

DETERMINATION DU FACTEUR D'ABSORPTION PAR UNE METHODE DE RAYONS SONORES

Première Partie :

SIMULATION DE LA MESURE DU FACTEUR D'ABSORPTION EN CHAMBRE REVERBERANTE

J.NEMERLIN

Ir Chef de Laboratoire
Chef du Département CEDIA du Service d'Acoustique Appliquée
de l'Université de Liège

J.J.EMBRECHTS

Chargé de Recherches du Fonds National de la Recherche Scientifique

1. INTRODUCTION

L'étude et la résolution de problèmes acoustiques en espace intérieur passent fréquemment par la simulation du champ sonore établi dans cet espace [1].

Si, actuellement, on arrive à très bien maîtriser les techniques mathématiques, statistiques et informatiques de la simulation [2,3], il n'en va pas de même de la détermination des données acoustiques. Il faut savoir, en effet, que le choix de la puissance acoustique des sources, de leur directivité éventuelle, ainsi que des facteurs d'absorption des parois et du milieu atmosphérique, demeure aujourd'hui une des principales sources d'écart entre les champs sonores réel et simulé.

Nous ne reviendrons pas, dans cet article, sur les détails techniques de la méthode des rayons sonores utilisée dans notre

programme de simulation. Le lecteur intéressé consultera les références [2,3].

Notre but est ici de présenter une méthode de détermination des facteurs d'absorption lorsque ceux-ci doivent intervenir comme données d'une simulation. Par cette méthode, nous espérons réduire les causes d'écart entre la simulation et la réalité.

2. LA MESURE DU FACTEUR D'ABSORPTION EN SALLE REVERBERANTE

Dans une salle réverbérante, le temps de réverbération mesuré à une fréquence f dépend principalement des caractéristiques géométriques de la salle, du facteur d'absorption des murs $\alpha_m(f)$ et de celui de l'air $m(f)$. Lorsque la chambre est vide, c'est-à-dire sans échantillon absorbant, on mesure le temps de réverbération à vide $T_v(f)$.

Le tableau 1 reprend les temps T_v mesurés dans la grande chambre réverbérante de l'Institut Montefiore. Il s'agit ici de moyennes établies à partir de 17 mesures réalisées en janvier 1982. Les résultats sont présentés dans 7 bandes d'octave successives.

TABLEAU 1

Temps de réverbération à vide (sec) par bande d'octave,
dans la grande chambre réverbérante de l'Institut Montefiore

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T_v (sec)	17.1	15.5	12.8	11.0	7.1	3.2	1.45

L'introduction d'un échantillon de matériau absorbant dans la chambre réduit le temps de réverbération. Une mesure de ce dernier $T_e(f)$ permet, par comparaison avec $T_v(f)$, de déduire le facteur d'absorption du matériau $\alpha_e(f)$.

La manière classique de calculer α_e est basée sur la théorie de Sabine :

$$T_e = \frac{0.161 V}{\alpha_m(S_m - S_e) + \alpha_e S_e + 4 mV}$$

$$\text{et } \alpha_e = \alpha_m + \frac{0.161 V}{S_e} \left(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_v} \right)$$

(1)

Remarquons que, si lors des mesures de T_e et de T_v , on reproduit les conditions d'humidité et de température, le terme '4 mV', exprimant l'absorption atmosphérique, disparaît du calcul de α_e . Ce dernier facteur ne dépend donc plus que de la différence des inverses des deux temps (sec^{-1}), du volume de la chambre $V(\text{m}^3)$ et de la surface de l'échantillon S_e . Le terme α_m est d'autant plus négligeable que l'échantillon est absorbant.

La relation (1) est applicable dans le cadre de la théorie de Sabine, c'est-à-dire principalement lorsque le champ sonore est diffus. Lorsque l'on s'éloigne de cette hypothèse, la valeur α_e déduite de (1) ne représente plus correctement le facteur d'absorption du matériau. C'est ainsi qu'il n'est pas rare de constater des valeurs calculées supérieures à l'unité, valeurs qui vont, évidemment, à l'encontre du bon sens physique.

Ce simple cas nous rappelle donc que la relation (1) n'est qu'un modèle mathématique de la réalité physique. La mesure des temps de réverbération pourrait être la plus précise possible, rien n'empêcherait pour autant α_e de diverger, dans certains cas, du facteur d'absorption réel du matériau testé.

3. PRINCIPE GENERAL DE LA METHODE PROPOSEE

De là l'idée de corriger le calcul du facteur d'absorption et de l'adapter dans le sens qui nous intéresse, c'est-à-dire celui de notre programme de simulation.

L'algorithme de ce dernier peut être, lui aussi, considéré comme un modèle mathématique de la réalité physique, modèle essentiellement basé sur l'acoustique géométrique.

Les hypothèses sont moins restrictives puisque le caractère diffus du champ sonore n'est pas exigé. Les limitations de la méthode sont ici d'ordre fréquentiel : limitation en basse fréquence par le fait que les interférences éventuelles et la diffraction ne sont pas prises en compte, limitation en haute fréquence par la description purement spéculaire de la réflexion (pas de diffusion).

Il va sans dire que si une loi $T_e = T_e(\alpha_e)$ peut être prédéterminée par le programme de simulation et pour le problème de la salle réverbérante, on peut substituer à la relation (1) une nouvelle expression qui nous conduira vers un autre facteur d'absorption.

Comme ce dernier sera calculé de manière à calquer la simulation sur la réalité dans une situation donnée, on peut espérer que le nouveau facteur sera plus représentatif lors de toute autre simulation.

Cette dernière affirmation n'a, pour l'instant, rien de rigoureux. Il s'agit avant tout d'une intuition qui ne pourra être confirmée que par la confrontation pratique de résultats de mesures et des prédictions correspondantes.

En nous basant sur les considérations précédentes, la démarche de notre méthode d'évaluation de α_e est la suivante :

- 3A. Modélisation géométrique de la grande chambre réverbérante de l'Institut Montefiore (y compris la position de la source et de la surface réceptrice);
- 3B. Adaptation des facteurs d'absorption α_m des murs de la chambre et des facteurs d'absorption atmosphérique m pour retrouver, par calcul, les temps de réverbération mesurés à vide (tableau 1);
- 3C. Introduction dans le modèle de S_e (m^2) de matériau absorbant (α_e);
- 3D. A l'aide des facteurs α_m et m déterminés en 3B, établissement d'une table de correspondance entre T_e (sec) et α_e , pour plusieurs valeurs discrètes de ce dernier facteur;

3E. Etablissement d'une table de correspondance entre les niveaux sonores calculés (dB) et α_e .

4. ADAPTATION DES FACTEURS D'ABSORPTION (CHAMBRE VIDE)

Avant tout, les coins de la chambre réverbérante pyramidale sont repérés dans un système d'axes cartésien. La figure 1 est une vue en perspective de la représentation géométrique. On peut y voir également la surface d'audience qui recueillera les rayons sonores émis par la source (position S) et sur laquelle seront évalués les paramètres du champ sonore. Il s'agit, en fait, du plan dans lequel est incluse la circonférence décrite par le micro tournant lors des mesures de temps de réverbération.

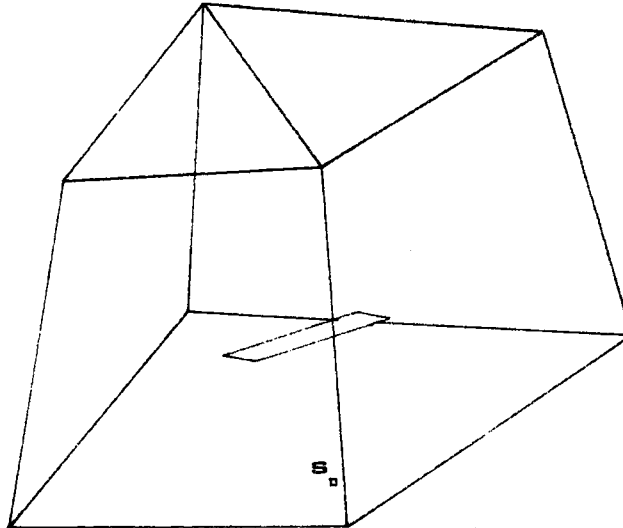


Figure 1 : Vue en perspective de la salle pyramidale réverbérante. Position de la surface d'audience et de la source (S).

L'absorption de l'air est ensuite déterminée : nous avons choisi les données de la référence [4] correspondant à une température ambiante de 18° et un taux d'humidité relative de 70%. Ces données sont reprises à la seconde ligne du tableau 2.

Le facteur d'absorption des murs nus est dès lors calculé par la formule de Sabine (1) où T_v est donné par le tableau 1. Les résultats sont repris à la troisième ligne du tableau 2. Notons que l'on peut raisonnablement appliquer ici la théorie de Sabine, le champ sonore dans la salle vide étant considéré diffus.

Le programme de simulation est ensuite exécuté. Les rayons sonores émis par la source sont arrêtés dès qu'ils ont perdu 99,9% de leur énergie initiale. Le diagramme de décroissance temporelle du niveau sonore, après arrêt de la source, est évalué sur la surface réceptrice.

L'axe des temps est découpé en dix intervalles disjoints. Les rayons sonores atteignant le récepteur au cours d'un intervalle de temps participent au calcul du niveau sonore résiduel à ce moment [2].

Dix points de la décroissance temporelle sont ainsi calculés. Une régression linéaire sur ces dix points fournit les temps de réverbération présentés à la dernière ligne du tableau 2. Au cours de cette procédure, on veillera à ce que la régression soit effectuée sur une dynamique d'au moins 30 dB et ce, pour les huit bandes d'octave considérées.

TABLEAU 2

Facteurs d'absorption choisis pour la situation 'à vide' et temps de réverbération (à vide) calculés par le programme de simulation

f(Hz)	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K	8 K
α_{air} (dB/100m)	0.023	0.046	0.096	0.205	0.449	0.962	2.334	6.488
α_{murs}	0.007	0.008	0.008	0.009	0.009	0.012	0.025	0.045
T_v (sec)	19.3	16.4	14.6	12.4	10.1	6.7	3.0	1.3

La comparaison des temps T_v mesurés (tableau 1) et calculés (tableau 2) montre que les données choisies pour la simulation de la salle vide sont satisfaisantes.

Il aurait, bien entendu, été possible d'ajuster plus précisément le facteur d'absorption des murs, afin d'obtenir exactement les temps du tableau 1. Ce surcroît de précision ne se justifie cependant pas, pour les raisons suivantes :

- les temps de réverbération du tableau 1 ne sont que des moyennes établies sur plusieurs mesures dans la même chambre réverbérante vide, à des instants différents. Ils doivent donc être considérés plutôt comme des ordres de grandeur que comme des valeurs de référence;
- les temps de réverbération calculés sont, eux aussi, des moyennes résultant d'estimations statistiques sur un échantillon de rayons sonores [2,3]. De légères différences peuvent également apparaître d'un échantillon à l'autre.
- le facteur d'absorption d'un matériau sera évalué, non pas directement par T_e , mais par comparaison des temps de réverbération T_e et T_v (crf § 5).

5. CALCUL DES TEMPS DE REVERBERATION AVEC MATERIAU ABSORBANT

Un échantillon (supposé infiniment plat) de matériau absorbant est introduit dans le modèle de la chambre réverbérante (cfr fig. 2). Sa surface est de 12.1 m^2 et son facteur d'absorption prend successivement les valeurs de 0.1 à 1, par pas de 0.1. Les temps de réverbération calculés par le programme de simulation sont présentés au tableau 3. Les mêmes précautions qu'au § 4 concernant la dynamique ont été adoptées.

Remarquons qu'à partir d'une valeur minimum de α_e , le temps de réverbération calculé est constant (à la précision de calcul près, c'est-à-dire de l'ordre du dixième de seconde). Cette valeur minimum diminue avec la fréquence : à 8 kHz, le temps de réverbération est de 0.9 seconde, indépendamment de la valeur de α_e comprise entre 0.4 et 1 !

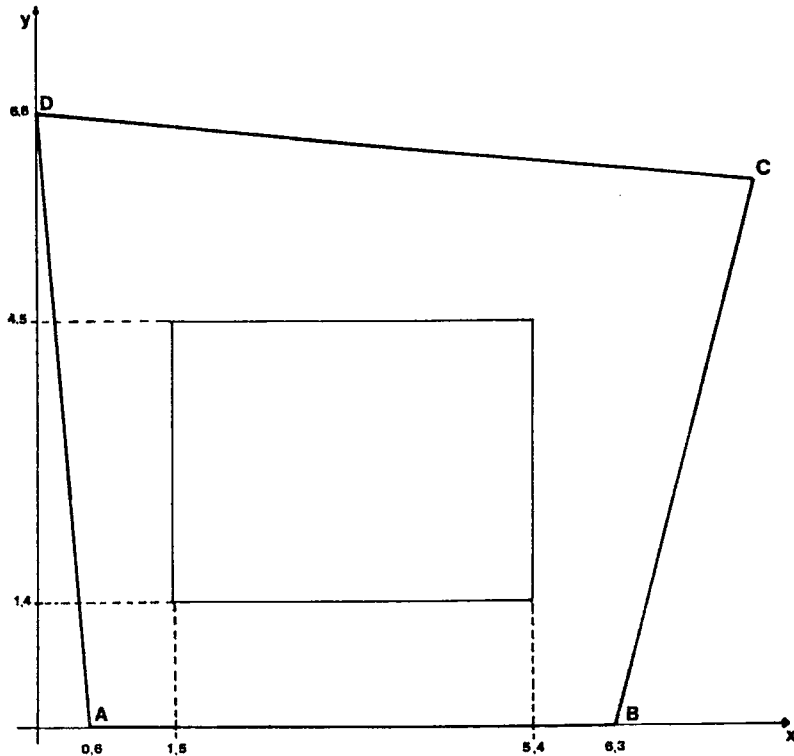


Figure 2 : Position de l'échantillon de matériau au sol de la chambre réverbérante.

Pratiquement, cela implique que, dans ces conditions, la détermination de α_e à partir du temps de réverbération est imprécise.

Comme annoncé précédemment, le facteur α_e ne sera pas déterminé directement par interpolation dans ce tableau 3, mais plutôt dans le tableau 4. Ce dernier exprime la relation entre α_e et la quantité $(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_v})$ qui est beaucoup moins sensible que T_e à l'absorption dans l'air.

TABLEAU 3

Temps de réverbération (sec) calculés dans la salle pyramidale
avec échantillon de matériau (facteur d'absorption α_e)

α_e	f(Hz)	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Salle vide		19.3	16.4	14.6	12.4	10.1	6.7	3.0	1.3
0.1		8.9	8.0	7.7	6.9	6.1	4.4	2.3	1.2
0.2		5.8	5.6	5.5	5.1	4.7	3.7	2.1	1.1
0.3		4.6	4.4	4.3	4.1	3.8	2.9	2.0	1.0
0.4		3.8	3.8	3.7	3.5	3.3	2.6	1.8	0.9
0.5		2.9	2.9	2.8	2.7	2.6	2.3	1.7	0.9
0.6		2.6	2.5	2.5	2.4	2.3	2.2	1.6	0.9
0.7		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.9	1.5	0.9
0.8		2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.4	0.9
0.9		2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.4	0.9
1.0		2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.8	1.4	0.9

TABLEAU 4

Relation entre α_e (facteur d'absorption de l'échantillon) et
($T_e^{-1} - T_v^{-1}$) calculés (sec^{-1}).

α_e	f(Hz)	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K	8 K
0.1		0.061	0.064	0.061	0.064	0.065	0.078	0.10	0.064
0.2		0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	0.12	0.14	0.14
0.3		0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.20	0.17	0.23
0.4		0.21	0.20	0.20	0.21	0.20	0.24	0.22	0.34
0.5		0.29	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.25	0.34
0.6		0.33	0.34	0.33	0.34	0.34	0.31	0.29	0.34
0.7		0.40	0.39	0.39	0.37	0.36	0.38	0.33	0.34
0.8		0.42	0.42	0.41	0.42	0.40	0.38	0.38	0.34
0.9		0.42	0.42	0.41	0.42	0.40	0.38	0.38	0.34
1.0		0.42	0.42	0.41	0.42	0.40	0.41	0.38	0.34

En ce qui concerne le modèle de Sabine (1), $(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_v})$ est une fonction linéaire de α_e , indépendante du facteur d'absorption dans l'air. D'où l'intérêt de ce paramètre.

Remarquons cependant que ce choix n'améliore en rien l'imprécision du calcul de α_e aux fréquences élevées.

La figure 3 illustre, à 63, 500 et 8000 Hz, la dépendance entre α_e et $(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_v})$ pour divers modèles :

- le modèle de Sabine (éq. 1);
- le modèle d' Eyring :

$$T_e = \frac{0.161 V}{4mV - S_m \ln(1-\bar{\alpha})} \quad (2)$$

- le modèle de Pujolle- Leclerc [5]:

$$T_e = \frac{-0.0096 \bar{x}}{0.55} \frac{1}{\log[(1-\bar{\alpha})\exp(-m\bar{x})]} \quad (3)$$

\bar{x} : libre parcours moyen = 3m78

- le programme de tir de rayons.

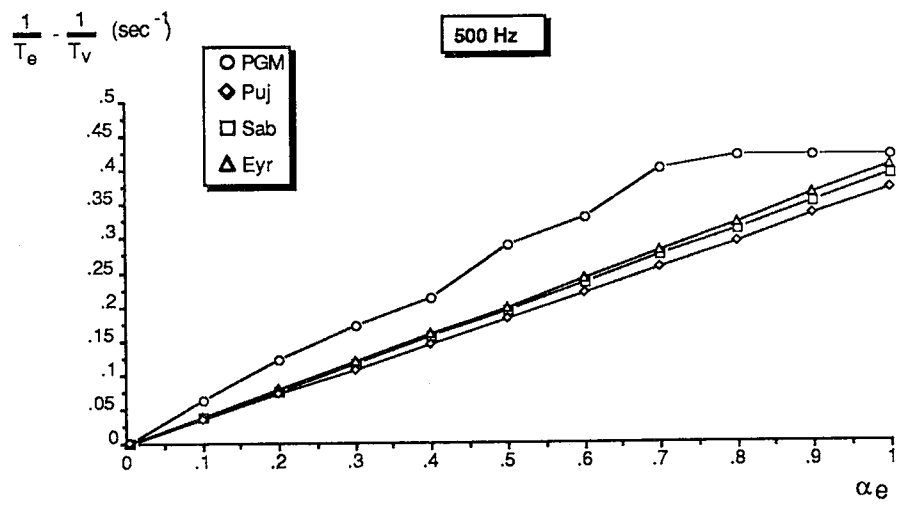
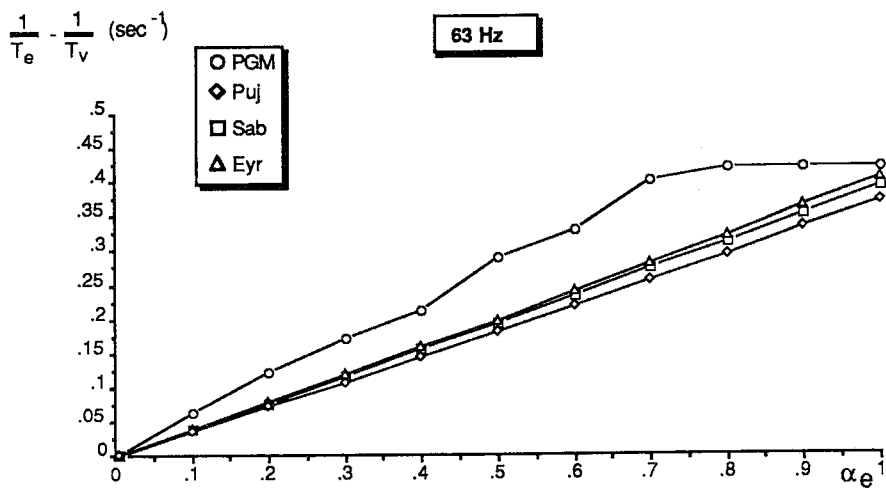


Figure 3 : Dépendance entre α_e et $(T_e^{-1} - T_v^{-1})$ à 63,500 et 8000 Hz pour divers modèles

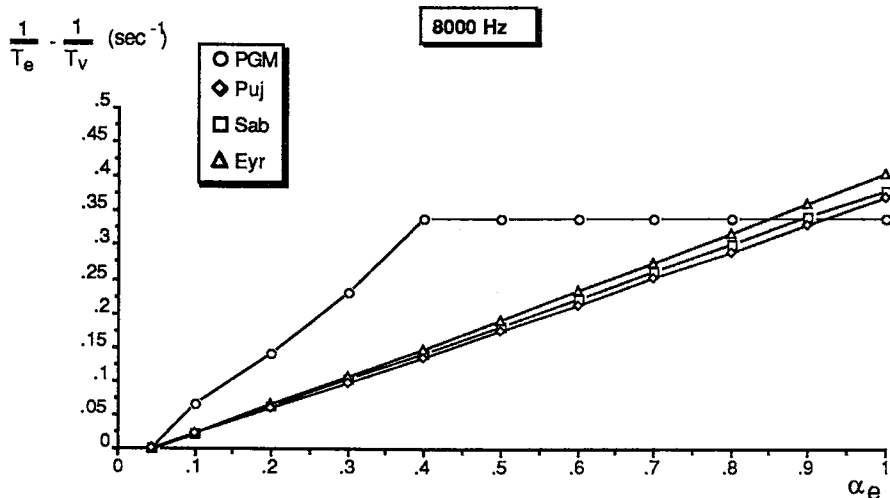


Figure 3 (suite)

Remarquons le comportement bien démarqué du programme par rapport aux trois autres modèles. A paramètre égal $(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_v})$, il a tendance à délivrer un facteur d'absorption α_e plus faible. De plus, la courbe exprimant la fonction $(\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_v})$ de α_e croît plus vite que les autres et sature à partir d'une valeur de α_e variable avec la fréquence. Les trois autres modèles ont un comportement sensiblement linéaire.

L'explication de ce phénomène est à présent à l'étude. D'ores et déjà, nous pouvons affirmer qu'il est lié à la prise en compte, par le programme, de la distribution géométrique réelle du matériau absorbant, alors que les trois autres méthodes considèrent que le facteur d'absorption moyen du local $\bar{\alpha}$ est distribué uniformément sur les parois de ce dernier.

6. CALCUL DES NIVEAUX DE PRESSION

La différence ΔP entre le niveau de pression (dB), mesuré en un endroit de la salle vide, et le niveau mesuré, au même endroit, avec l'échantillon, est une image du facteur d'absorption de ce dernier.

Si, entre les deux mesures, les conditions suivantes sont conservées :

- le niveau de puissance de la source;
- la distance source-récepteur(champ direct);
- l'humidité relative et la température (absorption de l'air);

alors α_e et S_e sont les seuls paramètres dont dépende ΔP .

Les simulations réalisées au point précédent nous fournissent également les niveaux de pression. Le tableau 5 décrit, de la même manière qu'aux tableaux 3 et 4, la variation fréquentielle de la différence ΔP (dB) calculée.

TABLEAU 5

Différence ΔP (dB) entre les niveaux de pression calculés dans la salle pyramidale (salle vide - salle avec échantillon).

α_e	f(Hz)	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K	8 K
0.1		3.6	3.2	3.1	2.6	2.2	1.5	0.8	0.6
0.2		5.1	4.7	4.5	4.0	3.5	2.5	1.3	0.8
0.3		6.3	5.8	5.7	5.0	4.4	3.3	1.8	1.1
0.4		7.2	6.7	6.6	5.9	5.3	4.0	2.3	1.4
0.5		8.0	7.5	7.3	6.6	6.0	4.6	2.8	1.6
0.6		8.8	8.2	8.0	7.2	6.5	5.1	3.1	1.8
0.7		9.3	8.7	8.5	7.8	7.1	5.6	3.3	1.9
0.8		9.9	9.2	9.1	8.3	7.6	6.1	3.7	2.0
0.9		10.4	9.8	9.6	8.8	8.1	6.5	4.0	2.2
1		10.9	10.2	10.1	9.3	8.5	6.8	4.3	2.5

Remarquons déjà que la sensibilité de la différence de niveaux à une variation de α_e est plus grande que celle du temps de réverbération. Cette remarque est particulièrement vérifiée en haute fréquence et pour des valeurs de α_e élevées. Il s'agit bien, soulignons-le, de paramètres *calculés* et non pas mesurés.

La figure 4 illustre, à 63, 500 et 8000 Hz, la dépendance entre α_e et ΔP (dB) pour deux modèles : le programme et

$$\Delta P = 10 \log \frac{\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{4(1 - \overline{\alpha}_v - \frac{4mV}{S_m})}{\overline{\alpha}_v S_m + 4mV}}{\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{4(1 - \overline{\alpha}_e - \frac{4mV}{S_m})}{\overline{\alpha}_e S_m + 4mV}} \quad (4)$$

où r est la distance source-récepteur,

\overline{S}_m est la surface totale des parois de la salle réverbérante,

$\overline{\alpha}_v$ est le facteur d'absorption moyen des parois (à vide)

$\overline{\alpha}_e$, son correspondant avec échantillon.

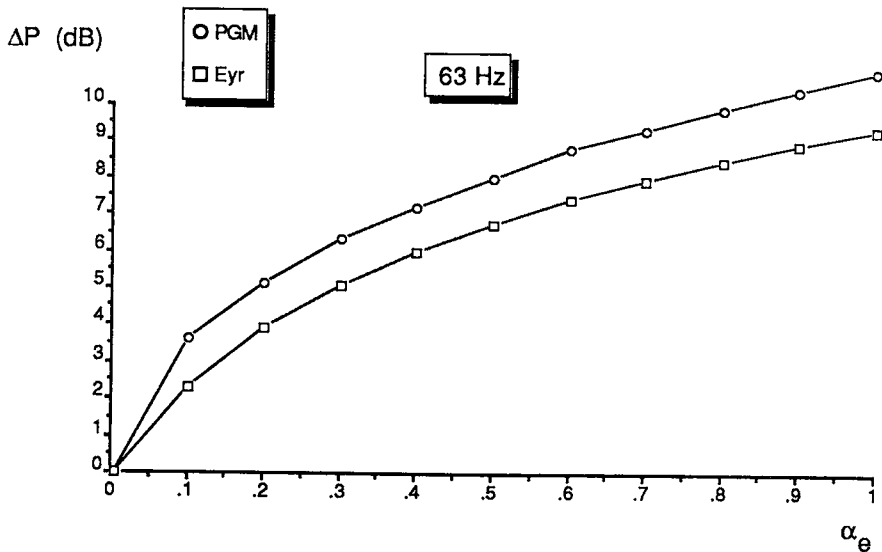


Figure 4 : Dépendance entre α_e et ΔP (dB) à 63, 500 et 8000 Hz et pour deux modèles

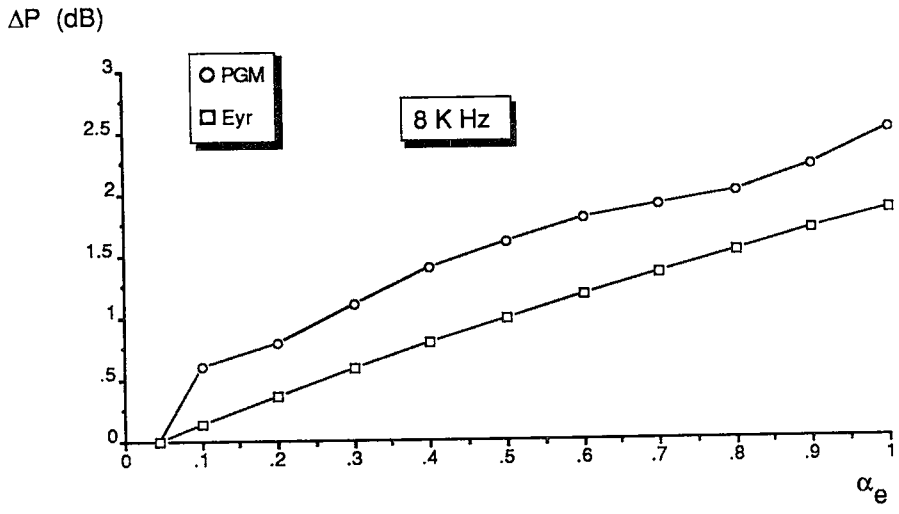
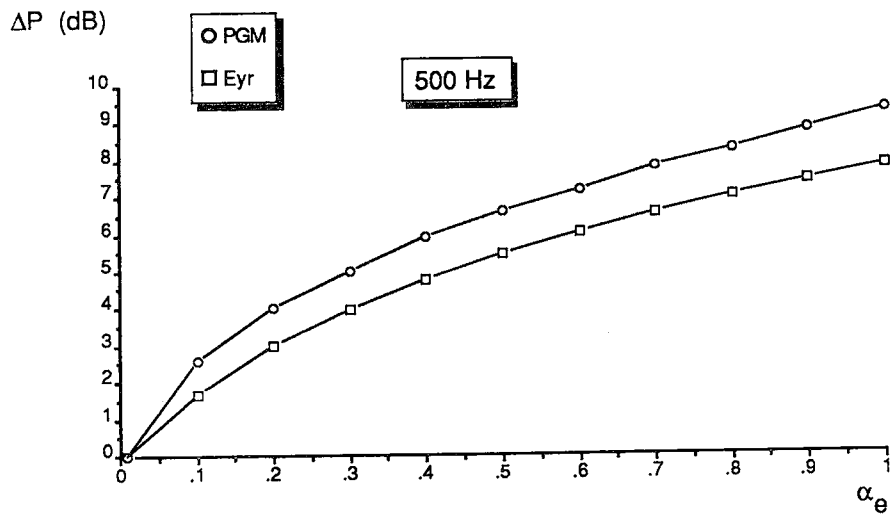


Figure 4 (suite)

Remarquons de nouveau que le programme de rayons sonores a tendance à délivrer un facteur d'absorption plus faible, à ΔP constant. En particulier, lorsque la théorie d'Eyring (4) donne un α_e plus grand que 1, il se peut que la courbe relative au programme conduise à α_e inférieur à 1 (cfr § suivant).

7. APPLICATIONS

7.a. Facteur d'absorption d'un tapis de mousse

Une mesure avec échantillon de mousse donne les résultats repris au tableau 6. De ces résultats, on déduit les valeurs de α_e (tableau 7) selon les méthodes exposées aux paragraphes 5 et 6. Pour le programme de simulation, les facteurs d'absorption sont obtenus par interpolation linéaire dans les tableaux 4 et 5.

TABLEAU 6

Résultats des mesures sur un échantillon de mousse : temps de réverbération (sec) et niveaux de pression (dB) à vide (P_v) et avec échantillon (P_e).

f(Hz)	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K	8 K
T_v (sec)	18.98	15.87	13.21	10.13	8.34	6.66	3.76	1.69
T_e (sec)	16.97	12.70	9.97	6.21	4.36	3.15	2.10	1.14
$\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_v}$ (sec ⁻¹)	0.006	0.016	0.025	0.062	0.110	0.167	0.210	0.286
P_v (dB)	81.0	90.3	90.0	88.8	89.9	89.0	90.1	84.7
P_e (dB)	81.3	89.7	88.4	85.6	86.1	85.6	87.5	83.1
ΔP (dB)	-0.3	0.6	1.6	3.2	3.8	3.4	2.6	1.6

Remarquons, au tableau 6, que la modification des conditions de mesure à 63Hz, entre les mesures 'à vide' et 'avec échantillon' entraîne une variation de niveau (dB) de l'ordre de grandeur de celle

due à l'absorption du matériau. Ce qui conduit, dans ce cas, à une différence de niveaux négative et à un α_e négatif et proche de zéro.

Remarquons aussi que le programme de simulation présente une différence de comportement très marquée vis-à-vis des autres techniques (tableau 7) et qu'il délivre toujours des valeurs plus petites de facteurs d'absorption.

Remarquons enfin que les approches 'par niveaux' et 'par temps de réverbération' ne conduisent pas aux mêmes valeurs de α_e . Cette remarque est valable, aussi bien pour le programme de simulation, que pour les méthodes de type 'Eyring'.

TABLEAU 7

Facteurs d'absorption d'un échantillon de mousse selon diverses méthodes
(PGM = programme de simulation) .

f (Hz)		63	125	250	500	1 K	2 K	4 K	8K
TR	Sabine	0.02	0.05	0.07	0.17	0.29	0.44	0.56	0.77
	Eyring	0.02	0.05	0.07	0.17	0.28	0.43	0.54	0.73
	Pujolle	0.02	0.05	0.08	0.18	0.31	0.47	0.60	0.83
	PGM	0.02	0.03	0.05	0.10	0.20	0.26	0.38	0.35
ΔdB	Eyring	≤ 0	0.03	0.08	0.22	0.33	0.44	0.69	0.85
	PGM	≤ 0	0.03	0.06	0.14	0.23	0.31	0.46	0.50

7.b. Facteur d'absorption de la laine de verre

Une mesure avec échantillon de laine de verre donne les résultats repris au tableau 8.

De ces résultats, on déduit les valeurs suivantes de α_e (tableau 9) selon les méthodes exposées aux paragraphes 5 et 6.

Tableau 8

Résultats des mesures sur un échantillon de laine de verre .

f(Hz)	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K	8K
$T_V(\text{sec})$	29.61	17.71	13.86	11.73	10.45	8.37	5.23	2.37
$T_e(\text{sec})$	13.74	8.94	5.59	2.69	1.94	1.72	1.44	1.05
$\frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_V}(\text{sec}^{-1})$	0.039	0.055	0.107	0.286	0.420	0.462	0.503	0.530
$P_V(\text{dB})$	84.5	85.8	84.7	84.7	88.7	86.9	80.6	71.6
$P_e(\text{dB})$	81.2	80.3	76.0	75.4	80.4	80.2	76.0	69.0
$\Delta P(\text{dB})$	3.3	5.5	8.7	9.3	8.3	6.7	4.6	2.6

TABLEAU 9

Facteurs d'absorption d'un échantillon de laine de verre.

	f(Hz)	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K	8K
T_R	Sabine	0.11	0.15	0.28	0.74	1.08	1.19	1.31	1.40
	Eyring	0.11	0.15	0.28	0.72	1.04	1.14	1.23	1.29
	Pujolle	0.11	0.16	0.30	0.78	1.14	1.25	1.37	1.48
	PGM	0.07	0.09	0.19	0.50	> 1	> 1	> 1	> 1
ΔdB	Eyring	0.16	0.40	1.02	1.44	1.30	1.30	1.48	1.43
	PGM	0.09	0.27	0.73	1.00	0.95	0.97	1.10	≈ 1.10

Les mêmes remarques qu'en 7a peuvent être formulées. Notons, en outre, que le programme de simulation peut conduire malgré tout à des valeurs de α_e supérieures à l'unité, mais toujours inférieures aux méthodes classiques.

8. CONCLUSION

En conclusion de cette première partie de l'étude, rappelons les principales remarques concernant la simulation de la mesure du facteur d'absorption en chambre réverbérante :

- le tableau 4 permet, par interpolation linéaire, de déduire, d'une mesure de temps de réverbération, le facteur d'absorption d'un échantillon de 12.1 m² de matériau. Le modèle utilisé ici est celui d'une technique de rayons sonores;
- le tableau 5 permet la même opération à partir de la mesure des niveaux de pression dans la chambre réverbérante;
- la détermination du facteur d'absorption par le temps de réverbération est imprécise à haute fréquence et/ou pour les valeurs de α_e proches de l'unité. Elle est plus précise à partir de la différence des niveaux sonores (salle vide-salle avec échantillon) . Les deux approches ne conduisent d'ailleurs pas aux mêmes α_e ;
- le comportement du programme de rayons sonores appliqué à la chambre réverbérante est nettement différent des méthodes classiques (Sabine,Eyring,...). La cause probable de ce comportement est l'aptitude du programme à tenir compte de la distribution géométrique réelle du matériau absorbant. Ce point fera l'objet d'un article ultérieur.
- le programme de rayons sonores a tendance à délivrer des facteurs d'absorption inférieurs à ceux déduits des méthodes classiques. Il peut néanmoins, dans certains cas, conduire à des valeurs de α_e supérieures à l'unité.

REFERENCES

- [1] NEMERLIN,J., La carte de bruit prévisionnelle : un outil important pour la planification acoustique, *Bulletin d'Acoustique* , n°1,1986, pp.7-15.
- [2] EMBRECHTS,J.J., Analyse de la précision d'une méthode prévisionnelle utilisant le concept de rayon sonore, *Bulletin d'Acoustique* , n°2, 1987, pp.35-55.

- [3] EMBRECHTS,J.J., Sound field distribution using randomly traced sound ray techniques, *Acustica*, Vol.51, n°6, 1982, pp.288-295.
- [4] ORBAN,J.L., Calcul numérique de l'atténuation dans l'air et comparaison de l'effet sur le calcul du coefficient d'absorption, *Cahier ABAV*,2, 1982, pp.107-115.
- [5] LECLERC, J., Prévion du temps de réverbération dans les grands espaces, Université de Liège, Travail de fin d'études, 1978.