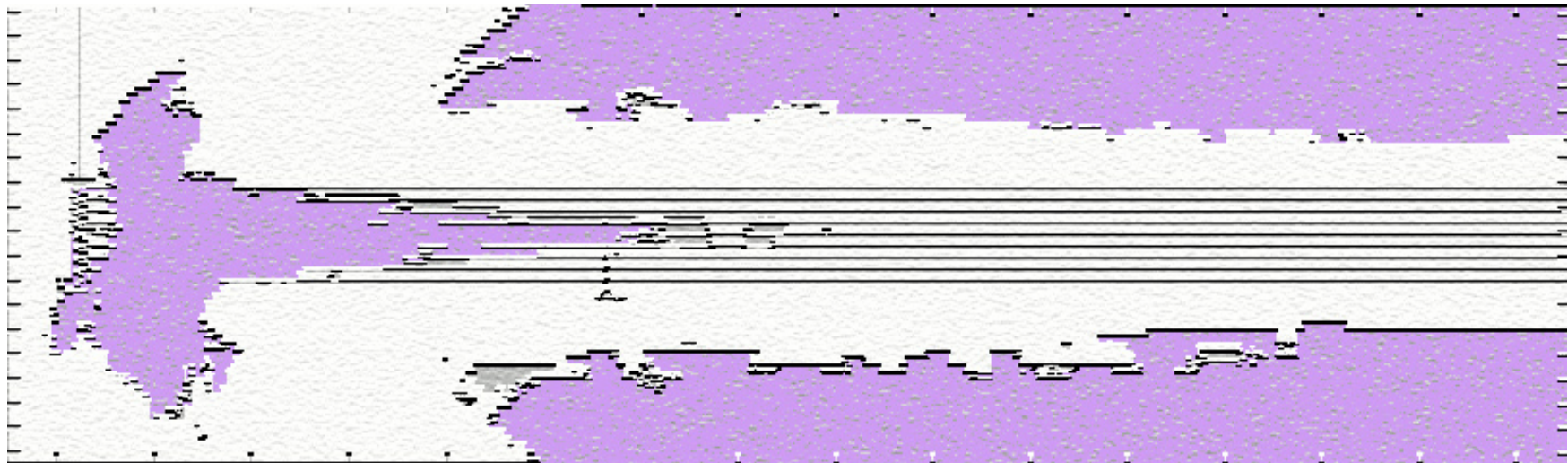


SONORISATION-02

Électro-acoustique Intérieur

ISTS 3

Frédéric Garnero



En intérieur, il faut inclure des paramètres d'écho et de réverbération afin d'obtenir un modèle mathématique plus précis. Les équations traitées dans ce chapitre sont utilisées pour déterminer l'atténuation dans une salle, la distance critique, les gains acoustiques potentiels et nécessaires, ainsi que la puissance électrique requise.

1. La réverbération et la sonorisation

Nous considérons que le local ne révèle pas d'écho distinct et que la réverbération soit homogène.

Si le local révèle un ou plusieurs échos, il conviendra de le traiter, concernant la réverbération les matériaux ne garantissent pas un champ réverbérant aléatoire, de ce fait nous utiliserons une approximation donnée par les équations de Sabine et Eyring.

L'équation de Sabine présente l'avantage d'être suffisamment précise lorsque la salle est peu absorbante.

$$TR_{60} = \frac{0,161V}{S\alpha}$$

V : volume du local en m³

S : surface totale des parois en m²

α : Coefficient moyen d'absorption

Exemple :

Soit une salle parallélépipédique de 40 m. de long sur 30 m. de large et 4 m. de haut.

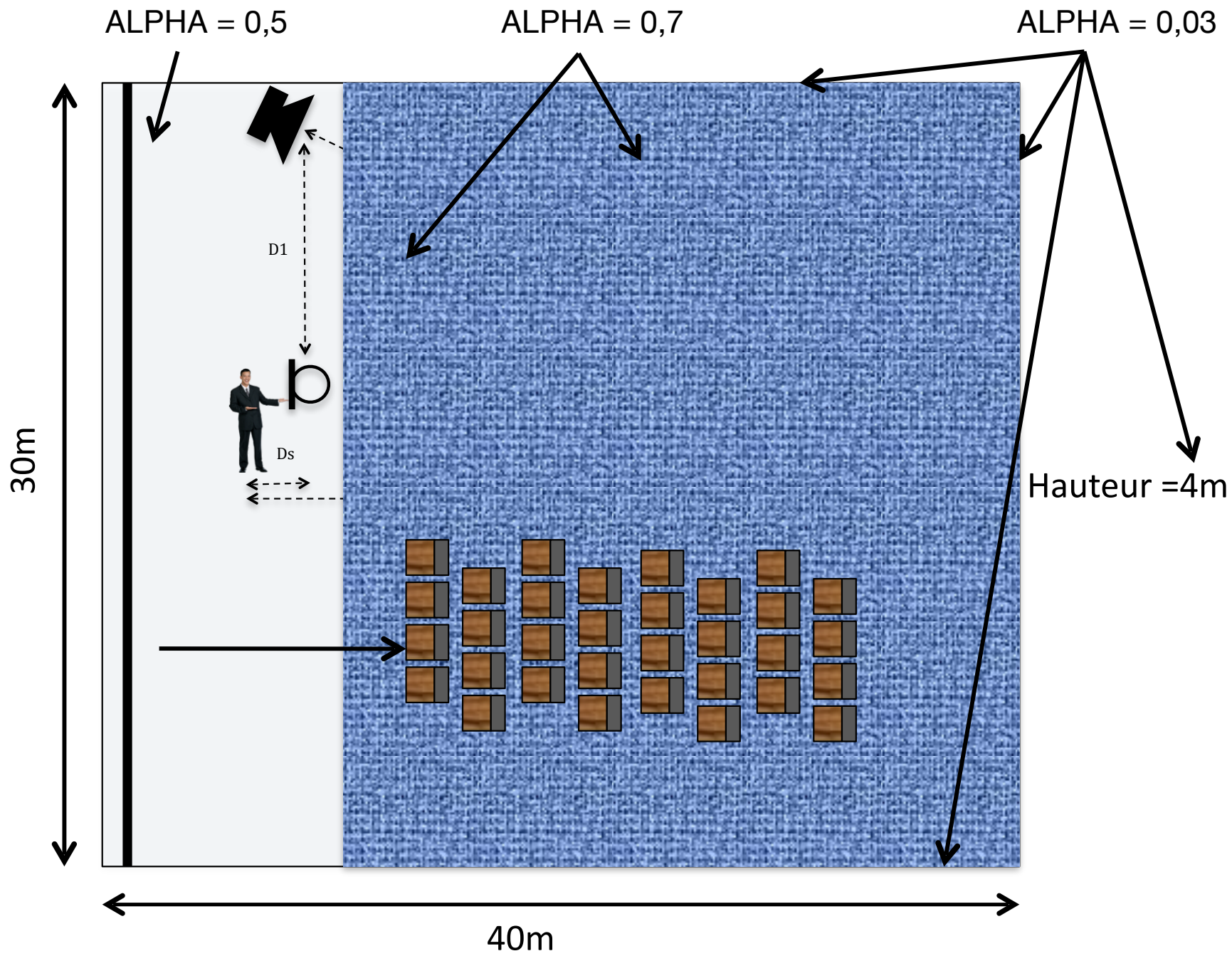
Le fond du podium est recouvert d'un rideau épais et plissé ($\alpha = 0.5$).

Les autres murs et le plafond sont en maçonnerie peinte ($\alpha = 0.03$).

Le sol est recouvert de moquette ($\alpha = 0.7$).

Enfin, 500 sièges ($\alpha = 0.15$) ont été disposés pour recevoir le public.

Quel est le temps de réverbération pour l'octave centré à 1 kHz sachant que les coefficients d'absorption ont été donnés pour cette bande de fréquences.



Exemple :

Soit une salle parallélépipédique de 40 m. de long sur 30 m. de large et 4 m. de haut.

Le fond du podium est recouvert d'un rideau épais et plissé ($\alpha = 0.5$).

Les autres murs et le plafond sont en maçonnerie peinte ($\alpha = 0.03$).

Le sol est recouvert de moquette ($\alpha = 0.7$).

Enfin, 500 sièges ($\alpha = 0.7$) ont été disposés pour recevoir le public.

Quel est le temps de réverbération **pour l'octave centré à 1 kHz** sachant que les coefficients d'absorption ont été donnés pour cette bande de fréquences.

Volume			
L	l	h	Volume
40	30	4	4800

Surface Totale des parois		SSg
3460,00	m ²	500

$$S = 2(L \times l) + 2(L \times h) + 2(l \times h) + S_{sg}$$

$$1 \text{ si\`ege} \approx 1 \text{ m}^2$$

Coefficient moyen d'absorption

Sol	Plafond	Paroi 1	Paroi 1'
1200,00	1200,00	160,00	160,00
0,7	0,03	0,03	0,03

Paroi 2	Paroi 2'	Ssg
120,00	120,00	500
0,5	0,03	0,15

Alpha moyen

1024,20

0,30

$$\alpha_{moyen} = \frac{(Sol \times \alpha) + (Plaf \times \alpha) + (Par1 \times \alpha) + (Par1' \times \alpha) + (Par2 \times \alpha) + (Par2' \times \alpha) + (Ssg \times \alpha)}{SurfaceTotale_{parois}}$$

$$TR_{60} = \frac{0,161V}{S\alpha}$$

$$TR_{60} = \frac{0,161 \times 4800}{3460 \times 0,3}$$

TR60 (secondes)

0,75

2. Champ direct et champ réverbérant.

Dans la salle, le son direct décroît en fonction de la loi du carré inverse de la distance. Le rapport champ direct, champ réverbérant est le rapport **en un point de la salle** du son direct sur le son réverbéré.

Si ce rapport est élevé, l'intelligibilité est bonne.

$$\frac{\textit{Son}_{direct}}{\textit{Son}_{reverbéré}}$$

3. Directivité des enceintes.

Angle d'ouverture représente l'angle du faisceau sonore projeté par la source.

Il est défini par **les points situés de part et d'autre de l'axe** de l'enceinte où l'atténuation de la pression **acoustique atteint 6 dB par rapport à celle mesurée dans l'axe à une même distance du centre acoustique** (sommet de l'angle).

4. Facteur de directivité (Q)

Le facteur de directivité Q est le rapport de l'accroissement de l'intensité acoustique obtenu dans l'axe d'une enceinte directive par rapport à celle qu'elle fournirait elle rayonnait de façon omnidirectionnelle.

Si les angles d'ouverture horizontale (θ) et verticale (Φ) de l'enceinte sont connus, le facteur Q géométrique peut être calculé à l'aide des formules suivantes:

Pour une couverture rectangulaire comprise entre 0 et 180°

$$Q = \frac{180}{\sin^{-1} \left[\sin \frac{\phi}{2} \right] \left[\sin \frac{\theta}{2} \right]}$$



Exemple :

Couverture rectangulaire

AngVert	AngHoriz	Q-rect	DI
30	80	18,80	12,74

Bande passante 800-20000 Hz
Angle dispersion (vert./hor.) 30°/80°
Découpe 232x 85 mm
Profondeur de montage 165 mm
Dimensions 265 x 111 mm
Poids 350 g

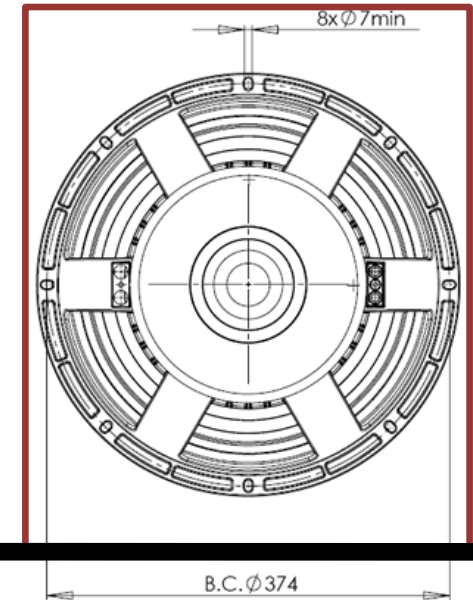
Pour un angle de 180° et l'autre compris entre 180 et 360°

$$Q = \frac{360}{n^\circ \alpha}$$

Freq $\Leftrightarrow \lambda \geq \text{diamètre}_{HP} + \text{menuiserie}$

Rayon = $\frac{1}{2}$ sphère

sol



Exemple :

$$Q = \frac{360}{200} = 1,8$$

180 et 360° dans 1/2 sphère

200

Q 1,80

Pour une couverture conique ($\theta = \Phi$)

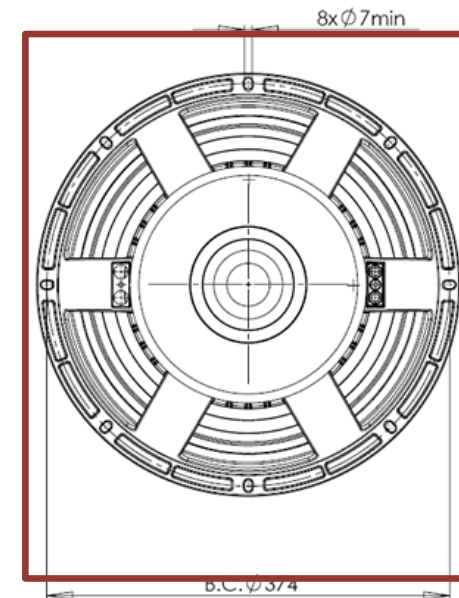
$$Q = \frac{2}{1 - \left(\cos \frac{\theta}{2} \right)}$$

Freq $\Leftrightarrow \lambda \leq \text{diamètre}_{HP} + \text{menuiserie}$

Exemple :

$$Q = \frac{2}{1 - \left(\cos \frac{85}{2} \right)} = 7,62$$

85



Bande passante 125-2500 Hz
Angle dispersion (vert & hor) 85°

Couverture Conique

Q	7,62
---	------

Plus un haut-parleur dispose d'un facteur Q élevé, plus l'énergie qu'il délivre est concentrée dans un espace restreint. L'utilisation d'une enceinte directive permet :

1. d'augmenter l'intensité du son direct vers l'auditeur,
2. d'améliorer le rapport champ direct, champ réverbérant,
3. d'assurer une meilleure intelligibilité.

5. Indice de directivité (DI)

Expression en dB du facteur de directivité

$$DI = 10 \text{Log} Q$$

Exemple :

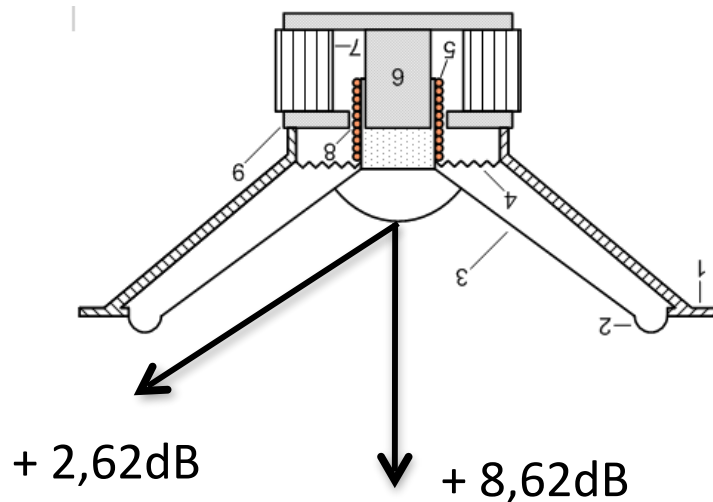
DI(dB)

Rec	180->360	Conique
12,74	2,55	8,82

Pour assurer la diffusion dans la salle décrite dans l'exemple, nous prévoyons d'utiliser une enceinte coaxiale offrant une ouverture de 85° aussi bien horizontalement que verticalement.

Quel gain dans l'axe pouvons-nous espérer par rapport à une enceinte identique qui rayonnerait de façon omnidirectionnelle?

$$DI = 10 \text{Log} 7,62 = 8,62 \text{dB}$$



Pour obtenir l'indice de directivité en limite de couverture on retranche 6dB delta = 2,62

6. Couplage de l'enceinte avec les parois.

Une enceinte rayonnant de façon omnidirectionnelle possède dans son axe un indice de directivité de 0dB.

Degrès	Q	DI
360	1,00	0,00

Si cette même enceinte est posée sur un sol totalement réfléchissant, l'énergie qu'elle fournit ne peut plus se délivrer que dans un demi espace ($Q = 2$), on obtient alors **3 dB** de gain dans l'axe.

Degrès	Q	DI
180	2,00	3,01

Si toujours posée au sol, la face arrière de l'enceinte touche une des cloisons de la pièce, le rayonnement ne peut plus opérer que dans un quart d'espace ($Q = 4$), l'indice de directivité passe alors à **6 dB**.

Degrès	Q	DI
90	4,00	6,02

On obtient jusqu'à **9 dB** de gain dans l'axe de l'enceinte si celle-ci est positionnée au sommet de l'angle formé par 3 parois ($Q = 8$).

Degrès	Q	DI
45	8,00	9,03

Pour une source directionnelle : $N_{axe} = SPL + DI + Couplage$

Exemple :

Notre enceinte délivre une puissance $SPL = 100dB$; $DI=8,82dB$. Nous l'installons dans un angle et au sol. Dans l'axe nous aurons un niveau :

$$N_{axe} = 100 + 8,6 + 9,03 = 117,6dB$$

Couplage Parois			Delta	
SPL	DI	Parois	117,85	17,85
100	8,82	9,03		

Discussion :

dans le cadre de l'écoute domestique il n'est pas rare de trouver les enceintes de type colonne dont une est dans un angle et l'autre non.

On rappelle que la sensation du double de la puissance correspond de manière statistique à 10dBA.