

1 Notions d'aéraulique

L'**aéraulique** désigne la branche de la physique qui traite de **l'étude de l'écoulement de l'air** et de ses applications.

1.1 Pression d'air

Plus les chocs entre les molécules d'air sont importants, plus la pression est grande.

*L'unité de mesure de la pression est le **Pascal [Pa]***

Soit un récipient rempli d'air à une pression $P1$ et l'air extérieur à la pression $P2$ (Cf. Figure 1 ci-après) :

$$P1 > P2$$

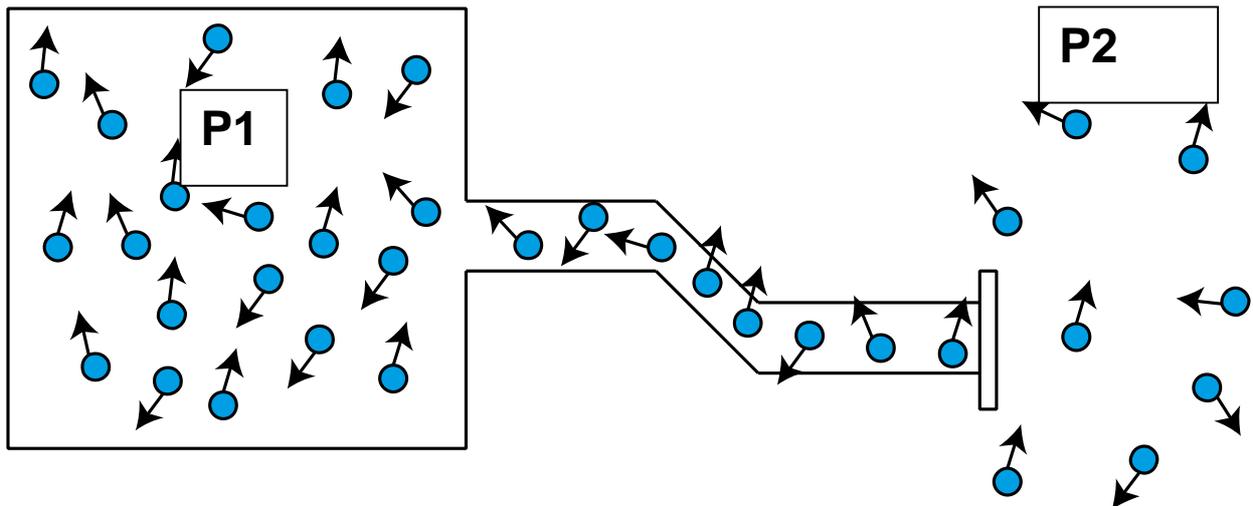


Figure 1

1.2 Débit d'air

Q°1 : Selon vous si on ouvre le bouchon que va-t-il se produire ?

Un débit d'air va se produire.

Conclusion :

Pour créer un débit d'air, il faut imposer une différence de pression entre deux zones.

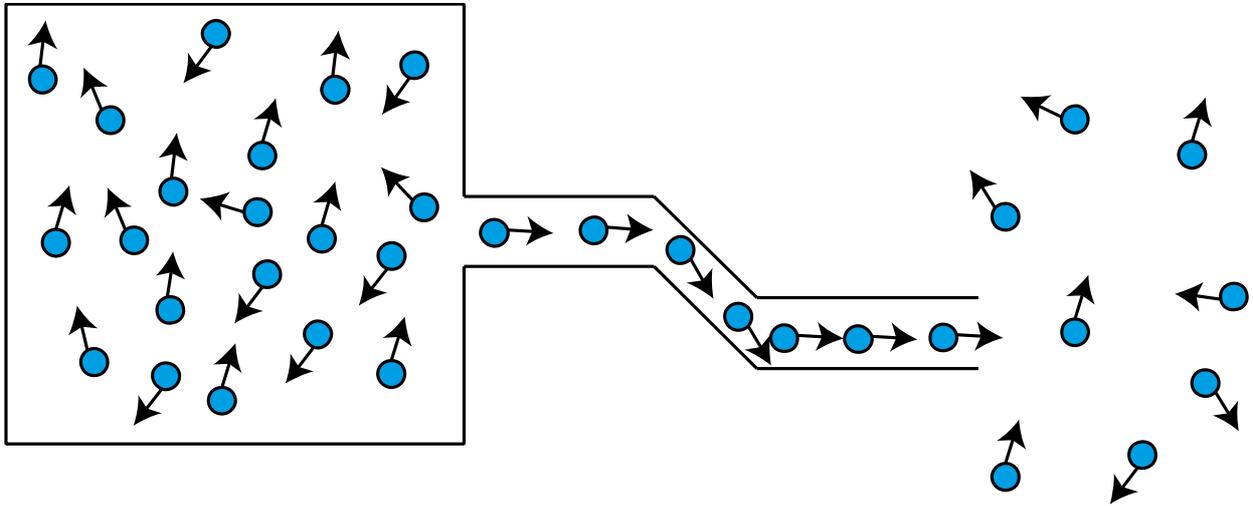


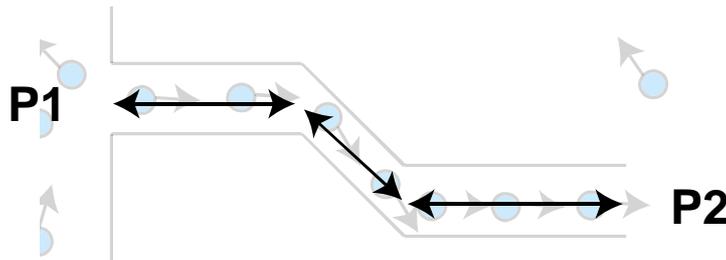
Figure 2 : Bouchon ouvert

1.3 Pertes de charge

En circulant, l'air va **perdre de la pression pour arriver de P1 à P2** à cause des :

Pertes de charges régulières

↔ Elles sont dues aux frottements de l'air sur les conduites linéaires (en ligne droite)

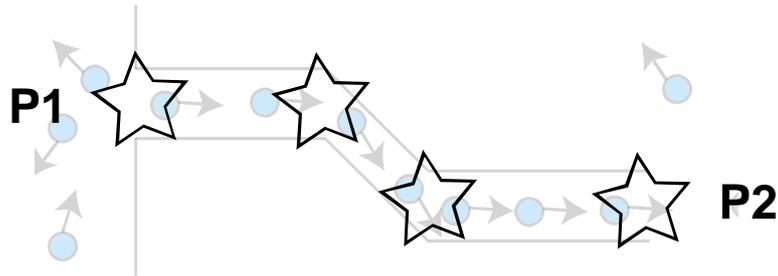


Ces frottements vont générer des pertes de pression (**pertes de charges régulières**).

Pertes de charges singulières



Elles sont dues aux changements brusques de géométrie (coudes, agrandissement/rétrécissement de section)



Ces changements de géométrie vont générer des pertes de pression (**perles de charges singulières**).

- **Comment calculer ces pertes de charges ?**

Pertes de charges régulières

$$P_{\text{reg}} = j \times l$$

- **P_{reg}** pertes de charges régulières [Pa]
- **j** coefficient de pertes de charge réparties [Pa/m]
- **l** longueur de la conduite [m]

Pertes de charges singulières

$$P_{\text{sing}} = k \times \frac{v^2}{2 \cdot g} \times \gamma$$

- **P_{sing}** pertes de charges singulières [Pa]
- **k** coefficient de pertes de charge singulières caractéristique de l'obstacle et donné par abaque [sans unité]
- **v** vitesse moyenne du fluide
- **γ** poids volumique de l'air = $\rho \times g$ [N/m³] = 1,2 kg/m³

Présentation

- L'**objectif** de ce TD est de dimensionner un caisson d'insufflation d'air pour le bureau d'un immeuble (Cf. Figure 3 ci-dessous).
- Le **principe** est le même que l'expérience ci-avant.
 - Le caisson d'insufflation va imposer une **pression P1**.
 - La **pression du bureau étant inférieure ($P_{\text{atmosphérique}}$)**, cela va générer un **flux d'air** (débit) du caisson d'insufflation vers le bureau.

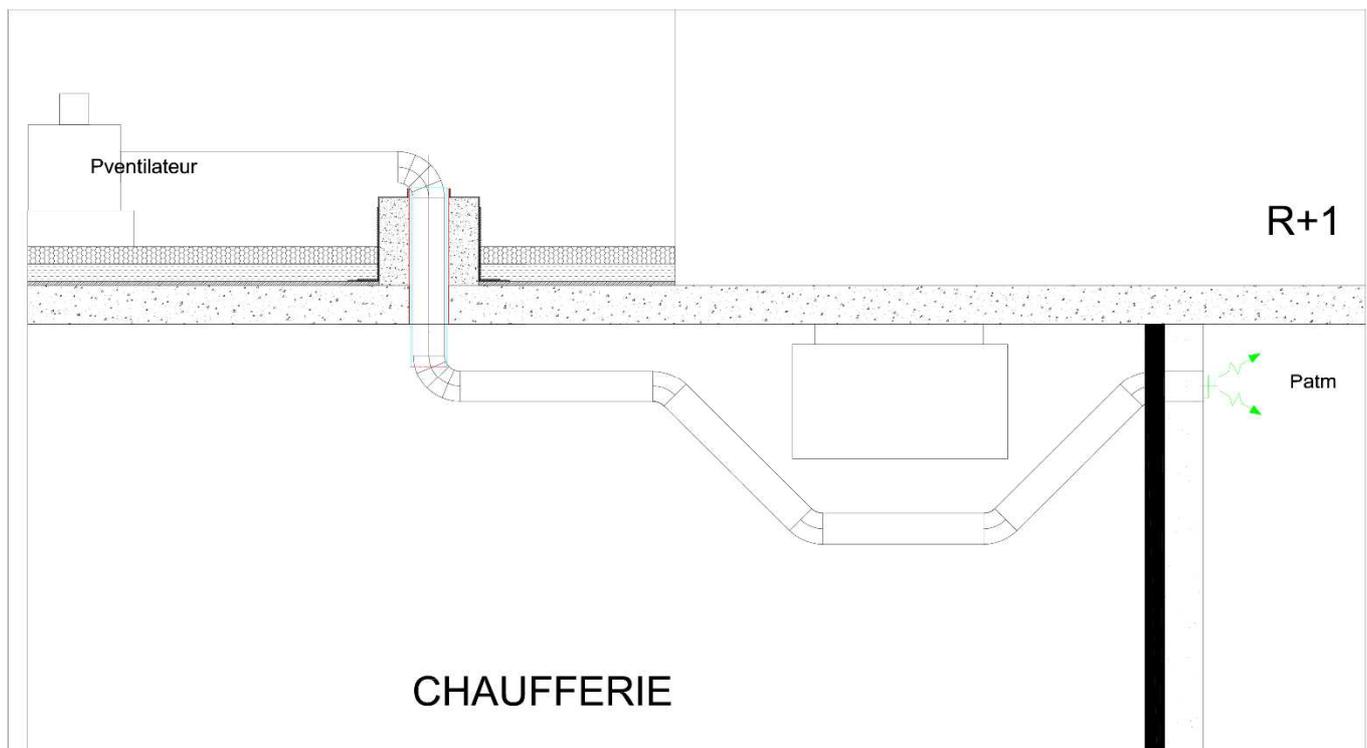


Figure 3 : Coupe de l'installation de ventilation (échelle 1/50)

Données

- La fiche connaissance « notions d'aéraulique »
- Plan à l'échelle 1/25 en ANNEXE 1
- Dimensions du bureau : 10 x 7,5 x 3 m

Partie 1. Calcul du débit et vérification de la vitesse maximale autorisé

1. **Calculez** le débit d'insufflation Q (en m³/h) sachant que l'on souhaite un renouvellement d'air de 0,9 volume/h dans le bureau (comprendre 0,9 fois le volume du bureau en 1 heure).

$$Q = 0,9 \times \text{Volume du bureau} = 0,9 \times 225 = 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. **Vérifiez** que la vitesse dans la gaine de ventilation ne dépasse pas 6 m/s (de façon à éviter le bruit)

Diamètre de la gaine : 160 mm (Cf. plan)

$$Q = 200 \text{ m}^3/\text{h} = 0,055 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Vitesse gaine} = Q/\text{Section gaine} = 0,055 / (\pi \cdot 0,16^2/4) = 2,73 \text{ m/s}$$

Partie 2. Calcul des pertes de charges dues au réseau de ventilation

Pertes de charges régulières

3. **Déterminer** à l'aide de l'abaque de l'ANNEXE 2 le coefficient j en Pa/m

Attention sur l'abaque j est donné en mmCE/m et non pas en Pa/m

$$\underline{1 \text{ mmCE} \approx 10 \text{ Pa}}$$

$$0,075 \text{ mmCE/m} = 0,75 \text{ Pa/m. L'air perd } 0,75 \text{ Pa de pression par mètre.}$$

4. **Calculez** les pertes de charges régulières du réseau (en Pa)

Longueur du réseau : 5,8 m

$$\text{Pertes de charges régulières} = 5,8 \times 0,75 = 4,4 \text{ Pa}$$

Pertes de charges singulières

5. **Calculez** les pertes de charges singulières du réseau (En Pa) (Cf. ANNEXE 3)

Coude à 90° : $K = 0,4$

Coude à 45° : $K = 0,2$

$$\text{Pertes de charges singulières} : (0,4 \times (v^2/2g) \times \gamma) \times 2 + (0,2 \times (v^2/2g) \times \gamma) \times 4 = 0,73 \text{ Pa}$$

Pertes de charges de la grille d'insufflation

6. **Trouvez** les pertes de charges dues à la grille d'insufflation (dimensions de la grille : 400x100 mm) (En Pa) (Cf. ANNEXE 4)

$$2 \text{ Pa}$$

Pertes de charges totales

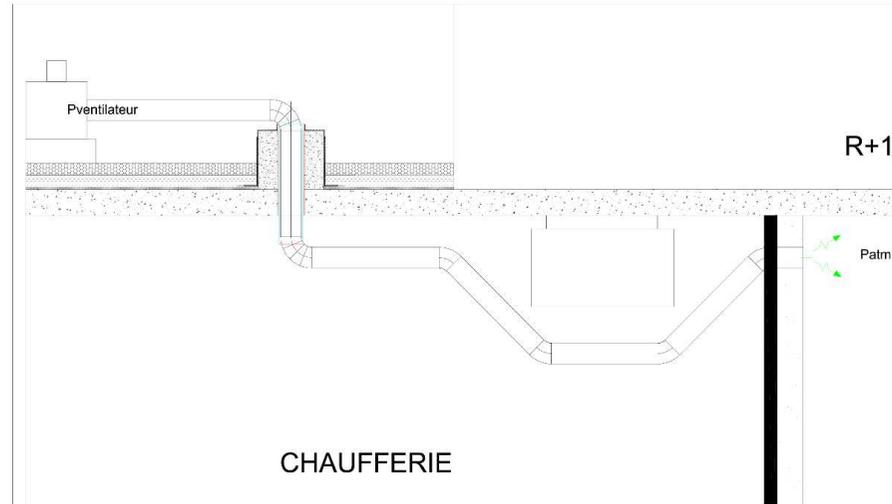
7. **Calculez** les pertes de charges totales du réseau (Pertes de charges régulières + Pertes de charges singulières + Pertes de charges de la grille).

$$4,4 + 0,73 + 2 = 7 \text{ Pa}$$

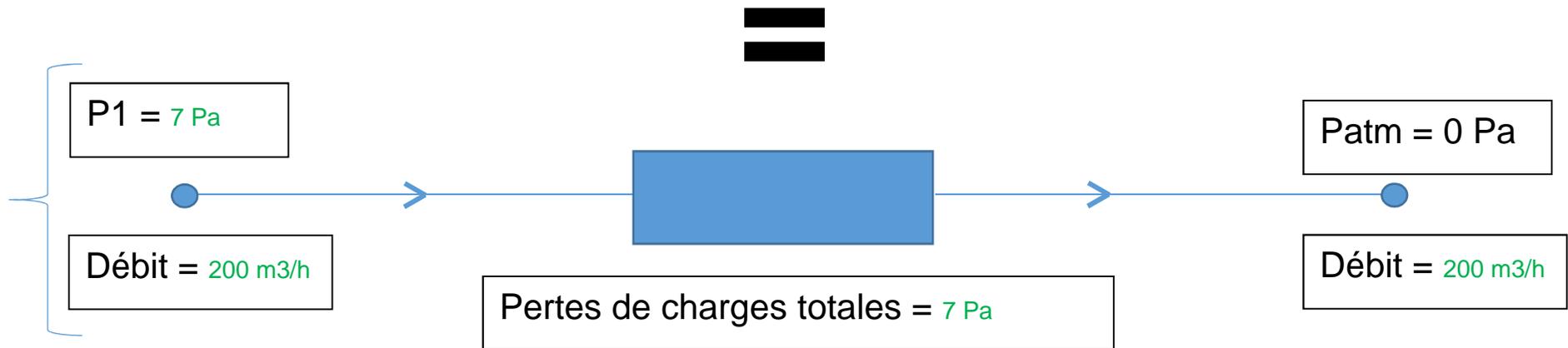
Partie 3. Caractéristiques du ventilateur

Sachant que l'air dans le local est à une pression de 0 Pa^1 et que pour arriver jusque-là l'air a perdu une pression égale aux pertes de charges calculées précédemment,

8. Complétez les caractéristiques du ventilateur (pression et débit) sur le schéma ci-après :

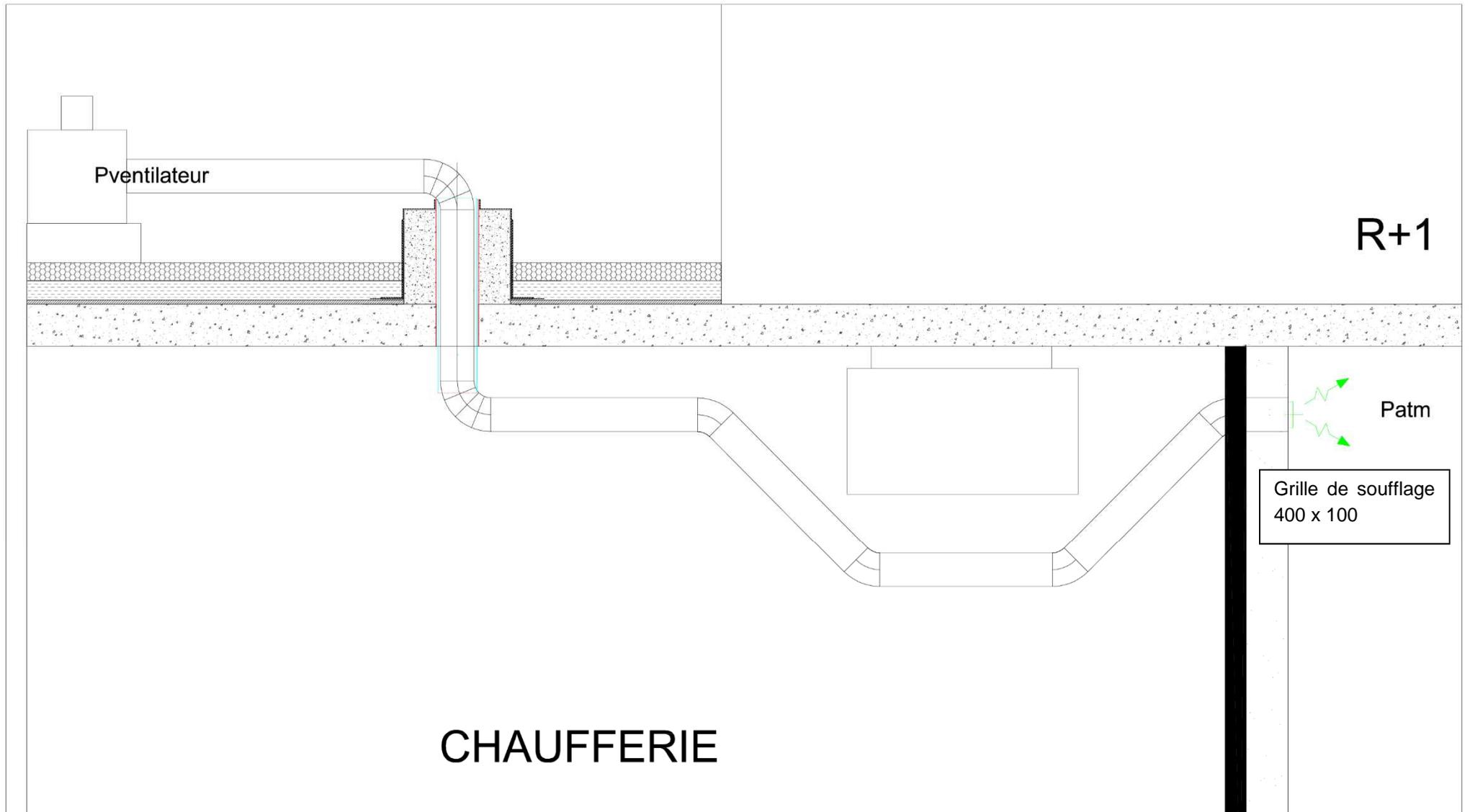


Caractéristiques du ventilateur



¹ Pression relative

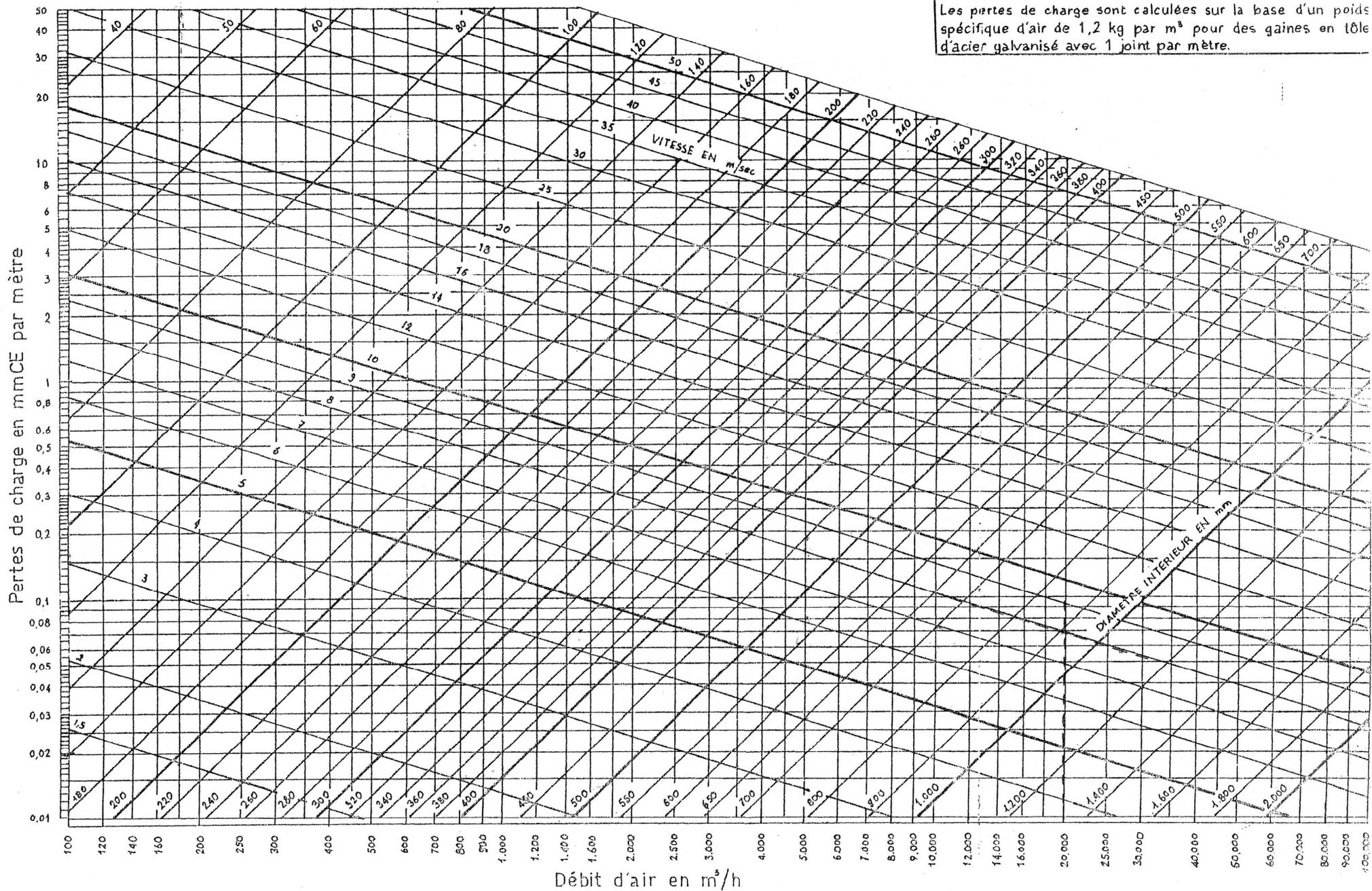
ANNEXE 1 : Coupe de l'installation (échelle 1/25)



ANNEXE 2 : Pertes de charges régulières (coefficient j)

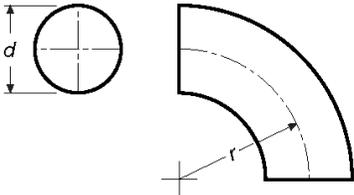
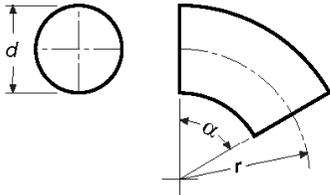
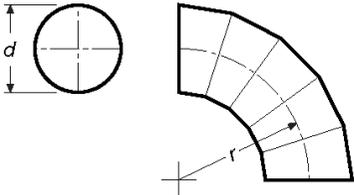
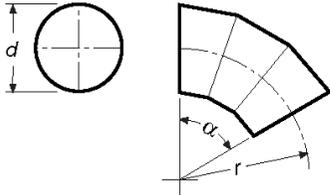
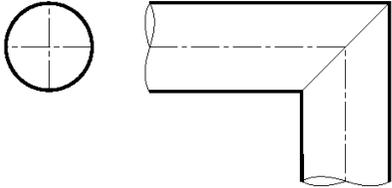
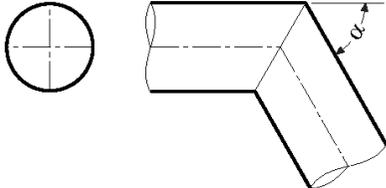
DIAGRAMME POUR LE CALCUL DES PERTES DE CHARGE DE L'AIR DANS LES GAINES CIRCULAIRES DROITES

Les pertes de charge sont calculées sur la base d'un poids spécifique d'air de 1,2 kg par m³ pour des gaines en tôle d'acier galvanisé avec 1 joint par mètre.



ANNEXE 3 : Pertes de charges singulières (coefficient k)

Conduites cylindriques – valeurs indicatives des coefficients K - coudes

<p style="text-align: center;">Coude à 90°</p>  <table border="1" data-bbox="965 435 1086 663"> <thead> <tr> <th>r/d</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>0,2</td> </tr> </tbody> </table>	r/d	K	0,50	0,9	0,75	0,5	1,00	0,4	1,50	0,3	2,00	0,2	<p style="text-align: center;">Coude à 30°, 45° et 60°</p>  <table border="1" data-bbox="1603 432 1895 663"> <thead> <tr> <th rowspan="2">r/d</th> <th colspan="3">K</th> </tr> <tr> <th>$\alpha=30^\circ$</th> <th>$\alpha=45^\circ$</th> <th>$\alpha=60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>0,3</td> <td>0,5</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>	r/d	K			$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	0,50	0,3	0,5	0,7	0,75	0,2	0,3	0,3	1,00	0,1	0,2	0,3	1,50	0,1	0,2	0,2	2,00	0,1	0,1	0,1
r/d	K																																							
0,50	0,9																																							
0,75	0,5																																							
1,00	0,4																																							
1,50	0,3																																							
2,00	0,2																																							
r/d	K																																							
	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$																																					
0,50	0,3	0,5	0,7																																					
0,75	0,2	0,3	0,3																																					
1,00	0,1	0,2	0,3																																					
1,50	0,1	0,2	0,2																																					
2,00	0,1	0,1	0,1																																					
<p style="text-align: center;">Coude 90° à secteurs</p>  <table border="1" data-bbox="965 751 1086 979"> <thead> <tr> <th>r/d</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>0,2</td> </tr> </tbody> </table>	r/d	K	0,50	1,1	0,75	0,6	1,00	0,4	1,50	0,3	2,00	0,2	<p style="text-align: center;">Coude 30°, 45° et 60° à secteurs</p>  <table border="1" data-bbox="1603 743 1895 975"> <thead> <tr> <th rowspan="2">r/d</th> <th colspan="3">K</th> </tr> <tr> <th>$\alpha=30^\circ$</th> <th>$\alpha=45^\circ$</th> <th>$\alpha=60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>	r/d	K			$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	0,50	0,4	0,6	0,7	0,75	0,2	0,3	0,4	1,00	0,1	0,2	0,3	1,50	0,1	0,2	0,2	2,00	0,1	0,1	0,1
r/d	K																																							
0,50	1,1																																							
0,75	0,6																																							
1,00	0,4																																							
1,50	0,3																																							
2,00	0,2																																							
r/d	K																																							
	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$																																					
0,50	0,4	0,6	0,7																																					
0,75	0,2	0,3	0,4																																					
1,00	0,1	0,2	0,3																																					
1,50	0,1	0,2	0,2																																					
2,00	0,1	0,1	0,1																																					
<p style="text-align: center;">Coude 90° à angle vif</p>  <p style="text-align: center;">$K = 1,4$</p>	<p style="text-align: center;">Coude 30°, 45° et 60° à angle vif</p>  <table border="1" data-bbox="1675 1110 1895 1214"> <thead> <tr> <th colspan="3">K</th> </tr> <tr> <th>$\alpha=30^\circ$</th> <th>$\alpha=45^\circ$</th> <th>$\alpha=60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,4</td> <td>0,7</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	K			$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	0,4	0,7	1,0																														
K																																								
$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$																																						
0,4	0,7	1,0																																						

ANNEXE 4 : Caractéristiques de la grille d'insufflation

Grilles double déflexion en matériau composite ABS

TE-BA



Caractéristiques générales

• Construction

Les grilles double déflexion **TE-BA** sont fabriquées en ABS, avec un cadre largeur 24 mm et deux rangées d'ailettes au pas de 20 mm. La finition standard est en RAL 9010 (blanc). La grille est fournie en standard avec des clips de fixation, pour montage direct sur plénum TE-PAS.

Le système breveté de plénum à montage rapide (fixation facile par clips) **TE-PAS** permet d'adapter son diamètre de raccordement au diamètre du conduit flexible. Il peut se fixer dans tous types de murs ou plafonds grâce aux pattes de fixation fournies.

TE-PAS et son registre (livré séparément) sont entièrement construits en matériau composite ABS. Le plénum a une hauteur réduite unique de 160 mm avec piquage.

• Application

Les grilles de la série TE-BA sont conçues pour le soufflage ou la reprise d'air, chaud ou froid et plus particulièrement dans les laboratoires, hôpitaux, ambiances humides ou corrosives où les diffuseurs acier et aluminium sont déconseillés.

Avec son système breveté, TE-PAS permet un gain de temps à l'installation grâce à son système de raccordement des conduits flexibles et son système de fixation.

La construction du plénum TE-PAS permet de s'affranchir d'isolation lors d'un usage en traitement d'air avec d'importants écarts de températures (ex : application à détente directe...).

Pour un montage direct sur conduit, la taille nominale L x H est la côte de réservation.

• Accessoires disponibles en option

Sont livrés avec le plénum TE-PAS :

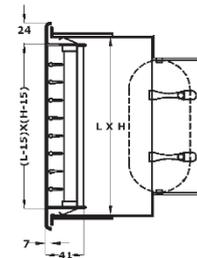
- le registre de réglage adaptable au diamètre de raccordement
- les clips de fixation



TE-BA Grille double déflexion en matériau composite ABS



TE-PAS Plénum en matériau composite ABS



R 8.1

Caractéristiques techniques et tarification

Taille nominale L x H (mm)	Qmin	Qmax	Ø Raccordement mm	TE-BA	TE-PAS
	m³/h	m³/h		€/pièce	€/pièce
200 x 100	50	200	125	19,90	21,50
400 x 100	200	400	160/200	31,00	27,00
300 x 150	200	500	160/200	29,90	25,00
400 x 150	300	700	160/200/250	36,80	29,80
400 x 200	400	1000	200/250	42,50	34,90
600 x 200	600	1400	200/250	66,30	39,80

L x H = côte de réservation pour montage mural grille seule.

CODIFICATION GRILLE

TE-BA 200x100

TE-BA type grille

200x100 taille nominale

R 8.8

CODIFICATION PLÉNUM

TE-PAS 200x100

TE-PAS type plénum

200x100 taille nominale

Sélections techniques soufflage

Taille	Données	Débit (m³/h)												Section libre (m²)	
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400		
200 x 100	Δp	2	6											Applications grands tertiaires (centres commerciaux,...) ou industrie.	0,012
	L _{0,25}	2,6	5,2												
	L _p	<20	30												
400 x 100	Δp		2	4	6									0,024	
	L _{0,25}		3,8	5,7	7,6										
	L _p		<20	24	33										
300 x 150	Δp		1	2	4	5,4								0,032	
	L _{0,25}		3,6	5,4	7,2	9									
	L _p		<20	<20	25	32									
400 x 150	Δp			1	2	3	5	6						0,041	
	L _{0,25}			4,8	6,4	8	9,5	11,1							
	L _p			<20	<20	25	30	35							
400 x 200	Δp				1	2	2	3	4	5	6			0,059	
	L _{0,25}				5,6	8,4	8,4	9,8	11,2	12,6	14				
	L _p				<20	<20	22	26	30	33	37				
600 x 200	Δp						1	1	2	2	3	4	5	Applications tertiaires (bureaux, hôpitaux,...) et confort en général.	0,093
	L _{0,25}						7	8,2	9,4	10,6	11,7	14,1	16,4		
	L _p						<20	<20	<20	22	25	30	35		

Δp : perte de pression en Pa.

L_{0,25} : portée horizontale en ml avec effet de plafond estimée d'un jet d'air froid pour une température jusqu'à -10°C et une vitesse terminale d'environ 0,25m/s.

L_p : niveau de pression acoustique en dB(A) estimé avec une atténuation du local de 10 dB.

Caractéristiques détaillées, voir fiche technique.