

Liste des symboles et concept de base





Diffuseur RRA, Cegep de Granby, Granby, Canada



Notre défi est d'établir une relation équilibrée entre les aspects de performances et d'économies tout en rehaussant les normes d'excellence de nos produits afin d'améliorer la qualité de vie des usagers.

NAD Klima fabrique et distribue à travers l'Amérique du Nord une gamme de produits qui redéfinissent les normes de qualité, d'efficacité, d'économie d'énergie et de coûts de construction.

Chef de file dans les diffuseurs pour les projets LEED, l'objectif demeure toujours l'amélioration du confort, la qualité de l'air pour les usagers et l'économie d'énergie.

Depuis, NAD Klima ne cesse d'innover. L'entreprise est fière de plusieurs réalisations élaborées avec des entrepreneurs, ingénieurs et architectes.

Nous sommes NAD Klima.





Diffuseur DRS, Complexe sportif Thibault/GM, Sherbrooke, Canada

Liste des symboles et concept de base

Symboles

Symbole	Détail	Unité
A	Surface	m ²
A _{eff}	Section libre de soufflage	m ²
B	Largeur	mm
C	Facteur de correction de l'induction pour un angle d'ouverture α	-
D, d	Diamètre	mm
D _{min}	Distance par rapport à la grille	m
F	Force	N
f	Facteur de correction pour la vitesse de jet vertical	-
f _m	Fréquence moyenne	Hz
g	Gravité	ms ⁻²
H, h	Hauteur	m, mm
i	Rapport d'induction	-
K	Facteur de correction de v _{eff} pour un angle d'inclinaison β des lamelles	-
k	Rugosité	mm
L, l	Longueur (du local), longueur de parcours du jet	m, mm
L _w	Niveau de puissance acoustique	dB
L _{WA}	Niveau de puissance acoustique pondéré A	dB (A)
L _p	Niveau de pression acoustique	dB
L _{PA}	Niveau de pression acoustique pondéré A	dB (A)
ΔL	Atténuation du local	dB
$\Delta L_{O_{ct}}$	Niveau de puissance acoustique par bande d'octaves	dB/Okt.
m	Masse	kg
\dot{m}	Débit massique	kg/s
n	Nombre	-
P	Puissance acoustique	W
p	Pression sonore, pression	Pa
p _d	Pression dynamique	Pa
p ₀	Pression externe (Pression d'air)	Pa
p _{st}	Pression statique	Pa
p _t	Pression totale	Pa
Δ_p	Perte de charge	Pa
Δp_R	Perte de charge due au frottement	Pa

Symbole	Détail	Unité
Δp_t	Perte de charge totale	Pa
R, r	Rayon	m, mm
T	Température	K
T _A	Température ambiante	K
T _{ae}	Température air extrait	K
T _{as}	Température air soufflé	K
t	Durée	s
t ₀ , t _A	Température de soufflage/ambiante	°C
t _{x max}	Température maximale dans la section de soufflage et l'ambiante	°C
ΔT_0 , Δt_0	Différence de température entre le soufflage et l'ambiante	K
ΔT_{xy}	Différence de température entre le soufflage et l'ambiante après x ou x+y	K
$\Delta t_{x max}$	Différence de température maximale entre le soufflage et l'ambiante	K
V, V _{geo}	Volume du local	m ³
\dot{V}	Débit d'air	m ³ /h
\dot{V}_x	Débit d'air total au point x	m ³ /h
\dot{V}_0	Débit d'air de pulsion	m ³ /h m ³ (h/m)
v	Vitesse	m/s
v _{eff}	Vitesse de soufflage	m/s
v β	Vitesse de soufflage avec l'angle d'inclinaison β	m/s
v _{max}	Vitesse moyenne maximale après la distance x ou x+y	m/s
X, x	Trajet de l'écoulement	m
x _{crit}	Trajet critique de l'écoulement	m
y	Trajet vertical de l'écoulement, après rencontre de deux jets	m
y _{max}	Profondeur de pénétration	m
Y, y	Déviations verticales du jet non isotherme	m
Y _{0,2} , Y _{0,2}	Distance à l'axe du jet, pour laquelle v = 0.2 m/s	m
$\alpha, \beta, \gamma, \delta$	Angles, angles d'expansion de l'écoulement	°
ζ	Coefficient de perte de charge	-
λ	Rugosité	-
ρ	Densité	kg/m ³

Liste des symboles et concept de base

Rappels des techniques d'aéraulique

Effet Coanda

L'effet Coanda est la propriété qu'ont des fluides s'écoulant le long de surfaces lisses d'adhérer à ces surfaces et de suivre leur contour.

Parcours critique de l'écoulement

Un flux d'air monte ou descend, selon la différence entre la température de soufflage et l'ambiance soit positive ou négative. Si un flux d'air froid est soufflé horizontalement, son parcours est dévié vers le bas. Si l'air froid est maintenant soufflé sous le plafond (ou le long d'un mur), le flux d'air restera sur une certaine distance collé au plafond avant de retomber.

La distance entre la sortie du diffuseur et le point de décollement est appelée le « trajet critique ».

Rapport de températures

Le rapport de températures correspond au rapport de la différence entre la température de la pièce et du jet d'air à une distance « x » et la différence entre la température de la pièce et du soufflage. Il s'agit d'un nombre adimensionnel. Plus ce rapport est petit à une distance donnée et plus les différences de températures diminuent vite, c'est-à-dire plus forte est l'induction.

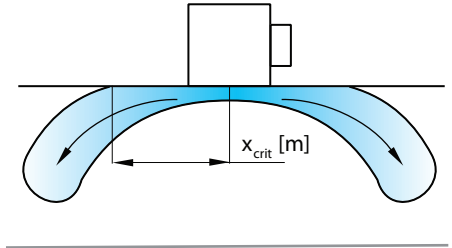
Induction

Le rapport d'induction correspond au rapport entre le débit d'air total à une distance « x » et le débit d'air à la sortie du diffuseur. Sa valeur ne peut pas être mesurée expérimentalement, elle est calculée grâce au rapport de températures.

Parcours « x » et « y » de l'écoulement

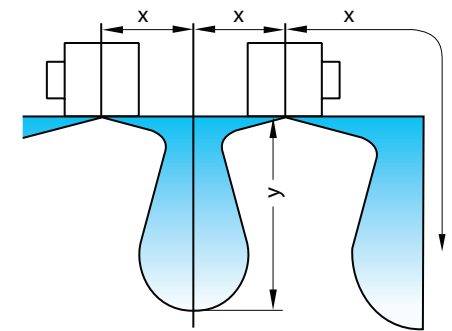
Le parcours « x » se définit :

- comme la distance entre le centre géométrique du diffuseur et le point où deux jets se rencontrent.
- comme la distance horizontale et verticale le long d'un mur, entre le centre géométrique du diffuseur et le point où les paramètres de l'écoulement doivent être établis.



Le parcours « y » se définit :

- comme la distance verticale, entre le point où deux jets horizontaux se rencontrent et prennent une direction commune verticale et le point où les paramètres de l'écoulement doivent être établis.

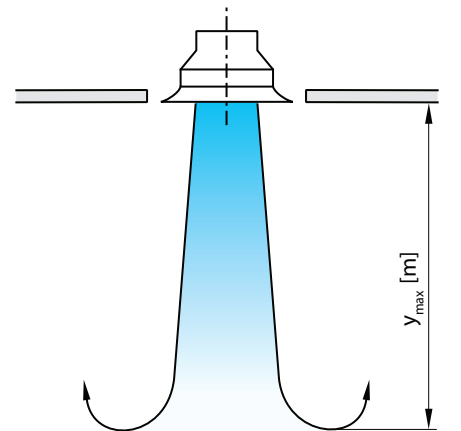


La définition de « x » et « y » reste valable lorsque les diffuseurs sont librement suspendus ou lorsqu'ils n'affleurent pas au niveau du plafond.

Il faut dans ce cas pondérer la vitesse d'air au delà du parcours (« x » + « y ») selon la formule :

v_{max} (avec plafond) = $1,4 \times v_{max}$ (sans plafond)

v_{max} (sans plafond) = $0,71 \times v_{max}$ (avec plafond)



Profondeur de pénétration

La pénétration verticale d'un jet y_{max} définit la portée d'un écoulement soufflé verticalement avec une température supérieure à l'ambiance. Elle correspond à la distance entre la sortie du diffuseur et le point où le jet a tendance à remonter.

Tableau de conversion des unités

Longueur	Pression	Vitesse	Débit	Capacité
pouce x 25,4 = mm pi x 0,305 = m m x 3,281 = pi	in/H ₂ O x 249 = Pa Pa x 0,004 = in/H ₂ O	m/s x 200 = pi/min pi/min x 0,005 = m/s	L/s x 2,12 = cfm cfm x 1,7 = m ³ /h L/s x 3,6 = m ³ /h	Btu/h x 0,2931 = Watt 1 tonne = 12 000 Btu/h 1 tonne = 400 cfm
Ratio pour l'écart de température maximum dans le jet d'air en zone occupée		$\frac{\Delta T_{xy}}{\Delta T_o} \leq 0.1$		

Liste des symboles et concept de base

Rappels des techniques d'aéraulique (suite)

Efficacité de la distribution d'air : Ez

Pour le calcul de la quantité d'air neuf réglementaire, le standard ANSI/ASHRAE 62.1-2016 tient compte de l'efficacité de la distribution de l'air dans les locaux à travers **le facteur Ez**.

Pour calculer la quantité d'air neuf totale à traiter par un système unizone **Voz**, il faut suivre les étapes suivantes :

1. Calculer la quantité de l'apport d'air neuf nécessaire dans la "zone de respiration" Vbz :

Le standard ANSI/ASHRAE 62.1-2016 recommande un apport d'air extérieur calculé en fonction du nombre d'occupants et de la surface desservie en utilisant les valeurs réglementaires fournies. Ces valeurs dépendent du type de local étudié (Bureau, cuisine, etc.). $V_{bz} = R_p \times P_z + R_a \times A_z$
Avec :

R_p : débit d'air extérieur par personne (cfm/personne)

P_z : nombre de personne dans la zone

R_a : débit d'air extérieur par zone (cfm/pi²)

A_z : superficie de la zone (pi²)

2. Sélectionner la valeur de l'efficacité de la diffusion d'air Ez, selon le tableau 6.2.2.2 ou selon le test ASHRAE 129 (Measuring Air-Change Effectiveness).

- Dans le cas d'une distribution d'air au plafond avec des retours au plafond, la valeur réglementaire selon **le tableau 6.2.2.2 est Ez = 0.8**.

- Le DAL 358 et le DAL 359 de NAD Klima ont été testés selon le **protocole ASHRAE 129. Le DAL 358 a obtenu un Ez = 1.1 et le DAL 359 un Ez = 1.0**.

Ces valeurs montrent que ces diffuseurs ont une efficacité supérieure au diffuseur standard.

3. Calculer le débit d'air extérieur total : $V_{oz} = V_{bz} / E_z$

Dans le cas d'un système unizone, on peut définir les résultats suivants :

- Diminution de **27%** de la quantité d'air neuf du **DAL 358** par rapport à un diffuseur standard.
- Diminution de **20%** de la quantité d'air neuf du **DAL 359** par rapport à un diffuseur standard.

Rappels des techniques d'acoustique

Une source de bruit produit une oscillation de l'air avoisinant. Il s'agit d'une variation de pression, composée alternativement d'une compression et d'une détente, formant une onde sinusoïdale se propageant dans l'air. Lorsque cette variation sinusoïdale de pression parvient à notre oreille, les ondes de pression sont transformées en ondes mécaniques (i.e. en mouvement) par notre tympan.

Le processus d'audition est commencé.

L'oreille humaine ne distingue un son que lorsque les deux valeurs suivantes sont appropriées :

- la pression acoustique
- la fréquence

1. Pression acoustique

La pression acoustique est la variation de pression de l'air en un point de l'ambiance que produit une source sonore. Ces oscillations de pression sont mesurées en Pa (ou N/m²) et désignées par la lettre « p ».

La pression acoustique représente un indice du niveau de bruit. Elle dépend de la distance entre la source sonore et le point de mesure et des caractéristiques du local. Elle ne peut pas servir à la détermination de la propagation dans un local. Il faut pour cela partir du niveau de puissance acoustique de la source sonore.

2. Puissance acoustique

La partie d'énergie d'un élément (source sonore) transformée en bruit est la puissance acoustique. Cette puissance acoustique est transmise à l'air sous forme d'oscillation de pression. Cette valeur ne peut pas être mesurée directement. On la détermine en faisant la somme des pressions acoustiques sur une surface englobant la source sonore.

La puissance acoustique est donc indépendante de la distance à la source ou des propriétés de l'environnement. Elle sera utilisée dans tous les calculs suivants. La puissance acoustique est exprimée en Watt (W). Pour des raisons pratiques, des grandeurs adimensionnelles ont été introduites par A.G. Bell.

3. Niveau de pression acoustique

Le niveau de pression acoustique est défini comme le rapport logarithmique de la pression acoustique « p » par la pression p_0 . Il est exprimé en décibels (dB).

$$L_p = 10 \log (p/p_0)^2$$

La constante $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ N/m²

correspond à la pression acoustique minimum que l'oreille humaine peut détecter. Elle est également appelée le seuil d'audibilité. La plage audible (seuil d'audibilité – seuil de douleur) est comprise entre 0 et 120 dB.

4. Niveau de puissance acoustique

Le niveau de puissance acoustique est défini comme le rapport logarithmique de la puissance acoustique W par la puissance W_0 .

Il est exprimé en décibels (dB).

$$L_W = 10 \log W/W_0$$

avec $W_0 = 10^{-12}$ W.

Bien que les niveaux de pression et de puissance acoustiques soient exprimés dans la même unité (dB), il s'agit physiquement de deux choses bien différentes. Le niveau de puissance acoustique est la quantité de bruit générée par une source sonore, c'est-à-dire l'énergie transmise à son environnement, tandis que le niveau de pression acoustique correspond au bruit que l'on mesure à une distance donnée de sa source. Le niveau de puissance est donc en général supérieur au niveau de pression acoustique.

5. Pondération de fréquence

Un même niveau de pression est perçu différemment par un individu selon la fréquence sonore du son. Un son de basse fréquence apparaît plus faible et moins gênant qu'un son haute fréquence de même niveau de pression. Pour prendre en compte la réponse différente de l'oreille humaine, on introduit une pondération des pressions mesurées. Le niveau de pression des basses fréquences est abaissé tandis que celui des hautes fréquences est augmenté.

Il existe plusieurs types de pondération, la plus utilisée est cependant la pondération A. On obtient ainsi des niveaux de pression et de puissance pondérés s'exprimant en dB(A).

Liste des symboles et concept de base

Rappels des techniques d'acoustique

6. Addition de niveau sonore

Lorsqu'il existe plusieurs sources sonores, les niveaux de puissance et de pression sonores doivent être ajoutés pour obtenir des niveaux globaux. Les règles d'addition s'appliquent de la même façon aux niveaux de puissances et de pressions acoustiques.

Pour des sources de même intensité, la formule suivante s'applique :

$$L_{gl} = L_1 + 10 \cdot \log n \text{ (dB)}$$

où « n » exprime le nombre de sources sonores.

Cette fonction est représentée par le graphique 1.

Si les sources sonores sont d'intensité différente, on ajoute au niveau sonore le plus élevé une valeur additionnelle ΔL , obtenue par la formule suivante à partir de la différence de niveau sonore : (Il est exprimé en décibels (dB).)

$$\Delta L = 10 \log (1 + 10^{(L_1 - L_2) / 10})$$

Cette formule vaut pour $L_2 > L_1$ et est représentée par le graphique 2.

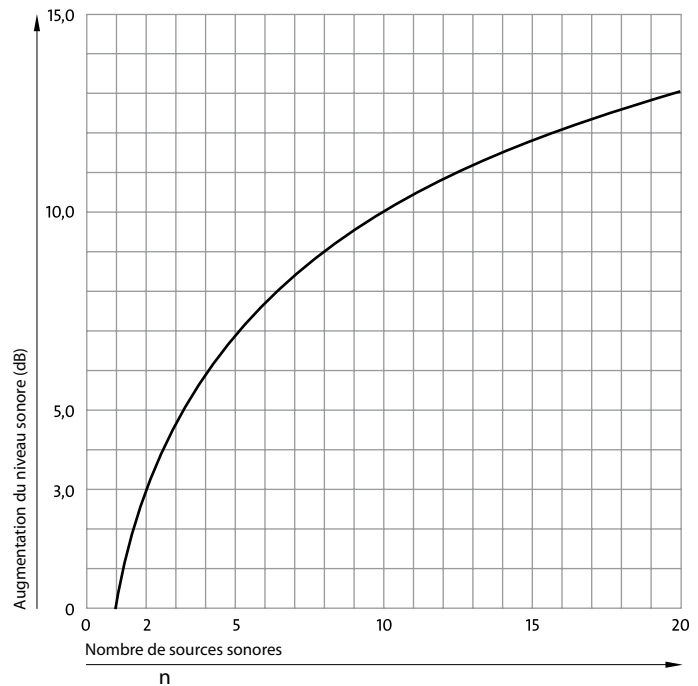
Lorsqu'il existe plusieurs sources sonores, l'addition se fait pas à pas. On calcule la somme globale de 2 niveaux sonores, auxquels on ajoute le 3ème niveau et ainsi de suite. Chaque addition se fait selon la formule ci-dessus représentée sur le graphique ci-contre. L'ordre dans lequel est effectué ces additions n'a pas d'importance, le résultat est toujours le même.

De ces principes, on déduit que :

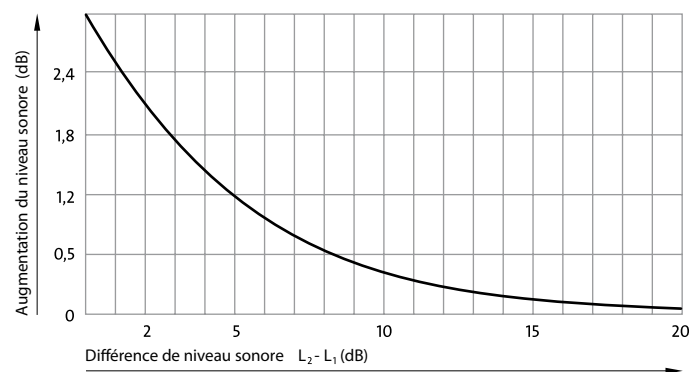
l'addition de deux sources sonores de même intensité produit une augmentation des niveaux sonores de 3 dB.

Lorsque la différence de niveau sonore est supérieure à 10 dB, l'augmentation est quasi nulle. Elle est en réalité de 0.4 dB, ce qui est négligeable compte tenu qu'un individu ne peut détecter de variations qu'à partir de 3 dB.

Graphique 1 : Augmentation du niveau acoustique pour des sources sonores de même intensité



Graphique 2 : Augmentation du niveau acoustique pour des sources sonores d'intensité différente



Liste des symboles et concept de base

Rappels des techniques d'acoustique

7. Détermination du niveau de pression acoustique dans un local

Les sources sonores et leurs niveaux de puissance acoustique doivent être connus pour déterminer le niveau de pression acoustique dans une pièce. La puissance acoustique émise par une source sonore génère en un point donné de la pièce un niveau de pression qui dépend de la distance par rapport à la source, de la directivité et du coefficient d'absorption de la pièce.

Le niveau de pression (dB) est la somme de deux composantes directe et indirecte :

$$L_p = L_w + 10 \log (Q \div 4\pi r^2) + (4 \div A)$$

Q est le coefficient de directivité.

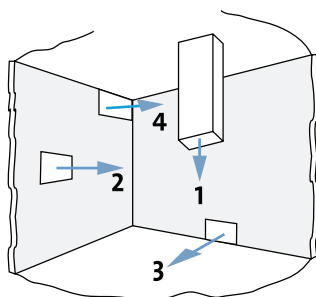
r est la distance par rapport à la source en m.

A est la surface totale d'absorption exprimée en m² Sabine.

Les coefficients de directivité suivants seront considérés suivant la position de la source sonore :

- 1 au milieu de la pièce
- 2 au mur
- 3 au milieu d'une arête
- 4 dans un angle

Coefficients de directivité



Pour simplifier dans les cas pratiques, sa valeur peut être considérée égale à 8 lorsque la propagation se fait sans déviation dans une seule direction et égale à 4 dans tous les autres cas. La surface totale d'absorption s'obtient à partir du temps de réverbération.

$$A = 0,163 V/T \text{ en m}^2$$

V = le volume de la pièce en m³

T = le temps de réverbération en s

Le temps de réverbération peut être obtenu expérimentalement. En phase de conception, sa valeur peut être déterminée suivant le VDI 2081 à partir du tableau ci-joint.

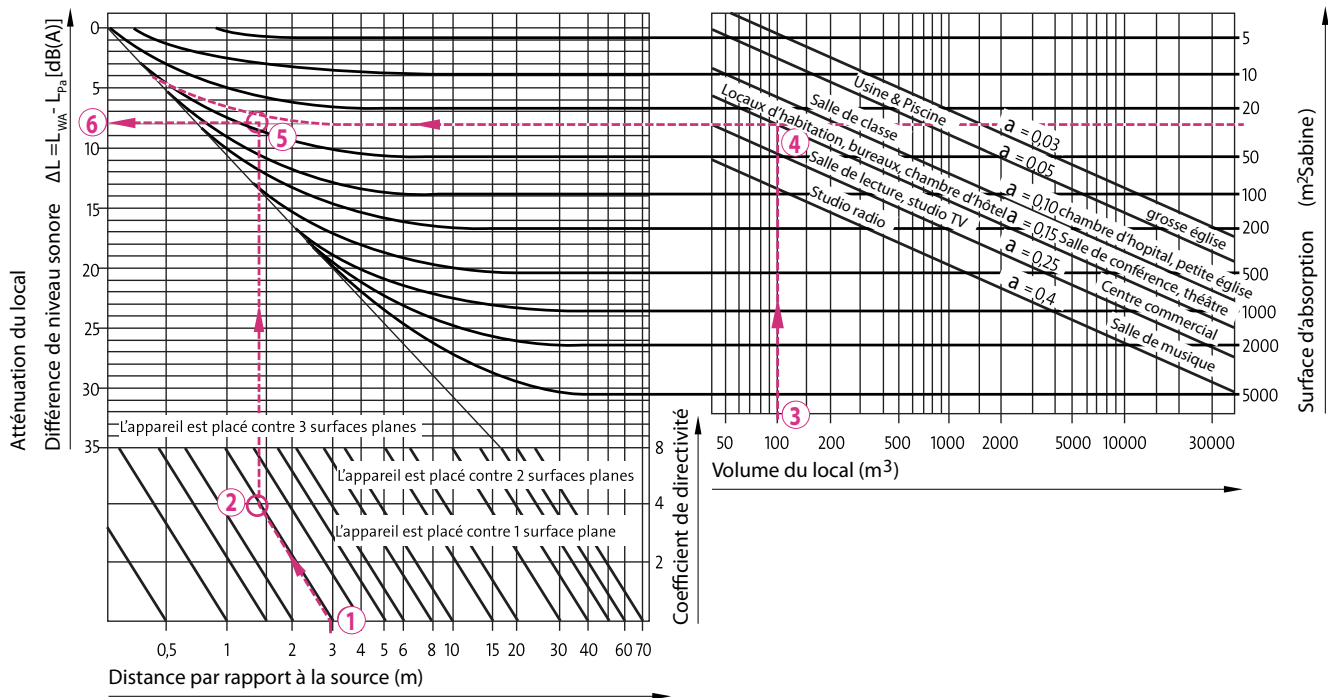
Tableau : Temps de réverbération

Type de local	Exemple	Temps de réverbération moyen [s]
Travail	Bureau individuel	0.5
	Bureau collectif	0.5
	Atelier	1.5
Locaux collectifs	Salle de concert, opéra	1.5
	Théâtre, cinéma	1.0
	Salle de conférence	1.0
Pièces à vivre	Chambre d'hôtel	0.5
Repos	Salle de repos	0.5
Enseignement	Salle de cours	1.0
	Classes	1.0
	Salle de réunion	1.0
Hôpital	Salle d'opération	2.0
	Chambre	1.0
	Salle de bain	2.0
Locaux publics	Musée	1.5
	Brasserie	1.0
	Local commercial	1.0
Sport	Salle de sport	2.0
Autres locaux	Studios TV, radio	0.5
	Salle informatique	1.5

Liste des symboles et concept de base

Rappels des techniques d'acoustique

Relation entre niveau de puissance et niveau de pression acoustique



On détermine avec le diagramme ci-dessus l'atténuation acoustique à partir de la distance à la source, du coefficient de directivité et de la surface d'absorption.

Coefficient d'absorption

Une surface qui absorbe l'ensemble des sons a un coefficient d'absorption = 1. Les coefficients ci-dessus représentent une valeur moyenne correspondant au rapport de l'absorption réelle par l'absorption du mur idéal.

Surface totale d'absorption en m^2 Sabine :
Il s'agit de la somme des surfaces d'absorption du local.

$$A = \sum S$$

Cette surface n'est pas égale à la surface totale des parois du local.

Exemple acoustique:

Données :

Bouche de diffusion ayant un niveau de puissance acoustique de 40 dB(A) placée dans une salle de conférence de $100 m^3$.

Question :

Quel est le niveau de pression acoustique à une distance de 3 m de la bouche?

Suppositions pour l'étude :

Directivité = 4

1. À partir du point ① (distance 3 m) tracer la droite parallèle jusqu'au point d'intersection ② avec le coefficient de directivité.
2. De là, tracer une droite verticale.
3. Faire une nouvelle entrée au point ③ correspondant au volume du local. Tracer une droite verticale jusqu'au point ④, soit l'intersection avec la ligne du coefficient d'absorption pour une salle de conférence.
4. Du point 4, suivre une parallèle aux courbes d'atténuation, jusqu'au point d'intersection ⑤.
5. Au point ⑥ lire la valeur de l'atténuation du local = 8 dB(A) sur l'axe des ordonnées.
Le niveau de pression acoustique à 3 m est donc : $LPA = LWA - \Delta L = 40 \text{ dB(A)} - 8 \text{ dB(A)} = 32 \text{ dB(A)}$.



nad
K L I M A

www.nadklima.com

NAD Klima

144, rue Léger,
Sherbrooke (Québec), Canada J1L 1L9
819 780-0111 • 1 866 531-1739

info@nadklima.com

FABRIQUÉ AU

CANADA