

Traitement acoustique d'une salle des fêtes

Première partie : traitement acoustique

Le conseil municipal de Pernodet décide de consacrer quelques crédits à l'aménagement de la salle des fêtes de la mairie pour l'adapter aux représentations théâtrales. Le local comprend 2 parties (cf figure 1):

A - Une scène de dimensions $10 \times 5 \text{ m}^2$ au sol et de 4 m de hauteur (surélevée de 1 m par rapport à la salle)

B - Une salle de dimensions $20 \times 10 \times 5 \text{ m}^3$ comprenant 280 places réparties de façon homogène sur 20 rangées.

La salle communique avec la scène située au sud par une surface de $S_{\text{ouverture}} = 25 \text{ m}^2$ obturée par un rideau plissé de 550 g/m^2 . Le reste du mur *Sud* est en béton lisse de 15cm.

Le mur *Ouest* comprend 4 baies vitrées de 12.5 m^2 chacune. Le reste du mur *Ouest* est en béton lisse de 15 cm. Chaque baie vitrée comporte un châssis en bois et une partie vitrée de 8.9 m^2 avec un joint d'étanchéité entre dormant et ouvrant de longueur 14 m et une entrée d'air en fente de longueur 3.5 m. Le mur *Nord* en béton est recouvert d'une peinture murale (exécutée en 1975 par le premier conseiller municipal adjoint).

Le mur *Est* et le plafond sont en béton lisse de 15 cm.

Le sol est en parquet sur lambourdes.

La municipalité est prête à vous confier le traitement acoustique de la salle. Elle vous propose le cahier des charges suivant:

- Intelligibilité optimale en tout point de la salle (TR Sabine constant de 0.9 seconde sur tout le spectre, +15% dans l'octave 125 Hz)
 - Interdiction de toucher aux murs S,O et surtout au mur *Nord* (l'œuvre du conseiller)
 - Obligation d'utiliser des panneaux de béton perforé ou de béton alvéolé sur la surface à traiter.
1. **Déterminer la durée de réverbération de la salle vide non traitée (rideau fermé) par bande d'octave. On négligera la variation de volume de la salle due au décrochement de l'avant scène. On utilisera les valeurs des surfaces données dans le tableau 1.**
 2. **On prévoit en moyenne la présence de 200 personnes, ce qui correspond à un coefficient d'occupation au sol de 50% de la surface du plancher. Déterminer le TR par bande d'octave de la salle correspondant à ce pourcentage d'occupation.**
 3. **Calculer le coefficient d'absorption par octave que doit avoir le mur *Est* pour qu'en présence de l'auditoire attendu (50%), le TR soit de $0.9 \pm 0.2 \text{ s}$. Peut-on obtenir ce résultat si on ne traite tout le mur *Est* qu'avec du béton perforé ? du béton alvéolé ? Quelle proportion de chacune des 2 formes de béton disponibles placeriez vous sur le mur *Est* pour obtenir un TR de 0.9 s dans l'octave 1000Hz. Quelles seraient alors les valeurs du TR aux autres fréquences ?**

Seconde partie : l'inauguration

On suppose que les résultats de la première partie de l'étude vous laissent espérer l'obtention d'un TR Sabine de 1s sur la plus grande partie du spectre.

Avant de passer à la réalisation concrète de votre projet, vous vous rendez sur place pour y effectuer quelques mesures (durée de réverbération de la salle vide). Les premiers résultats vous donnent une aire d'absorption équivalente fournie dans le tableau 2.

Vous découvrez que le système d'aération du fond de salle (dont les orifices sont situés au plafond) produit un bruit de fond dont la densité spectrale de puissance est à peu près constante dans la bande de fréquence 100-5000Hz. Vous mesurez un niveau sonore au centre de la pièce par bande d'octaves. Ces valeurs sont données dans le tableau 2.

4. **Est-ce que les valeurs données dans le tableau 2 sont en accord avec ce que vous connaissez d'un bruit blanc?**
5. **Calculer le niveau de puissance acoustique de chacun des deux aérateurs.**

6. De combien aura varié le niveau de bruit global en dB dû aux aérateurs lorsque le local aura été traité (TR = 1 sec. sur l'ensemble du spectre) ?
7. Vous êtes soucieux car vous avez remarqué que le maire manque de voix. Un petit essai in-situ confirme vos appréhensions: sa puissance acoustique vocale est donnée dans le tableau 3. De combien de dB le niveau de pression global dû à la voix du maire émergera-t-il par rapport au niveau de pression global de bruit de fond une fois que le local aura été traité (TR = 1 sec. sur l'ensemble du spectre) ?
8. Montrer de manière simple que même si le maire s'approche du public tout en restant sur l'avant scène, le niveau sonore aux oreilles du public ne sera pas modifié.

Troisième partie : nuisances sonores à l'hôpital

La réputation de la salle des fêtes de Pernodet étant parvenue aux oreilles du Conseil Régional, celui-ci propose d'y tenir son festival annuel des fanfares municipales.

On vous demande dans les meilleurs délais, d'effectuer une estimation de l'impact sur le voisinage. La salle communique avec l'extérieur par la façade *Ouest* dont les indices d'affaiblissement acoustique des composants sont donnés dans le tableau 4 et avec la scène par une ouverture effective de $S_{\text{ouverture}}=20\text{m}^2$ (lorsque le rideau est levé).

L'hôpital de Pernodet étant situé sur la colline qui surplombe la salle des fêtes (figure 2), vous estimerez le niveau de pression acoustique que l'on risque d'obtenir dans les chambres des malades lorsqu'un orchestre de puissance acoustique 300mW par bande d'octave joue sur la scène. On supposera que le rideau est levé et on supposera que l'aire d'absorption équivalente totale de la salle est modifiée par la formule $A_{\text{salle rideau levé}}=A_1+k A_2$ où k est un coefficient correctif de couplage donné par $k=S_{\text{ouverture}}/(A_2+S_{\text{ouverture}})$, A_1 et A_2 désignant respectivement l'aire d'absorption équivalente de la salle hormis la surface occupée par l'ouverture et de la scène hormis la surface occupée par l'ouverture. Pour simplifier, on supposera qu'en présence du public et des musiciens, les baies vitrées étant fermées: $A_1=160\text{m}^2$ et $A_2=50\text{m}^2$ à toutes les fréquences.

9. Calculer l'intensité incidente sur la façade ouest par bande d'octave.
10. Déterminer la puissance transmise à travers la façade ouest, les quatre baies vitrées étant supposées fermées. On tiendra compte des joints d'étanchéité et des entrées d'air (cf note page 5).
11. Calculer le niveau sonore global en dB(A) au point M en façade de la chambre A (cf figure 2). On ne tiendra pas compte de la réflexion sur la façade. On considérera que la façade ouest de la salle des fêtes se comporte comme une source équivalente de facteur de directivité $Q(\Theta)$ indépendant de la fréquence, égal à $4 \cos(\Theta)$ et centrée sur le mur Ouest de la salle (20 m de long). On se référera à la figure 2.
12. Calculer la transparence acoustique de la façade de la chambre A (façade *Est* de l'hôpital), fenêtre fermée et fenêtre ouverte, par bandes d'octave.
13. Calculer la puissance acoustique incidente sur la façade de la chambre A par bandes d'octaves.
14. Calculer la puissance acoustique transmise par la façade dans la chambre A par bandes d'octaves dans les cas fenêtre ouverte et fenêtre fermée. On supposera que la façade se comporte comme une source omnidirectionnelle de puissance égale à la puissance acoustique transmise par la façade et placée dans la chambre A.
15. Déterminer le niveau sonore global réverbéré en dB(A) dans la chambre A, fenêtre fermée et fenêtre ouverte. On supposera que l'indice d'affaiblissement acoustique apparent de la façade pour une incidence oblique est identique à l'indice d'affaiblissement acoustique apparent de la façade en champ diffus calculé précédemment.

Les chambres sont identiques. La surface totale des parois interne d'une chambre est de 42.5 m^2 et le coefficient moyen d'absorption des matériaux en paroi est de 0.1 à toutes les fréquences. Les parois latérales sont en carreau de plâtre et la partie opaque de la façade ainsi que le plancher et le plafond sont en béton de 15 cm. Chacune donne sur l'extérieur par une fenêtre de 2 m^2 dont l'indice d'affaiblissement acoustique est donnée dans le tableau 5. La fenêtre est munie d'une entrée d'air dont les caractéristiques sont données dans le tableau 5. L'hôpital est situé à 60 m à vol d'oiseau et sa

dénivelée par rapport à la salle des fêtes est de 30 m. Les façades des 2 bâtiments sont parallèles et on négligera les effets de réflexion.

Notes

► L'étanchéité (joints, fentes entre les parties) constitue un type particulier d'élément qui doit rentrer en jeu dans le calcul. La meilleure expression des performances acoustiques d'un tel élément peut être l'indice d'affaiblissement acoustique par unité de longueur, en tenant compte de longueur réelle. Ainsi, pour une façade, la part d'énergie transmise par une garniture d'étanchéité doit être estimée conformément à :

$$\tau_s = \frac{l_{ref} \times l_s}{S} 10^{\frac{-R_s}{10}}$$

où $l_{ref} = 1$ m est une longueur de référence, S est la surface totale de la façade, l_s est la longueur de la fente ou du joint scellé en mètre, R_s est l'indice d'affaiblissement acoustique de la fente ou du joint par unité de longueur (dB/m).

En pratique, in situ, on rencontre un nombre (noté n_e) de petits éléments identiques ou un seul élément dont la longueur totale l_{situ} est plus importante que l'échantillon testé en laboratoire de longueur l_{lab} . Si $D_{n,e,lab}$ représente l'isolement normalisé mesuré en laboratoire, l'isolement acoustique normalisé in situ : $D_{n,e,situ}$ doit alors être évalué par :

$$D_{n,e,situ} = D_{n,e,lab} - 10 \log n_e$$

où

$$D_{n,e,situ} = D_{n,e,lab} - 10 \log \frac{l_{situ}}{l_{lab}}$$

La transparence acoustique de l'élément (ou de l'ensemble d'éléments) est alors déterminée par :

$$\tau_e = \frac{10}{S} 10^{\frac{-D_{n,e,situ}}{10}}$$

► La puissance acoustique incidente (en Watt) associée à une onde acoustique qui traverse une surface S située à une distance r de la source (supposée grande) en champ libre est donnée par la formule :

$$W_{inc} \simeq \frac{p_{eff}^2(r, \theta)}{\rho_0 c_0} \vec{e}_r \cdot \vec{n} S$$

où \vec{e}_r est le vecteur unitaire égal à $\frac{\vec{r}}{r}$ et \vec{n} est le vecteur normal unitaire à la surface S . On prendra

$\rho_0 c_0 = 400$ Rayls (ou N.s.m⁻³).

	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha_{\text{béton (sauf murs Nord et Est)}}$	0.01	0.012	0.016	0.02	0.024	0.028
$\alpha_{\text{mur nord}}$	0.1	0.07	0.06	0.08	0.09	0.11
α_{plafond}	0.01	0.012	0.016	0.02	0.024	0.028
α_{plancher}	0.17	0.13	0.11	0.10	0.09	0.07
α_{vitrage}	0.40	0.28	0.2	0.17	0.15	0.12
α_{bois}	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
α_{rideau}	0.20	0.32	0.52	0.72	0.68	0.60
$\alpha_{\text{béton (mur est)}}$	0.01	0.012	0.016	0.02	0.024	0.028
$\alpha_{\text{auditoire}}$	0.57	0.72	0.82	0.92	0.95	0.90
$\alpha_{\text{béton alvéolé}}$	0.2	0.86	0.55	0.48	0.45	0.4
$\alpha_{\text{béton perforé}}$	0.4	0.42	0.32	0.32	0.38	0.28

Tableau 1: Coefficient d'absorption Sabine des matériaux de la salle par octave.

	125	250	500	1000	2000	4000
Aire d'absorption équivalente mesurée salle vide (m ²)	67	58	53	57	55	50
L_p (dB)	40	43	46	49	52	55

Tableau 2: Aire d'absorption équivalente mesurée et niveau de pression acoustique en dB par octave mesuré au centre de la pièce.

	125	250	500	1000	2000	4000
W (μW)	2	3	5	3	2	1

Tableau 3: Puissance acoustique moyenne de la voix du maire en μW par octave.

	125	250	500	1000	2000	4000
R_{vitrage} (dB)	23	19	27	34	35	35
$R_{\text{chassis en bois}}$ (dB)	31	34	34	39	41	42
Isolément normalisé des entrées d'air déterminé en labo. $D_{n,e,lab}$ (dB) (longueur 1m)	33	28	30	43	49	52
$R_{\text{béton 15cm}}$	38	43	52	59	67	72
Indice d'affaiblissement acoustique du joint R_s (dB/m)	45	45	45	45	45	45

Tableau 4: Indices d'affaiblissement acoustiques ou isolément acoustique normalisé par octave des matériaux de la façade ouest.

	125	250	500	1000	2000	4000
$R_{\text{fenêtre}}$ (dB)	24	20	28	35	36	36
$D_{n,e,situ}$ (dB) (longueur 1m)	39	36	34	31	33	36
$R_{\text{carreau de plâtre}}$	18	25	27	25	25	21
$R_{\text{béton 15cm}}$	38	43	52	59	67	72

Tableau 5: Indices d'affaiblissement acoustique par octave des matériaux de la chambre A de l'hôpital.

	125	250	500	1000	2000	4000
Pondération (dB)	-16	-8.5	-3	0	+1	+1

Tableau 6: Valeurs par octave du filtre de pondération (A).

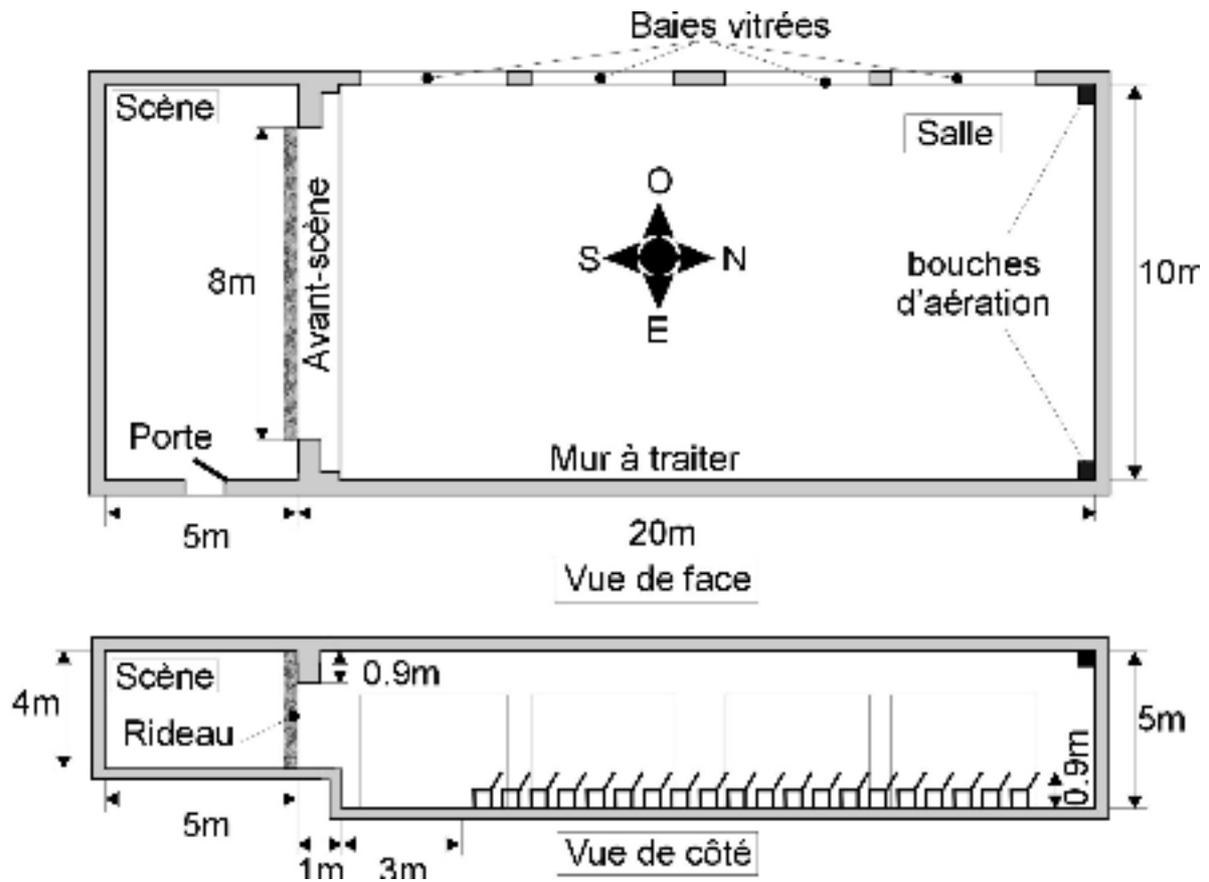


Figure 1: Configuration de la salle des fêtes (dimensions en mètres).

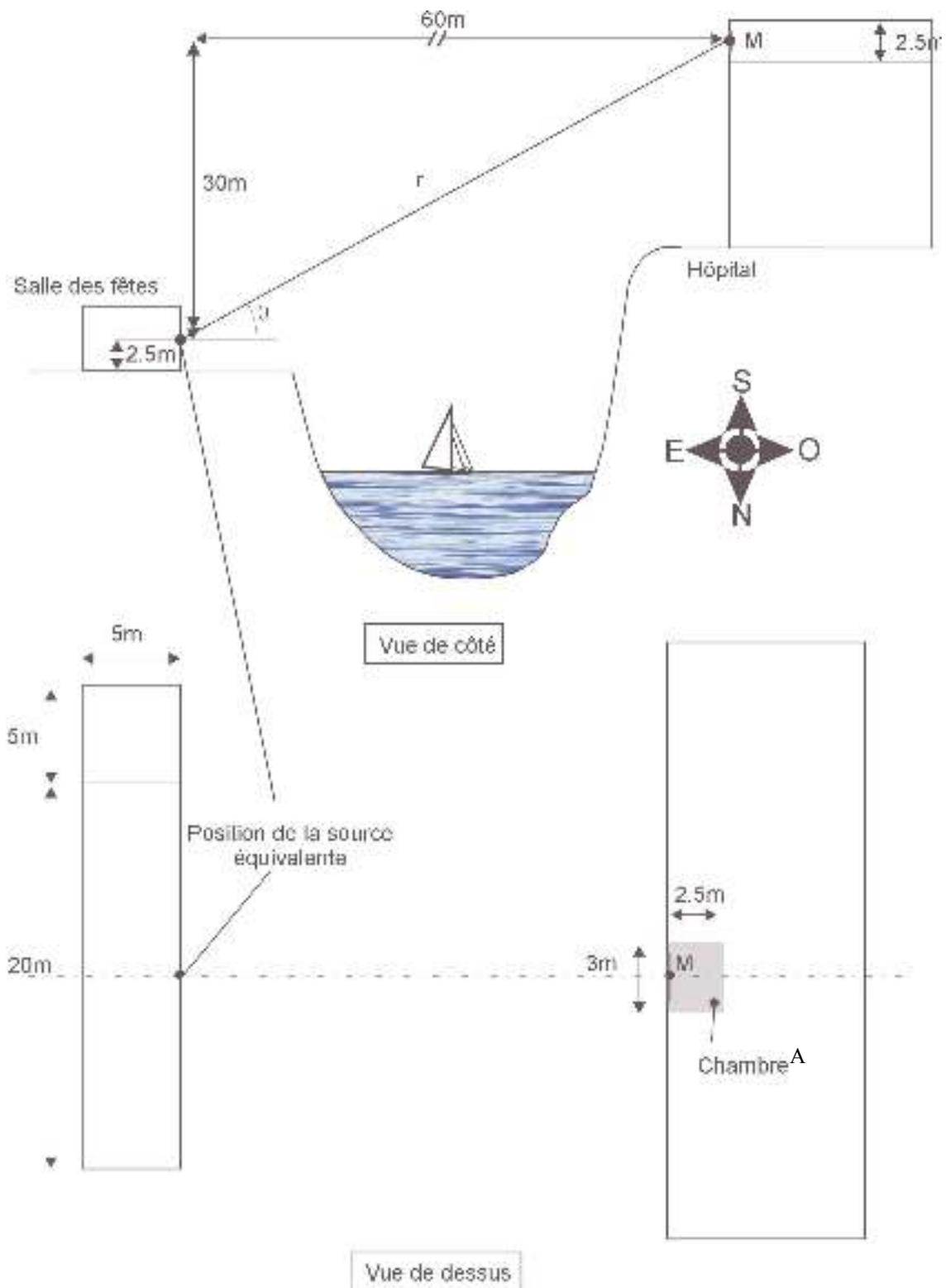


Figure 2: Positions respectives de la salle des fêtes et de l'hôpital.