

# Sound & Science: Digital Histories

Archives NAG: Publicatie No. 19 van de Geluidstichting, Zwicker, C. (1938). Vues nouvelles sur l'acoustique des salles. In: Proceedings of the third international congress of phonetic sciences Ghent 1938. Delft: Geluidstichting, 1938.

<https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/text/publicatie-no-19-van-de-geluidstichting>



Scan licensed under: [CC BY-SA 3.0 DE](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/) | Max Planck Institute for the History of Science



**MAX PLANCK INSTITUTE  
FOR THE HISTORY OF SCIENCE**

*Off-print*

PROCEEDINGS OF THE  
THIRD INTERNATIONAL CONGRESS  
OF PHONETIC SCIENCES  
GHENT 1938

VUES NOUVELLES  
SUR L'ACOUSTIQUE DES SALLES

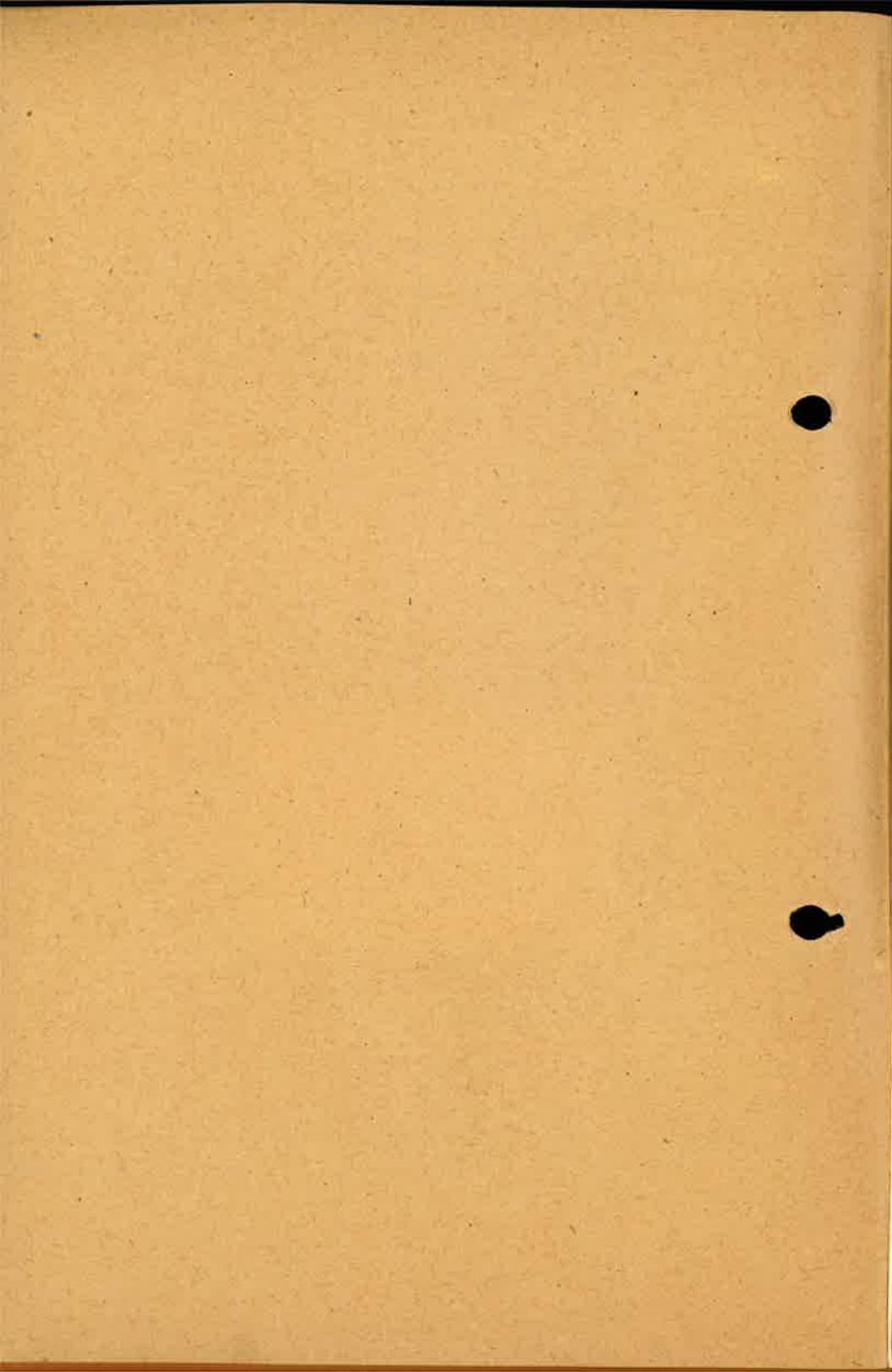
BY

Prof. C. ZWIKKER

PUBLICATIE No. 19  
VAN DE  
GELUIDSTICHTING  
DELFT - HOLLAND



PHONETIC LABORATORY  
OF THE UNIVERSITY OF GHENT



§ 1. — On me permettra sans doute de supposer que c'est un fait bien connu que l'acoustique des salles a pour la première fois été étudiée d'une façon scientifique par l'Américain WALLACE CLEMENT SABINE. Il entama cette étude à une époque séparée de la nôtre d'un demi-siècle environ.

SABINE apprit à ses contemporains que le défaut acoustique de beaucoup d'auditoires consiste en un excès de résonance, et que toute sorte de considérations sur les interférences, les vases résonnantes et autres phénomènes plus mystérieux n'étaient guère applicables dans la pratique.

L'excès de résonance est une conséquence du fait que les matériaux de construction dont on se sert ordinairement sont trop durs du point de vue acoustique, et le résultat de la théorie de SABINE a été que nombre de matériaux acoustiquement doux ont été produits qui absorbent le son à un degré considérable. Actuellement il est possible d'appliquer des matériaux de revêtement d'un coefficient d'absorption très élevé et de faire en sorte que la résonance demeure restreinte. Ces derniers temps les efforts des fabricants de ces matériaux tendaient moins à l'augmentation de l'absorption du son qu'à la possibilité de donner à ces matériaux la qualité de satisfaire aux exigences d'architecture, de résistance et d'hygiène.

Et, en effet, au début presque tout affaiblissement de résonance donnait lieu à une amélioration de l'acoustique, puisque, même avec l'application des meilleurs matériaux disponibles, on restait toujours du même côté de la résonance optimale.

Peu à peu cela a changé. Avec le perfectionnement des matériaux acoustiques s'est insensiblement introduit le danger d'un amortissement trop grand, et aujourd'hui l'architecte doit se demander très bien jusqu'où il doit pousser l'assourdissement. A cela s'ajoute que dans des salles fortement amorties toute sorte d'effets vont jouer un rôle qui dans des salles résonnantes ne se remarquent pas ou guère.

§ 2. — SABINE déjà a donné une formule simple du moyen de laquelle on peut calculer la durée du résonnement dans un auditoire. Il vérifiait sa formule d'après quelques salles de concert examinées expérimentalement et il trouvait une bonne harmonie entre la théorie et les mesures. Sans aucun doute le hasard et le bonheur lui ont été favorable en cela à un certain degré, car à présent l'acousticien est moins sûr dans ses calculs.

En premier lieu il faut pouvoir disposer des constantes de la matière. Il s'est trouvé que le coefficient d'absorption d'une certaine matière peut dépendre fortement de la façon dont on

l'applique. En second lieu il s'est trouvé que le coefficient mesuré dépend de l'étendue de la surface de l'échantillon par suite des effets provenant des bords ; pour cette même raison il faut savoir si la matière forme une surface unie, ou bien est divisée en beaucoup de petits morceaux, et la distribution de ces morceaux sur les parois de l'auditoire elle aussi exerce son influence. Aussi n'y a-t-il rien d'étonnant dans le fait que les résultats de l'essai de laboratoires différents, opérant d'après des méthodes différentes, mais tous avec des échantillons de dimensions relativement petites, diffèrent assez entre eux. Aussi pour l'interprétation de ses calculs l'expert d'acoustique a besoin d'une grande expérience, et il lui faut considérer d'une façon critique dans leurs rapports mutuels les données provenant de laboratoires différents.

Et puis encore les calculs concernant la résonance à l'instar de SABINE ne sont praticables que pour la partie située au milieu du spectre sonore. Dans les registres plus élevés il faut tenir compte, outre de l'absorption du son par les parois, de celle dans l'air elle-même (1) ce qui est un cas d'absorption non de surface, mais de volume. Cette absorption augmente rapidement avec le ton, mais elle dépend en outre de l'humidité de l'air. Dans des salles non pourvues d'une installation d'aération qui garantit une atmosphère constante, l'absorption de l'air ne peut être qu'évaluée, estimée.

Dans les registres plus bas il se produit une absorption par suite de la co-vibration de panneaux (2), de meubles, voire même des planchers et des parois. Par là le son perd de l'énergie, et celle-ci est transformée en chaleur. La mesure dans laquelle cette co-vibration se produit dépend de l'épaisseur et de la largeur des lames et de la façon dont les panneaux sont attachés et ce problème n'a pas encore été suffisamment analysé au point de vue scientifique. Quant à cela, on en est encore pour le moment aux tâtonnements et aux essais.

La durée optimale du résonnement a été établie empiriquement pour des salles à volume différent et pour les différentes fréquences. Quant à ceci, on recommande de choisir la durée du résonnement indépendante du ton pour des fréquences de  $1.000 \text{ sec}^{-1}$  et au delà, et de la choisir plus grande pour les tons plus bas. Les exigences pour le fonctionnement optimal ont été expliquées physiologiquement de différentes manières. LIFSHTITZ (3) par exemple considère en cela l'oreille comme un instru-

(1) V. O. KNUDSEN, *Jl. Ac. Soc. Am.*, 3, 126, 1931 ; 5, 112, 1933.

(2) E. MEYER et L. CREMER, *Z. techn. Phys.*, 14, 500, 1933.

(3) S. LIFSHTITZ, *Z. f. Phys.*, 83, 123, 1933.

ment balistique ; VON BÉKÉSY (1) au contraire part de la conception des impulsions nerveuses. Malgré les difficultés qui se présentent quand on calcule d'avance les durées du résonnement, il importe cependant qu'on obtienne pour toutes les fréquences l'amortissement exact, puisque sans cela les sons qui se produiront dans la salle seront trop ternes, trop sourds, trop creux, trop éclatants, trop aigus (2), etc.

§ 3. — Du moment que le problème du dosage de la résonance peut être résolu d'une façon satisfaisante, notre attention est réclamée pour d'autres effets qui peuvent exercer une influence favorable ou défavorable sur l'acoustique.

L'intensité du son perçu par l'auditeur doit être d'une intensité suffisante (3). Celle-ci peut être influencée par la forme des parois derrière, au-dessus et à côté de celui qui parle. Plus la salle est grande, plus il devient difficile d'avoir une intensité acoustique suffisante à l'endroit de l'auditeur.

A cet égard des salles dont le volume est au-dessus de 20.000 m<sup>3</sup> sont difficiles à rendre praticables ; pour des salles dont le volume est au-dessus de 40.000 m<sup>3</sup> cela est impossible, à moins qu'on se serve d'un abat-voix spécial (4) ou de haut parleurs (5).

Quand une réflexion d'une des parois surpasse en intensité les autres réflexions (paroi uni ou creux) on parle de écho. D'abord on admettait les échos à condition que la différence entre la voie du son réverbéré et celle du son direct ne se montât pas à plus de 20 m. A cet égard on a rendu les exigences plus rigoureuses ; beaucoup de gens sont d'avis qu'une différence de voie de 15 m. est la limite admissible ; quant à moi, je suis d'avis qu'une différence de voie de 12 m. s'aperçoit déjà dans la netteté de la parole énoncée. Voire on prétend que toute différence de voie au-dessus de 2 m. exerce une influence gênante (6) sur la netteté de la parole énoncée.

Quoique des échos pareils ne doivent pas absolument être remarqués comme tels, ils exercent néanmoins une influence gênante, aussi bien sur la netteté de la parole énoncée que sur l'appréciation de la musique. L'influence des effets causés par les échos peut être diminuée par subdivision des parois de la salle ou par l'application de niches (7) et de cases.

(1) G. v. BÉKÉSY, *Ann. d. Phys.*, 8, 851, 1931 ; 16, 844, 1933.

(2) H. FREI, *Elektroakustische Untersuchungen in Hallräumen*, p. 96, 1936.

(3) V. O. KNUDSEN, *Jl. Ac. Soc. Am.*, 1, 56, 1929.

(4) A. D. FOKKER et M. J. O. STRUTT, *Archives du Musée Teyler*, 7, 77, 1930.

(5) C. ZWIKKER, *De Ingenieur*, 44, 39, 1929.

(6) H. BENECKE, *Ann. d. Phys.*, 15, 259, 1932 ; F. R. WATSON, *Phys. Rev.*, 33, 283, 1929.

(7) H. FREI, *Elektroakustische Untersuchungen in Hallräumen*, 1936.

D'ailleurs nous pouvons remarquer en général que l'accroissement et l'extinction du son doivent se faire autant que possible d'après une loi exponentielle, toutes les déviations à ces changements naturels sont senties comme un dérangement. Ce qui fonctionne d'une façon gênante par exemple c'est ce qu'on appelle une double durée du résonnement. Celle-ci peut provenir du fait qu'une partie d'une salle est fortement assourdie, tandis qu'une autre partie (p. ex. les balcons ou la scène) l'est moins. Alors cette seconde partie continue encore quelque temps à fournir de l'énergie à la première partie ; en outre la composition spectrale de cette partie fournie après diffère de celle du son primaire.

Si une salle possède deux parois parallèles d'une matière dure, le son continue à être rejeté entre ces parois ; la salle est devenue anisotrope. Les tons élevés sont plus sujets à cet effet que les tons bas, parce que ceux-ci peuvent facilement être déviés de leur direction primitive à cause du phénomène de diffraction. Pour un ton qui a une hauteur de  $2.000 \text{ sec}^{-1}$  on peut atteindre ceci, que dans une chambre assez amortie la durée du résonnement pour un ton qui se trouve rejeté entre la paroi-sud et la paroi-nord sera quadruple de celle du son rejeté entre la paroi-est et la paroi-ouest. J'appelle cet effet l'*effet riktic*. Les tons élevés qui font l'effet, sont perçus dans des cas fort prononcés comme un cliquetis. La question de savoir si l'impression discontinue (le cliquetis) serait un phénomène d'interférence, ou bien de nature essentiellement physiologique n'est pas encore tranchée.

Tandis que pour l'effet riktic se sont les tons élevés qui résonnent trop longtemps, pour ce qu'on appelle l'*effet boomy* ce sont les tons bas qui continuent à résonner trop longtemps. L'effet boomy est causé par le fait que des panneaux en bois entrent en vibration et continuent à vibrer lorsque dans la salle le son s'est déjà éteint. Les panneaux ont une durée du résonnement de 1 à 1,5 sec. C'est pourquoi l'effet-boomy ne se produit nettement que dans des pièces dont la durée du résonnement reste au-dessous de 1,5 sec.

Quelques-uns des effets cités se produisent surtout dans les studios de la T. S. F. et dans ceux employés à l'enregistrement de disques. Dans ces studios on réclame des durées du résonnement excessivement courtes (1) et par là on était à même de constater beaucoup plus nettement qu'autrefois les effets cités. Après coup cependant il nous est maintenant aussi possible de les discerner dans des salles plus grandes avec un amortissement plus normal, de sorte que l'acoustique générale des salles a tiré profit de la construction de studios, anormaux du point de vue acoustique, mais forts intéressants.

(1) N. ASHRIDGE, *Engineering*, Oct. 16 et 23, 1931.

