

## Chaires et abat-voix : Mythe ou réalité acoustique ?

V. Desarnaulds<sup>a</sup>, P. Chauvin<sup>a</sup> and A. P. Carvalho<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL, CH-1015 Lausanne (desarnaulds@monay.ch)*

<sup>b</sup> *Acoustics Lab., Faculty of Engineering, University of Porto, P-4200-465 Porto, Portugal (carvalho@fe.up.pt)*

**Résumé :** Dès le Moyen-âge, l'utilisation de chaires munies d'abat-voix s'est généralisé dans les églises. Cette étude se propose d'étudier l'efficacité acoustique de tels dispositifs, aujourd'hui souvent délaissés. Une approche théorique simple permet de montrer l'effet bénéfique d'une chaire pour les auditeurs placés à moyenne et grande distance de l'orateur. L'abat-voix, quant à lui, supprime localement la réflexion tardive issue d'un plafond haut et permet ainsi d'améliorer les conditions d'écoute autour de l'orateur. Ces résultats ont été confirmés et précisés pour l'intelligibilité de la parole, grâce à des simulations avec un logiciel de tracé de rayons (Catt Acoustic). L'efficacité d'un abat-voix, qui dépend peu de la forme du plafond (plan ou voûté), diminue et devient même défavorable lorsque la hauteur du plafond baisse ( $h < 10$  m) et que la distance à l'orateur augmente (disposition longitudinale). Contrairement aux prévisions théoriques, l'inclinaison de l'abat-voix est généralement plutôt défavorable. Ces conclusions ont été finalement confirmées par les résultats de mesurages avec et sans abat-voix dans quatre églises lausannoises. Les variations absolues de l'intelligibilité sont en général assez faibles (variation moyenne du STI de +0.01 à -0.03), mais peuvent augmenter en présence de l'assemblée. L'évolution historique de l'emplacement des fidèles par rapport à la chaire (regroupés debout, puis assis autour, puis en long devant l'orateur) leur a donc fait progressivement perdre leur efficacité acoustique.

### INTRODUCTION

A partir du XII<sup>e</sup> siècle, l'utilisation de chaires, d'abord situées sur la place publique ou à l'extérieur des églises, se propage sous l'influence des ordres mendiants et prêcheurs [1]. A partir du XIV<sup>e</sup>, elles sont disposées à mi-longueur de la nef afin de permettre aux fidèles de se rassembler debout autour pour y écouter le prône [2]. Une étude récente [3] a montré, qu'en Suisse, 76% des églises ont encore des chaires, et la moitié de celles-ci sont munies d'un abat-voix. L'utilisation des chaires, qui demeure traditionnelle pour la prédication dans les églises réformées, tombe cependant en désuétude (32 % des chaires situées dans les églises réformées ne sont jamais utilisées). Cette étude a pour objectif d'étudier objectivement l'efficacité acoustique, pour l'intelligibilité de la parole, des chaires et abat-voix. Nous avons ainsi étudié les résultats d'un modèle théorique simple basé sur le retard de la réflexion issue du plafond, puis effectué des simulations informatiques (logiciel de tracé de rayons) et enfin des mesurages dans 4 églises.

### MODELE THEORIQUE

La première approche consiste à étudier l'influence du retard, appelé le  $\Delta(t)$ , séparant l'arrivée de l'onde directe et celle issue de la réflexion par plafond. Si cette réflexion est suffisamment forte et que son retard

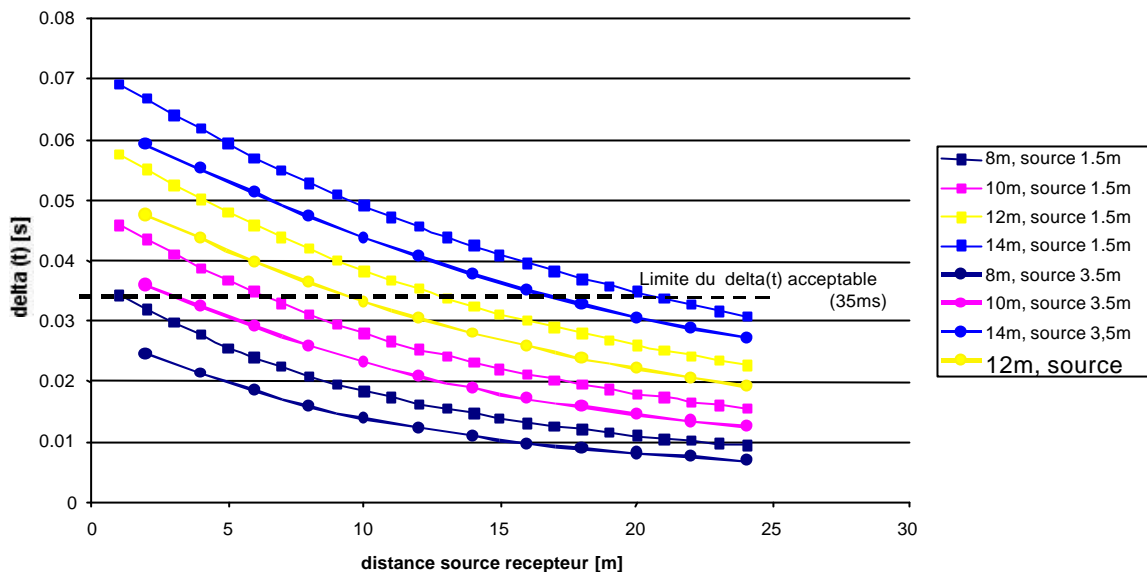
est supérieur à 35 ms, elle entraîne une perturbation de l'intelligibilité.

La mise en place d'une chaire permet non seulement de mieux répartir le son direct sur le public (l'augmentation de la hauteur de l'orateur permet une meilleure vision directe sur celui-ci et de diminuer l'absorption par les premiers rangs de fidèles), mais également de « rapprocher l'orateur du plafond », et donc de diminuer le retard de la réflexion du plafond.

On constate (cf. figure 1) qu'une église dont le plafond est inférieur à 10 m aura un retard de réflexion inférieur à 35 ms quelle que soit la position de l'auditeur dans la salle. Par contre, au-delà de 10m, le retard de réflexion devient plus important à faible distance de l'orateur. La présence d'une chaire, c'est-à-dire lorsque la source est à 3.5m (au lieu de 1.5m), a pour effet de diminuer (d'environ 7ms) le retard de réflexion dans toute la salle.

La mise en place d'un abat-voix plan permet, de supprimer la réflexion par le plafond (néfaste pour les auditeurs proches, mais utile pour les auditeurs éloignés) et donc d'améliorer l'intelligibilité pour les personnes proches, mais peut la détériorer au fond de la salle. L'effet très localisé de l'abat-voix doit être mis en parallèle avec son utilisation historique, avec les fidèles regroupés autour de la chaire. Les divers calculs de réflexions montrent [4] qu'on augmente davantage la distance d'efficacité d'un abat-voix en inclinant légèrement celui-ci (10 à 15°) qu'en augmentant sa taille ou en utilisant une chaire.

Figure 1 : Retard de réflexion en fonction de la hauteur de plafond et de la hauteur de la



### SIMULATIONS

L'utilisation d'un logiciel de simulation par tracé de rayon (CATT ACOUSTIC) permet d'affiner cette première analyse en prenant en compte non seulement un nombre plus important de réflexions, mais également les caractéristiques des surfaces (forme, absorption, diffusion). Cette nouvelle analyse ne considère plus uniquement l'effet d'une chaire et d'un abat-voix sur les retards des réflexions mais également l'effet sur les indices d'intelligibilité de la parole.

Les simulations ont été effectuées dans quatre configurations : sans chaire ni abat-voix ( $h_s=1.5m$ ), (référence), avec une chaire ( $h_s=3m$ ) sans abat-voix, avec une chaire et un abat-voix plan ( $1.5m \times 1.5m$ ), puis incliné de  $20^\circ$  (cf. figure 2). La première église simulée est parallélépipédique avec un plafond haut ( $L=24m$ ,  $l=10m$ ,  $h=14m$ ) et un temps de réverbération de 3.5 s.

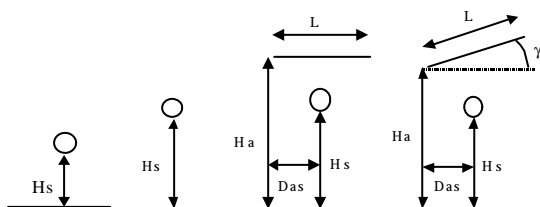
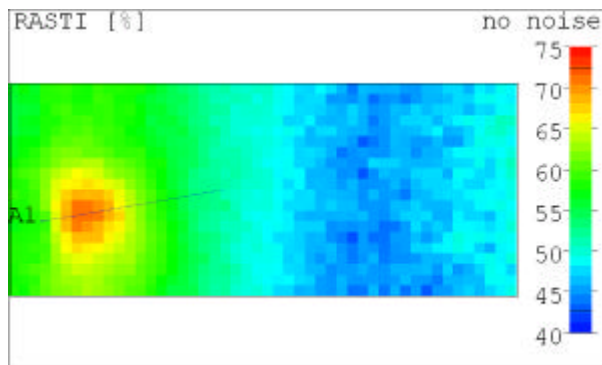


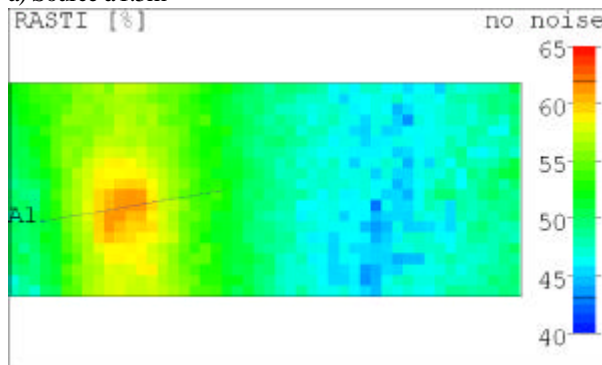
Figure 2 : Configurations des simulations

Les résultats confirment nos prévisions théoriques sur l'effet d'une chaire (cf. figure 3a et 3b) qui améliore nettement l'intelligibilité dans la zone éloignée de l'orateur mais qui la diminue dans la zone proche de celui-ci (à cause de l'augmentation de la distance orateur-auditeur). Les simulations confirment également l'amélioration, assez localisée autour de l'orateur (cf. figure 3c) induite par la mise en place d'un petit abat-voix. Dans cette zone, l'effet favorable de l'abat-voix domine celui, défavorable, de la chaire. Cependant, l'inclinaison de l'abat-voix ne permet pas d'amélioration sensible au fond de l'église (contrairement à nos résultats théoriques) et en plus son efficacité proche de l'orateur est très faible. La configuration avec une chaire et abat-voix plan apparaît donc être la meilleure du point de vue de l'intelligibilité.

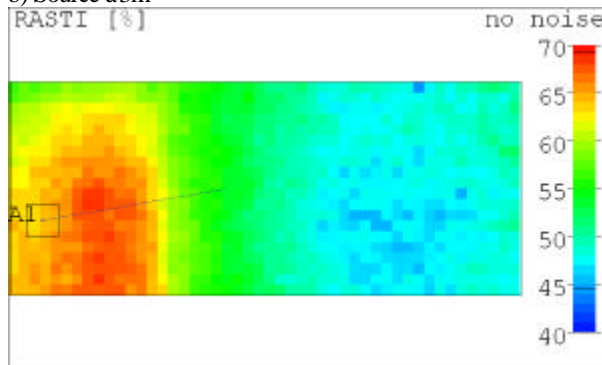
Des simulations complémentaires ont mis en évidence que plus le plafond est bas, moins l'abat-voix est efficace. Ainsi pour un plafond à 6m, la présence d'un abat-voix est généralement inutile, voire néfaste. L'effet d'un abat-voix plan est optimisé si celui-ci se trouve au milieu de la grande longueur (orientation centrée, au centre de la nef, cf. figure 4), ce qui est la position historique des chaires. Enfin, les conclusions des simulations sont identiques pour des plafonds voûtés (cf. figure 4).



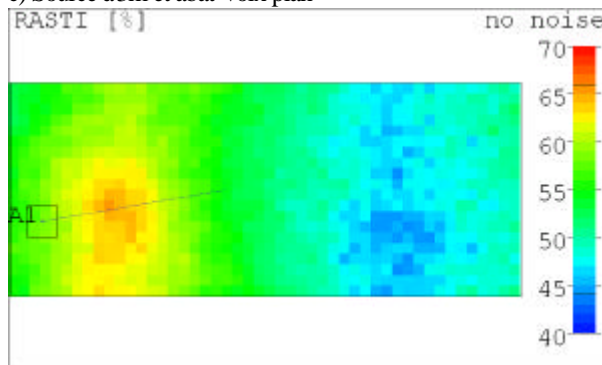
a) Source à 1.5m



b) Source à 3m



c) Source à 3m et abat-voix plan



d) Source à 3m, abat-voix incliné

Figure 3 : Résultats des simulations dans les diverses configurations

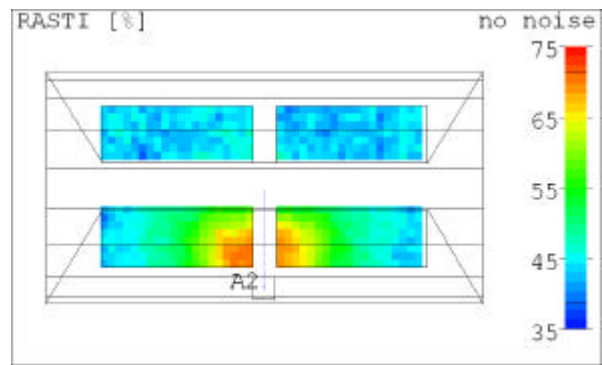


Figure 4 : Résultats des simulations pour une salle voûtée avec une disposition centrale

## MESURAGES

Les résultats issus de l'analyse théorique et des simulations ont finalement été confrontés à des mesures dans 4 églises lausannoises [5]. Les indices d'évaluation objective de l'intelligibilité (STI, RASTI, D50) ont été calculés à partir de la réponse impulsionnelle, établie sur la base de deux dispositifs de mesures (Symphonie avec dBBAi32 de 01dB et MLSSA) Les mesures ont été effectuées dans 4 églises lausannoises dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 1 et leur chaire et abat-voix dans le tableau 2.

Eglises	volume (m <sup>3</sup> )	hauteur (m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Tr (s)
Cathédrale KT	35000	20	2400	6.5
Allemande EA	2900	11.5	250	3.0
Terreaux T	3600	9.5	380	2.4
St Laurent SL	3150	10.5	300	2.5

Tableau 1 : Caractéristiques des églises

Eglise	position	hauteur chaire (m)	largeur AB (m)	longueur AB (m)
KT	latéral nef	1.83	2.0	1.45
EA	lat. chœur	1.42	1.75	1.75
T	centre chœur	2.09	1.5	1.9
SL	centre chœur	2.15	1.0	1.0

Tableau 2 : Dimension des chaires et abat-voix (AB)

Les mesures sont effectuées dans les églises vides, d'abord sur la chaire, en plaçant un haut-parleur peu directif sous l'abat-voix, à hauteur d'homme (mesure avec l'abat-voix), puis à la même hauteur mais à côté de la chaire (mesures sans abat-voix, cf. figure 5).

Dans la cathédrale et l'église Allemande, qui possèdent un plafond élevé, les résultats (cf. tableau 3) mettent en évidence un effet bénéfique de l'abat-voix, en particulier à moyenne distance et une légère détérioration à longue distance. A courte distance de la source, contrairement aux prévisions, l'intelligibilité

est peu influencée (cathédrale) ou légèrement défavorisée (église Allemande) par la présence de l'abat-voix. Ce dernier cas peut s'expliquer par le déplacement de la source pour la mesure sans abat-voix (augmentation de la distance source/récepteur).



Figure 5 : Exemple de position du haut-parleur pour les mesurages (église St. Laurent)

Pos.	C		A		T		SL	
	STI	D <sub>50</sub>	STI	D <sub>50</sub>	STI	D <sub>50</sub>	STI	D <sub>50</sub>
1	-1	3	-1	0	-7	-11	-3	-5
2	7	11	2	1	-2	4	-7	-16
3	0	-2	-2	-10	-4	-8	-3	-16
4	-3	-5	-1	-4	1	2	0	1
<i>moy.</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>-1</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-9</b>
écart	4	7	2	5	3	7	3	8

Tableau 3 : Différence d'intelligibilité (STI et D50 en %) entre les situations avec et sans abat-voix

Par contre, dans les églises à plafond plus bas et chaires hautes (Terreaux et St. Laurent), la présence de l'abat-voix détériore l'intelligibilité pour presque toutes les places. Dans ces cas, la réflexion issue du plafond est utile pour l'intelligibilité (retard inférieur à 35 ms, cf. figure 1) dans les situations avec et sans abat-voix. Plus l'auditeur est éloigné, moins l'effet de l'abat-voix est important. Les positions situées à moyenne distance ou en dehors de l'axe de la chaire, sont celles qui subissent la plus importante perte d'intelligibilité car elles ne bénéficient plus de la réflexion du plafond sans profiter de celle du réflecteur. De telles églises ne profitent par conséquent pas de la présence d'un abat-voix.

Les variations absolues de l'intelligibilité sont donc en général assez modestes (variation moyenne de +0.01 à -0.03 selon les églises et écart type entre positions de mesurages de 0.02 à 0.04) mais peuvent augmenter en présence de l'assemblée. Les résultats sont

notablement plus faibles que ceux obtenu par Epstein [6] dans le cas d'abat-voix hollandais de tailles importantes, et qui sont souvent optimisés du point de vue acoustique (cf. figure 6).

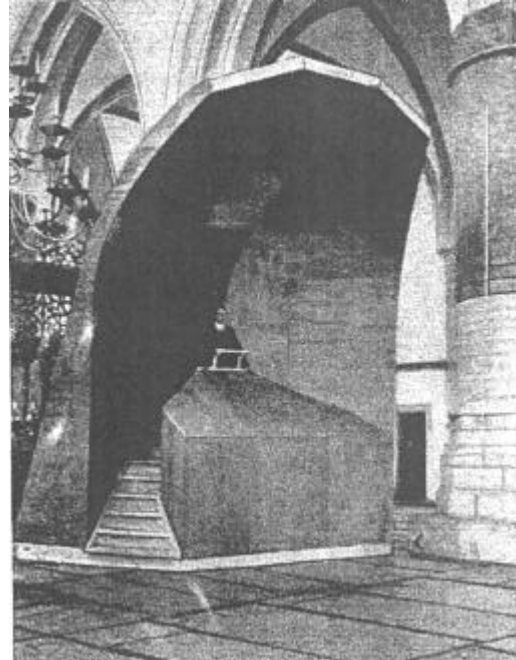


Figure 5 : Exemple d'abat-voix hollandais, optimisé du point de vue acoustique (cathédrale de Haarlem)

## REFERENCES

- [1] **Reymond, B.** (1999). *Les chaires réformées et leurs couronnements*. Etudes Théologiques & Religieuses Vol 74(1999/1), pp. 35-49.
- [2] **Poscharsky, P.** (1963). *Die Kanzel, Erscheinungsform im Protestantismus bis zum Ende des Barocks*. Gütersloher, Stuttgart.
- [3] **Buluschek, P. and Desarnaulds, V.** (1999). *Appréciation subjective de l'acoustique des églises en Suisse.*, EPFL, Lausanne.
- [4] **Chauvin, P. and Desarnaulds, V.** (2001). *Chaires et abat-voix : Mythe liturgique ou réalité acoustique ?*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- [5] **Desarnaulds, V., Chauvin, P., et al.** (2001). *Acoustic effectiveness of pulpit reflector in churches*. 17 ICA 2001, Rome.
- [6] **Epstein, D.** (1991). *Evaluation of the effectiveness of pulpit reflectors in three dutch churches using Rasti measurements*. Inter-noise 1991, Sydney, pp. 823-26.