

PRÉSENTATION D'UN MODÈLE DE PRÉVISION DES NIVEAUX DE PRESSION DANS LES LOCAUX ENCOMBRÉS

C. SENAT, J.P. GUILHOT et R. GAMBA*

*Laboratoire d'Acoustique, de Métrologie et d'Instrumentation, 38 rue des 36 Ponts,
F-31400 Toulouse, France*

**C.A.G.T. et associés, Chemin de Manel, F-31400 Toulouse, France*

ABSTRACT

The formalism of a prevision model of sound levels into empty and cluttered up rooms is presented here. This model uses the hypothesis of diffuse reflection at the wall and is based on the hypothesis that congestion is made up of obstacles wich can be considered as particles relative to the dimension of the room. The comparisons between calculated results and mesured results are satisfactory with consideration on the dubiousness of the parameters' values wich characterise the behaviour of the congestion.

INTRODUCTION

Nous allons, dans cet exposé, présenter un modèle de prévision des niveaux de pression dans les locaux encombrés. La modélisation des phénomènes physiques (émission, propagation, réverbération ...) dont dépend la valeur du niveau de pression en un point du local impose un certain nombre d'hypothèses simplificatrices.

La plupart des modèles font l'hypothèse de la réflexion spéculaire du son sur les parois. Il s'agit des modèles utilisant la technique des sources-images ou des rayons. Cependant, cette hypothèse paraît mal adaptée à la plupart des locaux qui présentent rarement des parois lisses et non encombrées. Ceci a conduit au développement d'un modèle pour lequel une réflexion diffuse sur les parois dans les locaux vides est considérée.

Les travaux antérieurs ([1],[2],[3],[4],[5]) permettent d'obtenir des résultats en bon accord avec l'expérimentation et encouragent à poursuivre l'exploration de ce type de modèle.

Dans les locaux industriels, pour lesquels nous voulons utiliser ce modèle, l'encombrement (stocks, machines, ...) occupe parfois une part importante du volume intérieur.

Dans ce type de locaux, les travaux de nos prédécesseurs ne reposent pas sur une hypothèse de réflexion diffuse sur les parois ([6],[7],[8],[9],[10]). Nous avons donc élaboré un modèle de l'influence de l'encombrement cohérent avec le formalisme en locaux vides.

I LE FORMALISME**A Hypothèses et paramètre physique**

Nous allons considérer que l'encombrement se comporte vis à vis d'une onde acoustique comme un brouillard vis à vis d'une onde lumineuse. Ceci revient à dire que l'énergie incidente est en partie diffusée, en partie absorbée, en partie transmise.

Nous considérons donc les obstacles comme particuliers, répartis aléatoirement et nombreux, ce qui les suppose de petite taille relativement aux dimensions du volume encombré.

Nous assimilerons, pour des commodités de compréhension des phénomènes, l'énergie sonore incidente sur l'encombrement à la somme d'un grand nombre de quantités infinitésimales d'énergie que nous appellerons phonons.

Les paramètres essentiels qui permettent de caractériser l'encombrement -en plus de la géométrie (position, dimension)- sont les coefficients de transmission et de diffusion.

- le coefficient de transmission :

Si l'énergie acoustique traverse l'encombrement sur une distance d , alors le coefficient de transmission τ s'écrit :

σ est la section efficace de diffusion des obstacles

N est le nombre d'obstacles par unité de volume au sein de l'encombrement.

- le coefficient de diffusion:

Supposons que l'on ait caractérisé chaque obstacle composant l'encombrement par son facteur d'absorption α_0 .

Soit une onde acoustique d'énergie E traversant l'encombrement.

$$E = N_0 \epsilon$$

où N_0 est le nombre total de phonons supposés d'égale énergie ϵ .

L'énergie τE est transmise directement, donc l'encombrement capte $(1-\tau)E$, ce qui revient à dire que $(1-\tau)N_0$ phonons ont subi au moins un choc.

Suivons le trajet de l'un de ces phonons particuliers (que nous indiquerons i). Celui-ci subit n_i chocs avant de sortir de l'encombrement et donc, est porteur à sa sortie de l'énergie $(1-\alpha_0)^{n_i} \epsilon$. L'on peut ainsi écrire en définitive que l'énergie diffusée par l'encombrement est :

$$Ed = (1-\tau)E \sum_i (1-\alpha_0)^{n_i} / (1-\tau N_0)$$

et

$$D = \sum_i (1-\alpha_0)^{n_i} / (1-\tau) N_0$$

D est le coefficient de diffusion

Implicitement, nous avons considéré que les coefficients σ , N et α_0 sont constants dans le volume encombré. Cette hypothèse sera vérifiée par le fait que nous allons être amenés à diviser le volume encombré en zones, dans lesquelles ces coefficients seront homogènes (cfl B).

B Mise en équations

La surface du local est décomposée en surfaces S_i tels que le facteur d'absorption α_i soit invariant sur celle-ci et que la Densité Surfaccique de Puissance Incidente (DSPI) I_i puisse être considérée comme invariante.

Le volume d'encombrement est décomposé en zones V_k pour lesquelles la densité volumique de puissance, la section efficace des obstacles et le coefficient de diffusion sont invariables.

Le calcul des interinfluences des parois et de l'encombrement conduit au système d'équation suivant :

$$I_i = \sum_j \text{infpp}_{(i,j)} I_j + \sum_k \text{infzp}_{(i,k)} W_k + \text{infsp}_{(i)}$$

$$W_k = \sum_j \text{infpz}_{(k,j)} I_j + \sum_{k'} \text{infzz}_{(k,k')} W_{k'} + \text{infsz}_{(k)}$$

pour lesquelles :

$$\text{infpp}_{(i,j)} = (1-\alpha_j)(1/S_j) \iint [4 \cos \Theta_{ij} \cos \Theta_{ji} \tau_{ij} / 4\pi R^2] dS_j dS_i$$

(influence d'un élément de paroi sur un autre).

$$\text{infzp}_{(i,k)} = (1/V_k)(1/S_i) \iint [\cos \Theta_{ik} \tau_{ik} / 4\pi^2] dV_k dS_i$$

(influence d'une zone de l'encombrement sur un élément de paroi).

$$\text{infpz}_{(k,j)} = (1-\alpha_j) \iint [\cos \Theta_{kj} \tau_{kj} \cos \Theta_{jk} dS_j D_k (1-\tau_k) dS_k / \pi h_{kj}^2]$$

(influence d'un élément de paroi sur une zone de l'encombrement)

$$\text{infzz}_{(k,k')} = 1/V_k \iint [\cos \Theta_{kk'} \tau_{kk'} dS_{k'} (1-\tau_k) D_k dV_k / 4\pi l^2]$$

(influence d'une zone de l'encombrement sur une autre).

$$\text{infsp}_{(i)} = WQ'(\Theta_{is}) \cos \Theta_{is} (\tau_{i\cdots}) / 4\pi r_s^2$$

(influence de la source de puissance W et de directivité Q' sur un élément de paroi).

$$\text{infsz}_{(k)} = WQ'(\Theta_{ks}) \cos \Theta_{ks} (\tau_{k\cdots}) (1-\tau_k) S_{ks} / 4\pi r_s^2$$

(influence de la source sur une zone).

et pour lesquelles i et j sont indices de paroi, k et k' sont indices de zones d'encombrement. I_i est la Densité surfacique de puissance incidente sur l'échantillon i et W_k est la puissance diffusée par la zone d'encombrement k .

La résolution de ce système d'équation linéaire nous donne accès aux inconnus I_j et W_k et nous pouvons calculer le niveau reçu en un point M .

$$I_m = WQ(\Theta_{MS})\tau_{SM}/4\pi R_{SM}^2 + \sum_j I_j (1-\alpha_j) \cos\Theta_{Mj} \tau_{Mj} / 4\pi r_{Mj}^2 + \sum_k W_k \tau_{kM} / 4\pi R_{kM}^2$$

II RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons réalisé une comparaison Mesures-résultats de calcul pour le cas d'un hall d'imprimerie contenant deux rotatives.

Ces machines sont constituées d'un ensemble de pièces mécaniques, de bras, de rouleaux, de moteurs et d'une série de bandes de papier. La mesure de décroissance spatiale présentée en figure 1 a été réalisée au travers de l'encombrement à 2 KHz.

Nous avons défini trois plages de variation du coefficient d'absorption des obstacles de l'encombrement: de 0 à 0,15 pour simuler un comportement réfléchissant, de 0,6 à 1 pour simuler un comportement absorbant, de 0,15 à 0,6 pour simuler un comportement intermédiaire.

Pour la bande d'octave 2 KHz, on peut faire l'hypothèse que la longueur d'onde est petite devant les dimensions des obstacles; nous pouvons donc assimiler la section efficace de diffusion à la section visible de l'obstacle. Cette section dépend donc de la direction d'observation, de ce fait, nous la caractériserons par une valeur moyenne et un écart maximum.

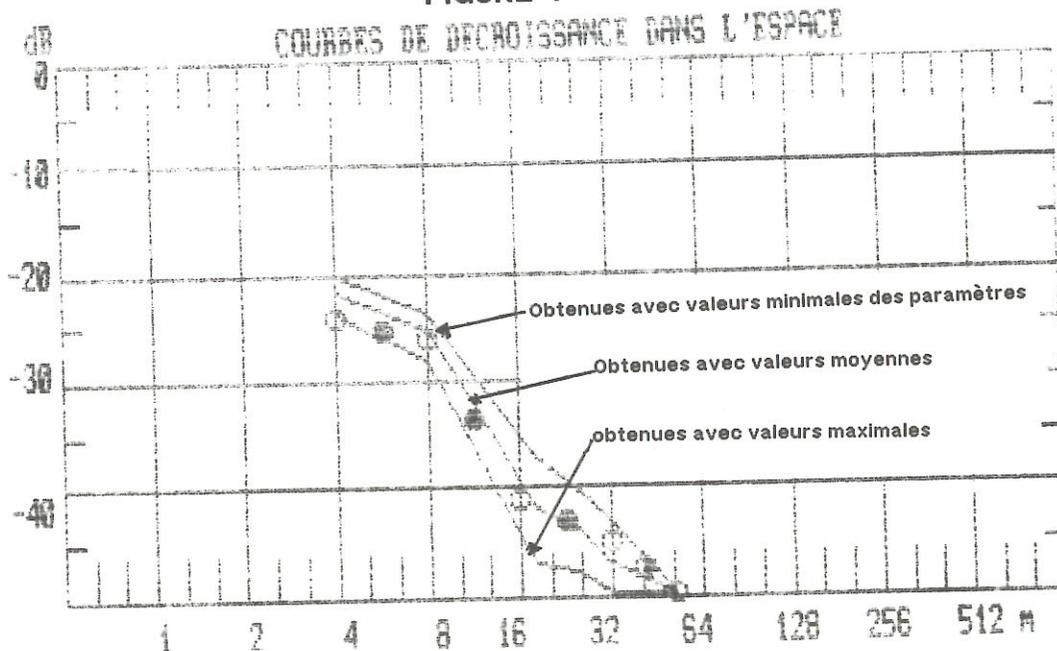
Les résultats des calculs compte tenu des incertitudes sur ces paramètres est en bon accord avec les mesures (figure 1).

CONCLUSION

Un formalisme mathématique reposant sur l'hypothèse de réflexion diffuse en paroi a été élaboré dans le cas de locaux encombrés.

Ce formalisme a été mis sous forme de programme de calcul numérique. Compte tenu de l'incertitude sur les paramètres, coefficients de transmission et de diffusion, influant sur les résultats et permettant de caractériser l'encombrement, les résultats de calcul sont en bon accord avec les mesures.

FIGURE 1



BIBLIOGRAPHIE

- [1]KUTTRUFF *Room acoustics (applied science publishers 1973) chap.4 p.81*
- [2]KUTTRUFF *Stationäre schallausbreitung in flachräumen, Acustica 57, 62-70(1985)*
- [3]SCHROEDER *iterative calculation of reverberation time , acustica 45, 269-273(1980)*
- [4]MILES R.N. *Sound field in a rectangular enclosure with diffusely reflecting boundaries, J.S.V. 92,203-226(1984)*
- [5]MALCURT C. *Simulation informatique pour prédire les critères de qualification acoustique des salles: comparaison des valeurs mesurées et calculées dans une salle à acoustique variable , Thèse de troisième cycle Toulouse III (1986)*
- [6]KUTTRUFF *Über nachhall in medien mit unregelmässig verteilten streuzentren, insbesondere in hallräumen mit aufgehängten streuelementen, acustica 18 ,131-143, (1967)*
- [7]KUTTRUFF *a mathematical model for noise propagation between buildings, J.S.V.,85(1),115-128, (1982)*
- [8]JOVICIC S. *Anleitung zur vorausbestimmung des schallpegels in betriebsgebäuden document édité par le ministère du travail, de la santé, et des affaires sociales de l'état de Rhénanie-Westphalie, (1979)*
- [9]HOGDSON M. *Theoretical and physical models as tools for study of factory sound fields, thesis, University of Southampton, (1983)*
- [10]I.N.R.S. *Acoustique prévisionnelle intérieure, notes scientifiques et techniques de l'INRS n°52 laboratoire d'acoustique industrielle (octobre 1984)n°issn 0397-4529*
- [11]ZULIANI P. *Intelligibilité de la parole dans des conditions d'écoute difficiles: Etude et prévision fondée sur l'hypothèse de réflexion diffuse en paroi, Thèse de l'université Paul Sabatier (acoustique) 20 décembre 1988*
- [12] MORSE, INGARD *Theoretical acoustics (Macgraw-hill Book Company 1968) chap.8 p.401*
- [13]AULETTA N. *Contribution à l'étude de la propagation du son dans les locaux industriels encombrés .Première et deuxième partie, Revue d'acoustique 75 477-487 (1985),76 5-18 (1986)*
- [14]LINDQUIST E. *Design curves for estimating sound pressure levels in factories. D 15, Swedish Council for Building Research, 1982*
- [15]LINDQUIST E. *Sound attenuation in factory spaces. Acustica 50, 313-328, (1982)*