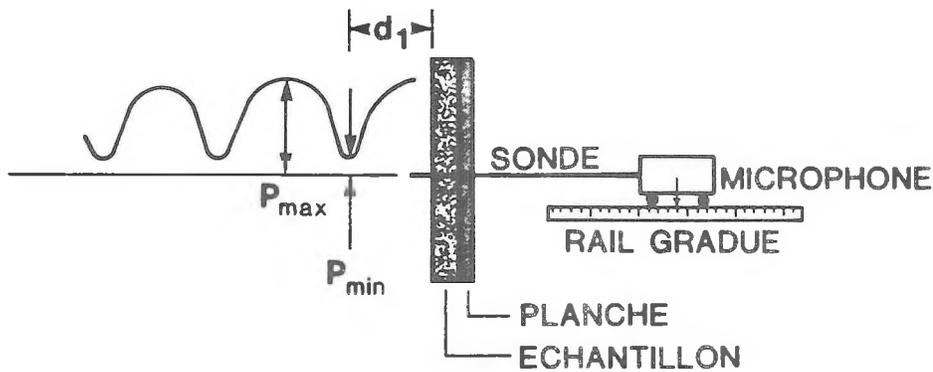


Figure 2: Formation de l'onde stationnaire devant l'échantillon

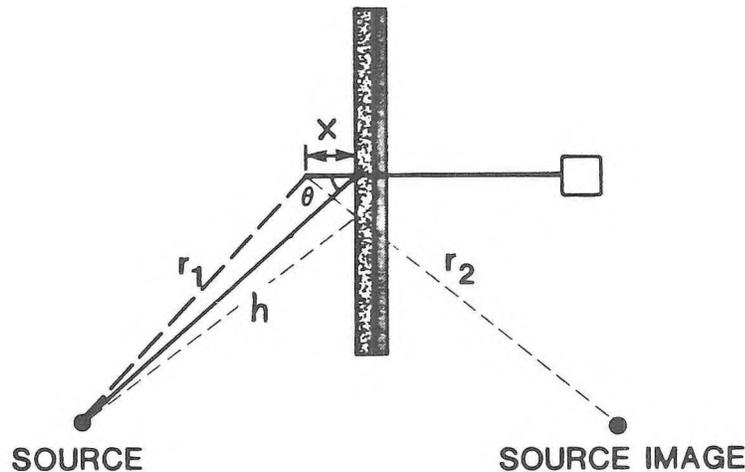


Figure 3: Disposition de la source et de l'échantillon sous incidences obliques

2.2 Ingard & Bolt

La méthode de Ingard & Bolt aussi connue sous le nom de "méthode de la pression sonore à la surface" permet de déterminer l'impédance et le coefficient d'absorption à partir du rapport de la pression sonore p_2 en un point donné à la surface de l'échantillon couvrant le mur de référence avec la pression p_1 à la surface de ce dernier seul (Fig. 4).

Théoriquement, pour un mur parfaitement réfléchissant (mur de référence), la pression p_1 est le double de la pression incidente p_i sans déphasage introduit entre les deux.

La méthode suppose que le montage est de dimensions suffisamment grandes comparé à la longueur d'onde pour permettre de supposer des réflexions sur un plan infini. Le calcul de l'impédance normalisée et du

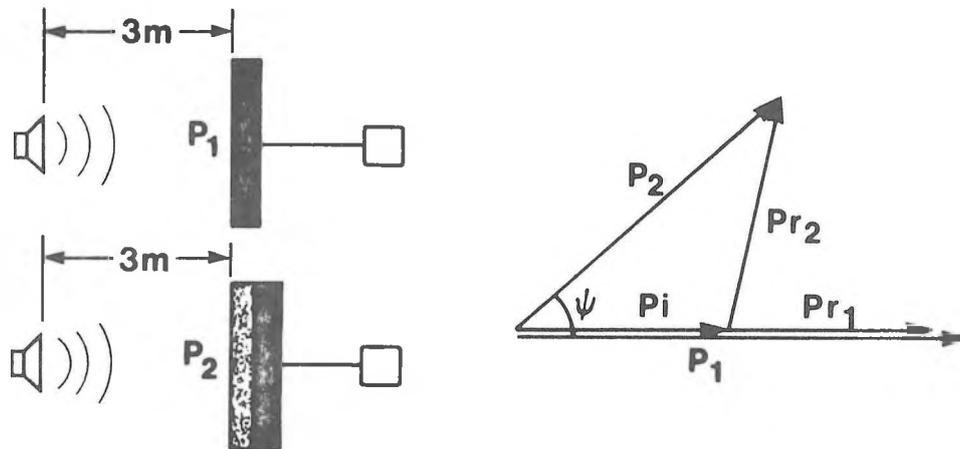


Figure 4: Superposition des pressions sonores-p à la surface de l'échantillon

$$\begin{array}{ll}
 P_1 - \text{onde incidente} & P_1 = p_1 + p_{r1} \\
 P_{r1}, P_{r2} - \text{ondes réfléchies} & P_2 = p_1 + p_{r2}
 \end{array}$$

coefficient d'absorption s'exprime ensuite en fonction de p_1 , p_2 et ψ mesurés, par les relations suivantes:

$$\frac{Z}{\rho c} = \frac{[(p_2/p_1) (\cos \psi - p_2/p_1) + i [(p_2/p_1) \sin \psi]}{[(\cos \psi - p_2/p_1)^2 + \sin^2 \psi] \cos \theta} \quad (2.0)$$

$$\alpha = \cos^2 \psi - 4 [(p_2/p_1) - 1/2 \cos \psi]^2 \quad (2.1)$$

où $Z/\rho c$ est l'impédance normalisée (415 MKS rays), α est le coefficient d'absorption, θ est l'angle d'incidence, et i est le déphasage entre les pressions p_1 et p_2 .

3. ETUDE EXPERIMENTALE

L'étude expérimentale a été effectuée sur une maquette à l'échelle 1/4 dans la chambre sourde.

3.1 Echantillon testé

L'échantillon étudié, composé des guides d'ondes empilés (chaque guide représente une demi-cavité du filtre passe-bas

située sur un plan réfléchissant) a été réalisé en Plexiglass. Ce matériel fut choisi pour faciliter le montage et assurer à la fois une bonne étanchéité et la rigidité des guides d'ondes constituant le modèle.

Chacun de ces guides composé de longues lamelles est vu de profil comme un peigne à cinq dents (Fig. 1). Une surface plane réfléchissante au-dessous de ce peigne permet de former avec lui une série de fentes régulièrement espacées. Les guides (dont les dimensions sont indiquées sur la Fig. 1) sont fermés sur leurs côtés latéraux par deux plaques rectangulaires. La structure dissymétrique de l'écran dans le plan vertical et les dimensions de l'échantillon par rapport à celles de la chambre sourde nous ont obligé à le déplacer pour pouvoir l'étudier dans la bande des angles d'incidence d'intérêt entre -60 et $+60$ degrés.

3.2 Adaptation des méthodes

Comme déjà mentionné dans le chapitre 2, les deux méthodes ne fonctionnent bien que dans des conditions restreintes. Dans notre cas, l'échantillon réactif ne possède pas suffisamment d'absorption. C'est pour cela qu'un matériau absorbant (mousse de polyuréthane de propriétés d'absorption déjà mesurées) a été appliqué derrière l'échantillon afin d'augmenter l'absorption de l'ensemble.

En effet, au dessous de la fréquence de coupure de l'écran (600 Hz environ), zone de principal intérêt (première bande passante), ce dernier laisse passer l'énergie sonore et, seul, n'aurait pas constitué un échantillon facilement mesurable.

3.3 Montage et mesures

Chacune des deux configurations présentées à la figure 5 a fait l'objet de notre étude. Les montages expérimentaux ne diffèrent que dans le positionnement du récepteur et les appareils utilisés (Fig. 6). Pour les différentes configurations les mesures ont été effectuées de -60 à $+60$ degrés par pas de 10 degrés. Un haut-parleur (la source de bruit) a été placé à environ 3 mètres des échantillons testés afin de simuler des ondes approximativement planes au niveau de ceux-ci. La distance entre ces derniers et la source devant être suffisante par rapport aux longueurs d'onde considérées pour que les méthodes soient applicables (surtout celle des ondes stationnaires). Cette source était déplacée tout en restant à distance fixe du centre des échantillons. A titre de vérification un échantillon de mousse polyuréthane (le matériau absorbant supplémentaire) a aussi été mesuré en incidence normale au tube d'impédance.

Pour les mesures avec la méthode utilisée par Klein & Cops,

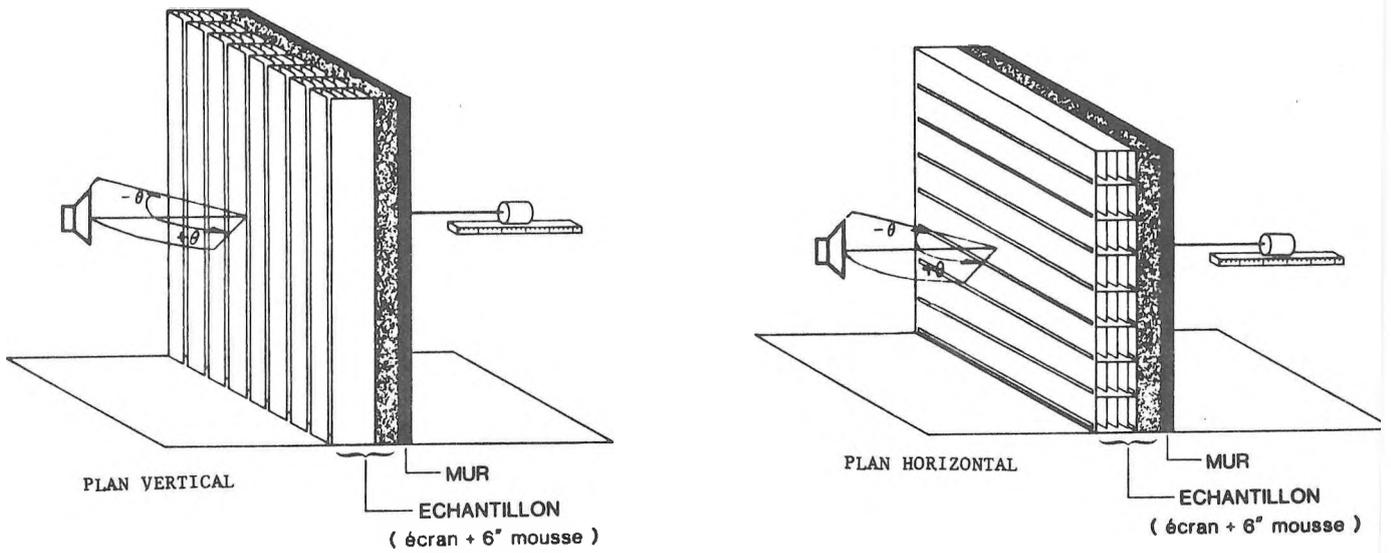


Figure 5: Configurations testées

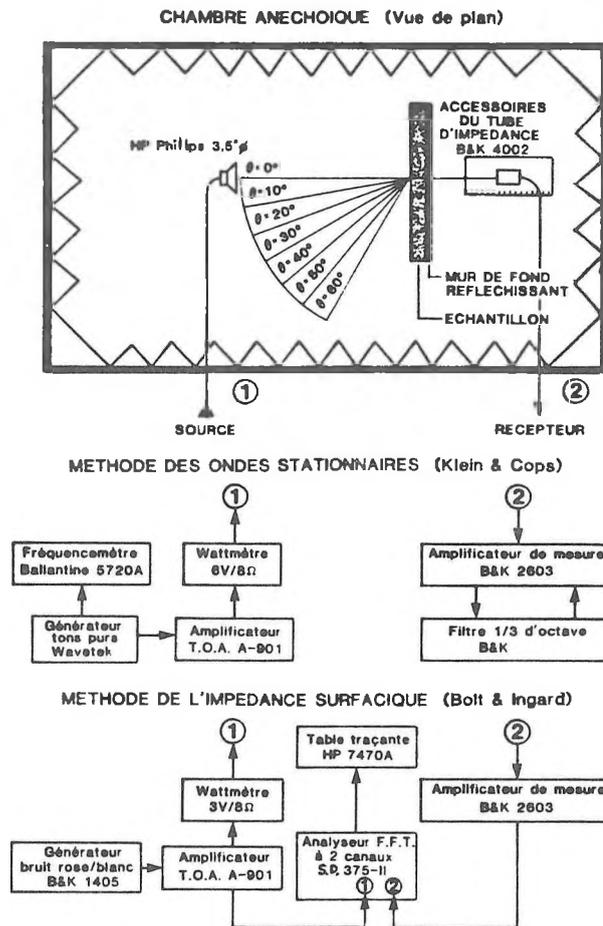


Figure 6: Schéma du montage expérimental

le signal étant constitué de tons purs de même niveau sonore aux fréquences centrales des tiers d'octave comprises entre 250 et 1kHz. On a cherché les niveaux maximum et minimum de la pression sonore de l'onde stationnaire et leur distance à l'échantillon étudié, cela à toutes les fréquences d'intérêt.

En ce qui concerne la mesure effectuée par la méthode d'Ingard et Bolt, on a utilisé une source de bruit aléatoire (la bande de fréquence restait la même). Contrairement à la méthode précédente, le récepteur restait fixe aux surfaces testées. Cette mesure a été faite en deux étapes dans des conditions anéchoïques. On a considéré tout d'abord le signal électrique appliqué à un haut-parleur (source du bruit), comme une référence virtuelle en supposant que sa réponse devrait suivre identiquement les variations possibles du signal d'alimentation. Cette référence est bien sûr nécessaire puisque les mesures avec et sans l'échantillon ne peuvent être réalisées simultanément. De plus, cet arrangement permet de considérer et de corriger numériquement ces variations. On évalue ainsi le rapport des amplitudes ΔL_p et le déphasage $\Delta \xi$ introduits par la présence de l'échantillon. Ces mesures sont effectuées à l'aide d'un analyseur à bandes étroites FFT à deux canaux.

La première étape consiste à mesurer le rapport des amplitudes ΔL_{p_1} et le déphasage $\Delta \xi_1$ sur le mur de fond réfléchissant tandis que la deuxième mesure de façon analogue ΔL_{p_2} et $\Delta \xi_2$ à la surface du mur recouvert par la mousse polyuréthane et l'écran ajouré.

La distance de la source au récepteur est maintenue constante pendant les mesures. Comme déjà mentionné, l'utilisation de cet absorbant a été indispensable pour que l'ensemble "mousse-écran ajouré déphaseur" présente aux ondes sonores assez d'absorption pour que la théorie soit applicable.

Les valeurs ΔL_{p_1} , ΔL_{p_2} , $\Delta \xi_1$ et $\Delta \xi_2$ permettent d'obtenir aisément le rapport final des amplitudes ΔL_p et le déphasage final $\Delta \xi$ par les formules suivantes.

$$\Delta L_p = 20 \log \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = 20 \log(p_2/p_1) - 20 \log(p_0/p_0^1) = 20 \log(p_2/p_1) - C_1$$

$$\Delta \xi = \Delta \xi_2 - \Delta \xi_1 = (\xi_2 - \xi_0^1) - (\xi_1 - \xi_0) = (\xi_2 - \xi_1) - C_2$$

ou " $C_1 = 20 \log(p_0/p_0^1)$ " est l'écart entre les signaux électriques

et " $C_2 = \xi_0 - \xi_0^1$ " l'écart du déphasage introduit entre ceux signaux

4. RESULTATS ET ANALYSES

Les résultats expérimentaux, utilisant les deux méthodes sont tracés sur des graphiques en fonction de l'angle d'incidence, pour des fréquences comprises entre 250 et 800Hz. Il s'agit de l'impédance normalisée complexe (module Z et phase ϕ) et du coefficient d'absorption α (Fig. 7 à 10).

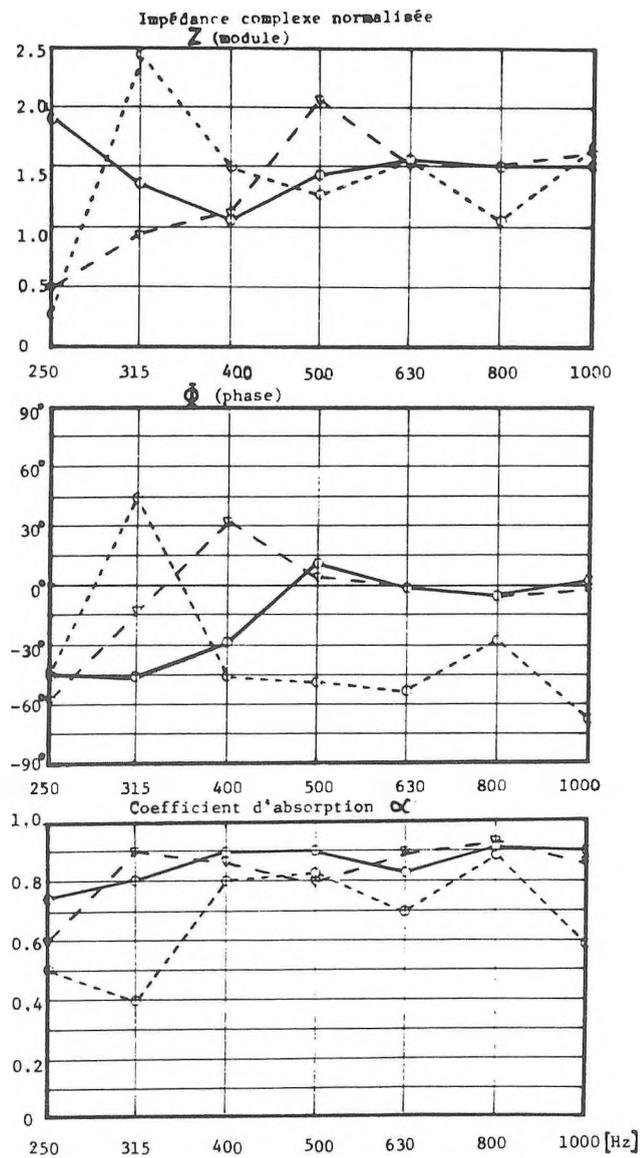
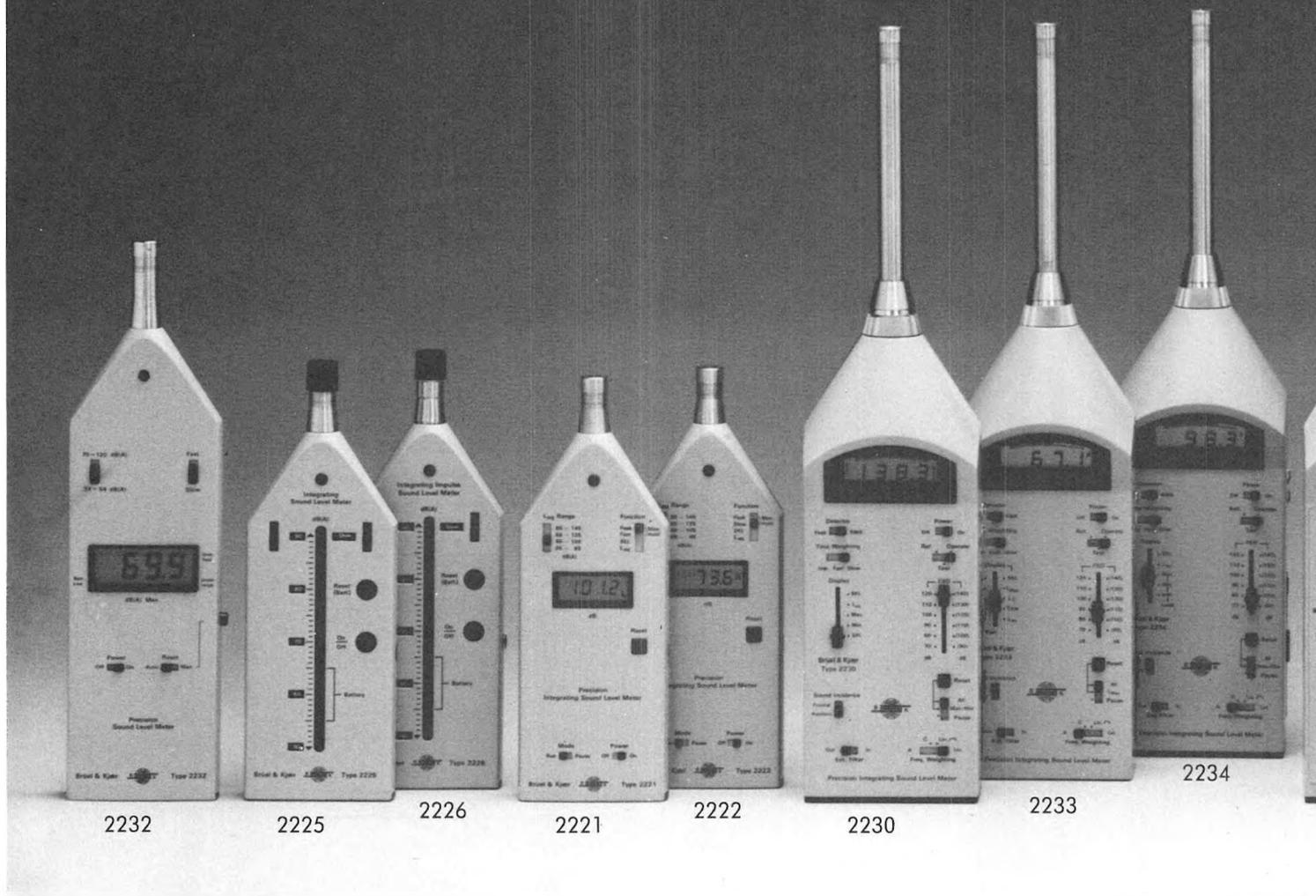


Figure 7: Comparaison des méthodes utilisées avec celle du tube d'impédance en incidence normale

(—) tube d'impédance
 (- - -) méthode d'ondes stationnaires
 (.....) méthode de l'impédance surfacique

WHAT'S ALL THE



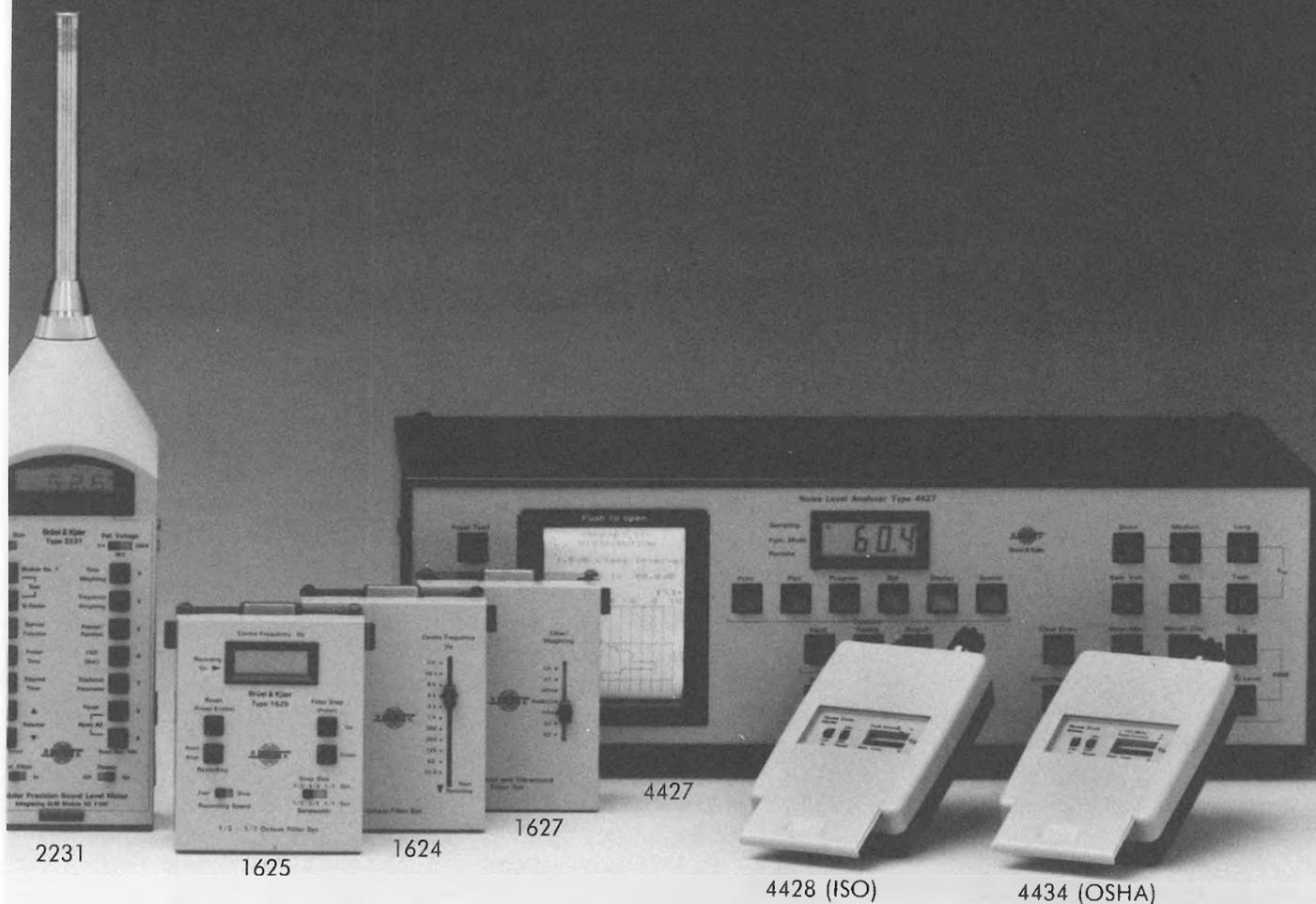
Choose your instrument. Whether it be the simple measurement of continuous noise or a highly complex record of industrial sound measurement, Bruel & Kjaer has the right combination of instruments for you.

The light weight, pocket sized precision sound level meter type 2232 gives an instant reading of the levels of continuous and pass-by noise. The equally-portable integrating sound level meter type 2225 will perform those functions as well as measuring impulsive, erratic and fluctuating noise. The type 2222 is a small Leq meter and the type 2230 is a precision Leq meter that can also adapt octave and $\frac{1}{3}$ octave filter sets for frequency analysis. The type 2231 is our new "flagship" sound level meter. It is a digital instrument that can be programmed to perform almost any type of noise measurement.

Ideal for assessment of airport, traffic and community noise, the Noise Level Analyzer Type 4427 provides a statistical analysis of all noise activity on a continuous basis.

NOISE ABOUT?

Brüel & Kjær can tell you.



This entire family of Brüel & Kjær instruments meets the highest international standards for accuracy and can handle your noise measurement problems for years to come. Put this family of B & K noise fighters to work for you.



BRÜEL & KJÆR CANADA LTD.

MONTREAL:

Main Office
90 Leacock Road,
Pointe Claire, Quebec H9R 1H1
Tel: (514) 695-8225
Telex: 05821691 b + k pclr

OTTAWA:

Merivale Bldg.,
7 Slack Road, Unit 4,
Ottawa, Ontario K2G 0B7
Tel: (613) 225-7648

TORONTO:

Suite 71 d,
71 Bramales Road,
Bramalea, Ontario L6T 2W9
Tel: (416) 791-1642
Telex: 06-97501

LONDON:

23 Chalet Crescent,
London, Ont.,
N6K 3 C 5
Tel: (519) 473-3561

VANCOUVER:

5520 Minoru Boulevard, room 202,
Richmond, BC V6X 2 A9
Tel: (604) 278-4257
Telex: 04-357517

4.1 Mesures préliminaires

Des mesures préliminaires ont dû être effectuées car l'écran ajouré, présentant un comportement acoustique assez complexe, il serait alors difficile de juger de la validité des méthodes utilisées. Pour cela on a d'abord cherché à les appliquer à un échantillon simple homogène absorbant (une couche de 0.15m de mousse polyuréthane) et un essai, en incidence normale, au tube d'impédance, a été réalisé à titre de vérification. La comparaison des résultats (l'absorption surtout) obtenus à l'aide des différentes méthodes (Fig.7) montre que c'est celle utilisée par Klein et Cops qui s'applique le mieux dans ce cas. Ces courbes reproduisent avec assez de précision celles obtenues par le tube d'impédance. Quant à la méthode d'impédance surfacique (Ingard & Bolt), les résultats qu'elle nous permet d'obtenir sont très différents suggérant que cette méthode ne s'applique pas convenablement à ce cas surtout aux basses fréquences.

4.2 Méthode des ondes stationnaires (Klein & Cops)

Les résultats obtenus à l'aide de cette méthode (Fig.8) montrent généralement une faible dépendance angulaire (surtout la phase) de l'ensemble "mousse-écran" dans le plan vertical (parallèle aux fentes d'entrée) dans la bande passante ($f < 630\text{Hz}$). Cela indiquerait un comportement "localement réactif" dans cette bande de fréquences. Par contre cette dépendance devient notable dans le plan horizontal (parallèle aux fentes d'entrée). Les courbes dans ce plan présentent bien sûr une symétrie par rapport à l'incidence normale. Dans le plan vertical, malgré la dissymétrie géométrique de l'écran, les courbes montrent tout de même en général vers un comportement assez symétrique de l'impédance. Cet écran est acoustiquement transparent dans ses bandes passantes.

Il laisse passer la plus grande partie de l'énergie sonore au-dessous de la première fréquence de coupure (bande de fréquence de 250 à 500 Hz). Puis dans l'intervalle des fréquences comprises entre 630 et 800Hz, il se trouve dans sa bande d'arrêt fondamentale. Son coefficient d'absorption y est beaucoup plus faible; il s'y comporte un peu comme un matériau réfléchissant semblable à un écran plein par exemple (mais son comportement est global et assez complexe).

Discussion

Néanmoins la méthode souffre des limitations suivantes rencontrées lors des mesures:

- 1 A- 250 et 315 Hz, la longueur d'onde est de l'ordre de grandeur des dimensions du montage lui-même, d'où une erreur

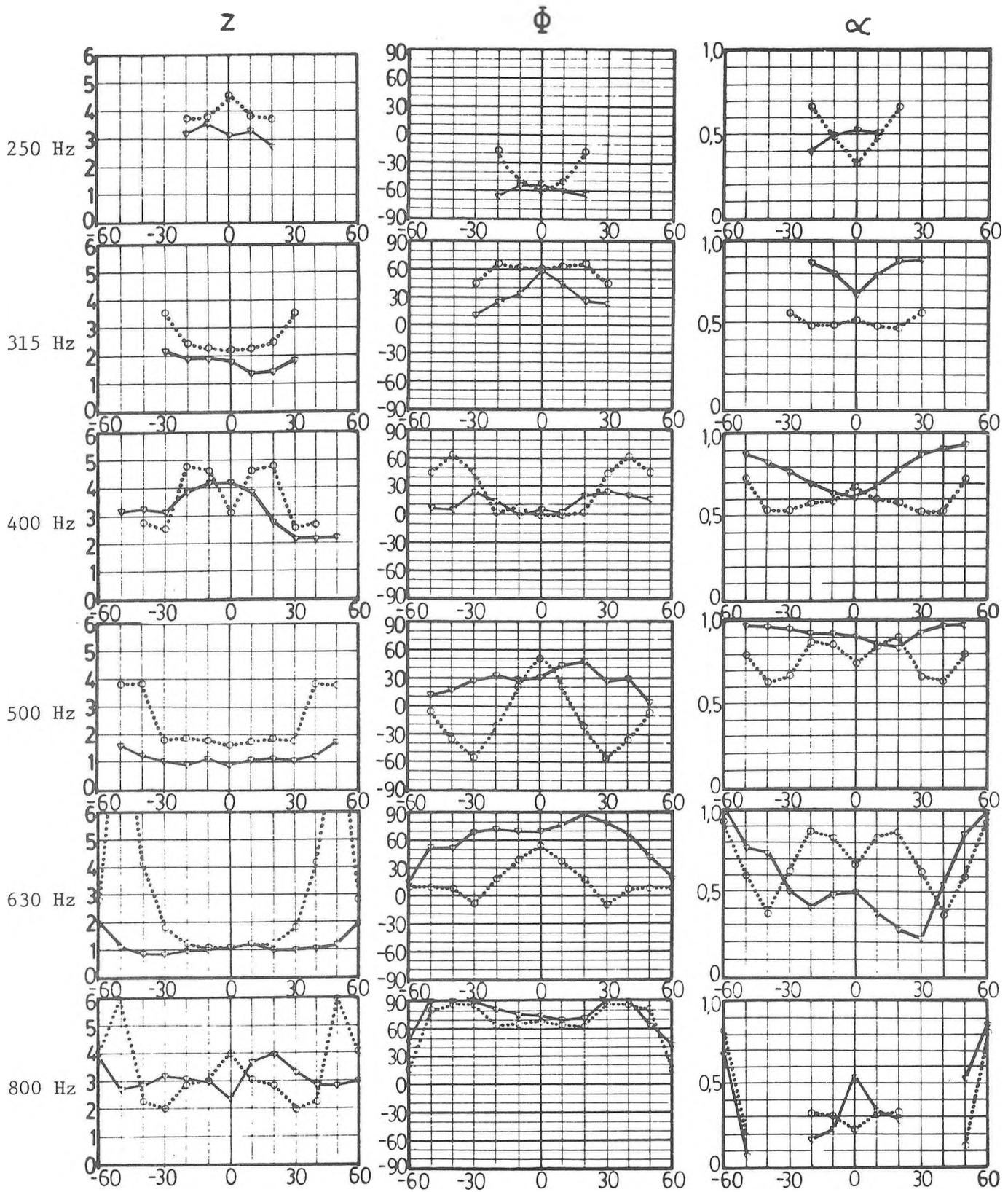


Figure 8: Dépendance angulaire du comportement acoustique de l'échantillon mesurée par la méthode d'ondes stationnaires (Klein & Cops)

(—) plan vertical
 (.....) plan horizontal

possible appréciable due à la distance x négligée. Dans le même ordre d'idées, les distances r_1 et r_2 ne sont pas beaucoup plus grandes que la longueur d'onde à ces fréquences, le terme de sphéricité F a aussi été négligé à tort, lors des calculs dans ce cas. Ce problème est encore empiré du fait que l'échantillon "voit" sa surface efficace (sa grandeur dans le plan de mesure) exposée à la source diminuer lorsque l'angle d'incidence θ augmente ($x = x \cos \theta$). Cet effet ne permet pas d'évaluer les propriétés d'impédance dans la plage d'incidence complète (jusqu'à + ou -60 degrés) à 250 et 315 Hz (la longueur de la sonde aurait été insuffisante de toute manière pour cela). Ce problème ne s'applique généralement pas pour les fréquences supérieures à 315Hz.

- 2 Surtout dans le cas du plan horizontal, des "effets de discontinuité des bords" peuvent être introduits à incidence fortement oblique (tels qu'expliqués par Ingard & Bolt dans leur étude [9]).
- 3 Des "effets d'ondes stationnaires latérales" possiblement excités entre les bords dans les cavités, pourraient survenir en incidence fortement oblique (50 et 60 degrés) dans le plan horizontal parallèle aux fentes. Il est évident que ce dernier effet (difficile à évaluer expérimentalement) ne pourrait pas se produire avec un écran de longueur très grande.
- 4 L'effet de résonateur d'Helmholtz pourrait se produire à incidence fortement oblique surtout dans la bande d'arrêt (augmentation du coefficient d'absorption).

4.3 Méthode d'impédance surfacique (Ingard & Bolt)

Les mesures préliminaires ont montré l'application restreinte de cette méthode pour un cas particulier de mesure en incidence normale.

En ce qui concerne les résultats avec l'écran ajouré (Fig.9), on constate que cette méthode ne recoupe pas parfaitement la première surtout à cause de la structure de l'échantillon fortement hétérogène (voir surtout les coefficients d'absorption). Néanmoins ces résultats complètent ceux obtenus avec la méthode précédente. L'information générale qu'ils fournissent permet de constater de façon globale ici aussi, que les variations de l'impédance sont beaucoup plus petites dans le plan vertical que dans le plan horizontal (pour lequel il existe une forte dépendance angulaire).

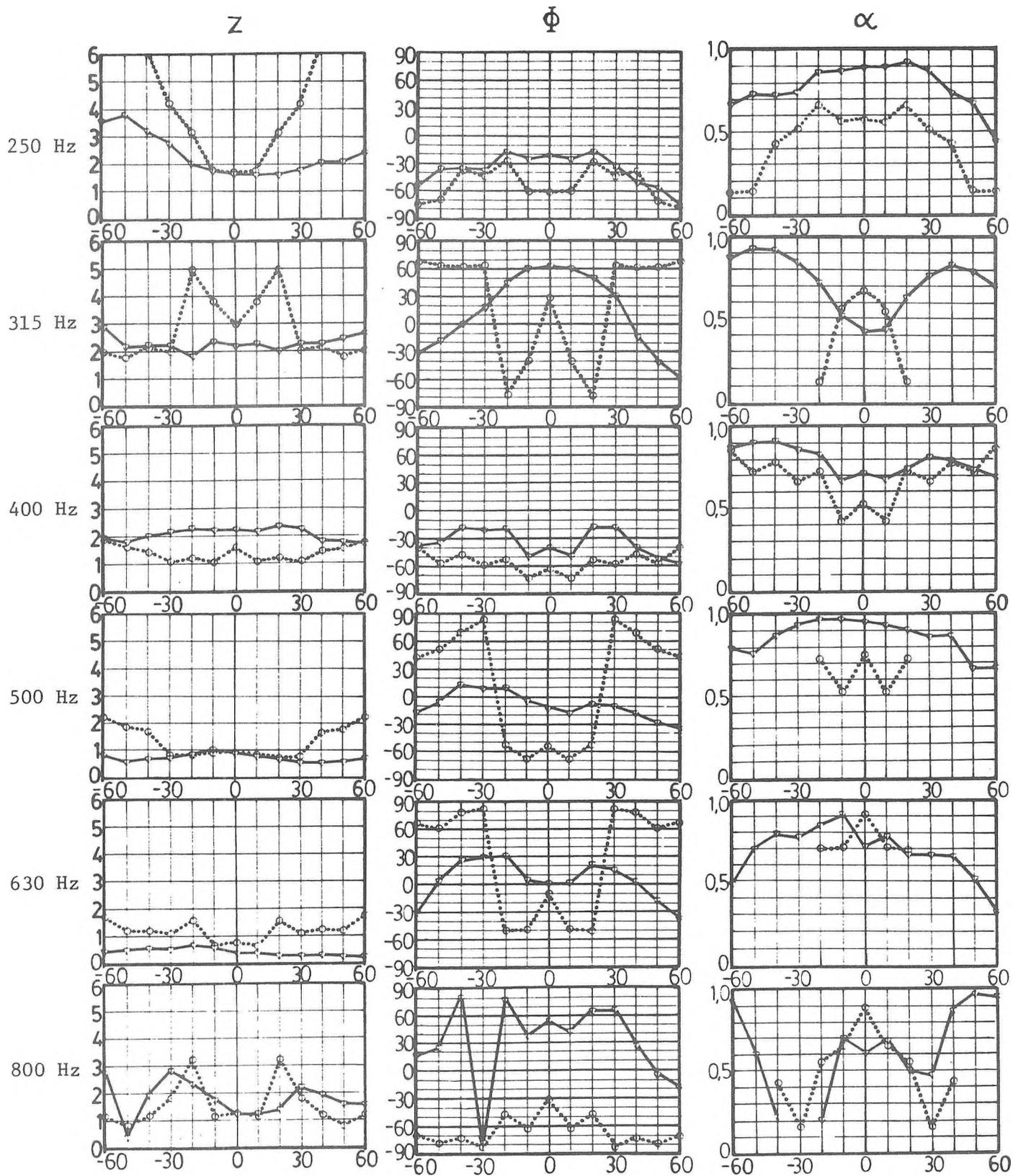


Figure 9: Dépendance angulaire du comportement acoustique de l'échantillon mesurée par la méthode de l'impédance surfacique (Ingard & Bolt)

(—) plan vertical
 (.....) plan horizontal

Discussion

Les anomalies dont souffre cette méthode peuvent être provoquées par les causes suivantes:

- 1 L'écran ajouré est un échantillon fortement hétérogène et sa surface n'est pas vue dans son ensemble au point de mesure puisqu'on "reste" à sa surface avec cette technique. On mesure donc localement ses propriétés d'impédance à un point situé dans un orifice à l'entrée du guide. Des anomalies peuvent se produire à cause de l'inadaptation d'impédance d'entrée (mismatch impedance) à ce point particulier du au changement des vitesse particulières. Dans le même ordre d'idées, il peut s'y produire un effet semblable physiquement à une turbulence.
- 2 Des "effets de discontinuité des bords", "effets d'ondes stationnaires latérales" et du type "résonateur d'Helmholtz" peuvent aussi se produire tout comme avec l'autre méthode. (chap.4.2)

5. CONCLUSIONS

Nous avons cherché l'influence de l'angle d'incidence des ondes acoustiques sur l'impédance d'entrée d'un écran ajouré déphaseur. Il semble à la lueur des expérimentations et des théories adaptées à nos besoins que, au moins sous un angle de 40 degrés dans le plan vertical cette impédance d'entrée varie peu dans la bande passante fondamentale en fonction de l'angle d'incidence. On peut en conclure que notre système ajouré est localement réactif dans ce plan d'incidence et dans cette plage de fréquence d'intérêt. D'autre part si l'on fait la même étude dans un plan horizontal (parallèle aux fentes) on s'aperçoit que l'impédance d'entrée du système est beaucoup plus sensible à l'angle d'incidence dans cette bande passante.

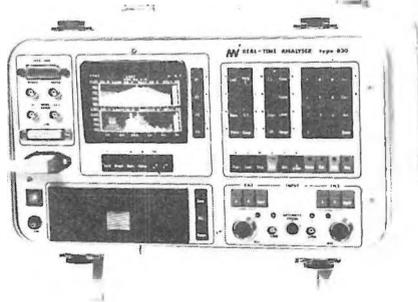
Une autre étude basée sur la mesure d'énergie acoustique transmise par ce système d'écran ajouré semble recouper les résultats d'étude par réflexion. Les résultats complets en seront publiés dans un très proche avenir.

6. REMERCIEMENTS

Cette étude a été effectuée à l'aide des subventions P-8317 et A-1146 du CRSNG. Nous remercions aussi M. G. Ostiguy, Ph.D. et le département de génie mécanique qui ont permis d'accomplir cette étude.

REFERENCES

- [1] M.Amram, V.J. Chvojka - A slow waveguide filter as an acoustic interference controlling device, J.Acoust. Soc. Am. 77(2), pp.394-401, 1985
- [2] L.Drouin, M.Amram, V.J. Chvojka - Optimisation géométrique des guides d'ondes utilisés comme filtres passe-bas pour le contrôle des bruits de basses fréquences, accepté pour publication le 2/85 dans le "Applied Acoustics"
- [3] L.Drouin, M.Amram, J-M. Rapin - Etude sur maquette des effets d'interférences obtenus avec un écran ajouré déphaseur - Vérification théorique et applications possibles, accepté pour publication le 25/4/85 dans l'Acoustique canadienne
- [4] M.Amram, R.Stern - Refractive and other Acoustic Effects Produced by a Prism Shaped Network of Rigid Strips, J.Acoust. Soc. Am. 70, pp.1463-1472, 1981
- [5] M.Amram, G.Ostiguy, J. Rousselet - Optimum Attenuation of Low Frequency Noise by Proper Tuning of A Prismatic Array of Waveguides, J.Sound & Vib. 86, pp.253-263, 1983
- [6] C.Klein, A.Cops - Impedance of a Porous Layer, Acustica Vol.44, pp.258-264, 1980
- [7] L.Cremer - Bestimmung des Stuckgrades bei schraegem Schalleinfall mit Hilfe stehender Wellen, Elektrische Nachrichten Technik 10, No.7, pp.302-315, 1933
- [8] D.J. Sides, K.A. Mulholland - The variation of normal layer impedance with angle of incidence, J.Sound & Vib.14, pp.139-142, 1971
- [9] U.Ingard, R.H.Bolt - A Free Field Method of Measuring the Absorption Coefficient of Acoustic Materials, J.Acoust. Soc. Am. 23 (5), pp.509-516, 1951
- [10] H.W.Jones, D.C.Stredulinsky - Measurement of surface acoustic impedance at oblique angle of incidence and ultrasonic frequencies, J.Acoust.Soc.Am. 61, p.1089, 1977
- [11] A.Cops, H.Myncke - Determination of Sound Absorption Coefficient Using a Tone-Burst Technique, Acustica, 29, pp.287-296, 1973
- [12] C.L.Rogers, R.B.Watson - Determination of Sound Absorption Coefficient Using a Pulse Technique, J.Acoust.Soc.Am, 32, pp.1555-1558, 1960
- [13] B.Walker, L.P. Delsasso - Integrated Pulse Technique for The Measurements of Acoustical Absorption Coefficients, 7th Int. Congress on Acoustics, Budapest, pp.181-183, 1971
- [14] L.W.Dean, W.P. Patrick - Impedance Modeling of Acoustic Absorbing Materials for Aircraft Engine Applications, Invited paper X5, 101st Meeting of the ASA, Ottawa, Canada, 5/1981
- [15] J.F. Allard, B.Sieben - Measurements of acoustic impedance in a free field with two microphones and a spectrum analyser, J.Acoust.Soc.Am 77(4), pp.1617-1618, 1985



Type 830 dual channel Real-Time Analyzer
from Norwegian Electronics

COMPARE INSTRUMENTS:

	830	Other
80 dB dynamic range	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1/3 octave digital filters	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0.8 Hz – 20 kHz frequency range	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
True dual channel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0.004 sec – 99 hours Leq	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Time constants: Fast	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Slow	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Impulse	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trigger facilities	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sound intensity capability	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Level vs. time displays	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reverberation time	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tabular displays	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Printer interface	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IEEE-488 interface	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RS-232 interface	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internal noise generator	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reference spectrum storage	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internal mass storage	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programmeable (BASIC)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Colour video output	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Upgradeable	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rugged casing	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Portable	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fits under an airplane seat	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weight less than 20 kg (44 lb)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Contact us for more information

SCANTEK INC.

12140 Parklawn Drive,
Suite 465, Rockville, MD 20852. (301) 468-3502.
Subsidiary of Norwegian Electronics a.s.
Local offices on the West coast and in the Mid-West.

NORWEGIAN ELECTRONICS
State-of-the-art instrumentation

ACOUSTICAL INTERFACE™ SYSTEM

precision acoustical measurements
with your FFT, scope or meter

PS9200 POWER SUPPLY

- Dual Channel
- 9V "Radio" Battery
- Portable
- 50 Hours Operation
- Low Noise
- LED Status Indicator

7000 SERIES MICROPHONES

- Type 1 Performance
- 1/4, 1/2 and 1 Inch Models

4000 SERIES PREAMPLIFIERS

- 2Hz to 200kHz \pm 0.5db
- Removable Cable
- PS9200 and 7000 Series Compatible



NEW LOW COST PRECISION MEASUREMENTS

- SINGLE CHANNEL SYSTEM UNDER \$1,200
- DUAL CHANNEL SYSTEM UNDER \$2,000
(1/2 or 1 inch microphones)



ACO Pacific, Inc.

2604 Read Avenue
Belmont, CA 94002
(415) 595-8588

© 1984

ACOUSTICS BEGINS WITH ACO