

# THÉÂTRES MODERNES OU ANCIENS, SALLES SYMPHONIQUES, SONORISATION DE GRANDS LOCAUX - UTILISATION DE L'INDICE RASTI ET DU TEMPS DE RÉVÉBERATION INITIAL POUR L'ANALYSE DES PROBLÈMES D'ACOUSTIQUE ARCHITECTURALE

Jean-Gabriel Mignerou (\*) et Christian Martel (\*\*)

(\*) Laboratoire d'acoustique, CRAD, Université Laval, 1636 Pavillon Félix-Antoine Savard, Québec, Qué., G1K 7P4.

(\*\*) Acoustec, inc., 925 rue Newton, suite 103, Québec, Qué., G1P 4M2.

## SUMMARY

*Correlation between the Rasti index and the impulse response, namely the EDT-5, EDT-10 and EDT-15 dB, has been analysed, both in laboratory and during experiments conducted in multi-purpose halls and in large amphitheatres equipped with sound reinforcement systems. The close relationship between the Rasti index and the EDT measurements will be demonstrated. We will also show the necessity to measure the EDT's at the same localization and with the same directivity as the normal sources of the hall; for example, with the use of a powerful omnidirectional source in order to study the acoustical behavior of orchestra shell (Louis Fréchette Hall of the Grand théâtre de Québec or Albert Rousseau Hall) or with the measurement of impulse response through the sound system of a large amphitheatre (Montreal Olympic Stadium). In addition to provide a better understanding of the parameters governing the intelligibility, the proposed approach could be very helpful to the acoustical design of new and to be renovated halls (New Richmond Theatre, The National Theater Institute of Montreal).*

## 1. INTRODUCTION

Le STI ou la procédure condensée du RASTI constituent une même méthode objective de mesure de la qualité de transmission de la parole qui quantifie particulièrement bien l'intelligibilité; il s'agit de la méthode mise au point par HOUTGAST et STEENEKEN en 1980 [1,2]. Les deux paramètres susceptibles d'influencer le STI ("*Speech Transmission Index*") ou l'indice simplifié RASTI ("*Rapid Speech Transmission Index*") sont le niveau du bruit de fond et le temps de réverbération; dans un local réverbérant, ces deux paramètres affectent la dynamique du signal perçu, tout particulièrement au tout début de chacune des décroissances de l'énergie acoustique. Pour l'obtention de l'indice RASTI, le signal de test utilisé consiste en deux octaves de bruit rose, centrés sur les bandes de 500 Hz et 2 KHz; les niveaux, dans ces bandes d'octave, étant choisis pour être représentatifs du niveau moyen de la voix (sonorisée ou non). Les modulations de basses fréquences présentes dans la voix humaine sont simulées par neuf fréquences discrètes de modulation. Les mesures RASTI consistent en une analyse du signal résultant à la position d'écoute, de façon à calculer le facteur de réduction du niveau de modulation pour chacune de ces neuf fréquences de modulation. Si le rapport signal sur bruit devient prédominant la fonction de transfert de modulation MTF donne une réponse plate, c'est-à-dire que toutes les fréquences de modulation sont affectées de la même manière; par contre, si c'est le temps de réverbération qui domine, la fonction de transfert de modulation présente une pente négative, parce que la réverbération affecte les fréquences de modulations les plus hautes.

Il a été démontré, également, une cohérence évidente avec d'autres méthodes consacrées aux salles de concert comme le "*Clarity Index*" (C80, de REICHARDT, 1981), indice qui peut être complété par la modélisation de

l'intelligibilité de BRADLEY[3,4]. Néanmoins, le paramètre de la réverbération initiale EDT apparaît plus facile à obtenir et à modéliser dans le contexte d'une réverbération variable, à la fois temporellement au long de la décroissance et spatialement, comme celui qu'on retrouve généralement dans un grand local très réverbérant, puisque ce paramètre ne s'attache pas à l'énergie tardive.

## 2. RELATION ENTRE L'INDICE RASTI ET LE TEMPS DE RÉVÉBERATION INITIAL

L'utilisation de l'indice RASTI et de la réponse impulsionnelle, notamment la détermination exacte et précise des indices EDT -5, EDT -10 et EDT -15 dB a été valorisée ces dernières années, tant en laboratoire qu'au cours de différentes expertises dans plusieurs salles de spectacle, dédiées ou non à la musique, ou dans de grands locaux sonorisés (à l'aide des nouveaux analyseurs rapides et d'un échantillonnage au 1/3 d'octave au 1/128 sec.).

Afin d'éclairer cette relation de dépendance entre l'intelligibilité et le EDT, il avait été fait état au congrès d'Halifax [5] d'une expérience menée dans un local vide de plus de 50 m de long, avec une répartition homogène de l'absorption et de la diffusion; cette expérience ayant consisté à mesurer simultanément l'indice RASTI et le temps de réverbération initial EDT, à -5, -10 et -15 dB, pour les bandes d'octave de 500 et 2000 Hz, la source impulsive utilisée ayant une directivité peu prononcée.

Après avoir calculé les valeurs des temps de réverbération initiaux EDT susceptibles de redonner l'indice RASTI obtenu (à partir des fonctions de transfert de modulation réellement mesurées), il avait été vérifié que la régression la plus proche dans les deux bandes de fréquence était bien EDT -5 dB. Suite à ces résultats, il apparaissait donc nécessaire de mesurer la toute première décroissance de l'énergie, pour pouvoir modéliser convenablement l'indice RASTI.

## 3. DIFFÉRENTS EXEMPLES DE SALLES DE SPECTACLE OU DE CONCERT

Comme le montre, à titre d'exemple, le tableau n°1, relevé dans la salle de l'École Nationale de Théâtre à Montréal, avant sa rénovation, cette étroite relation, entre l'indice d'intelligibilité RASTI obtenu à partir des pertes de modulation et les valeurs réellement mesurées du EDT, a été documentée et mise en évidence, dans différentes expertises d'analyse acoustique de salles de spectacle ou de concert.

De même, la nécessité d'acquérir les temps de réverbération initiaux à partir des mêmes localisations que les sources ordinaires des salles de spectacle analysées et avec la même directivité que ces sources sera démontrée; d'où l'emploi d'une source omnidirectionnelle de forte puissance pour l'étude du comportement des conques d'orchestre (salle Louis Fréchette du Grand-Théâtre de Québec et salle Albert Rousseau) ou bien la mesure de la réponse impulsionnelle

TABLEAU N°1: Mesure des temps de réverbération initiaux EDT -5, -10 et -15 dB et de l'indice RASTI en %

Localisation	Rasti tot.	EDT 500 Hz			Rasti 500	EDT 1000 Hz			EDT 2000 Hz			Rasti 1000	
		%	- 5 dB	- 10 dB		- 15 dB	%	- 5 dB	- 10 dB	- 15 dB	%		- 5 dB
parterre													
3 <sup>ème</sup> rangée	63	0.28	1.17	1.50	61	0.38	1.50	1.63	0.24	0.94	1.28	65	
Centre parterre	53	0.44	1.91	1.99	46	0.75	1.67	2.17	0.56	1.08	1.38	58	
Fond du parterre	54	1.12	1.41	1.88	42	0.94	1.59	1.66	0.47	0.80	1.25	65	
Balcon	48	1.31	1.56	1.66	44	0.23	0.33	1.33	0.56	1.41	1.62	52	

au travers du système de sonorisation d'un grand local (Stade Olympique de Montréal). En plus de mieux comprendre les paramètres responsables de l'intelligibilité, les approches proposées peuvent aider grandement dans le design des nouvelles salles ou la rénovation des salles de spectacle plus anciennes; des exemples seront présentés et discutés comme ceux des figures n°1 et 2 (théâtre neuf de New-Richmond, théâtre National de Montréal, en rénovation).

#### 4. SIMULATION DE L'INTELLIGIBILITÉ A PARTIR DE EDT MESURÉS

L'influence de la directivité de la source sur les temps de réverbération initiaux a été clairement mise en évidence: une grande directivité entraîne nécessairement une part de champ diffus plus importante, pour les points qui ne sont pas dans le champ direct de la source et, réciproquement, le niveau relatif du son direct est plus élevé pour les points directement exposés.

La recherche a démontré que pour mettre au point une procédure de modélisation convenable de l'intelligibilité pour les nouveaux systèmes de sonorisation dans des locaux fortement réverbérants, il faut idéalement disposer du temps de réverbération initial EDT, suivant la localisation du point source et avec une directivité, similaires à celles des futurs haut-parleurs. Cependant, la modélisation de l'intelligibilité devrait rester significative avec une connaissance plus fragmentaire du champ réverbéré (puisque le véritable EDT local ne peut être directement mesuré sans les futurs haut-parleurs). On peut envisager ainsi de calculer l'intelligibilité à partir d'une connaissance spatialement limitée du EDT -5 dB, soit en interpolant les valeurs les plus proches de la source et en tenant compte de sa directivité.

Par exemple, lors de tests préliminaires sur le rendement des nouveaux haut-parleurs du Stade Olympique de Montréal [6], en plus des mesures de pression et de RASTI, il avait été procédé à une analyse de la réponse impulsionnelle à travers le système de sonorisation, soit avec la localisation et la directivité quasi-définies des nouveaux haut-parleurs; l'introduction dans le modèle informatique des valeurs mesurées de EDT -5dB a permis de simuler, avec une grande précision cette fois, les valeurs de l'indice RASTI escomptées. Ce résultat est fort encourageant, puisqu'il laisse apparaître à la fois la complexité du problème et une solution possible à la modélisation exacte de l'intelligibilité.

#### 5. CONCLUSION

Dans une salle existante, que ce soit pour l'intelligibilité de la voix proprement dite ou pour la qualité de l'écoute en général, fût-elle musicale, l'emploi complémentaire des indices RASTI et EDT -5, -10 et -15 dB permet d'éclairer, de façon utile et, surtout, très analytique, le comportement acoustique, qu'il s'agisse d'une salle de spectacle ou de n'importe quel grand local sonorisé. Ces indices peuvent être mesurés seuls ou bien coordonnés, avec la réponse impulsionnelle conventionnelle et la détermination d'un

indice tel que C 80 msec. (dans une salle symphonique notamment).

Pour cerner complètement les résultats obtenus, il faut s'assurer que tous ces paramètres sont bien mesurés à partir d'un point source représentatif d'un usage bien déterminé de la salle et avec une directivité similaire à celle des sources réellement en présence, lors d'un spectacle ou d'un concert.

Au plan prédictif, la détermination du EDT (à l'aide d'un tir de rayon par exemple) pourra permettre de déduire avec une précision suffisante l'intelligibilité escomptée. Enfin, en matière de sonorisation, pour les grands locaux très réverbérants, la simulation exacte du STI ou de l'indice RASTI exigera non seulement une connaissance précise de la réverbération locale au point d'écoute, mais également de l'influence de la directivité des haut-parleurs sur la réponse impulsionnelle résultante.

#### 6. RÉFÉRENCES

- [1] HOUTGAST, T., STEENEKEN, H.J.M. et PLOMP, R.: "Predicting speech intelligibility in rooms from the modulation transfer function in room - 1. General room acoustics", pp. 60-72, in *Acustica*, vol.46, 1980.
- [2] HOUTGAST, T. et STEENEKEN, H.J.M.: "A review of the MTF concept in room acoustics and its use for estimating speech intelligibility in auditoria", pp.1069-1077, in *Journ. of Acoust. Soc. Am.*, vol. 77, 1985.
- [3] BRADLEY, J.S.: "Predictors of speech intelligibility in rooms", pp. 837-845, in *Journ. of Acoust. Soc. Am.*, vol.80, n° 3, 1986.
- [4] BRADLEY, J.S. et HALLIWELL, R.E.: "Making auditorium acoustics more quantitative", pp. 16-23, in *Sound & Vibr.* vol.23, n° 2, 1989.
- [5] MIGNERON, J.-G. et LECLERC, D.: "Modélisation de l'intelligibilité pour le nouveau système de sonorisation du Stade Olympique de Montréal", pp. 39-45, in *Proceedings, Semaine canadienne d'acoustique, Halifax, octobre 1989.*
- [6] MIGNERON, J.-G.: "Modélisation de l'intelligibilité dans les locaux réverbérants", pp. 49-55, in *Proceedings, Semaine canadienne d'acoustique, Montréal, octobre 1990.*
- [7] MIGNERON, J.-G. et LECLERC, D.: "Modélisation de l'intelligibilité et sonorisation du Stade Olympique de Montréal", pp.1093-1096, in *Colloque de physique*, tome 51, février 1990.
- [8] MIGNERON, J.-G.: "Analyse acoustique du Stade Olympique de Montréal", 16 p. in *Proceedings, Semaine canadienne d'acoustique, Toronto, octobre 1988.*