

L'EFFET DU VOLUME D'UNE SALLE SUR LA MESURE DES  
COEFFICIENTS D'ABSORPTION DU SON

Jean-Yves Trepanier  
Étudiant  
Université de Sherbrooke

et

A.C.C. Warnock  
Conseil national de recherches Canada  
Division des recherches en bâtiment  
Section bruit et vibration  
Ottawa, Canada

SOMMAIRE

Les mesures de coefficients d'absorption de 2 échantillons dans 4 salles réverbérantes équipées de façon semblable et d'un volume variant entre  $16 \text{ m}^3$  et  $250 \text{ m}^3$  montrent des différences significatives en basses fréquences. Il existe une relation presque linéaire entre le coefficient mesuré et le logarithme du volume de la salle. Cette relation pourrait expliquer en partie la variabilité des coefficients mesurés d'un laboratoire à l'autre.

SUMMARY

Measurements of sound absorption coefficients for 2 specimens in 4 similarly equipped reverberation rooms ranging in volume from  $16$  to  $250 \text{ m}^3$  show significant differences at low frequencies. There is an approximately linear relation between the measured coefficient and the logarithm of the room volume. This could explain some of the differences in measured coefficients between laboratories.

INTRODUCTION

Malgré les normes déjà existantes pour la mesure du coefficient d'absorption du son dans une salle réverbérante (1,2), les problèmes concernant cette mesure sont encore très nombreux.

Il est cependant reconnu qu'une bonne diffusion du son dans les salles est indispensable à l'obtention de mesures valables. Par contre, plusieurs facteurs influent sur le degré de diffusion du son tel le nombre de diffuseurs, les caractéristiques des sources sonores, le volume de la salle, etc.

Afin d'approfondir la connaissance de ces facteurs, on a tenté d'isoler l'effet du volume d'une salle en rendant négligeables les effets des autres paramètres.

Ainsi a-t-on choisi la procédure expérimentale suivante :

- les mesures d'absorption ont été effectuées dans 4 salles réverbérantes dont le volume variait entre 16 et 250 m<sup>3</sup> ;
- chaque salle possédait des diffuseurs fixes et tournants dont l'aire totale correspondait à au moins 50% de la surface du plancher ;
- chaque salle était munie de 4 haut-parleurs alimentés séparément et de plusieurs microphones ;
- les décroissances recueillies dans chaque salle étaient très nombreuses et ont été analysées par ordinateur ;
- les mesures ont été effectuées pour 2 échantillons différents dans chaque salle.

Le présent rapport fournit les résultats des mesures effectuées au Conseil national de recherches Canada (CNRC) et examine les conclusions qui ressortent de l'analyse.

#### DESCRIPTION DES SALLES

Les 4 salles où les mesures ont été effectuées possèdent des murs parallèles. Le tableau 1 fournit les caractéristiques de ces salles.

La figure 1 montre les temps de réverbération de la salle sans absorbant A et le critère de Schroeder (1,2) comme fonction de la fréquence. Selon le critère de Schroeder, pour qu'un champs acoustique atteigne un champs diffus et qu'on puisse le

Tableau 1

Caractéristiques des salles

Salle	Volume V(m <sup>3</sup> )	Aire du plancher S <sub>f</sub> (m <sup>2</sup> )	Aire des diffuseurs fixes (un côté) S <sub>d</sub> (m <sup>2</sup> )	Aire des diffuseurs tournants (un côté) S <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> )	(S <sub>d</sub> +S <sub>v</sub> )/S <sub>f</sub> × 100%	Fréquence de Schroeder F <sub>s</sub> (Hz)
A	250,5	51,7	15,86	11,89	54%	315
B	121,8	34,3	17,84	1,67	57%	280
C	64,7	19,1	6,69	3,34	53%	315
D	16,2	6,7	4,95	1,28	93%	680

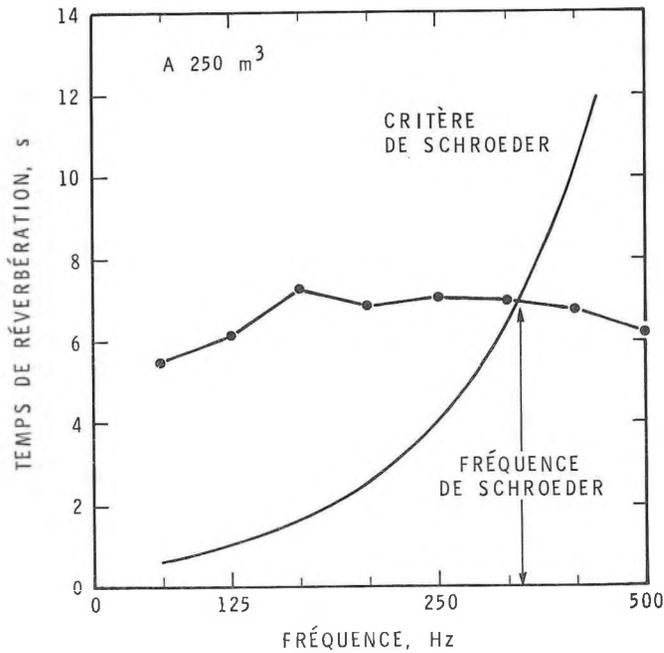


Figure 1 Temps de réverbération et critère de Schroeder pour la salle A

rotation de 90° par rapport à l'axe horizontal. Le plancher de la salle A correspond donc à un mur de la salle D.

La salle A possède un contrôle d'humidité et de température et les salles A et B ont un système automatique de lecture de ces paramètres. La température et l'humidité dans les salles C et D furent mesurées au moyen d'un psychromètre et d'un thermomètre.

Les résultats des round-robins japonais (5) et australiens (6) indiquent qu'un nombre suffisamment élevé de diffuseurs assure un haut degré de diffusion du son pour les hautes fréquences. De plus, les diffuseurs tournants et les 4 haut-parleurs augmentent aussi la diffusion, comme l'ont indiqué des travaux effectués au CNRC (7,8,9). Enfin, l'utilisation d'un petit échantillon, d'environ 1 m<sup>2</sup> (voir section 3), garantissait presque le même degré de diffusion avant et après l'insertion de l'absorbant dans la salle, du moins dans les salles A, B et C.

#### DESCRIPTION DES ÉCHANTILLONS

Toutes les mesures ont été effectuées sur deux échantillons absorbants différents.

Les dimensions des échantillons étaient à l'échelle 1:2,5 de l'échantillon standard 2,44 m × 2,74 m. Ils mesuraient donc 0,98 m × 1,1 m, ce qui donne une aire de 1,07 m<sup>2</sup>.

Le premier échantillon, (I), était composé d'un panneau de fibre de verre d'une épaisseur de 25 mm et recouvert de tissu. La surface supérieure de l'absorbant était maintenue à une hauteur de 160 mm au-dessus du sol grâce à un cadre de contreplaqué

décrire adéquatement au moyen de statistiques, il faut que le temps de réverbération TR soit égal ou inférieur à T<sub>s</sub>, où

$$T_s = \frac{V \cdot f^2}{4 \times 10^6} \quad (1)$$

et V = volume de la salle (m<sup>3</sup>)

f = fréquence (Hz)

Ce critère est illustré à la figure 1 où l'intersection des deux courbes donne la fréquence de Schroeder. Les fréquences de Schroeder de chaque salle se trouvent au tableau 1.

Malgré le critère de Schroeder, un volume de 85 m<sup>3</sup> serait suffisant pour les mesures de 125 Hz et plus, selon la norme ASTM C423. Par contre, dans la norme ISO 354 (2) un volume d'au moins 150 m<sup>3</sup> est exigé.

La salle D est un modèle à l'échelle de 1:2,5 de la salle A, avec rotation de 90° par rapport à l'axe horizontal. Le plancher de la salle A correspond donc à un mur de la salle D.

13 mm, assurant ainsi une lame d'air de 135 mm entre le sol et l'absorbant (Montage E160 d'après la norme ASTM E795 (10)).

Le deuxième échantillon, (II), consistait en 100 mm de fibre de verre placée directement sur le sol et entourée d'un cadre de contreplaqué 13 mm d'épaisseur (Montage E160 d'après la norme ASTM E795 (10)).

Un ruban de caoutchouc assurait l'étanchéité entre le cadre et le sol.

À cause des effets d'aire très importants et de l'emploi d'échantillons si petits, on a mesuré des coefficients d'absorption assez élevés.

#### TECHNIQUES DE MESURE

Chaque salle était munie de 4 haut-parleurs alimentés simultanément par des sources autonomes de bruit aléatoire. Les courbes de décroissance étaient recueillies par un analyseur en temps réel relié à un mini-ordinateur. Les signaux reçus étaient séparés en bandes de 1/3 d'octave de 100 Hz à 10 kHz.

Le tableau 2 indique le nombre de microphones, le nombre de positions de l'échantillon et le nombre total de décroissances analysées par échantillon, dans chaque salle. Les décroissances obtenues à un microphone, habituellement 25, étaient additionnées de façon à obtenir une courbe plus régulière et une pente a été calculée.

L'ordinateur calculait alors les pentes des droites sur environ 20 dB par la méthode des moindres carrés et en déduisait les temps de réverbération.

Tous les microphones et les échantillons étaient placés dans les salles conformément à la norme ASTM C423 (3), sauf dans quelques cas peu importants où il était impossible de le faire.

Tableau 2

Details des mesures dans chaque salle

Salle	Nombre de microphones	Nombre de décroissances par microphone	Nombre de positions de l'échantillon	Nombre total de décroissances analysées
A	9	25	8	1800
B	9	25	4	900
C	9	25	4	900
D	8	20	2	320

Toutes les mesures pour un échantillon donné ont été effectuées la même journée dans chaque salle. De plus, on a mesuré la température et l'humidité de chaque salle sans absorbant et avec absorbant dans différentes positions. On a fait au besoin, des corrections pour tout changement, selon la norme ANSI S1.26 (11).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les figures 2 et 3 donnent les résultats de mesures effectuées sur chaque échantillon dans les 4 salles.

À première vue, l'analyse se divise en 2 parties. Pour les fréquences supérieures à la fréquence de Schroeder dans la salle D, les résultats pour les 4 salles indiquent une concordance raisonnable si l'on tient compte de la marge d'erreur.

Pourtant, d'après les résultats au-dessous de 800 Hz, les coefficients d'absorption mesurés dans la salle D sont tout à fait différents de ceux mesurés dans les autres salles et ne sont donc pas valables.

Puisque la salle D est un modèle à l'échelle 1:2,5 de la salle A, on s'attendrait à ce que les effets remarquables dans la salle D à une fréquence donnée se produisent dans la salle A à une fréquence 2,5 fois plus petite. Ainsi doit-on conclure que pour les mesures inférieures à 315 Hz, effectuées selon les normes à l'échelle normale, la salle A sera en défaut par rapport aux salles plus grandes.

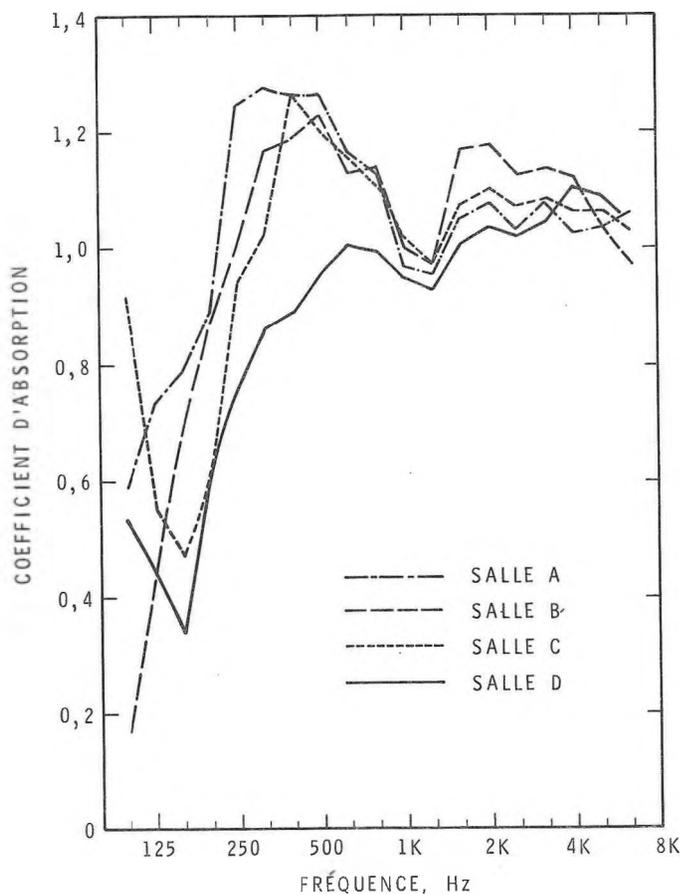


Figure 2 Coefficient d'absorption du son de l'échantillon I dans les différentes salles

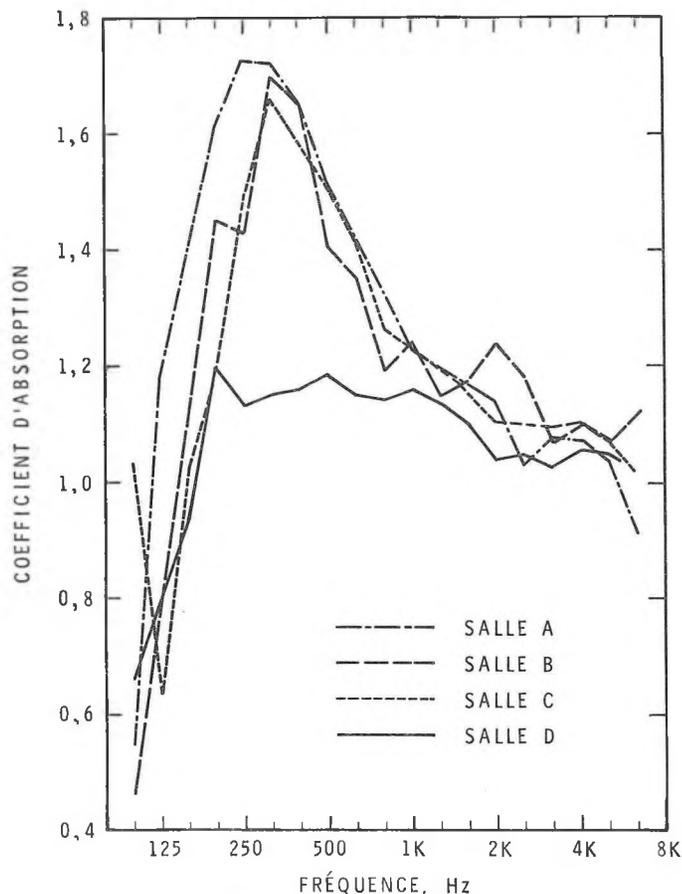


Figure 3 Coefficient d'absorption du son de l'échantillon II dans les différentes salles

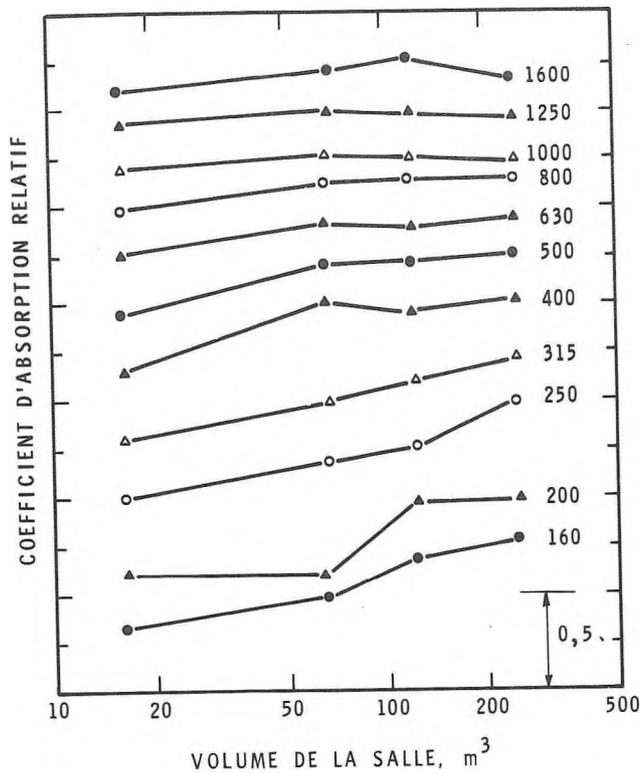


Figure 4 Coefficient d'absorption du son dans les 4 salles, échantillon I

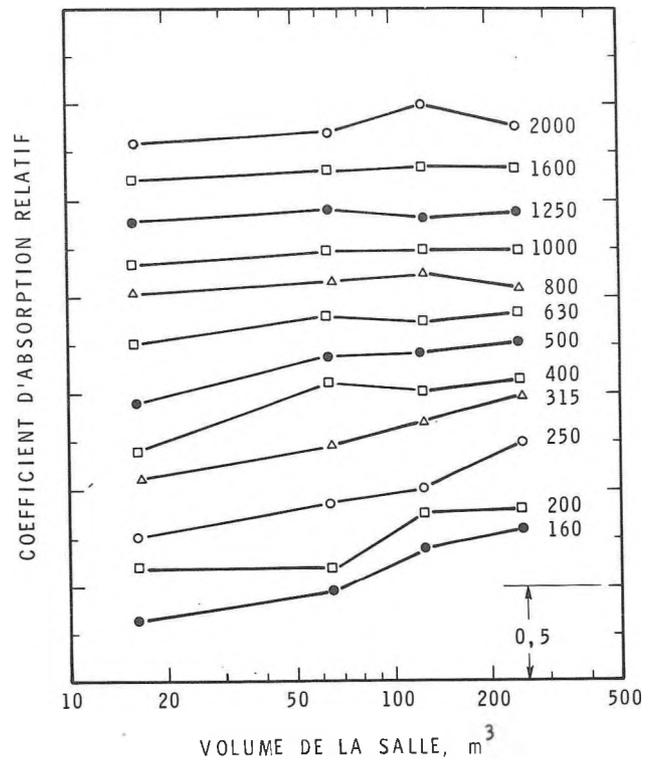


Figure 5 Coefficient d'absorption du son dans les 4 salles, échantillon II

Les figures 4 et 5 montrent les coefficients d'absorption en fonction du volume de la salle. Les courbes indiquent encore une fois, qu'au-dessus de la fréquence de Schroeder, il y a un bon accord entre les 4 salles. Mais au-dessous de cette fréquence, il y a une relation presque linéaire entre les coefficients et le logarithme du volume.

D'après la norme ASTM C423, qui utilise l'équation de Sabine, il est possible de mesurer les mêmes coefficients dans n'importe quelle salle réverbérante si le volume est supérieur à  $85 \text{ m}^3$ , ce qui est censé assurer un champ acoustique assez diffus. Cependant, les résultats de notre étude n'indiquent pas les mêmes conclusions. Puisque les volumes des salles réverbérantes typiques sont compris entre  $200 \text{ m}^3$  et  $400 \text{ m}^3$ , l'effet du volume, quoique petit, existe néanmoins et pourrait expliquer en partie les écarts constatés entre les laboratoires dans les round-robins.

Cet effet, qui semble contredire la théorie simple de Sabine, requiert évidemment une explication. Toutefois, à l'étape actuelle des recherches, on ne peut que spéculer. L'effet semble cependant logique si l'on considère qu'un échantillon, petit par rapport à la longueur d'une onde, possède des coefficients d'absorption plus élevés que ceux d'un échantillon plus grand. Cet agrandissement est causé par la diffraction des ondes. Pourtant, lorsque plusieurs échantillons de petites dimensions sont rangés les uns à côté des autres, l'agrandissement est beaucoup moindre. Si l'on examine brièvement les images acoustiques d'un échantillon constitué par les parois, on constate un rapprochement de ces images lorsque le volume de la salle est réduit. Autrement dit, lorsque l'aire de l'échantillon s'approche de celle du plancher, le champ acoustique est fortement perturbé et la théorie simple n'est alors plus valable.

Il serait intéressant de voir si les résultats des expériences semblables effectuées dans plusieurs laboratoires permettent de constater le même effet. Cette tâche reste cependant à accomplir. En outre, les effets de plusieurs facteurs, y compris la grandeur et la vitesse de rotation des diffuseurs tournants et l'effet d'absorption ajouté à la salle "vide" (c.-à-d. sans échantillon) demeurent encore inconnus. En dépit des normes existantes, il reste encore beaucoup à faire pour trouver des méthodes permettant de mesurer correctement les coefficients d'absorption dans une salle réverbérante.

#### RÉFÉRENCES

1. ASTM C423-81, "Standard Test Method for Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method", American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1981.
2. International Standard ISO 354, "Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room", 1981.
3. Schroeder, M.R., *Acustica* 4, p. 594, 1954.
4. Schroeder, M.R., Kuttruff, K.H., *J. Acoust. Soc. Am.* 34, p. 76, 1962.
5. Makita, Y., Koyasu, M., Nagata, M., Kimura, S., "Investigations into the Precision of Measurements of Sound Absorption Coefficients in a Reverberation Room. Part 1. The Third Round Robin Test and the Investigation of the Diffusivity of Sound Field," *J. Acoust. Soc. Japan* 24, p. 381 (Japanese) CSIRO Translation No. 10821.
6. Davern, W.A., Dubout, P., "First Report on Australasian Comparison of Sound Absorption Coefficients", Division of Building Research, CSIRO, 1980.
7. Warnock, A.C.C., "Reverberation Room Tuning for Absorption Measurements", presented at the 10th ICA, Sydney, Australia, July 1980.
8. Warnock, A.C.C., "Multiple Speakers in Reverberation Room Measurements", Building Research Note 187, Division of Building Research, National Research Council Canada, May 1982.
9. Warnock, A.C.C., "Some Effects of Multiple Sources in Reverberation Room Tests", *Proceedings, Inter Noise 82*, 2, p. 833.
10. ASTM E795-81, "Standard Practices for Mounting Test Specimens during Sound Absorption Tests", American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1981.
11. ANSI S1.26 - 1978, "Method for the Calculation of the Absorption of Sound by the Atmosphere", Acoustical Society of America, New York, 1978.

# Now...

- **On-The-Spot Printout**
- **Cassette Data Storage**
- **User Friendly Operation**
- **Built-In Computer Interface**

...With The New

# db-653 Metroreader



*The db-653 shown below measures only 11½ x 8½ x 1¾ inches.*

Now you have an important new choice in Metroreaders to support your db-301 Noise-Profiling Dosimeters, dl-331 Industrial Hygiene Data Loggers and Interscan 5000-Series Toxic Gas Dosimeters.

You can still process data on-site, and obtain a hard-copy of complete time history or exposure computations for your local files, as you have with the standard db-651 and db-652 Metroreaders. But, if you are in a hurry and want to determine test validity, the db-653 can alternatively print summary calculations only. The abbreviated report is available in a small fraction of the time taken for a full printout.

Plus, the new db-653 Metroreader allows you to store logger data on convenient microcassettes. This saves time by allowing you to return your loggers to service quickly, minimizing field equipment and procedures. Later, the tapes can be analyzed on-site, or can be mailed or carried to your office for further analysis and archiving. The tapes may be reused, or the original data tapes kept on file. Each microcassette can store up to 54 acoustic records or 18 records of other environmental variables.

The built-in four-line Liquid Crystal Display (LCD) provides user-friendly interactive communications. It allows you to tailor acoustic computations to your individual needs. You can request printouts and data storage as well as easily access the stored data files.

As a standard feature the db-653 includes a built-in RS-232C interface for transferring data to computers, such as those using Metrosoft software for analyzing and archiving occupational exposure data. The db-653 is directly Metrosoft compatible.

And of course, the db-653 is portable, operates on internal rechargeable batteries and has a built-in printer. It measures only 11½ x 8½ x 1¾ inches, readily fits into a briefcase; and it weighs less than 4 lbs.

The db-653 is a combination data reader, data storage, and data entry terminal in a convenient knee top package. It is packed full of the features that you have asked for in the next generation Metroreader.

And when you are not using it with your data loggers, you can use the db-653 as a general purpose computer. It can be programmed in easy-to-use BASIC.

## **Standardize Your Documentation**

Our Metrologger data loggers, Metroreaders, and Metrosoft computer software give you many choices for monitoring and analyzing exposure to noise, toxic and combustible gases, organic vapors, and other industrial hygiene and pollution contaminants.

They also provide one more very important benefit. They enable you to standardize the format for archiving and documenting all of your environmental records and exposure computations. This can be invaluable for subsequent legal analysis.

Metrosonics systems are comprehensive, proven systems. They are designed specifically to meet the needs of industrial hygienists and pollution engineers.

Our new 12-page brochure tells the whole story. Call or write today for your copy.

REPRESENTED IN CANADA EXCLUSIVELY BY



**LEVITT-SAFETY LIMITED**  
33 Laird Drive, Toronto, Ontario M4G 3S9

BRANCHES THROUGHOUT CANADA



**METROSONICS INC.**  
**GENERAL PRODUCTS DIVISION**  
P.O. BOX 23075 • ROCHESTER, N.Y. 14692 • 716-334-7300

*The New Generation  
Of Noise Analyzers*