

GIULY Jordan
JAN Arthur
TALON Dorian

Projet d'Acoustique

Salle B003

3A VA BAT
2017-2018

1/ Mesures

Notre étude acoustique portait sur la salle B003 de l'ENTPE. Cette salle est une salle de travaux pratiques et sa fréquence d'utilisation est assez faible. Un tableau est disponible pour un professeur, ce dernier pouvant être amené à donner des explications. Les élèves s'assoient quasiment uniquement devant les postes informatiques.

Pour procéder au diagnostic de la salle, nous avons réalisé des mesures de temps de réverbération et d'isolement pour les parois donnant sur l'extérieur et sur la salle des serveurs.

Trois positions d'émissions (A, B et C) ont été retenues pour effectuer les mesures de temps de réverbération et quatre positions de réception (1,3,4 et 5).

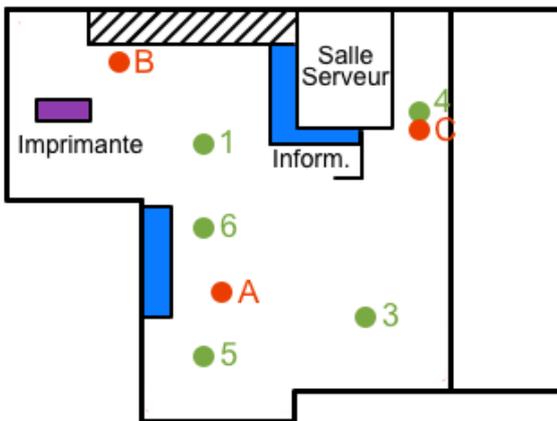


Figure 1 Plan de la salle et positions des sources et des récepteurs.

En pratique, nous avons utilisé un haut parleur omni directionnel produisant un bruit rose. Les relevés ont été effectués grâce à un sonomètre par bande d'octave. Le niveau de bruit associé à l'imprimante 3D, agissant en source parasite, a pu être caractérisé par bande d'octave. Ensuite, des mesures pour caractériser l'isolement entre la salle des serveurs et la salle d'étude ont été réalisées. Enfin une mesure d'isolement aux bruits aériens extérieurs a été effectuée.

Résultats des mesures

Pour chaque source et pour chaque récepteur possible, les valeurs de temps de réverbération sont les suivantes :

Point 1				Point 3		
f	A	B	C	A	B	C
125	/	/	/	/	/	/
250	/	1,01	/	1,05	/	0,94
500	1,08	0,7	/	0,67	0,71	0,72
1000	0,77	0,64	/	0,53	0,63	0,59
2000	0,55	0,51	0,63	0,44	0,53	0,56
4000	0,52	0,55	0,54	0,55	0,55	0,55

Point 4				Point 5		
f	A	B	C	A	B	C
125	/	/	/	/	/	/
250	/	/	/	/	/	/
500	0,83	1,95	/	/	0,84	0,78
1000	0,80	1,16	/	/	0,54	0,74
2000	0,60	0,55	/	/	0,58	0,58
4000	0,55	0,53	/	/	0,54	0,53

Temps de Réverbération en secondes

Ainsi le temps moyen de réverbération de la salle calculé avec :

$$T_{r,moyen} = \frac{TR_{500} + TR_{1000} + TR_{2000}}{3}$$

On calcule alors : $T_R = 0,74s$

Isolement aux bruits extérieurs

Le laboratoire est situé devant une route peu empruntée (chemin de parking), des bruits extérieurs peuvent néanmoins gêner le travail dans la salle. Des mesures d'isolement ont donc été réalisées. Les résultats par bande d'octave sont détaillés sur le graphe suivant.

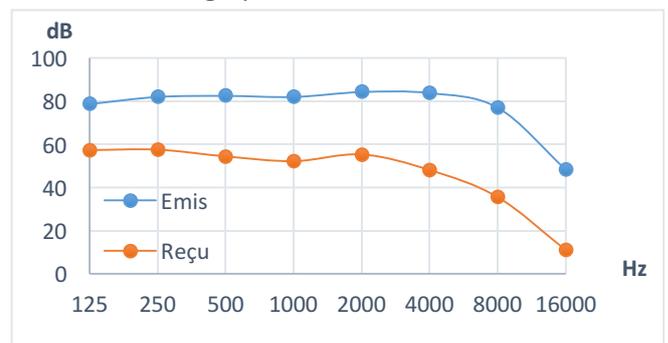


Figure 2 Niveaux émis et reçus par bande d'octave

2/ Diagnostic

Les résultats explicités précédemment apportent des informations sur les caractéristiques acoustiques de la salle. Il convient ensuite de considérer ces résultats au travers du prisme de la réglementation.

Exigences sur la correction

On s'intéresse tout d'abord au temps de réverbération obtenu par mesures pour la salle ($T_R = 0,74s$). Le local considéré est destiné à l'enseignement et son volume excède les $250 m^3$: le temps de réverbération moyen mesuré doit donc vérifier $0,6 s \leq T_R \leq 1,2 s$. Le T_R moyen mesuré pour cette salle vérifie cette inégalité et les exigences sur la correction acoustique sont donc respectées.

Exigences sur l'isolation

Dans un deuxième temps, l'isolation acoustique avec l'environnement extérieur doit également vérifier certaines exigences réglementaires.

Pour les locaux d'enseignement, l'isolation vis-à-vis des bruits aériens extérieurs tels qu'ils se présentent dans ce cas de figure n'est pas proprement définie. En prenant en compte l'arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement, et en considérant un local d'émission dit de « circulation horizontale » (local qui semble se rapprocher le plus de notre cas de figure), l'isolement standardisé D_{ntA} doit être supérieur à 30 dB.

Afin de se rapporter à un résultat exploitable du point de vue réglementaire, on calcule l'isolement standardisé aux bruits aériens extérieurs. Pour ce faire on considère des niveaux de bruit moyens. On a alors :

L_e : le niveau émis par la source (77.3 dB)

L_r : le niveau reçu dans la salle (46.4 dB)

T_R : le temps de réverbération de la salle (0.74 s)

Puis la formule de l'isolement standardisé :

$$D_{nt} = L_e - L_r + 10 \log \left(\frac{T_r}{0.5} \right)$$

On obtient : $D_{ntA} = 32.7 \text{ dB}$

Ainsi, l'isolement obtenu semble être conforme à ce que la réglementation pourrait attendre de ce cas d'étude.

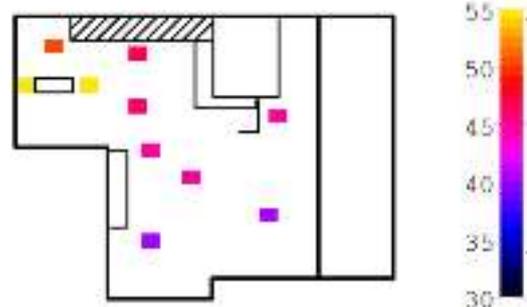
Le même calcul permet de déterminer l'isolement aux bruits aériens intérieurs entre la salle des serveurs et la salle d'étude.

$$D_{ntA} = 32.3 \text{ dB}$$

Cette fois-ci le local d'émission étant un local lié à l'administration et le local de réception, un local d'enseignement, l'isolement réglementaire est de 43 dB minimum. D'un point de vue purement réglementaire, l'isolation n'est pas bonne. Cependant la mesure de bruit moyen dans la salle des serveurs est de 66 dB, l'impact des serveurs sur la salle correspond donc à un bruit de $66 - 32,3 = 33,7$ dB. Il n'est donc pas nécessaire dans ce cas (faible niveau d'émission) de modifier l'isolation de cette salle.

Carte de Bruit

Des mesures de niveaux de bruit de fond ont été effectuées dans la salle (avec imprimante 3D allumée) et conduisent à la carte de bruit suivante :

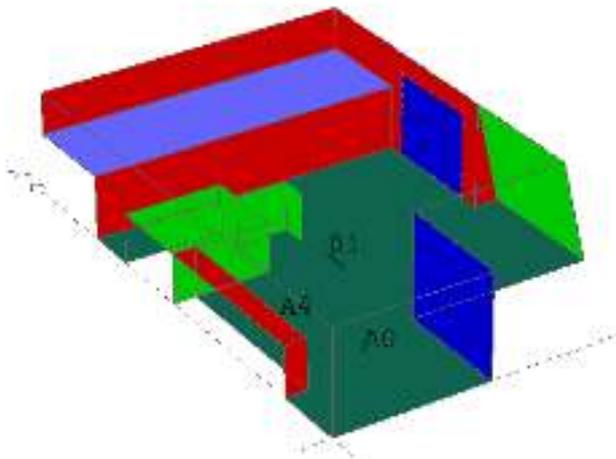


Au vu du niveau de bruit observé à proximité de l'imprimante et de la position du professeur dans la salle (quelques mètres seulement à côté de cette source parasite), son impact semble non négligeable sur le bruit de fond dans la salle.

3/ Modèle et Validation

Après avoir effectué des mesures in situ, la salle du laboratoire a été modélisée sur le logiciel CATT acoustic.

Le volume entier a été représenté, ainsi que les différentes parois internes. Six matériaux différents ont pu être recensés dans la salle. Ces derniers sont caractérisés par leurs coefficients d'absorption.



La porte du garage a par exemple été modélisée en PVC, de même pour les cellules jumelles, les murs en béton et un sol absorbant.

Des difficultés ont émergé pour valider le modèle car le volume modélisé est vide alors que les mesures ont été effectuées dans une salle occupée d'objets en tout genre (armoires, panneaux de laine de roche et autre). Le sol n'a donc pas été modélisé par un simple béton réverbérant mais plutôt par un matériau absorbant.

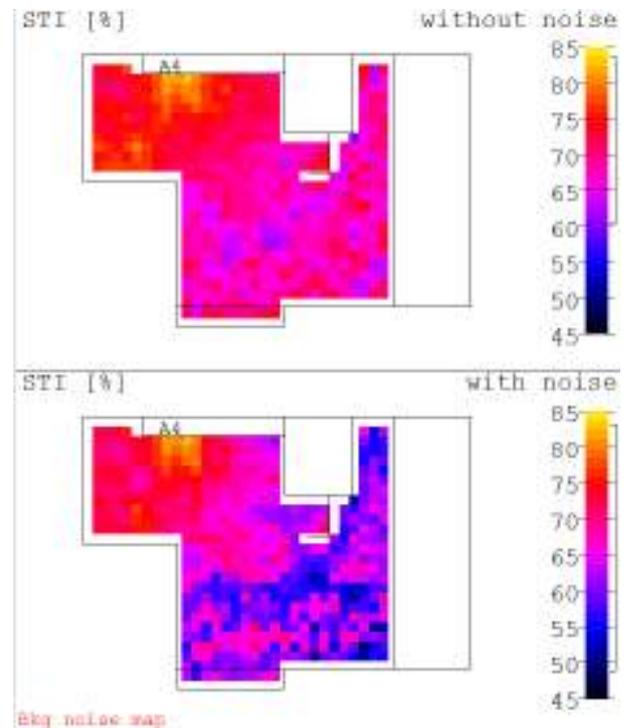
Validation :

Après plusieurs essais, le calage du modèle a pu être finalisé. Le T_r modélisé est de **0,71s** (écart de 4%). L'écart global dans l'espace sur les temps de réverbération par rapport au modèle est de 8,7%. Les 3 points « sources » n'ont pas tous les mêmes scores de modélisation. En effet il a été difficile d'approcher au mieux la modélisation pour le point A (12,9% d'écart) alors que pour le point B (5,7%) et le point C (9%), les T_r correspondent mieux.

Après avoir validé le modèle, nous avons réalisé des modélisations du STI (Speech Transmission

Index) dans la salle quand une personne parle au tableau. Les niveaux de bruit de l'imprimante 3D par bande d'octave impactent l'intelligibilité de la parole et sont présentés ci-dessous.

f	125	250	500	1000	2000	4000
Lw	33,8	42,5	46,4	38,1	28,4	17,4



La première carte présente le STI en l'absence d'imprimante 3D, la seconde prend en compte le bruit émis par cette source parasite. Comme on peut le voir sur la première carte, le STI dans la salle associé à la source A4 n'est pas parfait, il reste cependant globalement dans la plage [60 ;75]% (« bon » STI). On a de plus vu que les auditeurs étaient situés sur les postes informatiques (détaillés en figure 1) pour lesquels le STI est encore meilleur, situé dans la plage [70 ;80]% (entre « bon » et « très bon »).

La deuxième carte met en évidence l'impact de l'imprimante 3D sur l'intelligibilité de la parole dans la salle. Le STI est globalement dégradé et notamment dans la partie principale de la salle où il se situe dans la plage [50 ;65]% (STI « satisfaisant »). Au niveau des postes informatiques, l'indice est un peu meilleur bien que les conditions d'intelligibilité soient également dégradées (STI dans la plage [60 ;70]%).

4/ Solutions

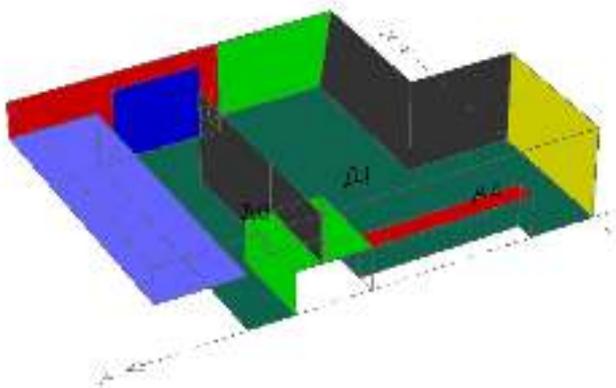
Certaines mesures peuvent être prises afin d'améliorer l'acoustique de cette salle. Cette section propose une solution regroupant un panel de modifications apportées au local. L'accent a été mis sur l'intelligibilité de la parole et une amélioration globale du STI a été recherchée.

Les modifications mises en œuvre sont les suivantes :

- Déplacement de l'imprimante 3D afin de minimiser son impact
- Création d'une paroi absorbante entre la zone de travail et l'imprimante 3D (matériau absorbant côté imprimante, PVC côté professeur), le matériau utilisé est détaillé dans le tableau suivant

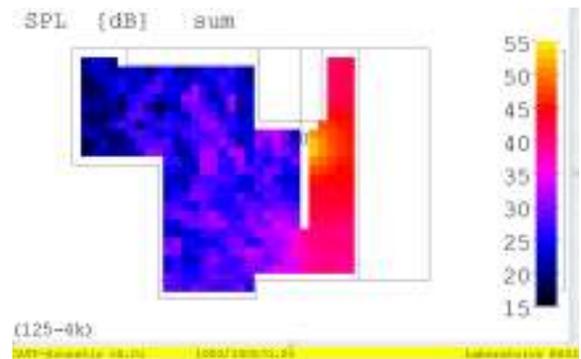
F(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha(\%)$	65	60	80	85	75	70

- Modification du matériau de revêtement sur certaines parois (notamment parois des cellules jumelles)



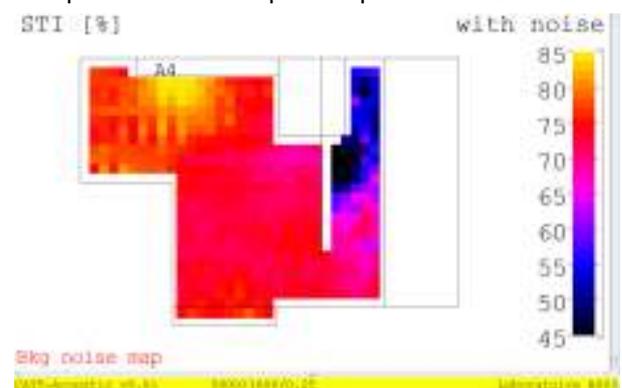
Le point A0 correspond à la nouvelle position de l'imprimante 3D.

Les modifications apportées influencent le temps de réverbération moyen de la salle, ainsi que le STI. La figure suivante présente le niveau de bruit moyen émis par l'imprimante en fonction du point d'écoute.



La paroi absorbante remplit son rôle et atténue grandement les émissions parasites perçues dans la zone de travail de la salle.

La carte ci-dessous détaille le STI en prenant en compte le bruit émis par l'imprimante 3D.



En comparant cette carte de STI avec celles de la partie 3 (même échelle), on s'aperçoit que le STI est largement amélioré et que l'impact de l'imprimante 3D est cantonné au couloir d'entrée de la salle. Le STI dans la zone de travail se situe maintenant dans la plage [70;85]% (entre « bon » et « très bon »).

Enfin, le temps de réverbération moyen est modifié par la nouvelle organisation spatiale de la salle, ainsi que par l'ajout d'un matériau absorbant. La nouvelle valeur de T_R est 0,51s. Cette valeur est en deçà de la valeur réglementaire minimale ($0,6 \text{ s} \leq T_R \leq 1,2 \text{ s}$). Cependant, cette valeur reste acceptable en pratique, les gains obtenus sur le STI justifiant cet écart à la règle.

La solution proposée ne reste évidemment pas unique. L'accent est ici mis sur l'amélioration de l'intelligibilité de la parole, d'autres partis peuvent être pris afin d'améliorer l'acoustique de la salle. Une mesure complémentaire associée pourrait être de déplacer les postes informatiques dans le coin supérieur gauche de la salle afin de profiter de la zone la moins impactée par les émissions parasites de l'imprimante 3D.