

DIMENSION OPTIMALE D'UNE SALLE DE RÉPÉTITION MUSICALE

Jens Holger Rindel

Multiconsult AS, Oslo, Norvège

Traduit par Frédéric Poirrier

fredericpoirrier@orange.fr

Les dimensions d'une salle sont cruciales pour la distribution modale. L'influence du rapport des dimensions est analysée dans cet article pour des pièces parallélépipédiques d'un volume compris entre 25 m³ et 300 m³. Trois critères différents ont été retenus pour savoir si la distribution des fréquences modales est favorable ; une réponse en fréquence linéaire, la variance de l'écart entre les fréquences modales et le nombre de tons de la gamme musicale prit en charge par les modes de salle. Les pièces carrées ou cubiques sont particulièrement défavorables et elles doivent être évitées dans les locaux destinés à la musique. La méthodologie utilisée montre qu'il existe trois rapports de dimensions optimums qui ont été assez largement documentés dans la littérature acoustique. Les rapports idéaux sont (1 ; 1,2 ; 1,45), (1 ; 1,4 ; 1,89) et (1 ; 1,48 ; 2,12). Cependant, il est certain que des rapports proches des optima conduisent également à des dimensions de salle favorables. Dans ce papier, on se propose de décrire une méthode fonctionnelle pour choisir les dimensions d'une pièce afin qu'elle soit propice à la pratique musicale.

1. Introduction

Chanter ou jouer d'un instrument de musique dans une pièce est fortement influencer par l'acoustique du lieu. En effet, la salle apporte son soutien au son. En fait, la pièce se comporte acoustiquement comme une extension de l'instrument de musique. Et ce n'est pas seulement une question de durée de réverbération ou de volume. Cela concerne aussi la répartition des fréquences propres du local. Cet aspect est particulièrement important dans les petites salles de pratique et répétition musicale. Dans un petit espace, il y a peu de modes résonnants dans les basses fréquences et le soutien de la pièce peut-être très inégal pour les tonalités musicales. L'étude présentée dans ce papier se limite aux salles parallélépipédiques dont le volume est compris entre 25 m³ et 300 m³.

Présenté par J.H. Ridel lors du BNAM 2020, 3-6 mai à Oslo (Norvège)

Traduit par Frédéric Poirrier pour www.conseils-acoustique.com

Les instruments de musique ont été développés et améliorés au fil des siècles et conçus pour produire un son de haute qualité sur toute la gamme tonale de l'instrument. L'un des défis des luthiers a été d'obtenir l'égalité de ton pour chaque demi-ton. Par conséquent, l'extension de l'instrument, c'est-à-dire la salle, doit également être conçue avec la meilleure qualité acoustique possible.

Dès 1900, Sabine ^[1] s'intéresse à la question des rapports de dimension des pièces : « À l'époque, les dimensions le plus souvent citées sont dans un rapport (2; 3; 5), ou bien (1; 1; 2) et encore (2; 3; 4). Il est probable qu'historiquement, l'idée de ces rapports soit en relation avec les intervalles harmoniques en musique ». Cependant, Sabine était très sceptique par vis-à-vis de tels propos.

En 1942, Volkman ^[2] a suggéré différents ratios basés sur le nombre $2^{1/3}$ et il a présenté un diagramme avec des rapports recommandés pour différentes tailles de pièces, par exemple (1; 1,25; 1,6) pour les petites pièces et (1; 1,6; 2,5) pour les pièces de taille moyenne. Une première approche scientifique de l'étude des rapports de dimensions des pièces a été publiée en 1946 par Bolt ^[3]. Depuis, il y a eu un grand nombre de publications sur le sujet. Cox et D'Antonio ^[4] ont appliqué un modèle de source-image avec une source de bruit placée dans un coin et le récepteur dans le coin opposé afin de déterminer la réponse en fréquence. Par optimisation numérique, les dimensions de la pièce ont été modifiées pour obtenir la réponse en fréquence la plus plate possible sur l'intervalle de fréquences [20 Hz ; 200 Hz]. Le pire des cas trouvé est le ratio de (1 ; 1,075 ; 1,868), mais ils n'ont cependant pas signalé les rapports optima. La même idée a été reprise récemment par Meissner ^[5], qui a donné des résultats très détaillés.

L'objectif de cet article est de proposer une méthode pour choisir les dimensions de la pièce et obtenir ainsi le meilleur soutien possible de la salle à l'instrument. Trois critères différents sont appliqués dans ce qui suit.

2. Mode propre dans une pièce parallélépipédique

Une salle en forme de boîte à chaussures de dimensions L , W et H , comme le montre la figure 1, a des modes propres ayant des fréquences f_n calculées d'après la formule :

$$f_n = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{L}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{W}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{H}\right)^2} \quad (1)$$

Où c est la vitesse du son dans l'air ($c = 343,3$ m/s à 20°C) et les nombres modaux sont $(n_x; n_y; n_z)$. On suppose, bien sûr, que $L \geq W \geq H$.

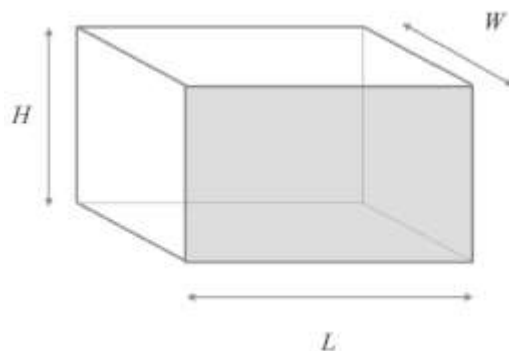


Figure 1 : salle parallélépipédique de dimensions L , W , H

3. Linéarisation de la réponse en fréquence

Le premier critère d'évaluation est celui de la répartition des modes de salle en étudiant la réponse en fréquence entre 20 Hz et 200 Hz. Comme la réponse en fréquence (ou fonction de transfert) dépend fortement de la position de la source et du récepteur dans le local, la réponse en fréquence globale est considérée. Celle-ci est obtenue avec la source et le récepteur, placés dans des coins opposés, ce qui garantit que tous les modes de pièce seront inclus dans la réponse en fréquence. La figure 2 montre un exemple d'une réponse en fréquence globale, calculée à l'aide du modèle d'analyse d'énergie modale de Rindel ^[6, 7].

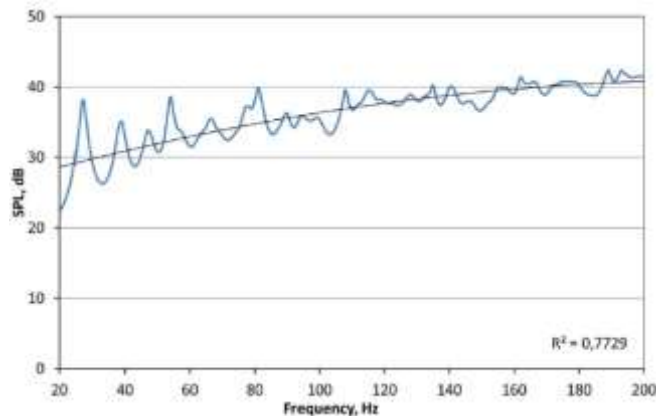


Figure 2 : Réponse en fréquence globale calculée entre 20 Hz et 200 Hz dans une pièce de 85 m^3 de dimensions $6,36 \text{ m} \times 4,44 \text{ m} \times 3,00 \text{ m}$. Toutes les surfaces ont un coefficient d'absorption $\alpha = 0,20$. La courbe noire est la courbe de régression la mieux ajustée pour un polynôme du deuxième degré.

La régularité de la réponse en fréquence a été utilisée comme critère qualitatif par Meissner ^[5], qui a comparé la réponse en fréquence avec un polynôme de degré 2 et utilisé le coefficient de corrélation normalisé pour quantifier de lissage.

Avec cette méthode, il pouvait produire des graphiques comme ceux de la figure 3. Un inconvénient cependant, de cette méthode un peu compliquée, est que les résultats dépendent non seulement du rapport des dimensions de la pièce, mais aussi du volume absolu ainsi que des coefficients d'absorption des surfaces. En effet, une absorption importante réduit l'amplitude des modes, modifie la bande passante et favorise ainsi la linéarité. Un petit volume produit une plus faible densité des modes qui sont plus écartés les uns des autres. A contrario, un grand volume de pièce engendre des modes plus bas en fréquence, en dessous de 20 Hz, c'est-à-dire en dehors de l'intervalle des fréquences analysées dans le cas présent.

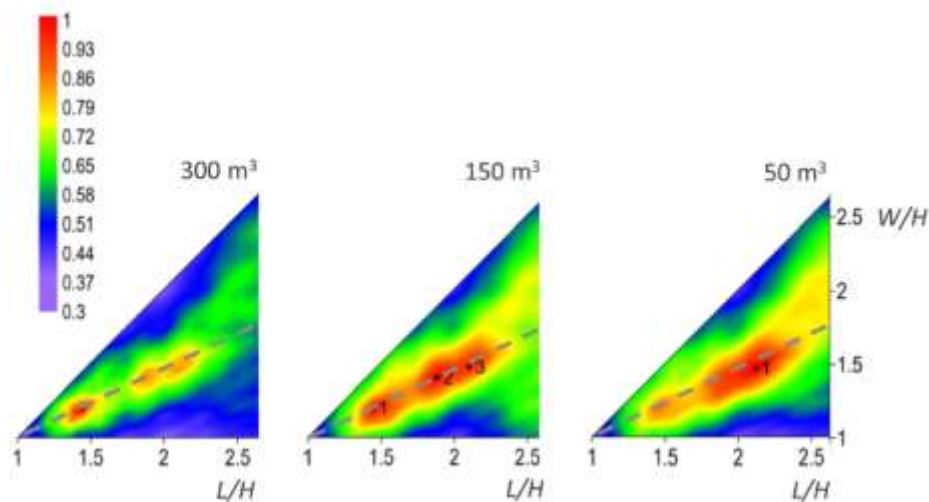


Figure 3 : Degré de régularité de la réponse en fréquence en fonction du rapport de dimensions pour trois volumes différents. La source et le récepteur sont placés dans des coins opposés et toutes les surfaces ont un coefficient d'absorption $\alpha = 0,20$. L'échelle des couleurs indique le degré de lissage avec $R^2=1$ comme maximal. La ligne en pointillée est la droite de régression donnée dans Équation (2). Valeurs adaptées de l'étude de Meissner ^[5].

Les résultats présentés figure 3, concernent trois salles de volumes 50 m^3 , 150 m^3 et 300 m^3 . Les rapports de dimensions produisant les réponses en fréquence les plus régulières, sont: A (1 ; 1,20 ; 1,45), B (1 ; 1,40 ; 1,89) et C (1 ; 1,48 ; 2,12). Les trois volumes sont représentés en vue isométrique figure 4.

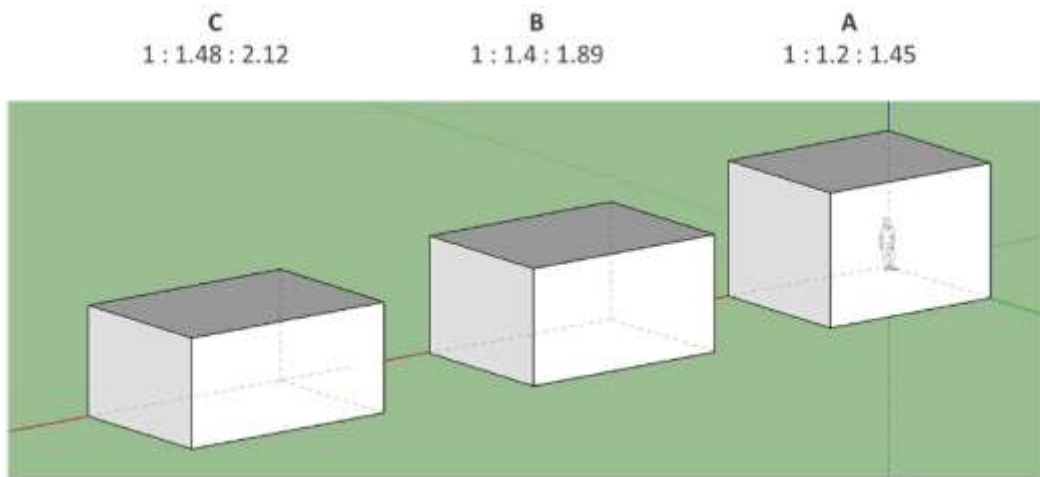


Figure 4 : Vue isométrique de trois pièces avec des rapports de dimension A, B et C, respectivement.

Sur la figure 3, les optima marqués de chiffres sont : A dans la salle de 300 m³, C dans la salle de 50 m³ et les trois optima dans la salle B de 150 m³. Dans l'article original de Meissner ^[5], un deuxième rapport optimal a été trouvé dans la pièce de 50 m³, (1 ; 2.55; 3.44). Cependant, il n'est pas utilisable en pratique car la hauteur de la pièce ne serait que de 1,8 m, et donc ce ratio n'a pas été retenu. En revanche, l'optimal C est réaliste dans une pièce de 50 m³, car il conduit à la hauteur sous plafond de H = 2,6 m.

D'après les graphiques de la figure 3, il est intéressant d'observer que les zones "presque optimums" (rouge et orange) forment une crête le long d'une ligne passant par les trois points A, B et C. Les trois points sont approximativement sur une ligne, dont la droite de régression a pour équation :

$$L = 2.3558 \cdot W - 1.3838 \cdot H \quad (R^2 = 0.996) \quad (2)$$

4. Nombre de tonalités musicales porté par les modes de salle

Le deuxième critère d'évaluation concerne la distribution fréquentielle des modes de salle et le système tonal produit par la musique. La figure 5 montre les touches d'un piano, instrument couramment utilisé dans de nombreuses salles de répétition musicale.

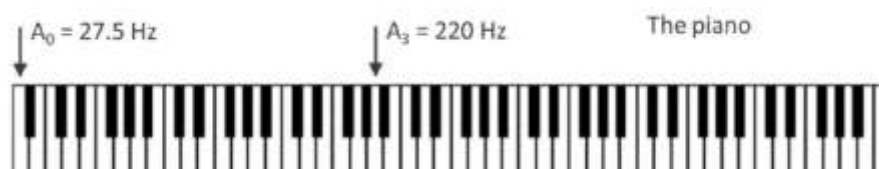


Figure 5 : Les touches d'un piano. Les trois octaves les plus basses de A₀ à A₃ sont prises en compte dans la présente analyse.

Présenté par J.H. Ridel lors du BNAM 2020, 3-6 mai à Oslo (Norvège)

Traduit par Frédéric Poirrier pour www.conseils-acoustique.com

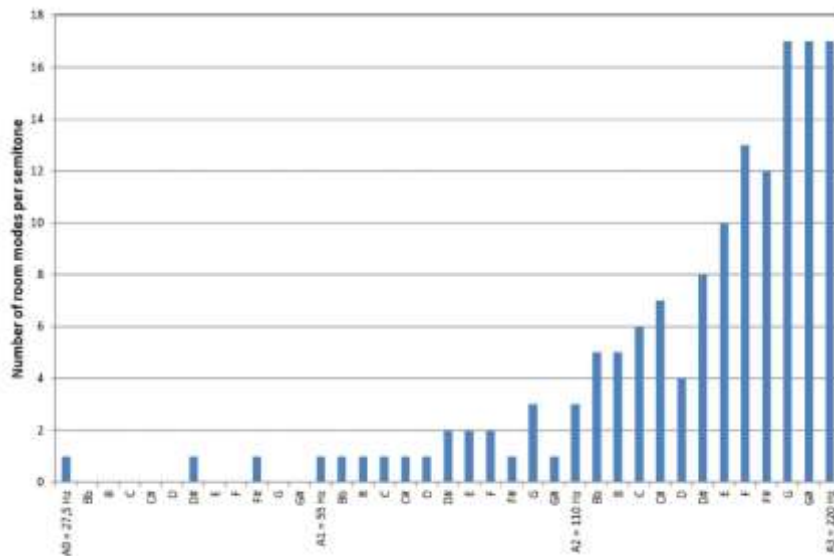


Figure 6 : Nombre de modes par demi-ton de A_0 à A_3 dans la salle exemple de 85 m^3 . Neuf tonalités ne sont pas prises en charge par un mode pièce, 28 tonalités sur 37 sont prises en charge.

Étant donné que la densité des modes de salle augmente fortement avec la fréquence, seule la gamme des basses fréquences est analysée. Soit les trois premières octaves du piano couvrant 37 demi-tons, de $A_0 = 27,5 \text{ Hz}$ à $A_3 = 220 \text{ Hz}$. La méthode consiste à compter le nombre de modes de pièce pour chaque tonalité musicale (à plus ou moins un quart de ton). Le nombre de tonalités couvertes par un ou plusieurs modes doit être aussi grand que possible. Sachant que le maximum est de 37 et qu'il ne peut être atteint que dans des salles d'un volume d'au moins 1000 m^3 . Cette méthode a été introduite par Rindel [6].

On utilise de nouveau l'exemple de la salle de 85 m^3 de la figure 2, pour montrer le nombre de demi-tons pris en charge par les modes de pièce (voir la figure 6). Cette salle a un rapport de dimensions correspondant à celui de la pièce C de la figure 4, qui pour cette taille, a une bonne couverture des tonalités musicales (28 sur 37 possibles).

La figure 7 ci-dessous indique le nombre de demi-tons pris en charge par les modes, en fonction des rapports des dimensions d'une salle de 150 m^3 . Les meilleurs ratios se trouvent dans trois zones situées autour des optima A, B et C précédemment trouvés. À l'inverse, les pires rapports sont ceux correspondant à la pièce cubique ainsi que les triplets (1, 1, 2) et (1, 2, 2).

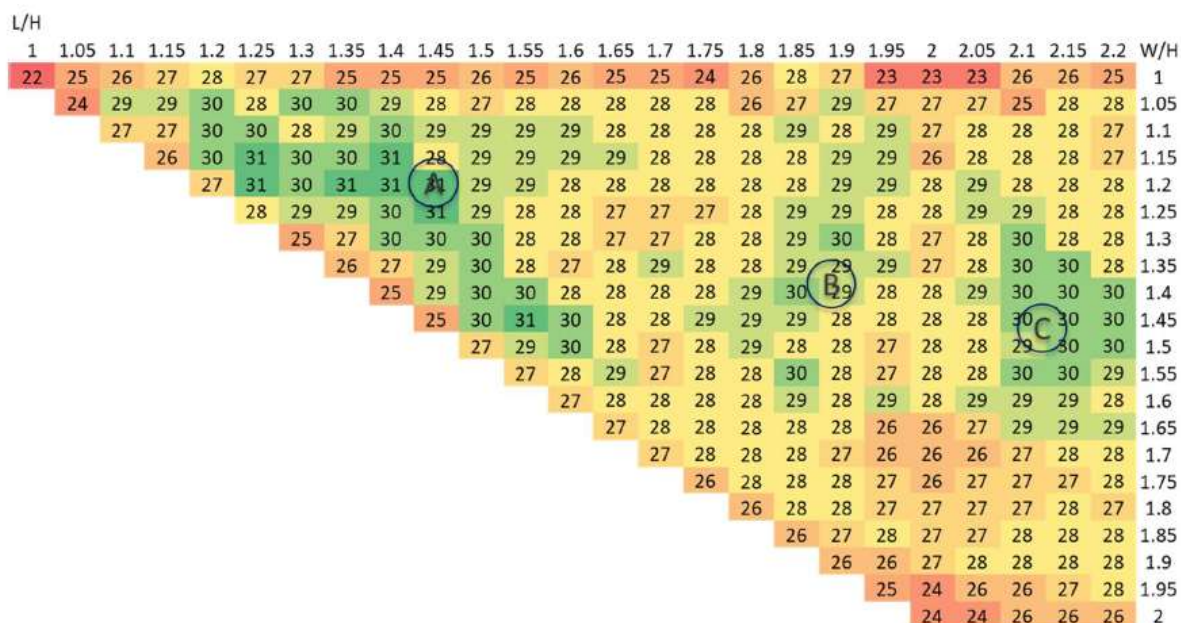


Figure 7 : Nombre de tonalités prises en charge par les modes de pièce dans la plage A_0 à A_3 (37 demi-tons au total). Les valeurs concernent une pièce de 150 m^3 avec différents rapports de dimensions. Les valeurs élevées sont favorables. Les rapports optimaux trouvés par Meissner sont indiqués par les lettres A, B et C.

5. Espacement entre les fréquences propres

Le troisième critère appliqué dans ce papier, est uniquement basé sur la distribution des fréquences modales. Ainsi, le volume et les propriétés d'absorption des parois ne sont pas considérés. L'idée d'optimiser les écarts entre les fréquences propres a été abordée pour la première fois par Bolt^[3].

L'indice d'espacement des fréquences correspond à la variance normalisée des écarts entre les fréquences propres dans les basses fréquences, lorsqu'elles sont ordonnées par ordre croissant. L'indice d'espacement des fréquences, noté $\psi(n)$, est calculé d'après :

$$\psi(n) = \frac{1}{f_n - f_1} \sum_1^{n-1} \left(\frac{\delta^2}{\bar{\delta}} \right) \quad (3)$$

Où

- n est le nombre de mode considérés
- f_1 est la fréquence du premier mode
- f_n est la fréquence du n ème mode
- δ est la différence avec la fréquence du mode précédent

Présenté par J.H. Ridel lors du BNAM 2020, 3-6 mai à Oslo (Norvège)

Traduit par Frédéric Poirrier pour www.conseils-acoustique.com

L'écart moyen des fréquences est donné par :

$$\bar{\delta} = \frac{f_n - f_1}{n - 1} \quad (4)$$

Par exemple, ψ (25) est l'indice d'espacement des fréquences, pour les 25 premiers modes de salle.

Pour la pièce de 85 m³ de la figure 2, les 25 premiers modes de salle sont indiqués dans le tableau 1, où les fréquences propres ont été ordonnées par ordre croissant. Les écarts de fréquence figurent également dans l'histogramme de la Figure 8. L'indice calculé vaut $\psi = 1,54$, qui est très bon. Pour bien faire, l'indice d'espacement des fréquences doit être aussi bas que possible, avec un idéal théorique de $\psi = 1$, correspondant à des écarts égaux (irréaliste) entre les fréquences propres. Pour une situation réelle, le meilleur indice possible est $\psi = 1,3$ obtenu avec le rapport (1; 1,20; 1,45), c'est-à-dire le même que l'optimum A, trouvé précédemment dans la section 3.

La figure 9 montre l'indice d'espacement des fréquences calculé en fonction des rapports des dimensions de la pièce. Il convient de noter que ces résultats ne dépendent pas du volume. Une très mauvaise configuration est celle de la géométrie cubique (1; 1; 1) avec $\psi = 3,7$. Mais pire encore, est le cas du triplet (1; 1; 2) avec $\psi = 3,9$. Enfin, le troisième plus mauvais rapport est (1; 2; 2) avec $\psi = 3,3$. Les meilleurs résultats sont regroupés en trois zones qui concordent presque parfaitement avec les trois optima A, B et C trouvés précédemment, en utilisant la réponse en fréquence linéaire comme critère.

Tableau 1 : Les 25 premiers modes de salle, leur fréquence f_n et leur intervalle de fréquence δ pour la salle de l'exemple considéré.

n_x	n_y	n_z	f_n [Hz]	δ [Hz]
1	0	0	27.0	
0	1	0	38.7	11.7
1	1	0	47.2	8.5
2	0	0	54.0	6.8
0	0	1	57.2	3.2
1	0	1	63.3	6.0
2	1	0	66.4	3.1
0	1	1	69.1	2.7
1	1	1	74.1	5.1
0	2	0	77.3	3.2
2	0	1	78.7	1.3
3	0	0	81.0	2.3
1	2	0	81.9	0.9
2	1	1	87.7	5.8
3	1	0	89.7	2.1
2	2	0	94.3	4.6
0	2	1	96.2	1.9
3	0	1	99.1	3.0
1	2	1	99.9	0.8
3	1	1	106.4	6.5
4	0	0	108.0	1.5
2	2	1	110.3	2.3
3	2	0	112.0	1.7
0	0	2	114.4	2.4
4	1	0	114.7	0.2

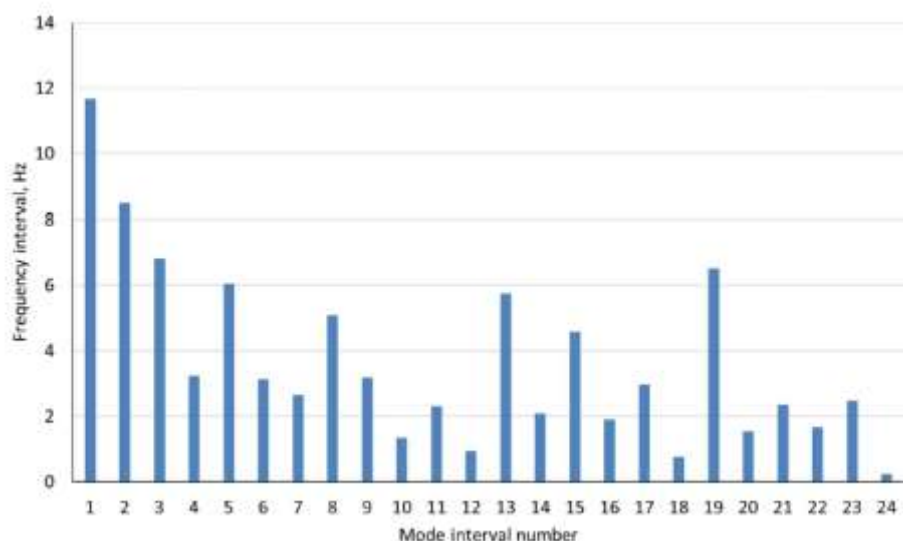


Figure 8 : Diagramme des écarts entre fréquence pour les 25 premiers modes de salle de l'exemple. La moyenne est de 3,7 Hz et l'indice d'espacement des fréquences est de 1,54.

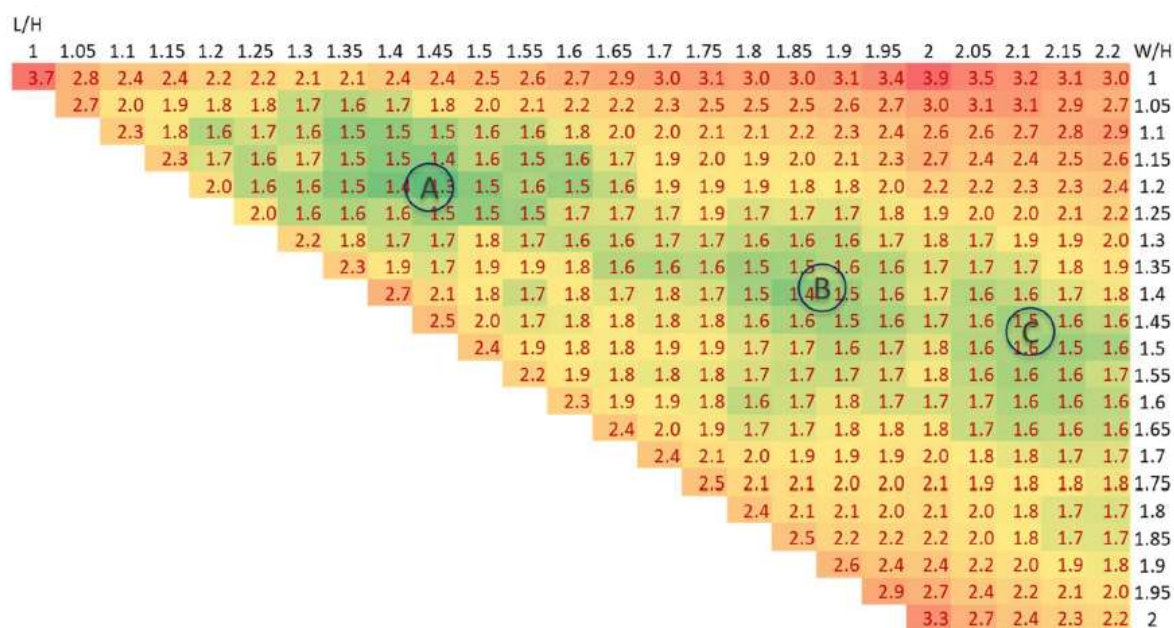


Figure 9 : Indice d'espacement des fréquences pour les 25 premiers modes de salle ψ (25) en fonction des rapports de dimension de la salle. Les valeurs basses, affichées en vert sont les meilleures et les valeurs élevées (en rouge) sont les plus mauvaises. Les rapports de dimension optimaux trouvés par Meissner sont indiqués par les lettres A, B et C.

6. Discussion

Trois critères en fonction du rapport des dimensions ont été appliqués pour étudier les conséquences sur la qualité de l'acoustique. Les résultats indiquent que les rapports optima sont situés assez précisément autour de trois points A, B, et C de la figure 10. Les résultats présentés, figures 2 et 9, montrent que rapports favorables forment une sorte de crête dont les sommets sont les points A, B et C. Cependant, cela n'est aussi évident pour ce qui concerne le nombre de tonalités musicales prises en charge, voir figure 7.

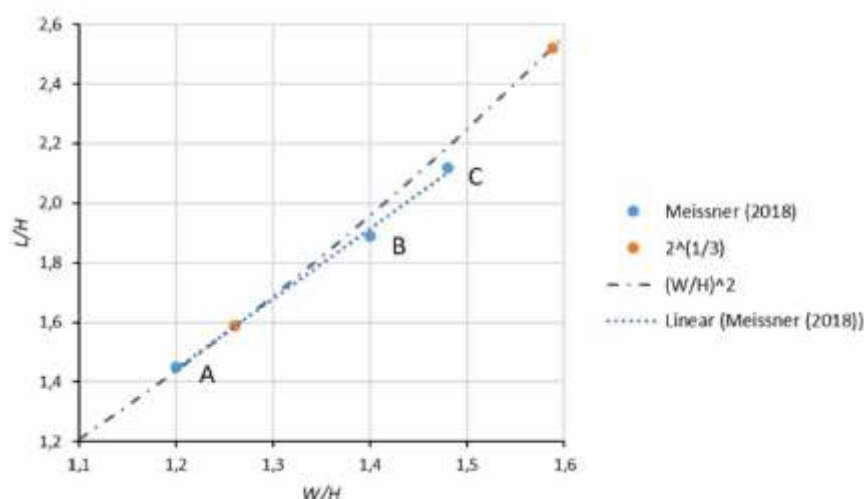


Figure 10 : Comparaison des rapports optimums (Points bleus) : Les trois optima trouvés sont de Meissner ^[5] et la droite de régression est donnée par l'équation (2). Points orange : ratios de dimensions suivant la règle des $2^{1/3}$, $(1:2^{1/3}:2^{2/3})$ et $(1:2^{2/3}:2^{4/3})$. La ligne en pointillés correspond à $L/W = W/H$.

La figure 10 donne également les « anciennes » recommandations pour les rapports de dimension suivant la règle des $2^{1/3}$. La ligne en pointillés indique les rapports de dimension où le rapport longueur/largeur est identique au rapport largeur/hauteur. On note que les trois optima et la droite de régression sont très proches vérifier la condition $L/W = W/H$.

Une comparaison des résultats faisant usage de la réponse en fréquence aussi linéaire que possible et de l'indice d'espacement des fréquences est illustré figure 11. Les zones à l'intérieure des contours rouges ont $\psi \leq 1,5$, soit une bonne distribution des fréquences modales. Les trois optima basés sur une réponse en fréquence linéaire sont situés dans les contours rouges. On observe que l'optimal A a le meilleur indice d'espacement des fréquences, et le contour rouge autour de A couvre une zone plus grande que les contours autour de B et C.

Le choix de $\psi \leq 1,5$ est arbitraire, et si l'on opte plutôt pour une valeur de 1,6, les trois zones proches des rapports optimums ont tendance à fusionner en une seule zone longue et étroite, comme le montre la figure 9. Ainsi, une tolérance vis-à-vis des rapports optimums doit être admise. Ensuite, il est logique d'utiliser la droite de régression donnée par équation (2) pour trouver la troisième dimension de la pièce en fonction des deux autres.

Présenté par J.H. Ridel lors du BNAM 2020, 3-6 mai à Oslo (Norvège)

Traduit par Frédéric Poirrier pour www.conseils-acoustique.com

D'ordinaire, les rapports de nombres entiers tels que 1 et 2 doivent être absolument évités. Les résultats ont montré que les triplets (1; 1; 1), (1; 1; 2) et (1; 2; 2) sont particulièrement nuisibles. Cependant, les recherches ont également établi que le rapport (1; 1,44; 2), qui appartient à la droite de régression, n'est pas aussi dommageable qu'on pourrait s'y attendre, pourtant il contient le nombre entier 2.

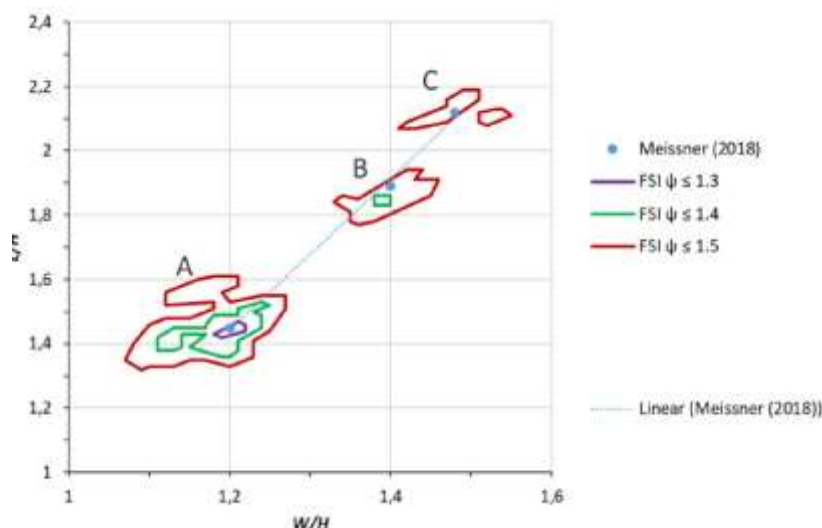


Figure 11 : Comparaison de deux critères pour des rapports optimaux. Points bleus : pour la linéarité de la réponse en fréquence. Contours colorés : Pour un indice d'espacement de fréquence minimal. Les deux méthodes indiquent trois zones optimales, désignées par A, B et C

Tableau 2 : Tableau des mauvais et bons rapports avec les trois critères de qualité calculés pour une pièce de 150 m³. Code couleur de résultats, de très mauvais (rouge) à très bon (vert).

Label	W/H	L/H	H(m)	W(m)	L(m)	R ²	#	FSI
1	1	1	5.3	5.3	5.3	0.73	22	3.71
1	1	2	4.2	4.2	8.4	0.69	23	3.91
1	1	3	3.7	3.7	11.1	0.69	26	3.00
1	1	4	3.3	3.3	13.4	0.50	24	2.74
2	2	2	3.3	6.7	6.7	0.68	24	3.28
2	2	3	2.9	5.8	8.8	0.72	27	2.16
2	2	4	2.7	5.3	10.6	0.67	26	2.70
A	1.20	1.45	4.4	5.3	6.4	0.86	31	1.33
B	1.89	1.40	3.8	5.4	7.3	0.85	29	1.51
C	2.12	1.48	3.6	5.4	7.7	0.83	30	1.54
*	1.44	2.00	3.7	5.4	7.5	0.82	28	1.68

Les trois critères de qualité appliqués dans cet article sont comparés tableau 2. C'est-à-dire, le coefficient de corrélation R^2 pour la linéarité de la réponse en fréquence, le nombre de tonalités musicales prises en charge (#) et de l'indice d'espacement des fréquences FSI.

Présenté par J.H. Ridel lors du BNAM 2020, 3-6 mai à Oslo (Norvège)

Traduit par Frédéric Poirrier pour www.conseils-acoustique.com

La partie supérieure du tableau donne les résultats d'une sélection de rapports de dimension manifestement mauvais, basés sur les nombres entiers de 1 à 4. La partie inférieure du tableau présente le bilan des trois optima étiquetés A, B et C, auquel a été ajouté le rapport (1; 1,44; 2), qui n'est pas optimal, mais semble être étonnamment bon malgré le rapport entier 2 entre la longueur et la hauteur (désigné avec *).

L'observation du tableau 2 laisse apparaître que les trois critères sont assez concordants pour les bons comme pour les mauvais ratios. Cependant, l'ordre du classement diffère pour les mauvaises salles. Pour le critère de linéarité de la réponse en fréquence, le triplet (1; 1; 4) a le plus mauvais coefficient de corrélation R^2 . En observant le nombre de tonalités musicales prise en charge, la pièce cubique (1; 1; 1) est la pire. Et pour l'indice d'espacement des fréquences, le cas (1; 1; 2) est le plus mauvais.

Les trois critères s'accordent pour désigner A comme étant la meilleure salle, suivie de près par les autres pièces du groupe.

Enfin, toutes les bonnes salles ont approximativement la même largeur, autour de 5,3 m, ce qui est aussi la dimension de la pièce cubique. Ce n'est pas étonnant, car c'est une conséquence directe de la condition $L/W = W/H$, pour les pièces proches de la droite de régression des rapports de dimension optimums.

7. Méthode pour choisir les dimensions de la salle

En pratique, il existe deux méthodes. Soit opter pour l'un des trois rapports optima ou bien être moins strict, en choisissant des dimensions proches de l'optimale.

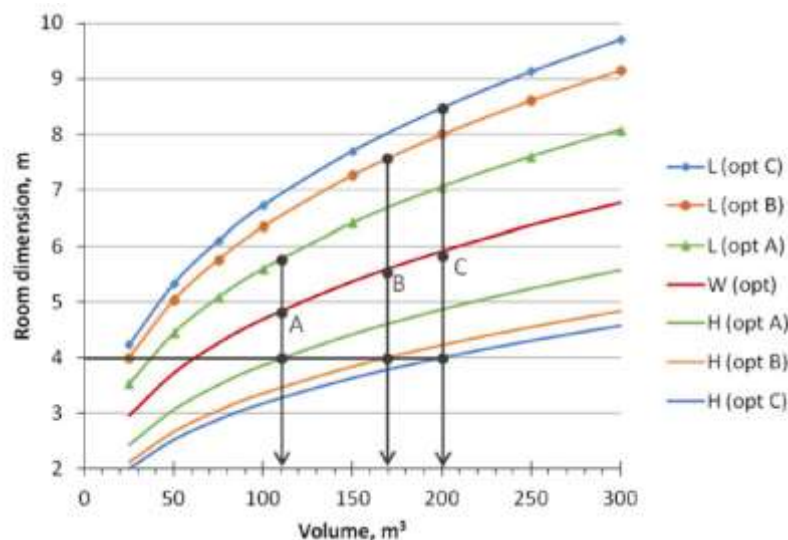


Figure 12 : Relation entre le volume et la hauteur, la largeur ou la longueur de la pièce pour les rapports de dimension optimums A, B et C. L'exemple montre des volumes optimaux alternatifs pour une hauteur de pièce de 4 m, ainsi que les largeurs et longueur correspondantes.

Présenté par J.H. Ridel lors du BNAM 2020, 3-6 mai à Oslo (Norvège)

Traduit par Frédéric Poirrier pour www.conseils-acoustique.com

Pour chacun des rapports optimums A, B et C, il existe une relation simple entre le volume et la hauteur de la pièce comme cela est indiqué dans le graphique figure 12. À titre d'exemple, considérons un projet de salle de répétition ayant une hauteur imposée de 4 m. Les rapports optimums sont alors donnés pour les volumes de 110 m³, 170 m³ ou 200 m³. Ensuite, il est aisé de calculer la largeur et la longueur réelles. L'optimal A donne (W, L) = (4,9 m, 5,8 m), l'optimal B impose (W, L) = (5,6 m, 7,6 m), tandis que l'optimal C propose (W, L) = (5,9 m, 8,5 m), voir les points sur les droites noires de la figure 12.

La seconde possibilité consiste à concevoir des rapports presque optimums. Cela permet un choix plus large, ce qui peut faciliter en pratique le respect de diverses contraintes. Ainsi, la marche à suivre est la suivante :

1. Décider du volume V que doit avoir la pièce.
2. La largeur de la salle doit être proche de $W = \sqrt[3]{V}$ (voir la courbe rouge sur la Figure 12).
3. Choisir la hauteur de pièce H de manière à ce que W/H soit compris entre 1,1 et 1,6.
4. Calculer la longueur de la pièce L à partir de l'équation (2).

En règle générale, le rapport longueur/largeur doit être proche du rapport largeur/hauteur. Cependant, l'équation (2) est plus précise. Lorsque W/H est compris entre 1,1 et 1,6 et que L satisfait à l'équation (2), l'indice d'espacement des fréquences est $\psi \leq 1.75$, voir figure 13.

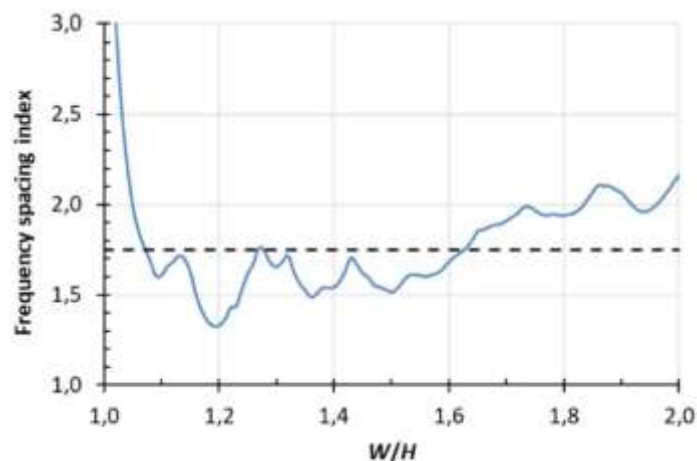


Figure 13 : L'indice d'espacement des fréquences en fonction du rapport largeur/hauteur lorsque la longueur L satisfait à l'équation (2). L'indice doit être le plus bas possible. La droite en pointillée est le maximum suggéré pour un ratio quasi-optimal.

Alors que l'indice d'espacement des fréquences est indépendant du volume, le nombre de tonalités musicales prises en charge par les modes de pièce dépend fortement du volume, voir

Présenté par J.H. Ridel lors du BNAM 2020, 3-6 mai à Oslo (Norvège)

Traduit par Frédéric Poirrier pour www.conseils-acoustique.com

figure 14. La nécessité de choisir de bonnes dimensions est bien plus primordiale dans les petites pièces que dans les grandes.

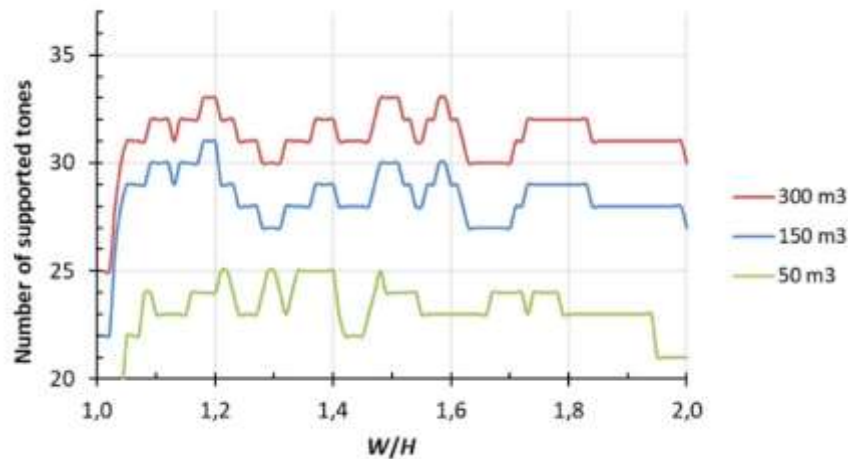


Figure 14 : Nombre de tonalités prises en charge entre A0 et A3 par les modes de pièce pour trois volumes différents, en fonction du rapport largeur/hauteur, et lorsque la longueur L satisfait à l'équation (2). Le nombre de tonalité doit être aussi élevé que possible sachant que 37 est le maximum.

Dans de très petites pièces, comme les salles de pratique musicale dont le volume est inférieur à 30 m^3 , il peut être pertinent d'opter pour une largeur inférieure à la hauteur, de sorte que la double inégalité $L \geq H \geq W$ soit vérifiée. Ensuite, la ligne rouge médiane de la figure 12 donne la hauteur en fonction du volume. Par exemple, une salle de pratique de 20 m^3 , qui correspond à l'optimale A, donne une hauteur de 2,75 m et des dimensions 2,25 m x 3,25 m. Cependant, les deux octaves basses de la gamme musicale (ton en dessous de A2 = 110 Hz) ne sont pas pris en charge dans une si petite pièce.

8. Conclusion

Les salles de musique ayant des volumes en deçà de 300 m³ nécessitent une attention particulière vis-à-vis des rapports de dimensions, cela afin d'offrir un bon soutien acoustique aux instruments de musique. La réponse en fréquence, dans le bas du spectre, doit être aussi linéaire que possible, ce qui est directement liée à la distribution des fréquences modales dans la salle.

Trois rapports optimums ont été documentés dans la littérature et qui ont également fait l'objet de ce papier. Cependant, d'autres ratios quasi-optimums peuvent être assez proche de l'optimal, de sorte qu'en pratique de bons résultats peuvent être obtenus avec des rapports de dimension moins contraignants.

Les trois critères appliqués pour évaluer la qualité d'une pièce, c'est-à-dire, la linéarité de la réponse en fréquence entre 20 Hz et 200 Hz, le nombre de tonalités musicales entre 27,5 Hz et 220 Hz supportées par au moins un mode de salle et l'indice d'espacement des fréquences pour les 25 premiers modes de salle, convergent tous vers les mêmes trois ratios optima.

Des rapports quasi-optimums se trouvent proche d'une droite de régression qui établit une relation entre L/H et W/H. L'utilisation de cette relation pour la détermination des dimensions de la pièce, garantit un rapport quasi-optimal avec cependant, plus de liberté d'action que l'utilisation stricte des rapports optimums fixes. Le rapport W/H peut être compris entre 1,1 et 1,6, et le rapport L/W doit de préférence être proche de ce même rapport. Cela a pour conséquence que la largeur de la pièce doit être proche de $\sqrt[3]{V}$.

Dans les très petites pièces, il peut être nécessaire de réduire la largeur à la hauteur afin d'obtenir suffisamment de hauteur sous plafond.

Références

- [¹] W.C. Sabine, Reverberation. *The American Architect and The Engineering Record*, 1900. Paper No. 1 in Collected Papers on Acoustics. Harvard University Press, 1923. Published 1964 by Dover Publications Inc., New York.
- [²] J.E. Volkman, Polycylindrical diffusers in room acoustical design. *J. Acoust. Soc. Am.* 13, 1942, 234–243.
- [³] R.H. Bolt, Note on Normal Frequency Statistics for Rectangular Rooms. *J. Acoust. Soc. Am.* 18, 1946, 130-133.
- [⁴] T.J. Cox & P. D’Antonio, Determining optimum room dimensions for critical listening environments: A new methodology. *AES 110th Convention*, Amsterdam, 2001, Convention paper 5353.
- [⁵] M. Meissner, A Novel Method for Determining Optimum Dimension Ratios for Small Rectangular Rooms. *Archives of Acoustics* 43, 2018, 217-225.
- [⁶] **J.H. Rindel**, Modal Energy Analysis of Nearly Rectangular Rooms at Low Frequencies. *Acta Acustica united with Acustica* 101, 2015, 1211-1221.
- [⁷] **J.H. Rindel**, A Note on Modal Reverberation Times in Rectangular Rooms. *Acta Acustica united with Acustica* 102, 2016, 600-603.