

10ème Congrès Français d'Acoustique

Lyon, 12-16 Avril 2010

Contrôle actif de l'acoustique du "Palace des Arts", Miskolc, Hongrie

Christophe Rougier¹, Isabelle Schmich¹

¹Université Paris-Est, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), 24 Rue Joseph Fourier, F-38400 Saint Martin D'Hères
christophe.rougier@cstb.fr, isabelle.schmich@cstb.fr

Le Palace de Arts ("Művészetek Háza") est une salle de concert de 580 places située dans la ville de Miskolc en Hongrie. Cette salle peut être utilisée pour différents types de spectacles (théâtre, musique amplifiée, musique classique) mais accueille principalement des orchestres symphoniques. Cependant, la durée de réverbération (TR) naturelle de 1,3s est peu élevée pour ce type de spectacle. Il a donc été décidé d'installer un système de contrôle actif de la réverbération (ou système de réverbération assistée) pour augmenter la réverbération de la salle jusqu'à un TR de 2,2s. Dans cet article les besoins de la salle d'un point de vue acoustique sont d'abord identifiés. Ensuite, les spécificités du système CARMEN[®] installé sont présentées, et son principe de fonctionnement est précisé. L'analyse des solutions de variabilité que l'installation a permis d'apporter est proposée. La variation du TR ainsi que des autres critères acoustiques est obtenue par l'implémentation de configurations adaptées aux différents types de spectacles. Une analyse de ces critères acoustiques est faite pour estimer l'adéquation de la solution proposée à la problématique acoustique initiale.

1 Introduction

Dans la ville de Miskolc en Hongrie, l'ancien cinéma de la ville a été transformé en salle de spectacle multifonctionnelle afin d'accueillir une grande variété de spectacles musicaux tels que des concerts symphoniques, des concertos ou des chorales. Or, idéalement l'acoustique d'une salle doit être adaptée en fonction de l'utilisation qui en est faite. C'est pourquoi il a été choisi d'installer le système actif CARMEN[®] de contrôle de la réverbération dans cette salle. Une fois la problématique acoustique de la salle posée, l'installation du système sera décrite et les résultats obtenus seront analysés.

2 L'acoustique du Palace des Arts

La salle principale, présentée en Figure 1, est un auditorium de 580 places pourvu d'un balcon. La durée de réverbération (TR) est de 1,3s aux fréquences moyennes. Le volume relativement petit de cette salle (3500 m³) explique cette faible valeur de TR. Bien qu'une telle acoustique peut convenir à l'accueil d'une formation de musique de chambre par exemple, elle est trop sèche pour recevoir un orchestre symphonique dans des conditions idéales.



Figure 1 : Vue du Palace des Arts de Miskolc depuis le balcon

En terme de durée de réverbération, l'objectif de variabilité d'avoir un TR allant de 1,3s à 2,2s, condition idéale pour une œuvre réunissant un orchestre et un chœur. Le système CARMEN[®] de réverbération assistée développé par le CSTB permet d'atteindre cette demande puisqu'il lui est possible d'augmenter le TR de 100% [3].

Les autres paramètres usuels (EDT, C80, etc.) décrivant plus précisément l'acoustique naturelle de cette salle sont précisés dans le paragraphe 4.

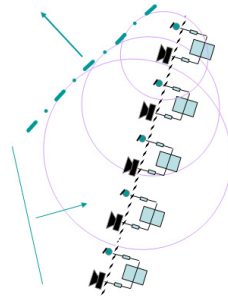
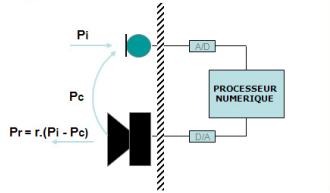
3 Variabilité acoustique par contrôle actif de la réverbération

3.1 Principe du système CARMEN[®]

Conçu pour des salles de 600 à 2000 places, le système CARMEN[®] est de type « génératif » et permet d'augmenter la réverbération d'une salle tout en préservant son architecture originale. Le système se base sur le principe du Mur Virtuel [1] qui cherche à préserver la propagation naturelle du son dans la salle dans laquelle il est installé. Chaque Mur Virtuel est composé de cellules indépendantes composées d'un microphone, d'un haut-parleur et d'une unité de traitement de signal (DSP), comme montré en Figure 2, le microphone et le haut-parleur étant généralement assez proche (de l'ordre d'un mètre) pour obtenir un « système à réaction quasi-locale » [2]. Les cellules sont réparties équitablement dans toute la salle afin d'avoir une couverture homogène du champ sonore régénéré par le système. L'architecture du système est présentée en Figure 3 et permet de doubler la durée de réverbération de la salle.

Chaque cellule est composée :

- d'un haut-parleur
- d'une unité électronique et numérique
- d'un microphone découplé du rayonnement acoustique du haut-parleur



Un ensemble de cellules constitue un mur virtuel

Figure 2 : Principe du mur virtuel

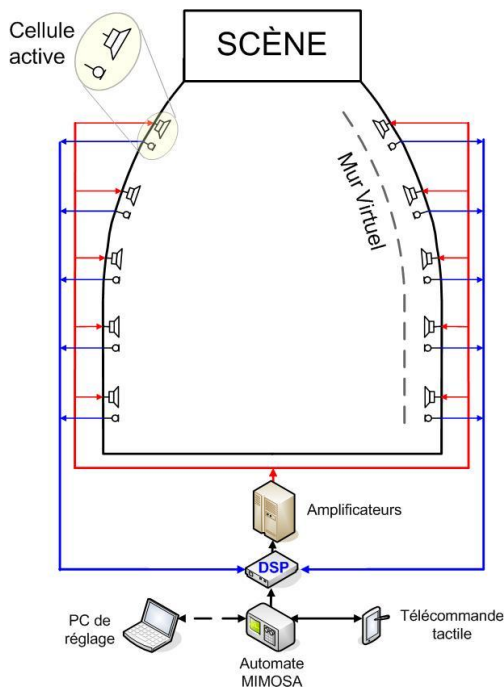


Figure 3 : Schéma bloc du système CARMEN®

3.2 Installation au Palace des Arts

Le système installé au Palace des Arts comporte 24 cellules intégrées autant que possible dans l'architecture de la salle, qui ont chacune leur rôle. Cinq cellules ont été installées dans le plafond au dessus de la scène et 2 sur les murs de côté (voir Figure 4) pour former une conque d'orchestre électroacoustique active. Les cellules 17, 18 et 19 participent au renforcement de la réverbération au niveau du dessus de balcon (voir Figure 5 et Figure 6). Les cellules 5 et 6 permettent de mieux coupler le dessous de balcon au volume principal de la salle.

Pour satisfaire le critère de polyvalence de la salle, neuf configurations différentes ont été réglées sur place en collaboration avec le chef d'orchestre résident. Une brève description des configurations réglées est donnée dans la Table 1.

Une première étape de réglage est faite par des mesures acoustiques sur les cellules. Pour compléter ces mesures objectives et affiner les réglages, des tests d'écoutes sont effectués par diffusion de musique anéchoïque sur scène. Les paramètres de réglage permettent de gérer le TR, les

réflexions latérales par ajout de délai, ou l'effet d'enveloppement pour l'auditeur [3]. Pour affiner les réglages et éventuellement apporter une couleur volontaire aux acoustiques réglées, les tests finaux d'écoute sont effectués avec des musiciens jouant sur scène.



Figure 4 : Vue de la scène et sa conque électroacoustique.

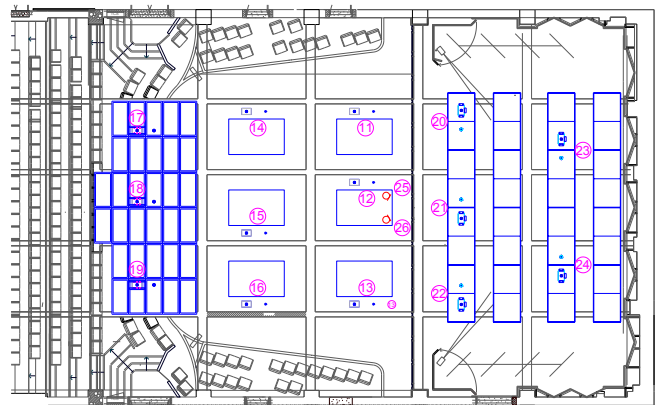


Figure 5 : Vue en plan du Palace des Arts avec la position des cellules n°11 à 24 et des micros d'avant scène n°25, 26.

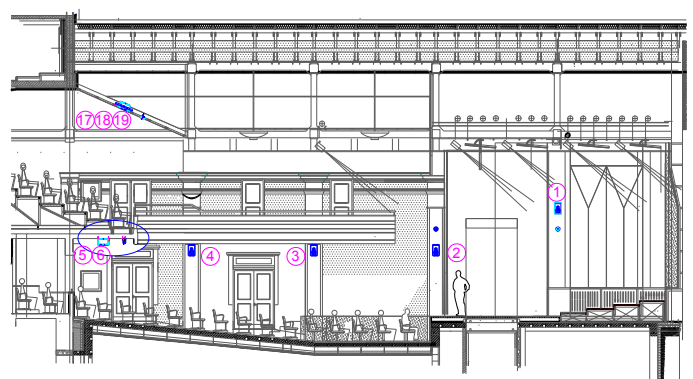


Figure 6 : Vue en plan du Palace des Arts avec la position des cellules n°1 à 6 et n°17 à 19.

Les configurations n°1 « Théâtre » et n°3 « Opéra » requièrent l'installation des microphones d'avant-scène (voir Figure 5). Ces configurations permettent la capture des voix sur scène qui sont ensuite réémises dans les haut-parleurs des cellules pour créer un renfort en certains endroits de la salle, en particulier pour les places situées au balcon afin d'augmenter l'intelligibilité.

#	Description	Utilisation
0	System inactif: TR = 1,3s	Conférence, Musique amplifiée
1	TR inchangé : 1,3s <i>Renfort de voix sur scène</i>	Théâtre
2	Augmentation du TR: 1,6s <i>Réflexions latérales renforcées, grande clarté</i>	Musique de chambre, petits ensembles Récital soliste
3	Forte augmentation du TR: 1,9s <i>Renfort de voix sur scène</i>	Opéra, récital chant
4	Forte augmentation du TR: 1,7s <i>Effet homogène</i>	Concerto (soliste avec orchestre) pour répétitions sans public
5	Forte augmentation du TR: 1,8s <i>Effet homogène</i>	Concerto + (soliste avec orchestre)
6	Forte augmentation du TR: 1,8s <i>Effet homogène, grande clarté</i>	Symphonie classique
7	Forte augmentation du TR: 2,0s <i>Effet homogène, grande clarté</i>	Symphonie romantique
8	Très forte augm. du TR: 2,1s <i>Volume élargi</i>	Chorale, spectacle avec chœur
9	Très forte augm. du TR: 2,2 s <i>Volume élargi</i>	Oratorio, orchestre symph. avec chœur
10	TR inchangé : 1,3s	Diffusion

Table 1 : Configurations acoustiques du système CARMEN® au Palace des Arts. Les durées de réverbération sont données à 500Hz.

4 Analyse de l'acoustique variable

Les mesures acoustiques finales de réception du système ont été faites sans et avec système pour chaque configuration, la salle et la scène étant inoccupées. Une enceinte amplifiée a été utilisée comme source, placée 3 m sur l'avant au centre de la scène. Un microphone omnidirectionnel a été utilisé comme récepteur et placé en 12 points de mesure différents (8 dans le parterre et 4 sur le balcon). Des réponses impulsionnelles ont été enregistrées en utilisant la technique de mesure MLS et ont ensuite été dépouillées par un programme d'analyse dédié. Les résultats de durée de réverbération (TR20), Figure 7, durée de réverbération initiale (EDT), Figure 8, de clarté (C80), Figure 9, et d'augmentation du niveau sonore (Δ SPL), Figure 10, moyennés sur les 12 points. L'acoustique dite « passive » est l'acoustique naturelle de la salle, lorsque le système actif n'est pas en fonctionnement.

Sur la Figure 8 on constate que la durée de réverbération TR20 « passive » est relativement constante suivant la fréquence. Le TR n'est pas modifié en configuration 1 « Théâtre » puisque l'effet régénératif n'est pas utilisé, mais seulement le renfort de voix par les microphones d'avant scène. Pour la plupart des configurations, les variations du TR20 selon la fréquence sont similaires. Pour les configurations 8 et 9 (musique symphonique avec chœurs) le TR20 dans la bande d'octave 125 Hz est légèrement augmenté par rapport aux autres bandes de fréquence, ce qui donne plus de chaleur au son, effet souhaitable pour un spectacle de ce type. Dans cette installation, le TR est augmenté au maximum de 70% à 500Hz.

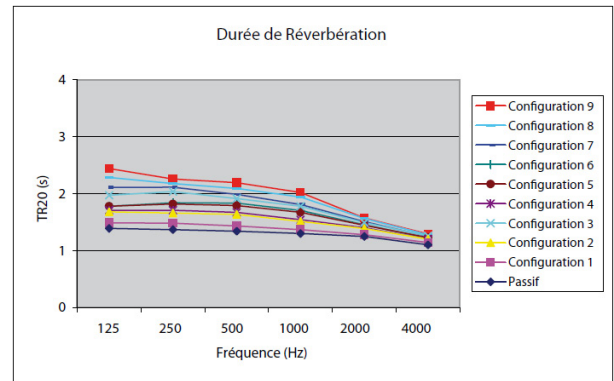


Figure 7 : Durée de réverbération (TR20) [-5, -25dB] moyenne en secondes pour les 10 configurations.

La durée de réverbération initiale (EDT) selon la fréquence, représentée en Figure 8, est très proche du TR20 pour toutes les configurations. En moyenne l'EDT est 0,2s plus faible que le TR, la différence maximale étant de 0,4s à 1000Hz pour les configurations n°8 et 9. Cette similarité entre EDT et TR20 indique que la décroissance du son dans la salle est homogène dans le temps (voir Figure 11) sans effet de « double pente », et cela avec le système en fonctionnement.

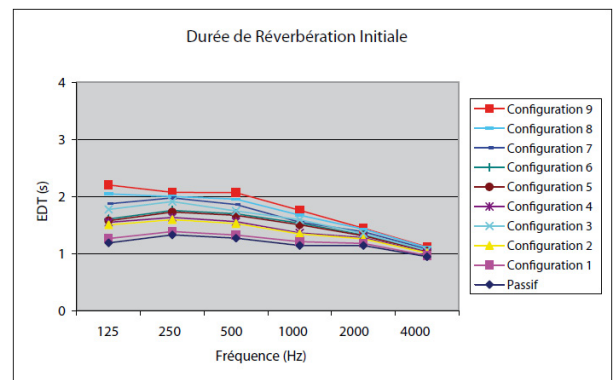


Figure 8 : Durée de réverbération initiale (EDT) [0, -10dB] moyenne en secondes pour les 10 configurations.

En configuration 9 « Oratorio », le TR20 augmente de 70% à 500Hz et la clarté C80 diminue d'environ 3dB en moyenne sur toutes les fréquences (voir Figure 9) et atteint 0dB à 500Hz. Cette valeur est normale pour ce type de spectacle [4]. On constate que pour la configuration n°3 « Opéra » nécessitant une meilleure intelligibilité des voix, la clarté est plus élevée (l'intelligibilité, D50 par exemple, et la clarté suivent par définition généralement la même tendance).

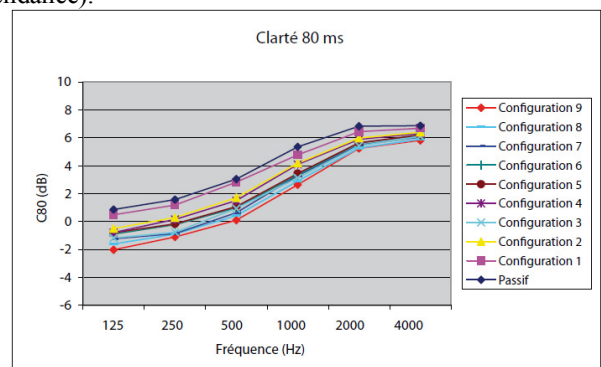


Figure 9 : Clarté 80 ms (C80) moyenne en dB pour les 10 configurations.

Un système actif de contrôle de la réverbération ne doit pas trop augmenter le niveau sonore par rapport à la réponse acoustique naturelle de la salle sous peine de distordre l'image acoustique, et également pour des raisons de transparence du système. En effet, on cherche à avoir un le système le plus discret possible. Sur la Figure 10, on peut voir que le système augmente le niveau sonore de 1,5 dB au maximum, ce qui n'est détectable que pour des spectateurs très avertis.

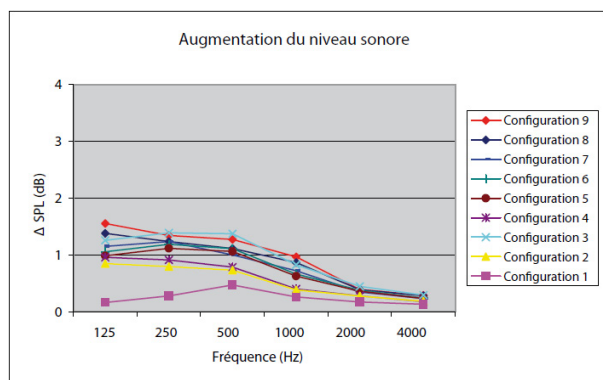


Figure 10 : Augmentation du niveau sonore (Δ SPL) moyen en dB pour les 10 configurations.

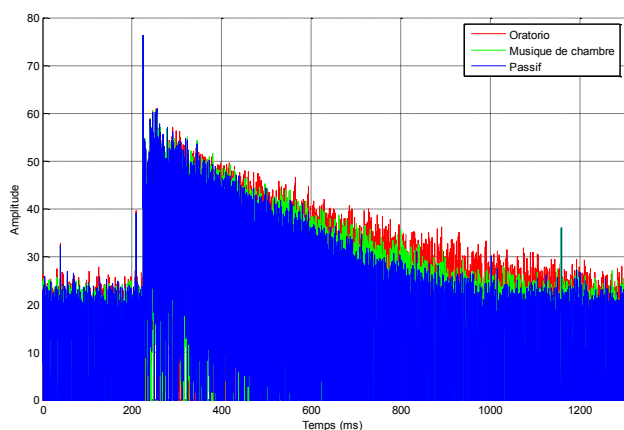


Figure 11 : Echogramme au point de mesure n°5 de la réponse impulsionnelle salle passive (bleu), configuration 2 (vert) et configuration 9 (rouge)

5 Conclusion

Le Palace des Arts de Miskolc est utilisé comme salle de spectacle polyvalente. L'installation d'un système électroacoustique de contrôle actif de la réverbération a permis d'adapter son acoustique pour 6 types de spectacles différents, du théâtre à la musique symphonique avec chœurs, passant d'un TR de 1,3s à 2,2s.

Références

- [1] D. Guicking, K. Karcher, M. Rollwage: "Coherent active methods for applications in room acoustics", *J. Acoust. Soc. Am.* 78, 1426-1434 (1985)
- [2] O. Vuichard, X. Meynial: "On Microphone Positioning in Electroacoustic Reverberation Enhancement Systems", *Acta Acustica* 86, 853-859 (2000)

- [3] I. Schmich, J.P. Vian: "Carmen: a physical approach for Room Acoustic Enhancement System", *CFA/DAGA Strasbourg*, (2004)
- [4] J.P. Vian, "Introduction à l'acoustique des auditoriums", Techniques de l'Ingénieur, BR1 100, (2007)
- [5] Site web: <http://dae.cstb.fr/> rubrique Carmen, 2009