

Nouvelle norme norvégienne relative à l'acoustique des salles de répétition et de représentation musicales

Jens Holger Rindel

Multiconsult AS, Oslo, Norvège

Traduit par Jacques Romengas et Frédéric Poirrier

fredericpoirrier@orange.fr

Sommaire

Une nouvelle norme norvégienne NS 8178 a été élaborée dans le but d'améliorer les locaux utilisés pour la musique. Cette norme s'applique plus particulièrement à l'enseignement de la musique et aux séances de répétition pour les ensembles non professionnels. Il a été constaté que les salles de travail musical étaient très souvent insatisfaisantes en termes d'acoustique. Ainsi, la norme spécifie les dimensions et les durées de réverbération recommandées dans les locaux, pour plusieurs catégories de musique et pour des formations d'importances différentes. Trois types de musique sont considérés : Musique amplifiée, musique acoustique puissante et musique acoustique faible. Les durées de réverbération optimales, en fonction du volume de la pièce, ont été calculées en considérant la force sonore moyenne G et la puissance acoustique typique générée par les instruments de musique joués *forte*. Ainsi, pour une combinaison donnée d'instruments de musique ou de chanteurs, le niveau de pression acoustique attendu dans la pièce peut être estimé. Dans une salle de musique, le niveau de pression acoustique *forte* doit être, ni trop fort ni trop faible. Dans de nombreux cas, on admet qu'un niveau compris entre 85 dB et 90 dB est idéale. Pour certaines formations musicales devant se produire face à un auditoire, les volumes et les temps de réverbérations sont spécifiés pour les salles de représentation musicale (*sous entendue performante*). Dans les locaux destinés aux répétitions, les temps de réverbération recommandés sont plus courts que dans les salles de spectacle, à dimension égale.

La norme précise également les temps de réverbération maximum et minimum sur les bandes d'octave normalisées de 63 Hz à 4 kHz et cela, pour les différentes catégories : musique amplifiée (performante), musique amplifiée (répétition) et musique acoustique (performante et répétition).

PACS no. 43.55.Fw, 43.75.St

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

1. Introduction

L'acoustique d'une pièce est déterminante pour une interaction correcte entre la salle et l'instrument de musique. Ces dernières années, on a compris l'importance de la musique sur le développement général des enfants. Des chercheurs de l'Université du Nord-Ouest ont découvert que les connexions neuronales établies au cours de la formation musicale stimulaient également le cerveau pour d'autres aspects de la communication humaine [1]. Ils rapportent également, que les enfants entraînés musicalement, montrent une activation neuronale plus forte pour présenter des changements dans la parole et possèdent un vocabulaire et des capacités de lectures améliorées par rapport aux enfants n'ayant pas reçu d'éducation musicale.

En Norvège, il est de longue tradition dans les écoles de créer des groupes de musique qui se produisent à diverses occasions, notamment lors de la fête nationale du 17 mai. Cependant, pour ce qui concerne l'enseignement de la musique et les répétitions de groupes non professionnels, on constate que les salles sont souvent très insatisfaisantes du point de vue acoustique. Bien qu'il existe des obligations bien établies pour les salles de sports, les exigences relatives aux salles de musique sont ténues, voir totalement absentes. C'est l'objet de la nouvelle norme norvégienne NS 8178 [2].

Elle contient des exigences détaillées pour trois types de musique : musique amplifiée, musique acoustique puissante et musique acoustique faible. Cet article traite uniquement de la musique acoustique car les niveaux sonores émis dépendent de nombreux facteurs liés à la fois aux instruments et à la pièce. Alors que pour la musique amplifiée, le niveau est simplement ajusté à l'aide de la sonorisation.

2. Niveaux sonores et plage dynamique en musique

La musique jouée dans une pièce avec des instruments sans électro-amplification, génère un niveau sonore moyen, qui est fonction des paramètres suivants:

- L'instrument de musique, sa nature et le nombre
- La façon de jouer, notamment l'expression dynamique
- le volume de la salle
- le temps de réverbération de la salle

Les instruments de musique peuvent être des instruments à cordes (frottées ou pincées), des bois, des cuivres, des percussions ou des instruments à clavier. La voix chantée sans amplification est également incluse, bien qu'elle ne soit pas à proprement parler un instrument. Ils peuvent être utilisés en solo ou en groupes; petits groupes de musique de chambre ou grande formation, orchestres, chœurs, etc.

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

La plupart des instruments de musique peuvent être joués avec une puissance sonore variable, de la plus faible à la plus puissante. Dans la terminologie musicale, les niveaux dynamiques sont désignés par *piano* (*p*) (calme) ou *forte* (*f*) (fort). Ou encore, *pianissimo* (*pp*) pour très calme et *fortissimo* (*ff*) pour très fort.

La plage dynamique de *pp* à *ff* peut être très large, jusqu'à 60 dB environ pour un orchestre symphonique. Cependant, avec des instruments de musique utilisés seuls, la plage dynamique est plus modeste, typiquement de l'ordre de 25 à 30 dB, un peu moins pour la flûte et saxophone, et un peu plus pour le violon et clarinette, par exemple.

Pour l'évaluation du volume dans les salles de concert, Wu et al. [3] ont examiné le niveau de pression acoustique moyen, joué *forte* par un orchestre et ils ont suggéré un niveau sonore optimal compris entre 85 et 91 dB. Celui-ci correspond assez bien aux niveaux proposés par Meyer [4] qui a montré que la sensation d'espace nécessitait un niveau sonore d'environ 85 - 92 dB, 90 dB étant l'optimum d'après lui. Dans la nouvelle norme norvégienne, l'évaluation acoustique d'une salle de musique s'appuie sur un niveau de pression acoustique *forte* $L_p(f)$ compris entre 85 et 90 dB. Ces niveaux optimums s'appliquant aussi bien aux salles de répétition musicale qu'aux salles de spectacle.

3. Le niveau de puissance acoustique *forte* des instruments de musique

La puissance sonore des instruments de musique a été étudiée en détail, par Meyer [5, 6]. Afin de gérer les difficultés liées aux différentes manières de jouer et à la grande plage dynamique, Meyer a supposé quatre plage d'égales amplitudes, de *pp* à *ff*, et a donc calculé le niveau de puissance acoustique *forte*:

$$L_W(f) = L_W(ff) - \frac{D}{4} \text{ (en dB)} \quad (1)$$

où $L_W(ff)$ est le niveau de puissance acoustique jouée *fortissimo* et D la plage dynamique:

$$D = L_W(ff) - L_W(pp) \text{ (en dB)} \quad (2)$$

et $L_W(pp)$ niveau de puissance acoustique *pianissimo*.

Le niveau de puissance acoustique *forte* total pour une formation quelconque avec n_i instruments de type i , est estimé à partir de:

$$L_W = 90 + 10 [\log \sum_i n_i k_i] \text{ (en dB)} \quad (3)$$

Où k_i est le facteur de puissance acoustique de l'instrument de type i :

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

$$k_i = 10^{\frac{L_{w,i}(f)-90}{10}} \quad (4)$$

Tableau II. Exemples de niveaux de puissance acoustique en *pp*, *ff* et *f*, de la plage dynamique et du facteur de puissance acoustique *k*.

Instrument	L_w (<i>pp</i>) dB	L_w (<i>ff</i>)	Plage dynamique, D	L_w (<i>f</i>)	Facteur de puissance acoustique, k
	dB	dB	dB	dB	-
Violon	65	97	32	89	0.8
Alto	68	93	25	87	0.5
Violoncelle	67	97	30	90	1.0
Double basse	75	97	22	92	1.6
Flûte	77	96	19	91	1.3
Clarinette	74	101	27	93	2.0
Saxophone	87	101	14	98	6.3
Trompette	87	106	19	101	12.6
Trombone	89	109	20	104	25.1

Burghauser & Spelda [7] ont publié des données très détaillées sur les émissions sonores d'un très grand nombre d'instruments de musique, mesurées dans les années 1960 en Tchécoslovaquie. Meyer [4] a utilisé leurs données aux instruments les plus courants de l'orchestre symphonique classique. Dans la norme norvégienne NS 8178, la liste a été étendue à 41 instruments, incluant des chanteurs.

La méthode de conversion des données mesurées en niveau de puissance acoustique *forte* est décrite dans [5].

Le **tableau II** présente des exemples de niveaux de puissance acoustique et de gamme dynamique de quelques instruments de musique.

En observant les facteurs de puissance acoustique dans le **tableau II**, on s'aperçoit qu'une clarinette a la même puissance que deux violoncelles, et qu'un trombone équivaut à 25 violoncelles en termes de puissance acoustique jouée *forte*.

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

4. La force sonore G, un indicateur acoustique de salle

L'amplification du son par la salle se quantifie avec la force sonore (symbole G, en dB) qui est définie dans l'ISO 3382-1 [8, EQ. (A. 2.1)]. La force sonore est la différence entre le niveau de pression acoustique dans la pièce et le niveau de pression acoustique en champ libre à la distance de 10 m d'une source omnidirectionnelle:

$$G = L_p - L_{p,dir}(r_0 = 10 \text{ m}) \text{ (en dB)}$$

La force sonore d'une pièce peut être estimée à partir du coefficient d'absorption moyen α_m et de la surface totale S des parois :

$$G = 10 \log \left(\frac{4(1-\alpha_m)}{\alpha_m S} \right) - 10 \log \left(\frac{1}{4\pi^2 r_0^2} \right)$$

Soit encore

$$G \approx 31 + 10 \log \left(\frac{4(1-\alpha_m)}{\alpha_m S} \right)$$

Lorsque G est connu, il est possible d'évaluer le niveau de pression acoustique *forte* existant dans la salle lorsque la puissance sonore *forte* émise de l'ensemble des instruments est connue, en utilisant la relation de l'ISO 3382-1 [8, EQ. (A. 9)] suivante :

$$L_p(f) = L_w(f) + G - 31 \text{ (en dB)} \quad (6)$$

Par exemple, le niveau de puissance acoustique d'un orchestre symphonique classique jouant *forte* est d'environ 110 dB, et autour de 120 dB à *fortissimo* [4]. Afin d'obtenir un niveau de pression acoustique *forte* dans la plage du niveau optimal de 85-90 dB, cela nécessite une salle ayant une force sonore G, de 6 à 11 dB.

En règle générale, le niveau de pression acoustique *forte* dans une pièce ayant une force sonore G, peut être estimé en utilisant les facteurs de puissance acoustique k des instruments indiqués dans le **tableau II**, à l'aide l'équation ci-dessous:

$$L_p(f) = G + 59 + 10 \log \sum_i n_i k_i \quad (7)$$

La méthode de calcul résumée par l'équation (7) est la même que celle proposée initialement par Meyer [4, 5, 6].

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

5. Comment optimiser le temps de réverbération d'après la force sonore

Le couplage acoustique entre l'instrument de musique et la pièce est fondamental car il peut altérer la performance musicale. Un exemple intéressant décrit par Meyer [6, pp. 361-362], fait référence à une expérience réalisée par Von Békésy. Il a mesuré l'amplitude vibratoire des cordes d'un piano joué par un instrumentiste de talent, et exécutant la même partition dans trois environnements différents. Dans la salle la plus réverbérante, le jeu dans les passages *forte* était un peu plus faible que dans la salle neutre, et dans la salle mate le jeu était plus violent. Dans la pièce neutre (jugée la meilleure), la dynamique du son pendant la performance était nettement plus grande que dans les deux autres pièces ayant un temps de réverbération trop long ou trop court. Cette expérience indique que dans une pièce où l'acoustique est mauvaise, la performance musicale en pâtit avec une plage dynamique plus restreinte. Ainsi, la qualité du son est altérée car les instruments créeront des sons moins propres et agréables à l'oreille lorsqu'ils sont contraints à produire des puissances sonores élevées.

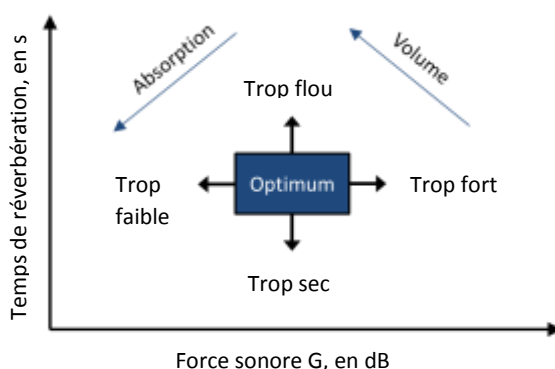


Figure 1. Principe d'influence des paramètres acoustiques, temps de réverbération et la force sonore sur la musique perçue.

Une description simplifiée de la relation entre la pièce et la musique est illustrée figure 1. L'acoustique de la salle est caractérisée par deux grandeurs, à savoir le temps de réverbération et la force sonore, qui ensemble créent un espace acoustique bidimensionnel. Dans cet espace, il y a une région qui est considérée comme optimale pour un certain type de musique et un ensemble d'instruments. Ce genre de diagramme a été établi par Nijs & de Vries [9], mais avec un système de courbes représentant les paramètres architecturaux, de volume et d'absorption moyenne.

La figure 1 indique que si le temps de réverbération s'éloigne de la zone optimale, la musique sera perçue soit trop sèche ou soit trop confuse. D'autre part, si la salle a une force sonore trop forte, la musique sera dure et pourra être fatigante. De même, avec une force sonore est trop petite, la musique semblera faible et décevante à l'écoute, non seulement pour un public mais aussi pour les interprètes.

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

Nijs & de Vries [9] mentionnent (en référence à Leo Beranek) qu'une salle de concerts européenne idéale destinée à recevoir un orchestre symphonique devrait avoir un temps de réverbération compris entre 2,0 et 2,3 s, et une force sonore de 4,0 à 5,5 dB. Selon la norme ISO 3302-1 [8], la JND (Just Noticeable Difference) *c'est-à-dire le seuil différentiel audible*, est de 1 dB pour la force sonore et de 5% pour le temps de réverbération. Ainsi, les valeurs optimales mentionnées ci-dessus pour de la musique symphonique ont une amplitude de 3 JND pour le temps de réverbération et seulement 1,5 JND pour ce qui concerne la force sonore.

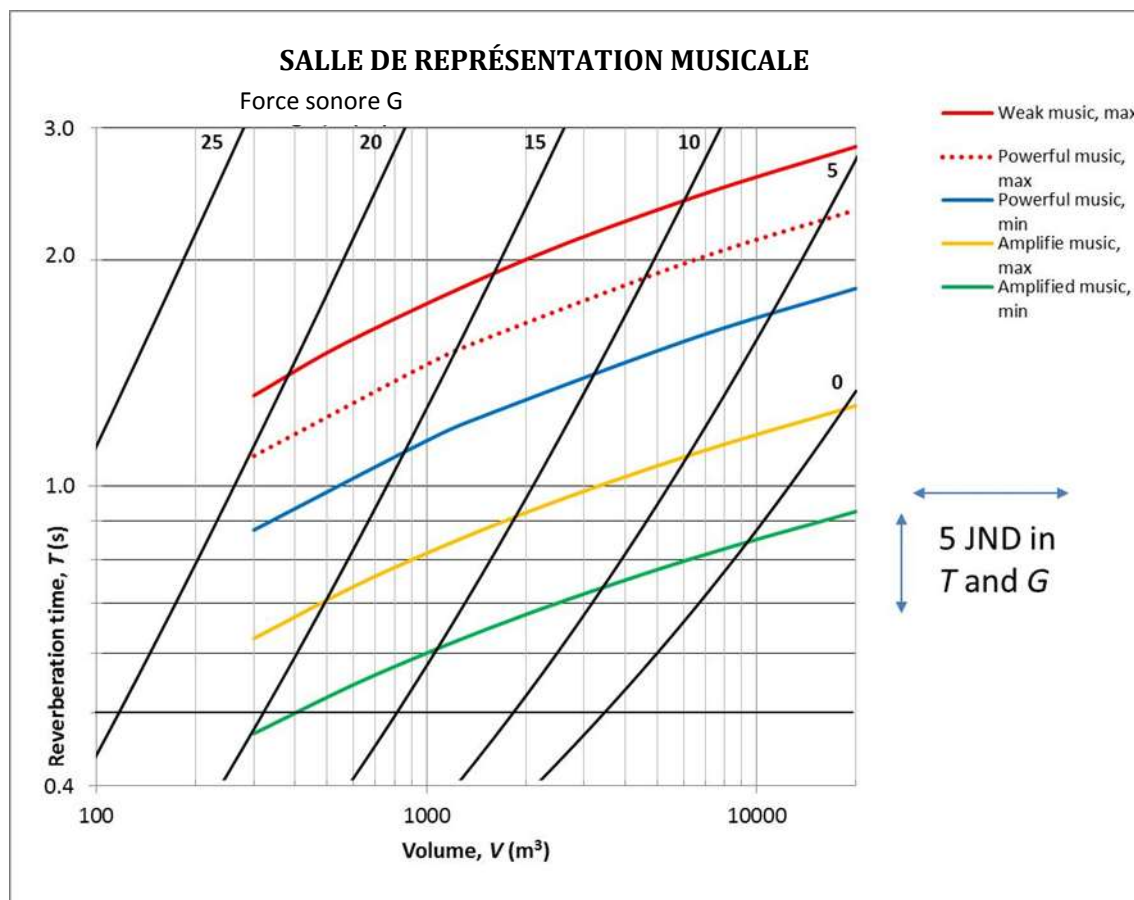


Figure 2. Limites supérieures et inférieures du temps de réverbération pour les salles de représentation musicale (ou de spectacle) pour les différents genres de musique. Les courbes noires indiquent la force sonore par pas de 5 dB. Notez que dans ce graphique, un axe logarithmique est utilisé pour le temps de réverbération. Les seuils différentiels sont indiqués à droite pour 5 JND.

LÉGENDE : Courbe rouge → maxi musique faible ; pointillé rouge → maxi musique puissante ; courbe bleue → mini musique puissante ; courbe jaune → maxi musique amplifiée ; courbe verte → mini musique amplifiée

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

Les salles de répétition musicale sont souvent de petites tailles, ce qui complique l'optimisation de la force sonore. Afin d'éviter un niveau sonore extrêmement élevé, il est nécessaire de réduire considérablement le temps de réverbération en ajoutant de l'absorption à la pièce. En conséquence, il est inévitable d'introduire un critère de volume pour le temps de réverbération maximal. Durant les réunions de travail relatives à la rédaction de la norme NS 8178, plusieurs modèles ont été considérés pour cette dépendance au volume et une attention particulière a été portée à la force sonore, afin que G ne dépasse pas 25-26 dB. Ainsi, il a été statué que le temps de réverbération devait être assez court dans les petites pièces.

Donc, dans le but d'éviter que les petites salles de répétition soient trop bruyantes, il a été décidé d'adopter une relation suggérée par Valk et Coll, de la forme [10]:

$$T = a \cdot \log(V) - b \quad (\text{en s}) \quad (8)$$

Les constantes a et b ont été choisies pour des temps de réverbération, minimum et maximum, pour trois genres de musique : musique amplifiée, musique instrumentale puissante et musique instrumentale faible. Les salles de répétition ayant un temps de réverbération plus court que les salles de représentation (espace de performance).

Les limites supérieures et inférieures des temps de réverbération pour les espaces de performance sont tracées en fonction du volume figure 2. Le temps de réverbération étant, dans le cas présent, la moyenne des temps de réverbération des bandes d'octave de 500 et 1000 Hz, pour des pièces normalement aménagées, mais sans les musiciens. En utilisant une échelle linéaire pour le temps de réverbération, les courbes limitantes sont des droites sécantes au point de coordonnées ($V = 10 \text{ m}^3$; $T = 0,1 \text{ s}$). Cependant, sur le graphique, un axe logarithmique a été préféré en ordonnée, pour être en cohérence avec le seuil différentiel relatif (5%). Une indication approximative de 5 JND, en abscisse et en ordonnée, apparaît sur la figure 2.

Les deux courbes inférieures (jaune et verte) limitent la plage optimale pour de la musique amplifiée. Ces temps de réverbération sont en accord avec les constatations faites par Adelman-Larsen et Coll. [11] et ils sont nettement inférieurs à ceux indiqués pour la musique acoustique. En fait, il y a un écart important entre le temps de réverbération maximum pour la musique amplifiée (courbe jaune) et le temps de réverbération minimum pour la musique acoustique puissante (courbe bleue). Cela signifie qu'une salle conçue avec compromis sur le temps de réverbération, ne sera pas adaptée à toutes les musiques, mais s'ajustera assez bien à la parole.

Pour la musique acoustique, les zones optimums relatives à la musique faible (courbe rouge) et à la musique puissante (courbe bleue) ne sont séparées que par la courbe en pointillée rouge, ce qui montre qu'il n'est pas toujours possible d'établir une distinction claire entre ces deux genres musicaux.

Présenté par J.H. Ridet lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

6. Quelques exemples

On présente maintenant quatre exemples concernant des salles de répétition (figure 3). Le but étant, dans chaque cas, de trouver le volume et le temps de réverbération idéal pour un niveau sonore *forte* de 85 à 90 dB.

6.1 Quatuor à cordes

Un Quatuor à cordes comprend deux violons, un alto et un violoncelle. Cela donne un facteur de puissance acoustique total de 3,1 soit pour information un niveau de puissance acoustique *forte*, $L_w(f) = 95$ dB, d'après (3). L'équation (7) permet de trouver G compris entre 21 et 26 dB. La zone optimale pour la musique acoustique faible apparaît en bleu sur figure 3. Cela conduit à un volume compris entre 30 à 200 m³ pour un temps de réverbération T de 0,4 et 1,1 s, voir la zone bleue figure 3. Si le Quatuor à cordes joue dans une pièce dont le volume dépasse 200 m³, le niveau sonore sera trop faible.

6.2 Chœurs d'hommes

Un chœur de 24 chanteurs produit un niveau de puissance acoustique *forte*, $L_w(f) = 102$ dB. L'équation (7) donne G compris entre 14 et 19 dB. La zone optimale pour la musique acoustique faible de la figure 3 conduit à un volume compris entre 330 à 1600 m³ pour T valant respectivement 1,0 et 1,7 s (voir la zone verte figure 3).

6.3 Quintette de cuivres

Un quintette de cuivres avec 2 trompettes, 2 trombones et 1 tuba émet un niveau de puissance acoustique *forte*, $L_w(f) = 110$ dB. À partir de l'équation (7), on trouve G compris entre 6 et 11 dB. La zone optimale pour la musique acoustique puissante de la figure 3 conduit à un volume de 2 000 à 10 000 m³ et un T de 1,0 et 1,9 s, selon le volume (voir la zone rouge dans la figure 3).

6.4 Formation de 40 musiciens

La formation est composée de 6 flûtes, 9 clarinettes, 1 clarinette basse, 4 saxophones, 4 trompettes, 3 Cors français, 4 trombones, 2 euphoniums, 3 tubas et 4 percussions. Ceci donne un niveau de puissance acoustique *forte*, $L_w(f) = 116$ dB. D'après l'équation (7), G doit être compris entre 0 et 5 dB. La zone optimale pour la musique acoustique puissante de la figure 3 conduit à un volume de 8 000 m³ ou plus, et T compris entre 1,3 et 2,0 s, selon le volume (voir la zone jaune figure 3).

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

Cependant, $8\,000\text{ m}^3$ est déjà une grande salle, et un plus petit volume pourrait être envisagé ; par exemple, avec $2\,500\text{ m}^3$ et $T = 1,1\text{ s}$, le niveau sonore *forte* serait de 95 dB, soit 5 dB au-dessus du maximum recommandé. C'est fort, mais encore acceptable.

7. Discussion

Bien que non abordée dans ce papier, la dépendance fréquentielle du temps de réverbération est une question importante qui est également traitée par la norme [2]. Les courbes de tolérance sont présentées pour définir la variation acceptable des bandes d'octave comprises entre 63 Hz à 4000 Hz. En plus des exigences relatives aux temps de réverbération, la norme [2] contient un certain nombre de tableaux qui spécifient les exigences relatives au volume minimal, à la hauteur sous plafond et au traitement acoustique des parois en absorption et diffusion.

Un élément de conception essentiel se rapporte à la nature du traitement acoustique des parois dans les petites salles de répétition et plus généralement dans toutes les salles, afin d'éviter les échos et autres colorations. Un autre critère important concerne à la hauteur sous plafond des salles de répétition. Par exemple, pour de la musique amplifiée jusqu'à 180 m^3 , la hauteur minimale sous plafond est de 2,4 m et dans les salles de répétition pour instruments non amplifiés, la hauteur minimale est de 2,7 m et augmente jusqu'à 3,5 m dans les petites salles. Dans les salles de grands volumes, la hauteur minimale sous plafond est plus importante

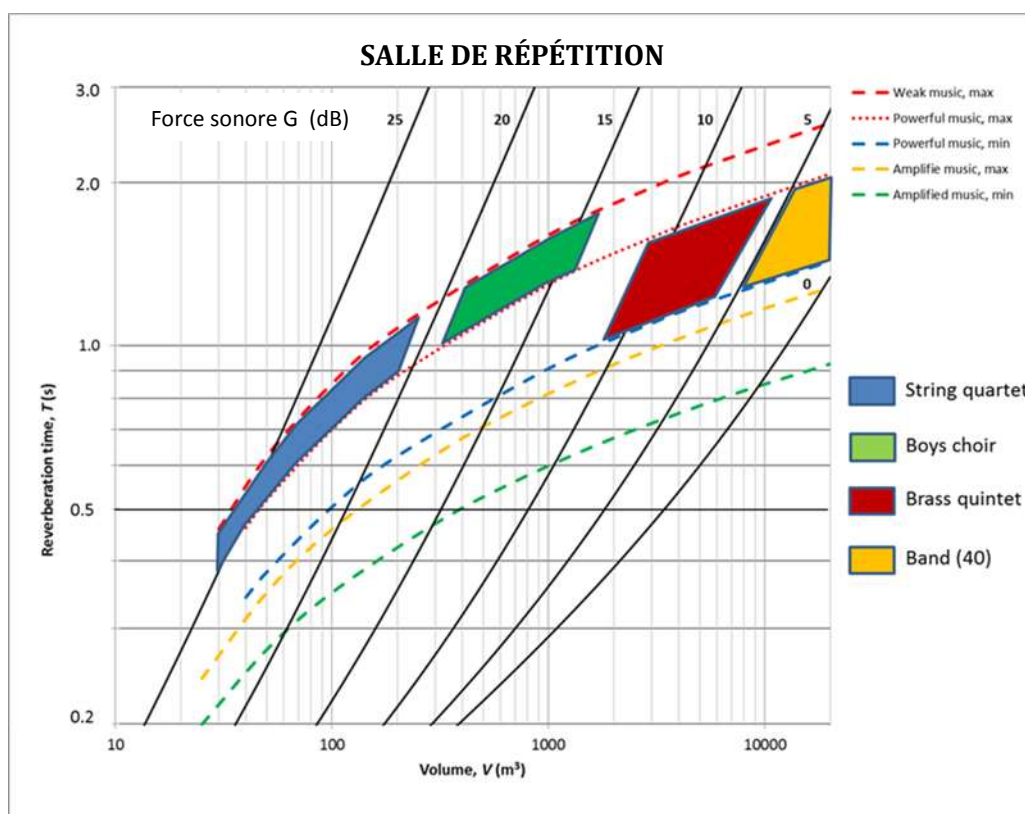


Figure 3. Limites supérieure et inférieure du temps de réverbération dans les salles de répétition en fonction du volume (courbes en pointillés). Les courbes noires pleines la force sonore par incréments de 5 dB. Les quatre zones colorées renvoient aux exemples présentés.

LÉGENDE : Tireté rouge → maxi musique faible ; pointillé rouge → maxi musique puissante ; tireté bleu → mini musique puissante ; tireté jaune → maxi musique amplifiée ; tireté vert → mini musique amplifiée

Remerciement à **Jens Holger RINDEL**, pour avoir autorisé et aidé à la traduction de son document.

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com

Bibliographie:

- [1] N. Kraus & B. Chandrasekaran, Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews, Neuroscience* **11**, 2010, 599-605.
- [2] NS 8178:2014, *Acoustic criteria for rooms and spaces for music rehearsal and performance*. (In Norwegian). Standard Norge, Oslo, 2014.
- [3] S. Wu, Q. Li, E. Kittinger, A New Criterion for Concert Hall Loudness Evaluation. *Acta Acustica – Acustica* **86**, 2001, 286-289.
- [4] J. Meyer, Raumakustik und Orchesterklang in den Konzertsälen Joseph Haydns. *Acustica* **41**, 1978, 145-162.
- [5] J. Meyer, Zur Dynamik und Schalleistung von Orchesterinstrumenten. *Acustica* **71**, 1990, 277-286.
- [6] J. Meyer, *Acoustics and the performance of music*, Springer, 2009.
- [7] J. Burghauser & A. Spelda, *Akustische Grundlagen des Orchestrierens*, Gustav Bosse Verlag, Regensburg, 1971.
- [8] ISO 3382-1:2009, *Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces*. International Standardization Organization, Geneva, 2009.
- [9] L. Nijs & D. de Vries, The young architect's guide to room acoustics. *Acoust. Sci. & Tech.* **26**, 2, 2005, 229-232.
- [10] M. Valk, L. Nijs, P. Heringa, Optimising the room acoustics for lesson and study rooms of the Conservatorium van Amsterdam (In Dutch). *NAG-Journaal*, nr. 178, 2006.
- [11] N.W. Adelman-Larsen, E.R. Thompson, A.C. Gade, Suitable reverberation times for halls for rock and pop music. *J. Acoust. Soc. Am.* **127**, 2010, 247-255.

Présenté par J.H. Ridel lors du Forum Acusticum 2014, 7-12 septembre, Krakow

Traduit par Jacques Romengas pour www.conseils-acoustique.com