

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

VENTILATION : CONCEPTION ET RÉGULATION

PRINTEMPS 2024

Spécificités du tertiaire

Pierre GUSTIN
écorce
INGÉNIERIE & CONSULTANCE





- ▶ Prendre conscience des spécificités de la ventilation en tertiaire
- ▶ Comprendre les changements hygrothermiques de l'air
- ▶ Découvrir les différents composants d'une installation de ventilation et d'une centrale de traitement d'air (CTA)
- ▶ Se familiariser avec le vocabulaire spécifique
- ▶ Prendre conscience des enjeux énergétiques et acoustiques



INTRODUCTION

- Acoustique
- Performance énergétique

FONCTIONS

COMPOSANTS

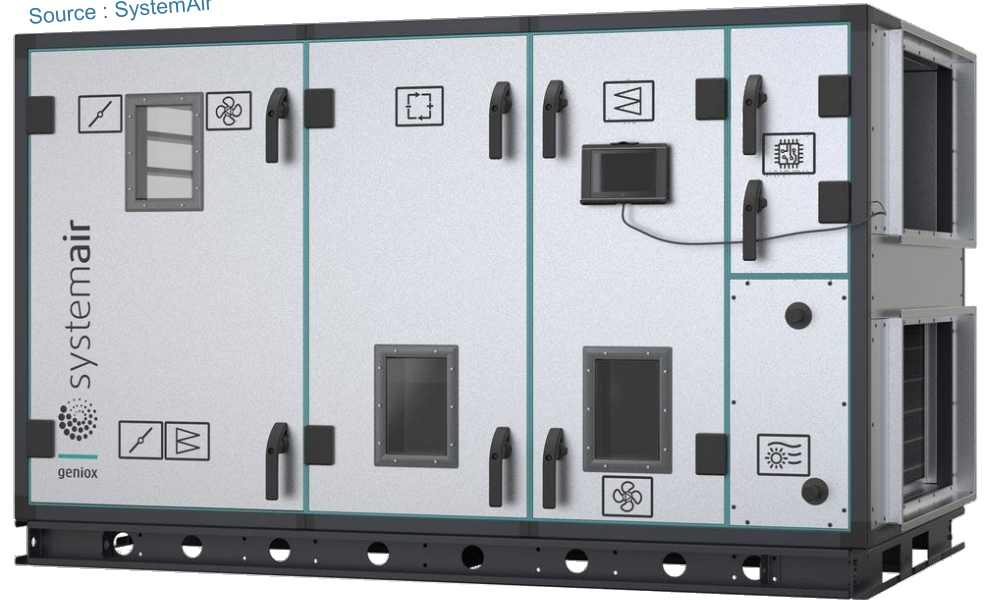




Source : Zehnder

Résidentiel

Source : SystemAir



→ Tertiaire

⇒ Quelles différences y a-t-il entre la ventilation en résidentiel et en tertiaire?



INTRODUCTION

- ▶ **Acoustique**
- ▶ Performance énergétique

FONCTIONS

COMPOSANTS



Les critères sur le niveau de pression acoustique

- ▶ Hôpitaux, bureaux, hôtels... : normes NBN S 01-401 **[1987]** → critères dépassés !
 - ⇒ Projet de nouvelle norme : NBN S01-400-3 – Acoustic requirements in non-résidentiel buildings
- ▶ En attendant, il est possible de se référer à d'autres référentiels

**BREEAM**[®]www.breeam.com**GRO**

Les critères sur le niveau de pression acoustique

- Etablissement scolaires : norme NBN S 01-400-2

Type d'espace	Valeur supérieure pour le niveau de bruit standardisé d'un équipement de service stationnaire	Temps de réverbération de référence
	$L_{Aeq,nT,stat}$ [dB]	$T_0^{(1)}$ [s]
SALLES DE COURS		
<i>Ecole maternelle</i>	35	0.6
salles de jeux	35	0.6
salles de repos		
<i>Ecole primaire, école secondaire, enseignement supérieur</i>		
salles de classe ordinaires, espaces pour petits groupes, salles de séminaire, espaces pour cours privés, laboratoires de langues	35	$0,35 \times \lg(1,25 \times V)$
<i>Salles de cours paysagères</i>	40	0.8
<i>Auditoires</i>		
petit (≤ 50 personnes)	35	$0,35 \times \lg(1,25 \times V)$
grand (> 50 personnes)	30	$0,35 \times \lg(1,25 \times V)$

Type d'espace	Valeur supérieure pour le niveau de bruit standardisé d'un équipement de service stationnaire	Temps de réverbération de référence
	$L_{Aeq,nT,stat}$ [dB]	$T_0^{(1)}$ [s]
ZONES SILENCIEUSES		
<i>Salles d'études</i>		
étude individuelle, salles de remédiation, salles de préparation de cours	35	0.8
<i>Bibliothèques</i>		
salle d'étude	35	1
salle de documentation	40	1
ZONES POUR ASSEMBLÉES		
<i>Espaces polyvalents</i>		
théâtre, gym, présentations audio/visuelle, assemblées, concerts occasionnels	35	1.0



Les critères sur le niveau de pression acoustique

- ▶ Les exigences sont exprimées soit en :
 - $L_{Aeq,nT,stat}$ (niveau de bruit équivalent pondéré) dans les normes actualisées
 - Valeurs **NR** (indice d'évaluation du bruit) dans les normes plus anciennes



⇒ **Les installateurs utilisent encore majoritairement les niveaux NR**

- On peut considérer en bonne approximation que



⇒ $L_{Aeq,nT,stat}$ (en dB) = NR + 5

- ▶ Ces valeurs correspondent au niveau maximum à respecter en tout point dans le local mesuré, quand toutes les installations techniques intérieures et permanentes sont en fonctionnement normal.
- ▶ Les silencieux sont dimensionnés sur cette base considérant le tronçon le plus défavorable (le groupe et son niveau de bruit, les longueurs de conduites, coudes et dérivations...)



INTRODUCTION

- Acoustique
- **Performance énergétique**

FONCTIONS

COMPOSANTS



Performance

La performance énergétique d'une installation de ventilation est directement liée à la consommation électrique des moteurs des ventilateurs.

$$\text{Consommation [kWh]} = Q_v \text{ [m}^3\text{/h]} \times \Delta P \text{ [Pa]} / \eta_{\text{vent}}$$

$$\text{!} \Delta P \sim Q_v^2 \rightarrow \text{Consommation} \sim Q_v^3$$



Pour limiter la consommation il convient donc :

- ▶ De limiter les débits au minimum nécessaire
 - ⇒ **Dimensionnement, régulation, limitation des fuites**
- ▶ De limiter les pertes de charges
 - ⇒ **Conception et dimensionnement du réseau et des équipements**
- ▶ D'augmenter le rendement de l'ensemble moteur/ventilateur
 - ⇒ **Choix technologique et dimensionnement**



INTRODUCTION

FONCTIONS

- ▶ **Ventilation hygiénique**
- ▶ Traitement de l'air

COMPOSANTS



VENTILATION HYGIÉNIQUE

- ▶ Les débits de ventilation hygiénique dépendent de
 - L'affectation du local (bureaux, salle de classe, archives, sanitaires, ...)
 - L'occupation (nombre d'occupants)
 - La surface, notamment si l'occupation n'est pas connue
 - Le type de bâtiment (peu polluant, très peu polluant, autres bâtiments)
- ▶ Les exigences portent
 - Sur le résultat (qualité d'air en présence d'occupants)
 - Sur les moyens mis en œuvre (débit minimum)



INTRODUCTION

FONCTIONS

- Ventilation hygiénique
- **Traitement de l'air**

COMPOSANTS



L'air introduit par la ventilation peut être utilisé comme vecteur

- ▶ Pour chauffer ou refroidir
- ▶ Pour humidifier ou déshumidifier

Points d'attention

- ▶ Débits souvent plus élevés que pour la ventilation hygiénique
- ▶ Encombrement de la centrale de traitement d'air et du réseau
- ▶ Dépendance de la ventilation hygiénique avec le traitement climatique
- ▶ Sélection de la diffusion de l'air selon l'usage et le traitement climatique

⇒ **La faisabilité d'un système de chauffage et/ou refroidissement uniquement par l'air de ventilation doit tenir compte de ces données**



Diagramme psychrométrique de l'air humide

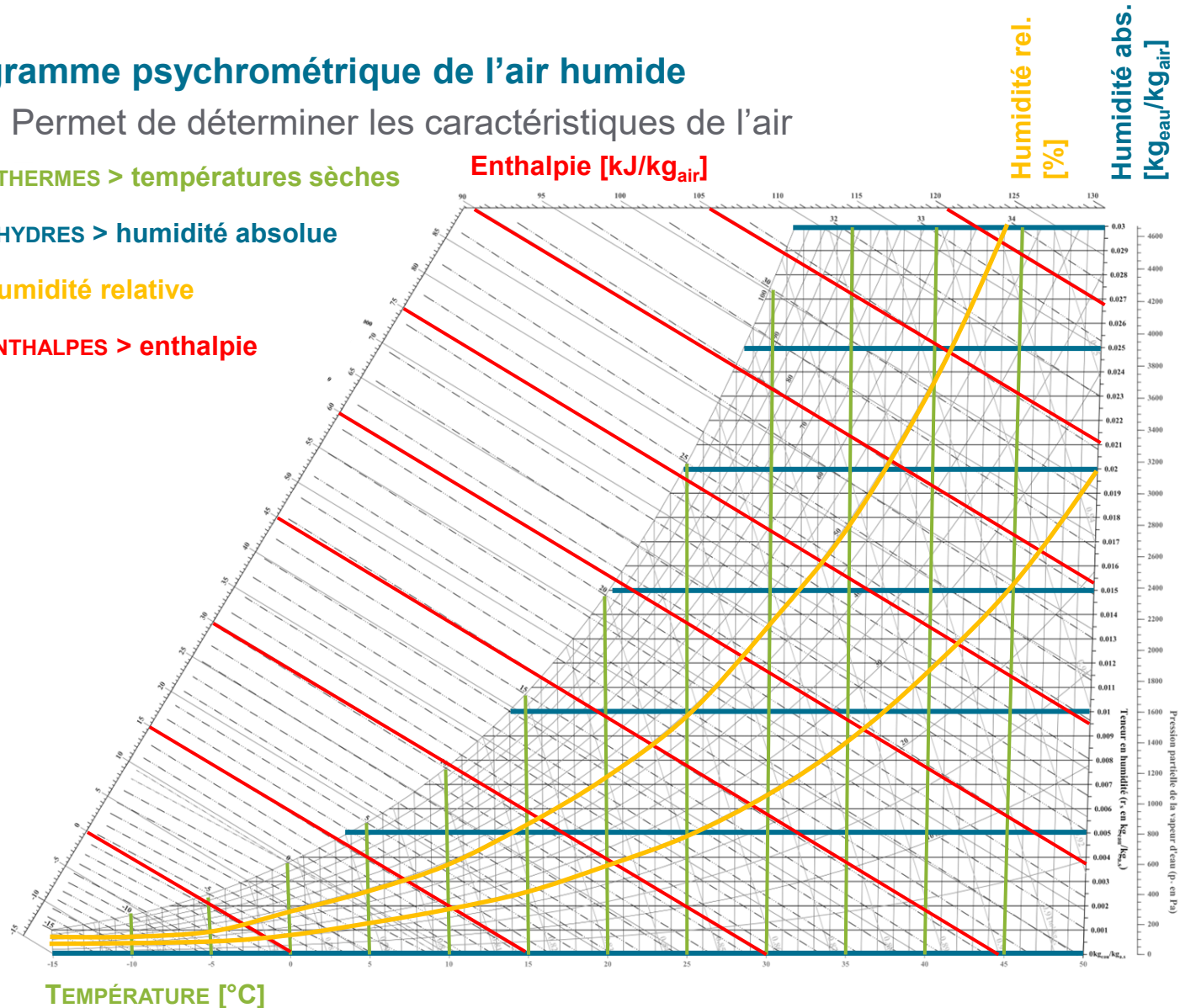
- ▶ Permet de déterminer les caractéristiques de l'air

ISOTHERMES > températures sèches

ISOHYDRES > humidité absolue

> humidité relative

ISENTHALPES > enthalpie



Source : AICVF

TEMPÉRATURE [°C]



Diagramme psychrométrique de l'air humide

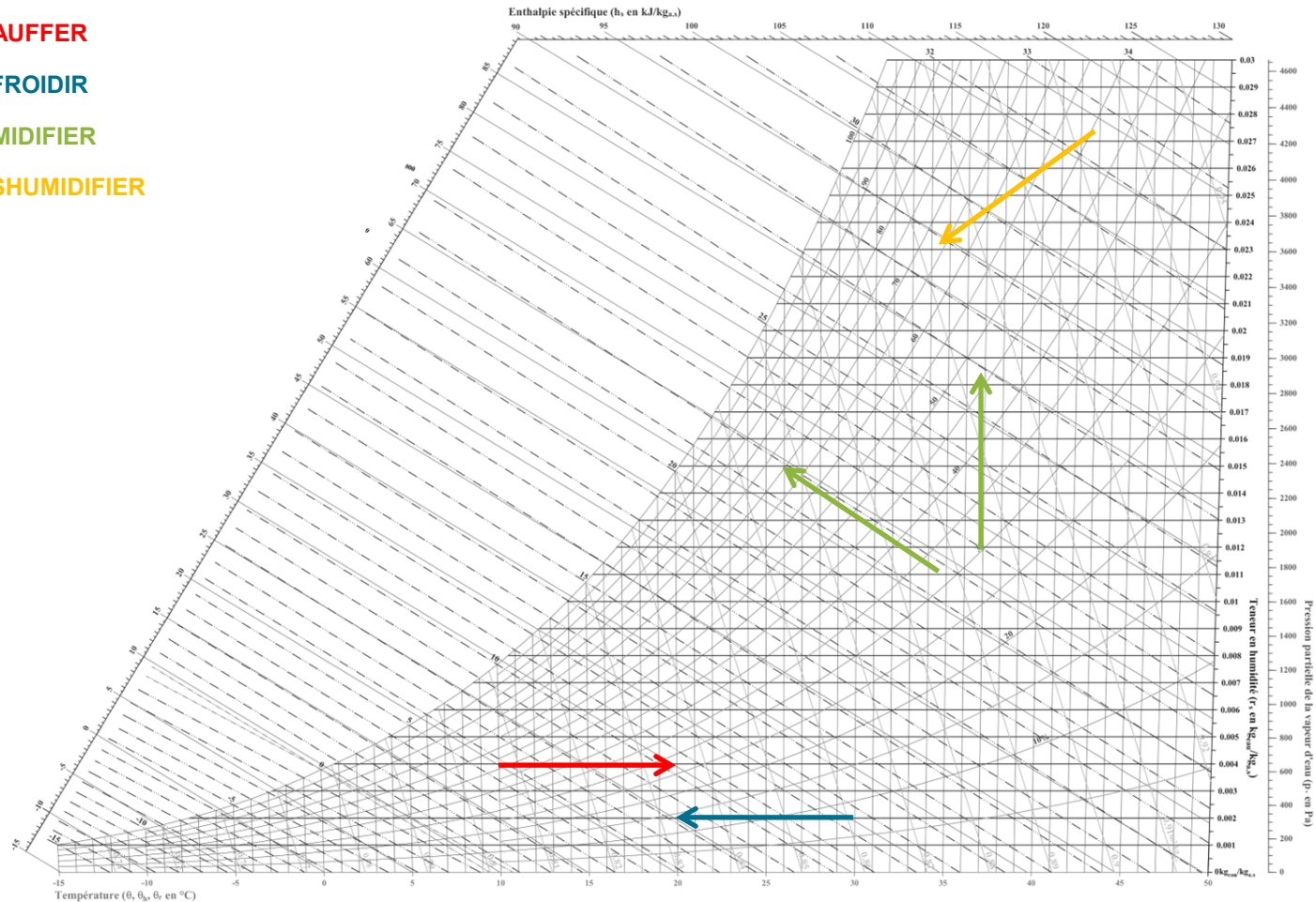
- Permet de déterminer les caractéristiques de l'air

CHAUFFER

REFROIDIR

HUMIDIFIER

DÉSHUMIDIFIER



Source : AICVF



Diagramme psychrométrique de l'air humide

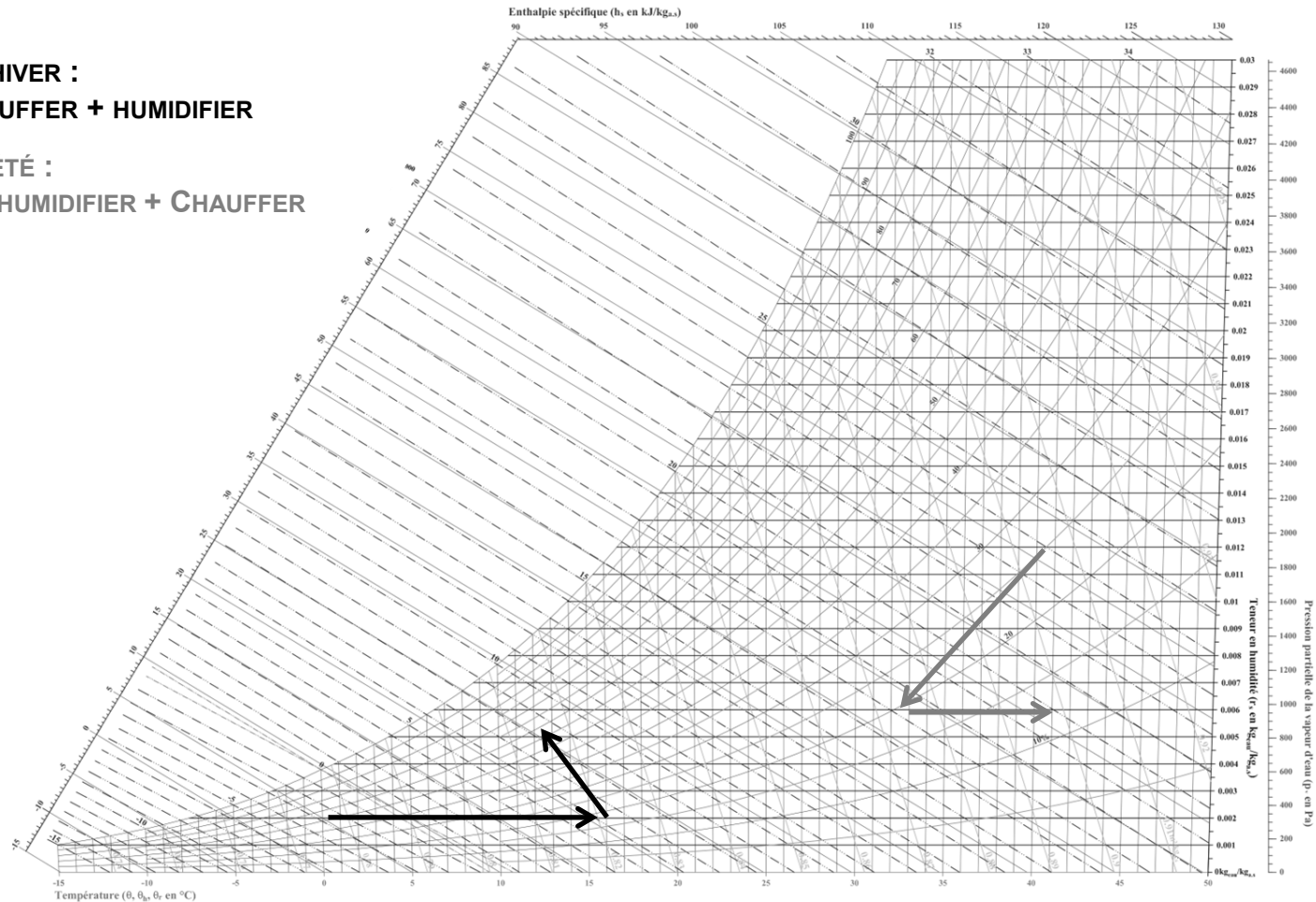
- Permet de déterminer les caractéristiques de l'air

EN HIVER :

CHAUFFER + HUMIDIFIER

EN ÉTÉ :

DÉSHUMIDIFIER + CHAUFFER



Source : AICVF



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

- ▶ **Vue d'ensemble**
- ▶ Unités terminales
- ▶ Réseau de distribution
- ▶ Centrale de traitement d'air
- ▶ Régulation

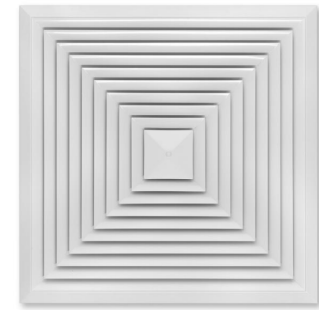




Source: SystemAir



Source: Cairox



Source: Trox

Centrale de traitement d'air

- Traitement de l'air,
- Filtration
- Régulation de la pression

Réseau de distribution

- Transport de l'air,
- Protection incendie
- Régulation du débit
- Silencieux

Unités terminales

- Diffusion de l'air
- Reprise d'air



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

- Vue d'ensemble
- **Unités terminales**
- Réseau de distribution
- Centrale de traitement d'air
- Régulation



Exigences relatives à l'environnement (NBN EN 13779)

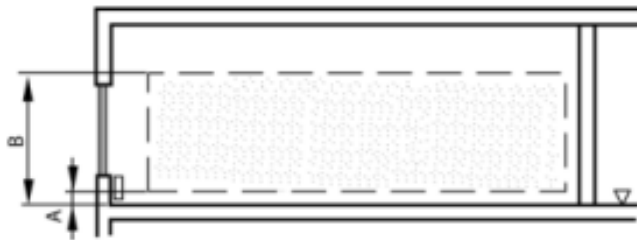
- ▶ Environnement thermique
 - Température de l'air et température opérative
 - Vitesse de l'air et indice de courant d'air
 - Qualité de l'air intérieur
 - Humidité de l'air intérieur

- ▶ Environnement acoustique

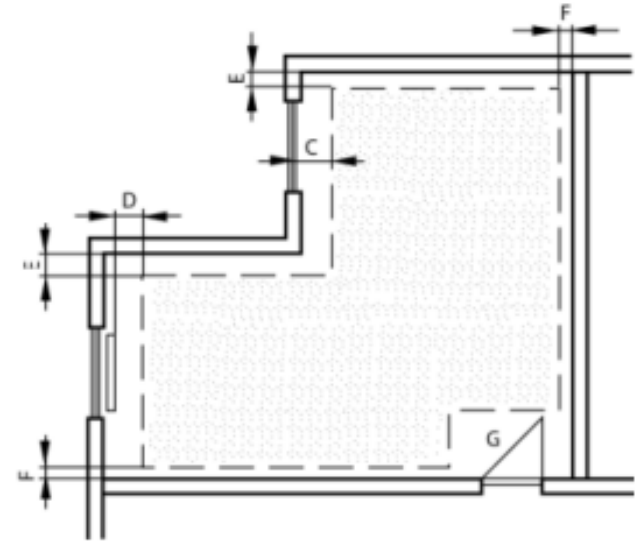
⇒ **Les exigences doivent être respectées dans la zone d'occupation**



Zone d'occupation (NBN EN 13779)



Section verticale



Vue de dessus

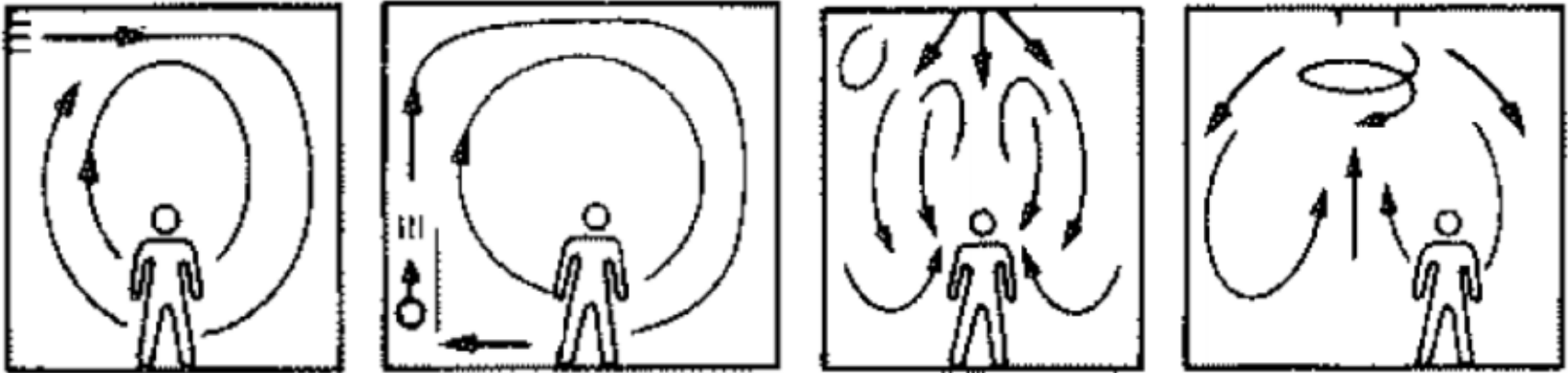
Tableau 11 — Dimensions de la zone d'occupation

Distance par rapport à la surface interne		Plage type (m)	Valeur par défaut (m)
Plancher (limite inférieure)	A	0,00 à 0,20	0,05
Plancher (limite supérieure)	B	1,30 à 2,00	1,80
Fenêtres et portes extérieures	C	0,50 à 1,50	1,00
Applications pour les systèmes de ventilation et de climatisation	D	0,50 à 1,50	1,00
Murs extérieurs	E	0,15 à 0,75	0,50
Murs intérieurs	F	0,15 à 0,75	0,50
Portes, zones de passage etc...	G	Accord spécifique	-



Ventilation par mélange (induction)

- Mélange de l'air primaire avec l'air secondaire



Induction tangentielle (effet COANDA)

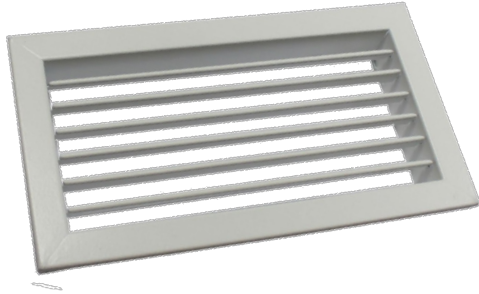
Induction radiale

Source : ATIC

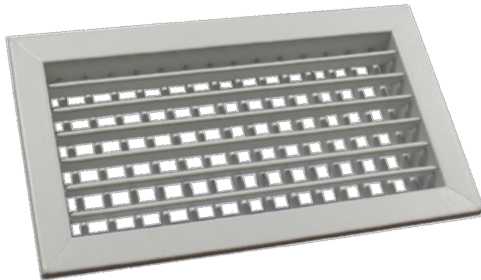
- Taux de turbulences plus élevé (vitesse de l'air : 1 à 8m/s)
- Écart de température entre air ambiant et air neuf plus élevé
- Nécessite moins d'air neuf
- Gamme de matériel plus étendue
- Coût des diffuseurs plus faibles



Diffuseurs par mélange (induction)



← Grille murale (simple déflexion)



← Grille murale (double déflexion)



← Grille sur gaine (double déflexion)

Diffuseur hélicoïdal →



Bouche de type ventouse →



Source : Cairox

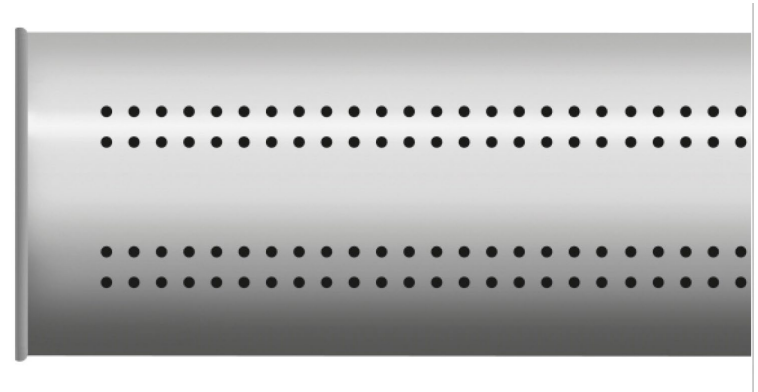


Diffuseurs par mélange (induction)**Buse Jet**

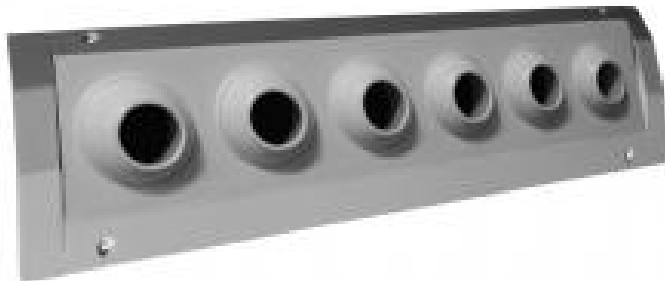
Source : Cairox

**Bouche de sol**

Source : Trox

**Gaine d'induction perforée**

Source : Cairox

**Rampe de buses Jet**

Source : Cairox

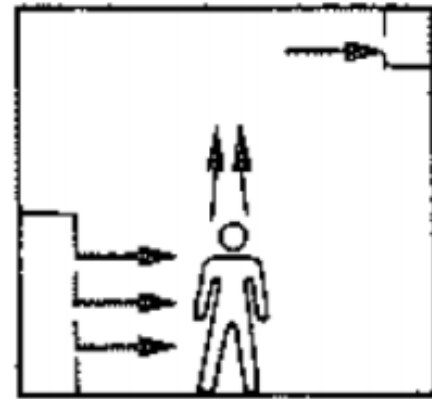
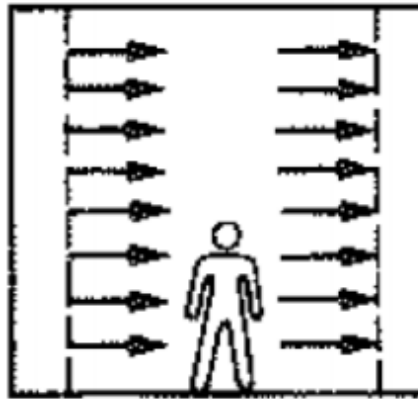
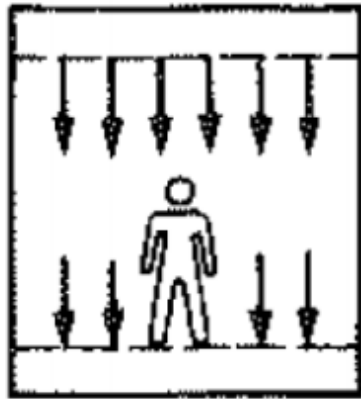
**Diffuseur de plafond**

Source : Trox



Ventilation par déplacement (refoulement)

- Remplacement de l'air pollué par de l'air neuf

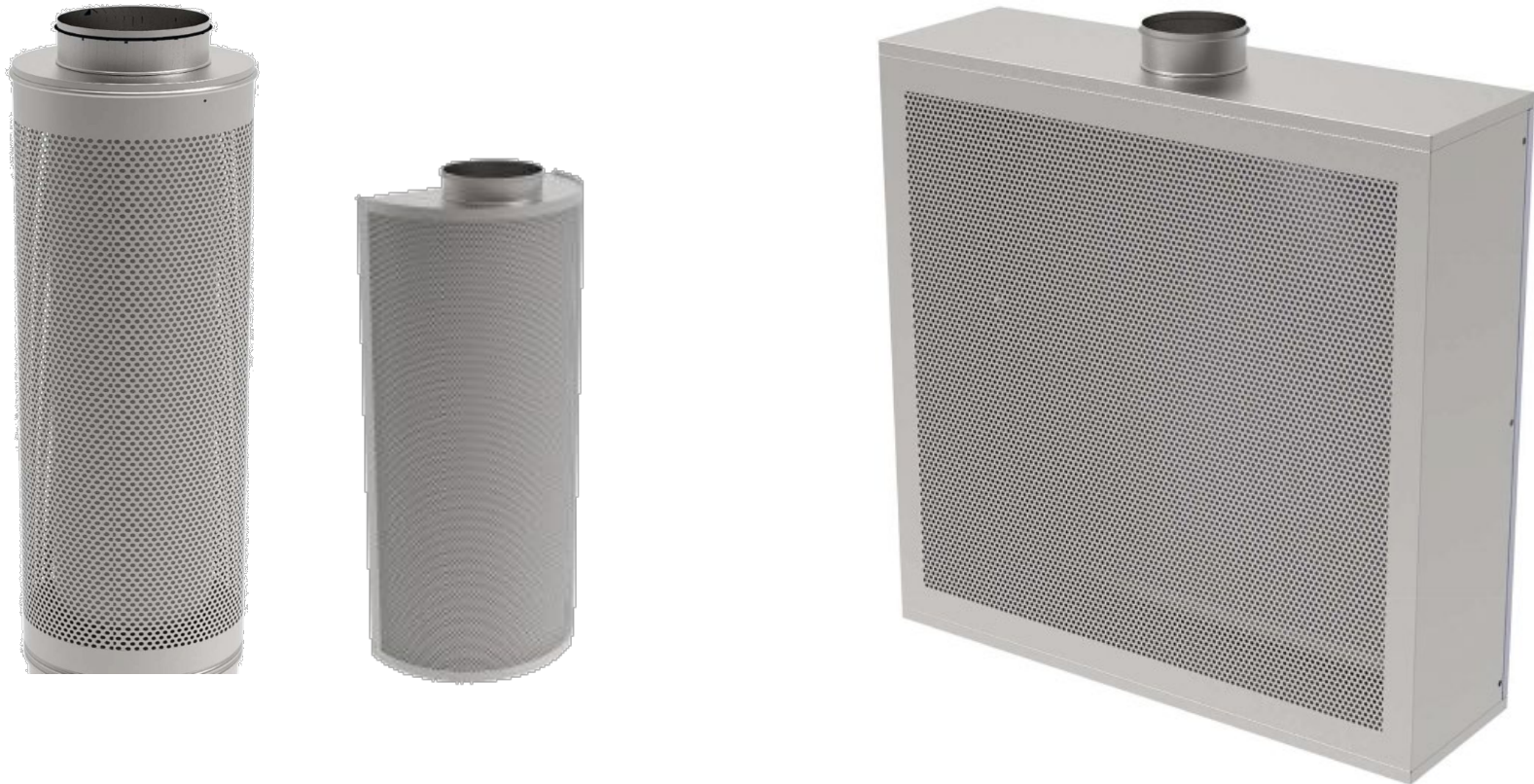


Source : ATIC

- Faibles turbulences (vitesse de l'air : 0,15 à 0,2 m/s)
- Faible différence de température entre air primaire et secondaire
- Nécessite l'utilisation de grandes grilles de ventilation, souvent plus chère
- Faible vitesse en sortie des bouches
- Ne convient pas en mode chauffage



Diffuseurs à déplacement d'air



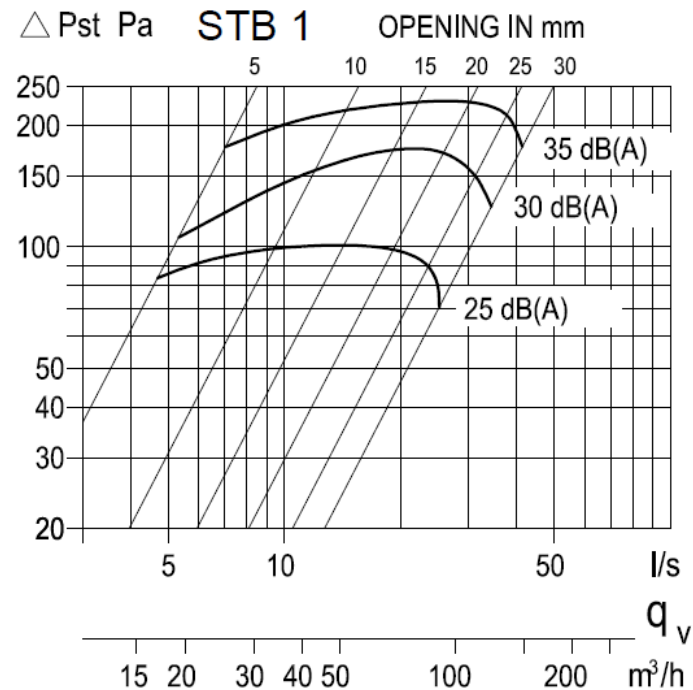
Source : Cairox



Acoustique :

- Une bouche peut générer un bruit supplémentaire si elle est mal choisie

⇒ **Choisir une bouche adaptée au débit et à la pression en amont**

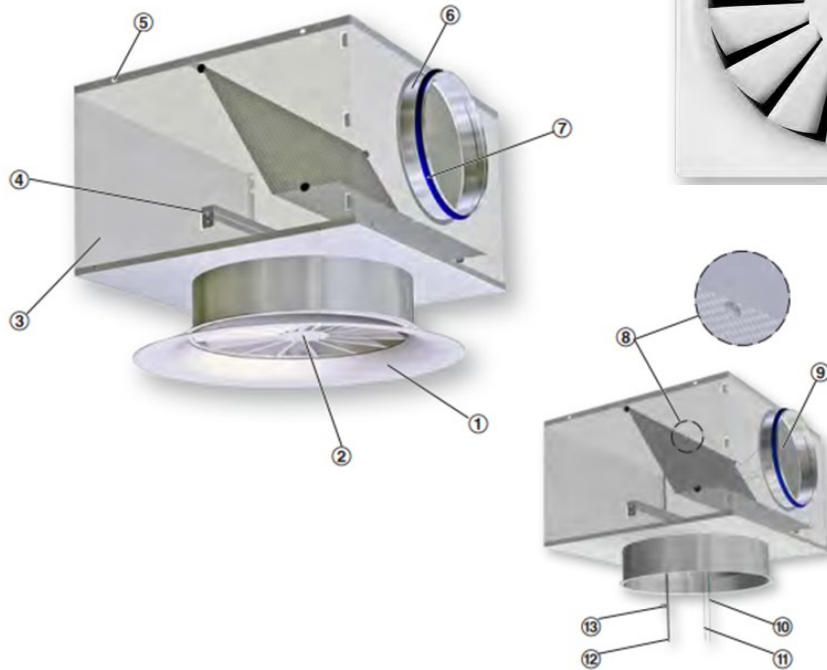


Source / Bron : Zehnder



Acoustique

Schéma du RFD-R-D, avec caisson pour raccordement horizontal



- ① Façade du diffuseur
- ② Vis de fixation centrale
- ③ Caisson de raccordement
- ④ Barre transversale
- ⑤ Patte de suspension
- ⑥ Collet de raccordement

- Options
- ⑦ Joint à lèvres
 - ⑧ Prise de pression
 - ⑨ Clapet de réglage pour équilibrage du débit
 - ⑩ Cordelette verte pour la fermeture du clapet de réglage
 - ⑪ Cordelette blanche pour l'ouverture du clapet de réglage
 - ⑫ Tube de mesure
 - ⑬ Étiquette de texte qui indique le modèle du caisson de raccordement



D-K

tion rapide – niveau de puissance
tique et perte de charge

ension nominale	$\dot{V}$		Δp_t	L_{WA}
	l/s	m³/h	Pa	dB(A)
125	4,4	16	1	<15
	15	54	8	18
	30	108	33	36
	46	166	79	50
160	6,4	23	1	<15
	25	90	8	16
	45	162	26	33
	76	274	74	50
200	9	32	0	<15
	45	162	11	23
	75	270	31	37
	110	396	66	50
250	14	50	0	<15
	65	234	10	21
	115	414	33	38
	164	590	66	50
315	25	90	1	<15
	95	342	11	23
	165	594	32	38
	240	864	67	50
400	36	130	1	<15
	135	486	12	24
	235	846	36	40
	330	1188	71	50



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

- Vue d'ensemble
- Unités terminales
- **Réseau de distribution**
- Centrale de traitement d'air
- Régulation



Spécificités du réseau en tertiaire

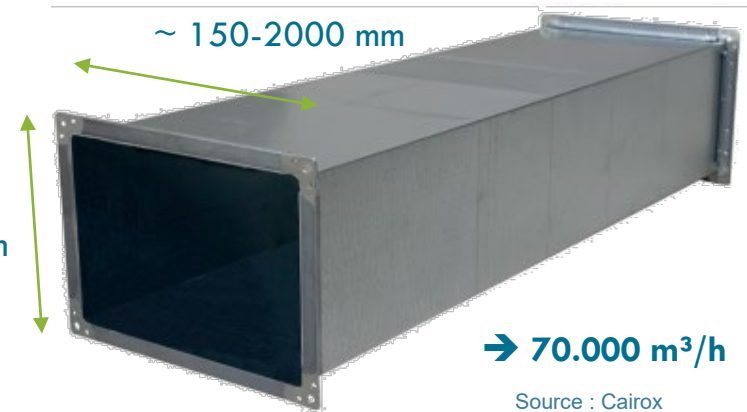
- Critères des dimensionnements
 - La vitesse de l'air
 - La perte de charge
- Les débits sont + importants
 - >> Sections + importantes
 - >> **Encombrement + important !**
- Variété des usages
 - >> Débits très différents selon les espaces
 - >> **Équilibrage essentiel !**

Exemple

Une toilette ($50\text{m}^3/\text{h}$)

Un open space de 15 personnes ($> 330\text{m}^3/\text{h}$)

Un atelier de production ($\sim 4000\text{m}^3/\text{h}$)



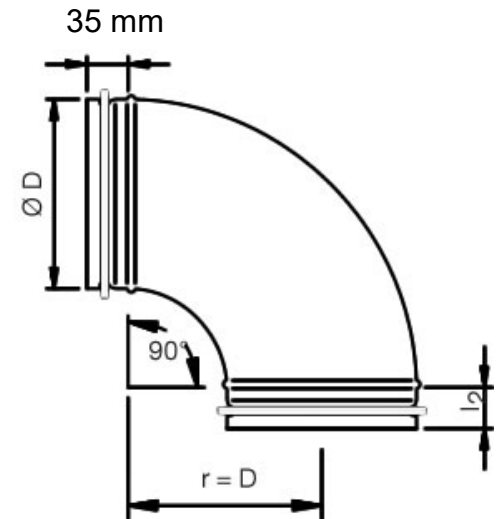
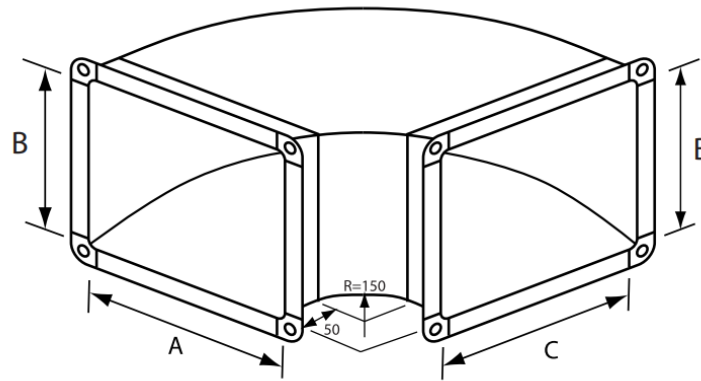
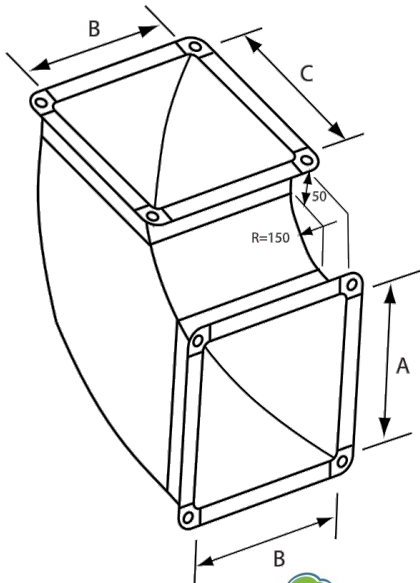
Source : Cairox



Source : Cairox



Spécificités du réseau en tertiaire



Source : Cairox



RÉSEAU DE DISTRIBUTION

Limiter les pertes de charges

- Conception du réseau adaptée

Limiter le bruit dans l'installation

- Conception du réseau adaptée
- Placer des silencieux

Équilibrer le réseau

- Registre manuel, CAV, VAV, ...



Source : Trox



Source : Cairox



Source : écoRce

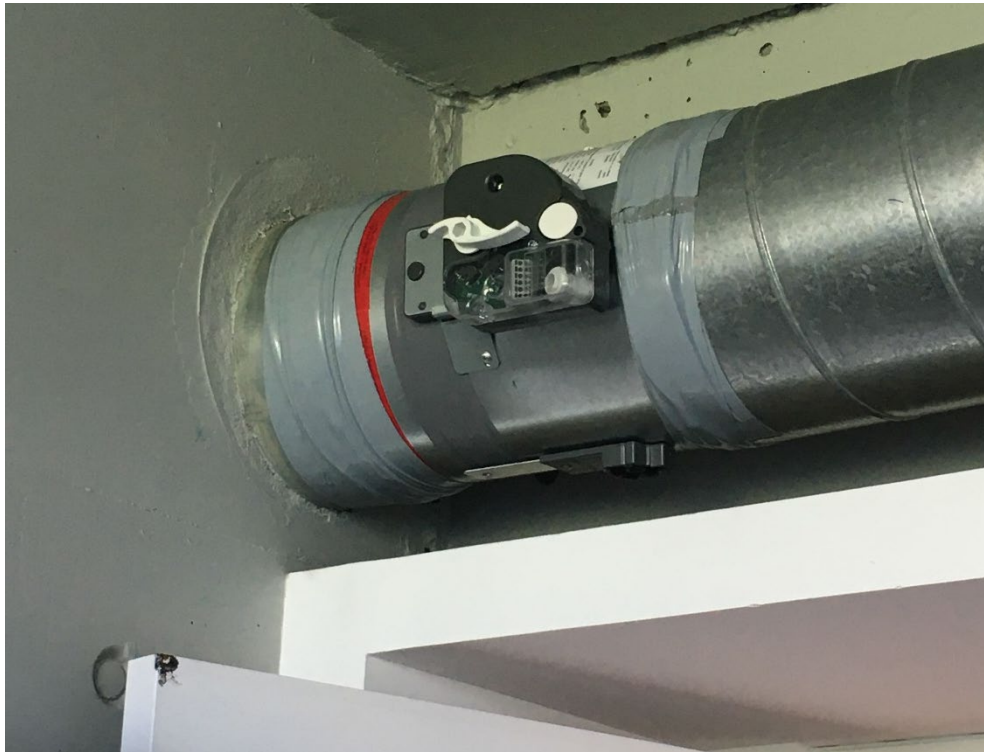


Source : Trox



Protection incendie

- ▶ Le réseau de distribution traverse potentiellement différents compartiment incendie ...
 - Nécessité d'installer des clapets coupe-feu ... qui doivent être accessibles !



Source : écoRce



Acoustique

- ▶ Silencieux circulaires
 - Version « standard »



Source / Bron : ATIB

- Avec baffle/bulbe interne

⇒ **Surface absorbante** ↑ **Efficacité** ↑



Source / Bron : ATIB

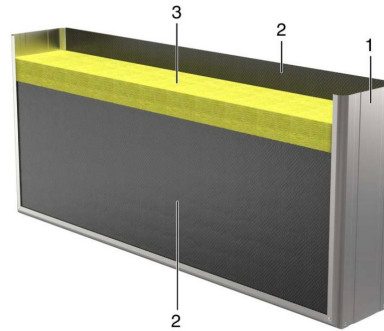


Acoustique

- Silencieux à baffles
 - Version « standard »



Source / Bron : ATC

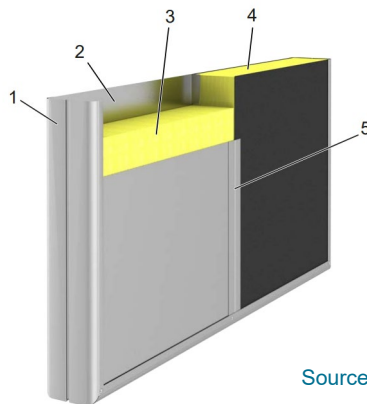


Source / Bron : Trox

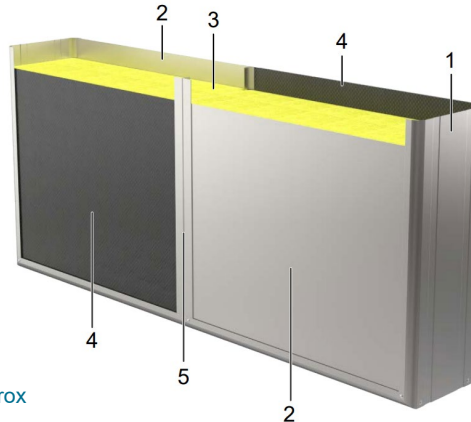
- 1 – Cadre du baffle
- 2 – Tissu en fibre de verre
- 3 – Matériau d'absorption sonore

- Avec tôles de résonance

⇒ atténuation améliorée dans les basses fréquences



Source / Bron : Trox

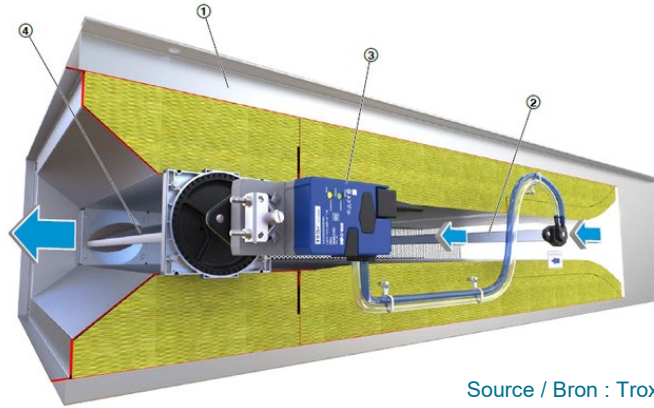


- 1 – Cadre du baffle
- 2 – Tôle de résonance
- 3 – Matériau d'absorption sonore
- 4 – Tissu en fibre de verre
- 5 – Meneau central

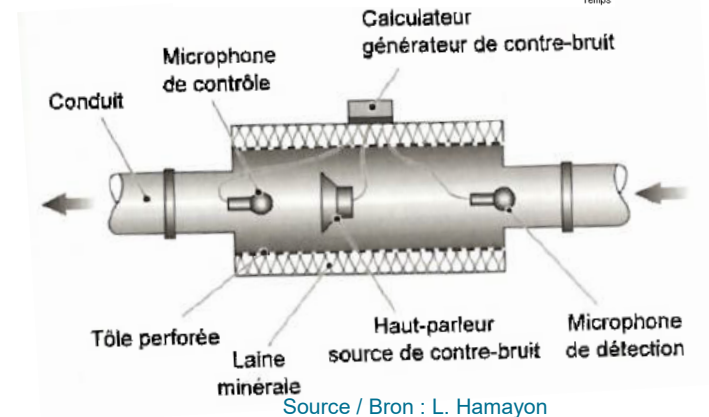
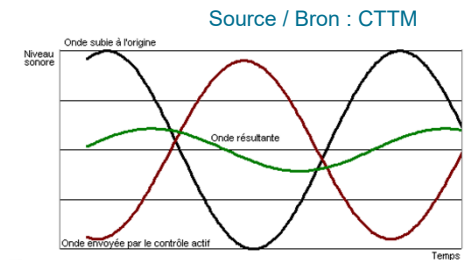
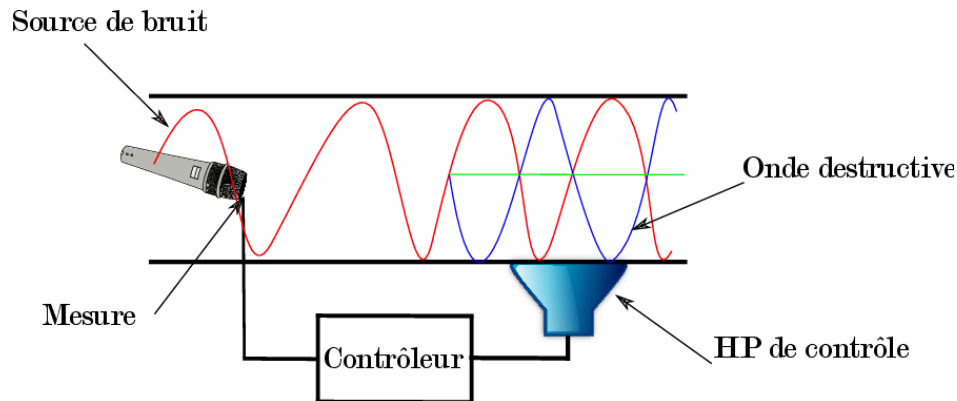


Acoustique

- VAV avec silencieux intégré



- Silencieux actifs
 - Contre-bruit via haut-parleur intégré



Acoustique – Dimensionnement/Note de calcul

- ▶ Analyse des tronçons de gainage vers :
 - les locaux les plus représentatifs (plus proche et/ou plus sensible)
 - l'extérieur
- ▶ Depuis le groupe, jusqu'à la bouche terminale, pour les différents éléments rencontrés (silencieux, gaine, coude, piquage, VAV, etc.) :

- + atténuations
- - régénérations

Source sonore

Diffuseur le plus défavorable

Affaire : Hôpital
 Entreprise : F2A
 Indice : A

Équipement : CTA
 Coté : Soufflage
 Local étudié : Salle de Réveil

Spectre équipement :		Fréquence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global (dB(A))	Global (dB)
Puissance Non Pondérée (Lw)		Lw	79,0	76,0	85,0	82,0	86,0	80,0	76,0	71,0	88,5	90,6
Tolérance			3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	Global	3,0
Puissance Non Pondérée (Lw)		Lw	82,0	79,0	88,0	85,0	89,0	83,0	79,0	74,0	93,6	Débit = 4500 m³/h
Puissance Pondérée (Lw A)		Lw A	55,8	62,9	79,4	81,8	89,0	84,2	80,0	72,9	91,5	

1. Courbes Rectangulaires Arrondis		Atté.	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0		Débit = 4500 m³/h
Larg. : 720 mm QM : 1 pce		Lw Rég	11,5	10,8	10,4	9,8	8,6	6,5	3,2	0,0	13,6	V = 1,93 m/s
Haut. : 900 mm Traitement : NON		Lw Rés	82,0	78,0	86,0	82,0	86,0	80,0	76,0	71,0	88,6	

2. Pièges à son SONIE R-BL FEA		Atté.	8,0	23,0	32,0	43,0	62,0	64,0	37,0	40,0		Débit = 4500 m³/h
Larg. : 1500 mm Ep. B : 200 mm		Lw Stat	74,0	66,0	54,0	39,0	34,0	26,0	39,0	31,0	90,8	V = 1,67 m/s
Haut. : 500 mm No baffles : 0 pce		Lw Rég	48,4	43,4	41,1	39,4	38,4	37,4	33,4	28,4	43,8	V. int = 8,53 m/s
Prof. : 1500 mm Rives : 100 mm		Lw Rés	74,0	55,3	54,2	42,2	39,7	37,7	40,1	32,9	91,6	ΔP = 48,6 Pa
V.A. : 50 mm												

3. Gaines Rectangulaires		Atté.	1,6	1,3	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		Débit = 4500 m³/h
Larg. : 950 mm Long. : 2 m		Lw Rég	29,0	27,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	25,8	V = 3,76 m/s
Haut. : 350 mm Traitement : NON		Lw Rés	72,4	64,0	53,5	42,0	39,5	37,5	39,9	32,8	90,7	

Atténuation Changement de Débit		Atté.	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8		
		Lw Rés	64,6	46,2	45,7	34,2	31,7	29,7	32,1	25,0	42,9	

4. Courbes Circulaires Arrondis		Atté.	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0	3,0	3,0	3,0		Débit = 750 m³/h
Ø : 315 mm QM : 1 pce		Lw Rég	14,2	12,0	10,8	10,1	9,6	9,0	7,9	5,8	15,7	V = 2,67 m/s
Traitement : NON		Lw Rés	64,6	46,2	44,7	33,2	29,7	26,8	29,1	22,1	42,0	

5. Régulation RCVS FEA		Lw Rég	66,0	62,0	58,0	53,0	45,0	43,0	41,0	37,0	54,9	Débit = 750 m³/h
Ø : 250 mm ΔP : 100 Pa		Lw Rés	69,4	62,1	58,2	53,0	45,1	43,1	41,3	37,1	55,1	V = 4,24 m/s

6. Pièges à son PREMIUM FEA		Atté.	4,0	4,0	9,0	15,0	20,0	34,0	19,0	11,0		Débit = 750 m³/h
Prof. : 600 mm		Lw Stat	64,4	58,1	49,2	38,0	30,1	9,1	22,3	26,1	45,8	V = 2,67 m/s
Ø : 315 mm		Lw Rég	40,0	33,0	23,0	17,0	11,0	13,0	13,0	13,0	23,1	V. int = 3,68 m/s
		Lw Rés	64,4	58,1	49,2	38,0	20,6	14,5	22,8	26,3	45,8	ΔP = 5 Pa

Spectre Fin Réseau (Lw)		61,1	55,1	49,2	29,0	20,6	14,5	22,8	26,3	15,8		Débit = 750 m³/h
-------------------------	--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--	------------------

Atténuation de l'élément
 Régénération de l'élément
 Puissance résultante

Source / Bron : XPAIR



Acoustique - Points d'attention

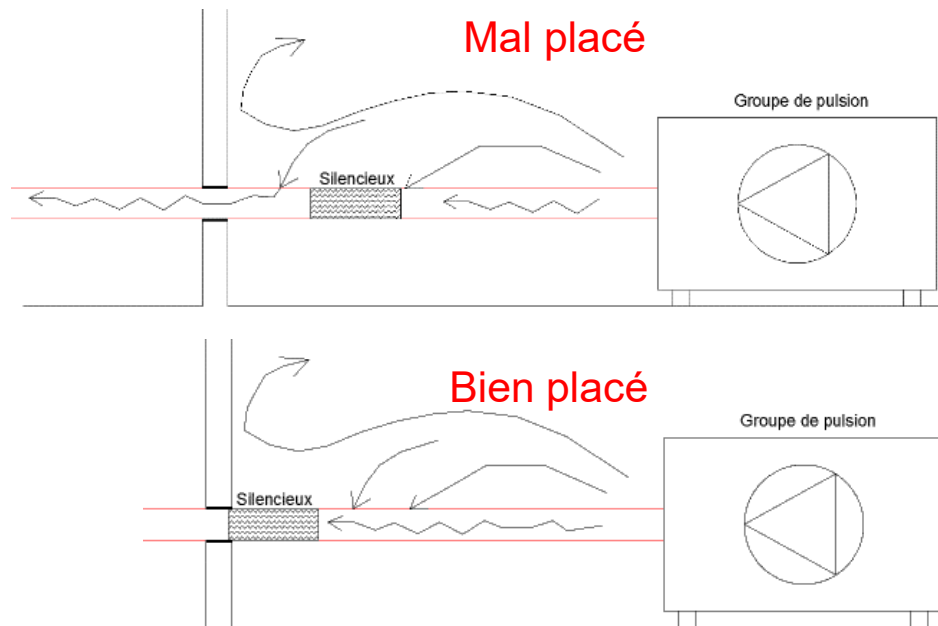


- ▶ Les silencieux génèrent eux-mêmes des pertes de charges
 - ⇒ Les dimensionner de sorte qu'ils ne créent pas plus de bruit que celui qu'ils combattent
- ▶ Limiter la vitesse d'air à travers le silencieux
 - Limite les pertes de charge et la régénération acoustique
 - Eviter la défibrillation du voile de protection de l'absorbant (20 m/s max. conseillé)



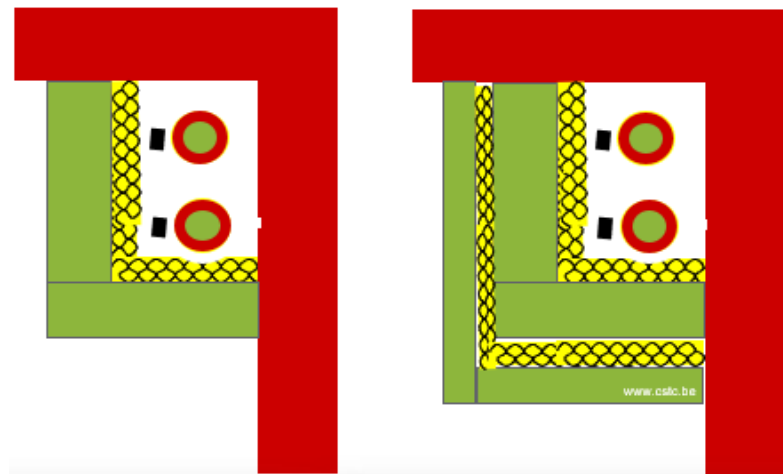
Acoustique - Points d'attention

- Emplacement : Eviter les courts-circuits acoustiques
 - ⇒ A placer juste avant de sortir du local technique



Acoustique - Gains techniques

- ▶ Transfert du bruit du conduit via les parois des gains techniques
- ▶ Solutions
 - Eviter les conduits dans les pièces sensibles au bruit
 - Prévoir des trémies ou faux plafonds acoustiques
- ▶ Directives pour les **gains techniques** :
 - Laine minérale sur 50% des parois intérieures
 - Blocs plâtre 10 cm si locaux peu sensibles
 - Double épaisseur 7+10 cm ou paroi lourde si locaux traversés sensibles (living, chambre...)



Performance

- ▶ Au niveau du réseau, l'objectif est de réduire au maximum la perte de charge.

Comment ?

- ▶ Limiter la longueur du réseau,
- ▶ Simplifier sa géométrie pour éviter les singularités (coudes, T, etc),
- ▶ Limiter la vitesse en choisissant une section de conduite suffisamment élevée

⇒ **Compromis vitesse et espace/cout**

⇒ **La vitesse acceptable dépend de l'espace traversé et de la longueur correspondante du conduit**



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

- Vue d'ensemble
- Unités terminales
- Réseau de distribution
- **Centrale de traitement d'air**
- Régulation



CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR

Centrale compacte (500~7000 m³/h)

← CTA « compacte »
horizontale (ici 6000 m³/h)

CTA « compacte » verticale (ici
3500 m³/h) →

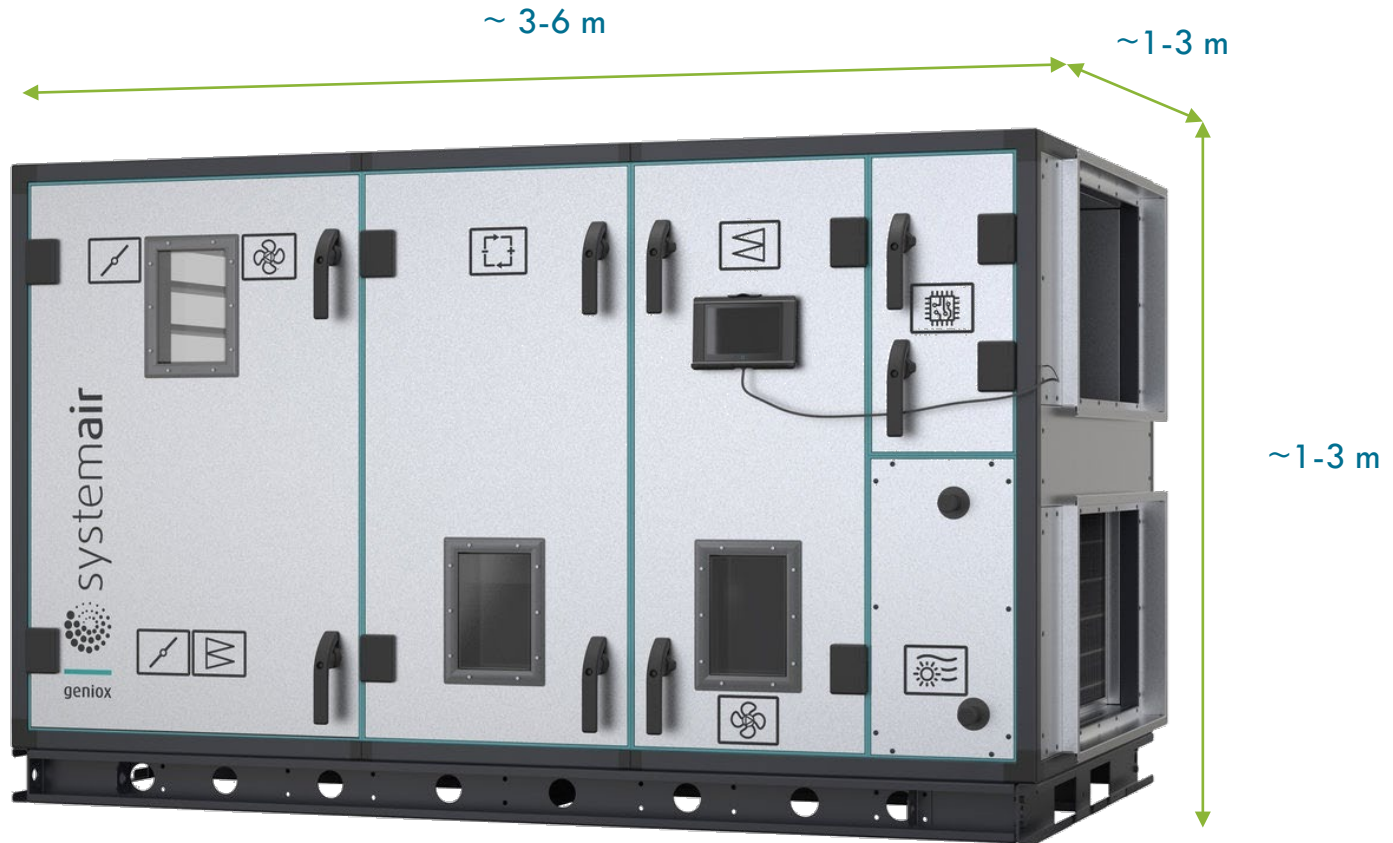


Source: SystemAir



CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR

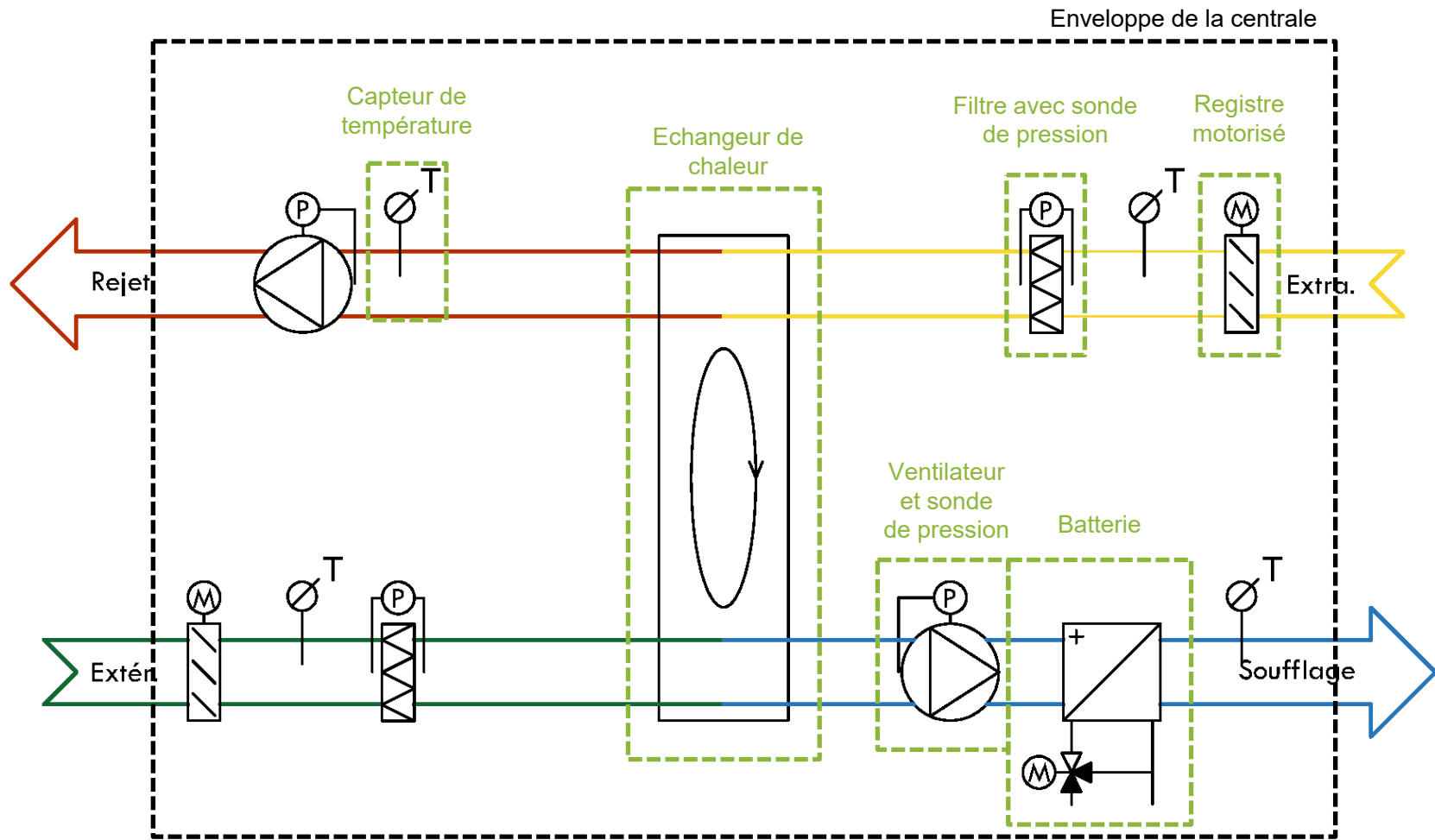
Centrale modulaire (~700-50.000 m³/h)



Source: SystemAir

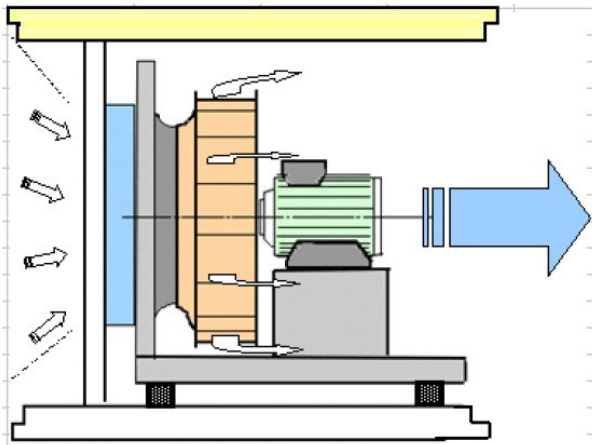


Composants principaux d'une centrale de traitement d'air



Moteurs de ventilateurs

► Asynchrone



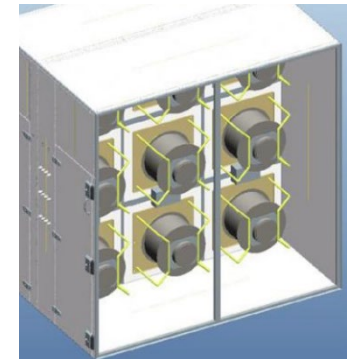
Source : CIAT



► A moteur EC (commutation électronique)



Source : CIAT



Source TROX

- Courant alternatif
- Variation de la vitesse du moteur proportionnellement avec la variation de la fréquence

- Courant continu
- Système de variation de vitesse intégré (directement via signal 0-10V)

⇒ **Nécessite un variateur de fréquence**



SFP = Specific Fan Power [W/(m³/s)]

$$\text{SFP} = \frac{P_S + P_E}{Qv_{\max}}$$

P_S = Puissance électrique absorbée en pulsion [W]

P_E = Puissance électrique absorbée en reprise [W]

$Qv_{\max}$ = le plus grand débit (pulsion ou extraction) [m³/s]



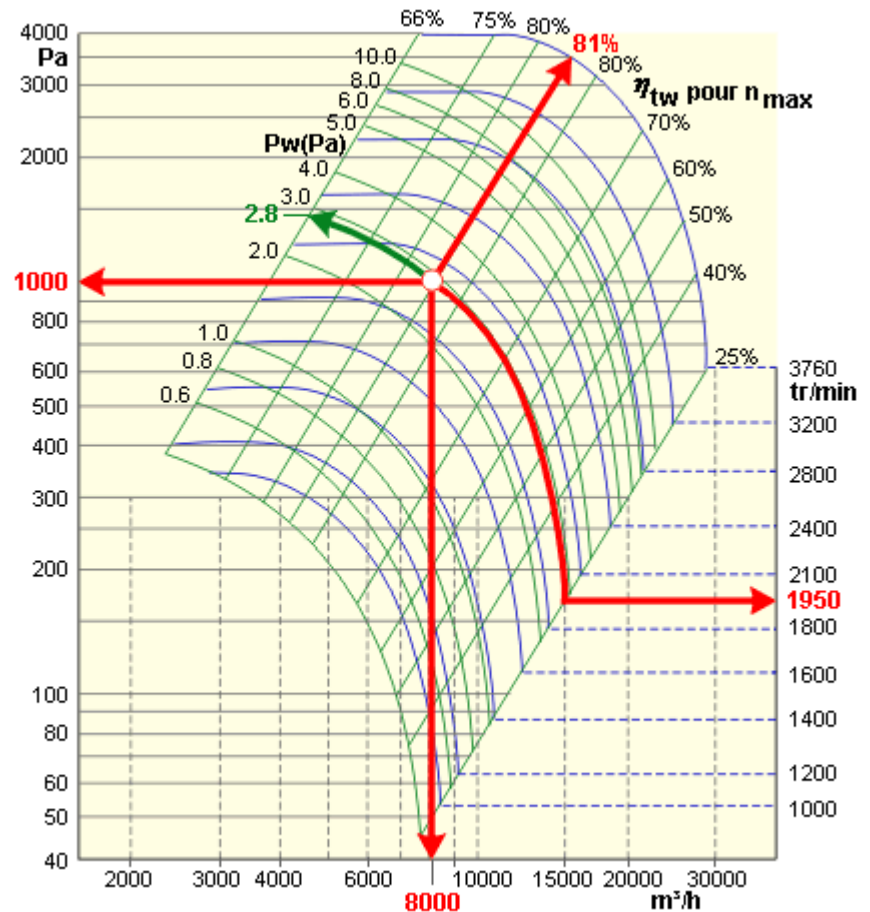
Le SFP se décline sous plusieurs formes (ErP et réglementation PEB) et dépend des pertes de charges de l'installation !

Pour comparer deux groupes, il faut tenir compte de l'entièreté des pertes de charges (accessoires en aval/amont inclus)



Quelques conseils

- ▶ Point de fonctionnement nominal au rendement maximum
- ▶ Possibilité de modification du débit sans perte de rendement



Source / Bron : Energie Plus



Usage

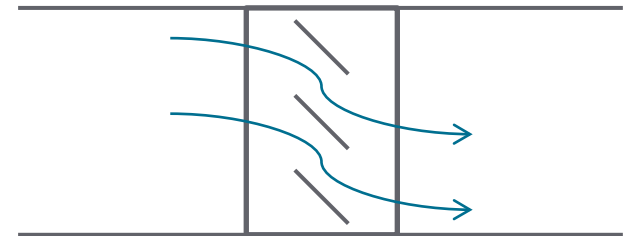
- Isolement de la CTA (arrêt, gel)
- Modification du flux d'air
 - Bypass d'un échangeur,
 - Recirculation

Caractéristiques

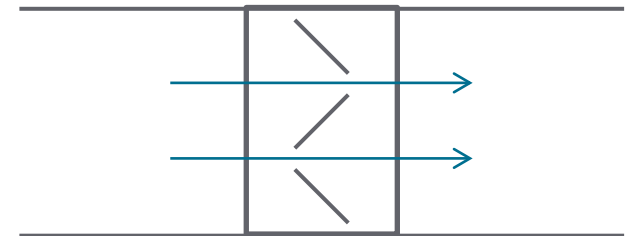
- **Type** : parallèle / opposé – manuel / motorisé
- Joints d'étanchéité en bout de lames
- **Matériaux** : acier galvanisé, aluminium, inox
- Entraînement par embiellage ou roues dentées

Points d'attention

- Hygiène : carter de protection autour du cadre et peinture de protection
- Pertes de charges !



Parallèle (très très peu utilisés...)



Opposé : Répartition du flux plus uniforme dans la gaine lors de la fermeture



Source:
Energie +



Usage

- ▶ Purifier l'air introduit dans le bâtiment
- ▶ Protéger les composants de la CTA (batteries et échangeurs)

Caractéristiques

- ▶ Différents degrés de filtration en fonction du gabarit et la nature des particules à filtrer (insectes, sables, pollens, germes, bactéries, ...)
- ▶ Différentes morphologies
- ▶ Différents fonctionnement

Points d'attention

- ▶ Perte de charge initiale et finale, selon
 - La finesse du filtre
 - L'encrassement du filtre
- ⇒ Plus la perte de charge est importante, plus la consommation des ventilateurs est élevée



Filtres à poches

Source: GEA Happel

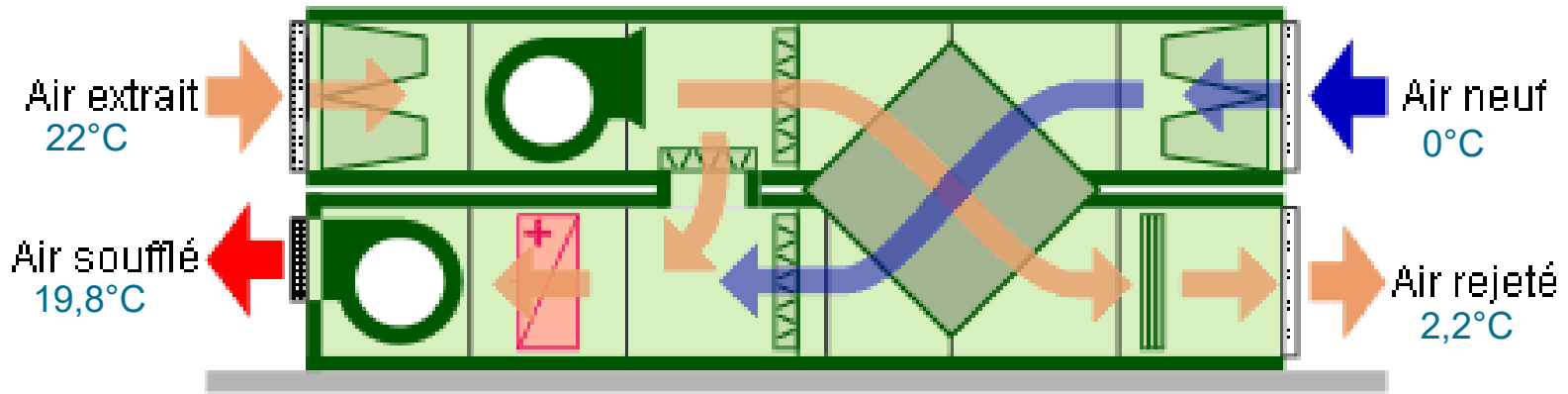
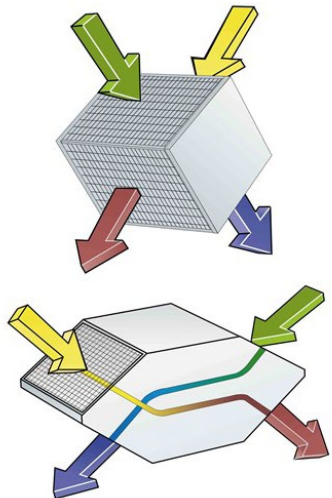


Filtres gravimétrique

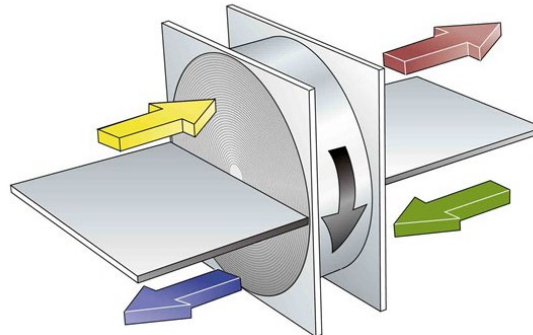
Source: CIAT



ÉCHANGEUR DE CHALEUR

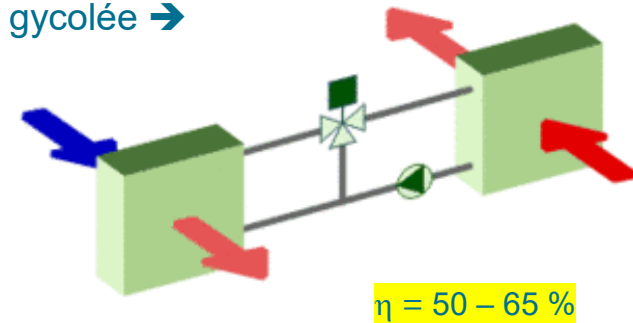

 $\eta = 50 - 70 \%$

 $\eta = 80 - 90 \%$

← Echangeur à plaque
(courant croisé/contre courant)

 $\eta = 70 - 80 \%$


Source : Swegon

Echangeur à eau glycolée →



← Echangeur rotatif à accumulation
(non) hygroscopique



ÉCHANGEUR DE CHALEUR

► A plaques



Source : Tuvaco

- Tout ou rien via bypass : clapet d'isolement motorisé
- ⇒ Pour réguler la température de pulsion

► A roue



Source : Tuvaco

- Moteur à vitesse variable
 - Variation de la vitesse de la roue : si $v = 0$, pas d'échange...
- ⇒ Pour réguler la température de pulsion et maintenir le rendement



Echangeurs de chaleur récupérateurs

- ▶ Le rendement d'un échangeur à plaques dépend de
 - La vitesse de l'air
 - ⇒ Le rendement augmente avec le temps d'échange
 - L'humidité relative de l'air (intérieur et extérieur)
 - ⇒ Comme une part importante de l'énergie transmise provient de la condensation de la vapeur d'eau de l'air vicié, plus l'air intérieur est humide plus le rendement est élevé
 - La différence de température intérieure et extérieure
 - Les pertes du ventilateur qui réchauffent l'air pulsé
 - L'encrassement du récupérateur
 - ⇒ Le rendement diminue lorsque le récupérateur est encrassé (les poussières forment une couche isolante)



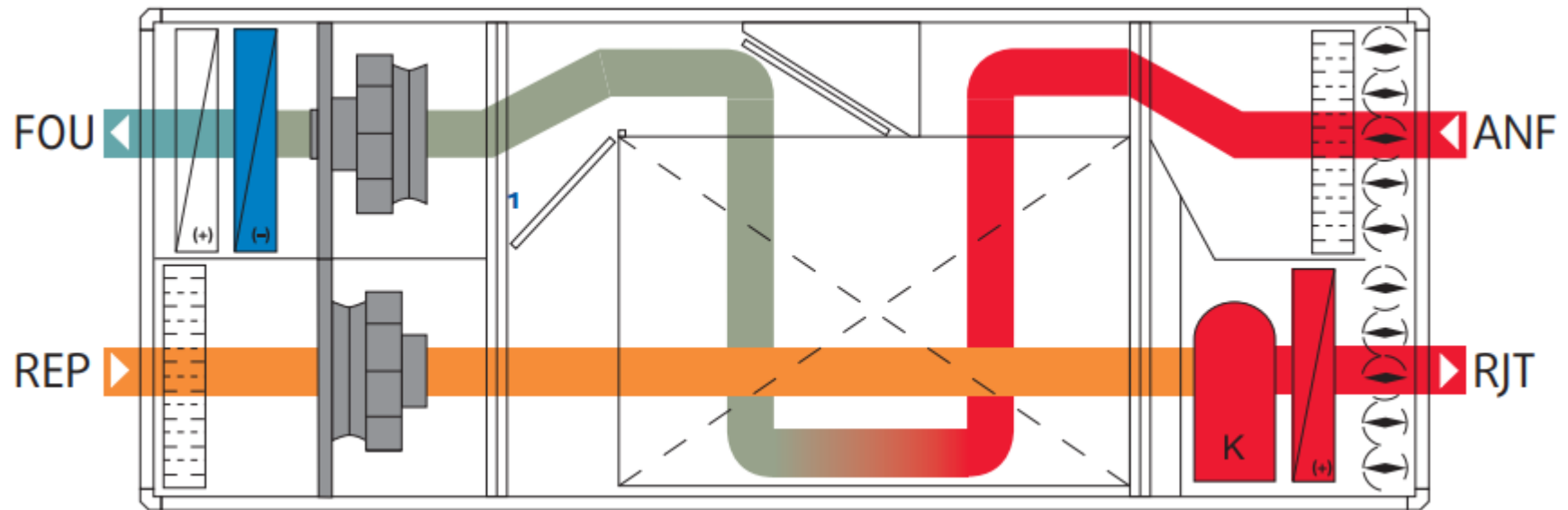
Critères pour le choix d'un échangeur

- ▶ Performances à atteindre
- ▶ Pertes de charges à vaincre
- ▶ Possibilité d'éviter l'échange de chaleur pour profiter d'un air extérieur plus frais > via (selon type échangeur)
 - bypass motorisé
 - arrêt de la roue d'échange
 - arrêt du circulateur entre les deux échangeurs
- ▶ Place disponible pour le groupe et de la disposition des gaines de pulsion et d'extraction
- ▶ Contenu énergétique de l'air extrait
- ▶ Risque de contamination entre l'air neuf et l'air extrait acceptable ou non
- ▶ ...



Pompe à chaleur à détente directe dans une centrale de traitement d'air

- ▶ Une pompe à chaleur aérothermique est intégrée à la CTA et permet
 - de préchauffer l'air pulsé en puisant l'énergie dans l'air extrait (après échangeur)
 - ou refroidir l'air pulsé en rejetant l'énergie dans l'air extrait (après échangeur)



Source : Menerga



Usage

- ▶ Chauffer ou refroidir
- ▶ Déshumidifier (par condensation de l'eau contenue dans l'air)

Caractéristiques

- ▶ Matériaux : tubes cuivre, inox, ailettes aluminium
- ▶ Régulation par variation du débit ou de la température



Batterie

Source: chariotelevateu

Points d'attention

- ▶ Montage sur glissière pour faciliter l'entretien
- ▶ Bac de condensat pour les batteries froides avec syphon



REFROIDISSEMENT ADIABATIQUE

Usage

- Rafraîchissement de l'air sans pompe à chaleur

Caractéristiques

- Fonctionne par évaporation d'eau
 - dans l'air pulsé (direct)
 - dans l'air extrait avant, ou au droit de, l'échangeur de chaleur (indirect)

⇒ L'évaporation de l'eau provoque le refroidissement de l'air

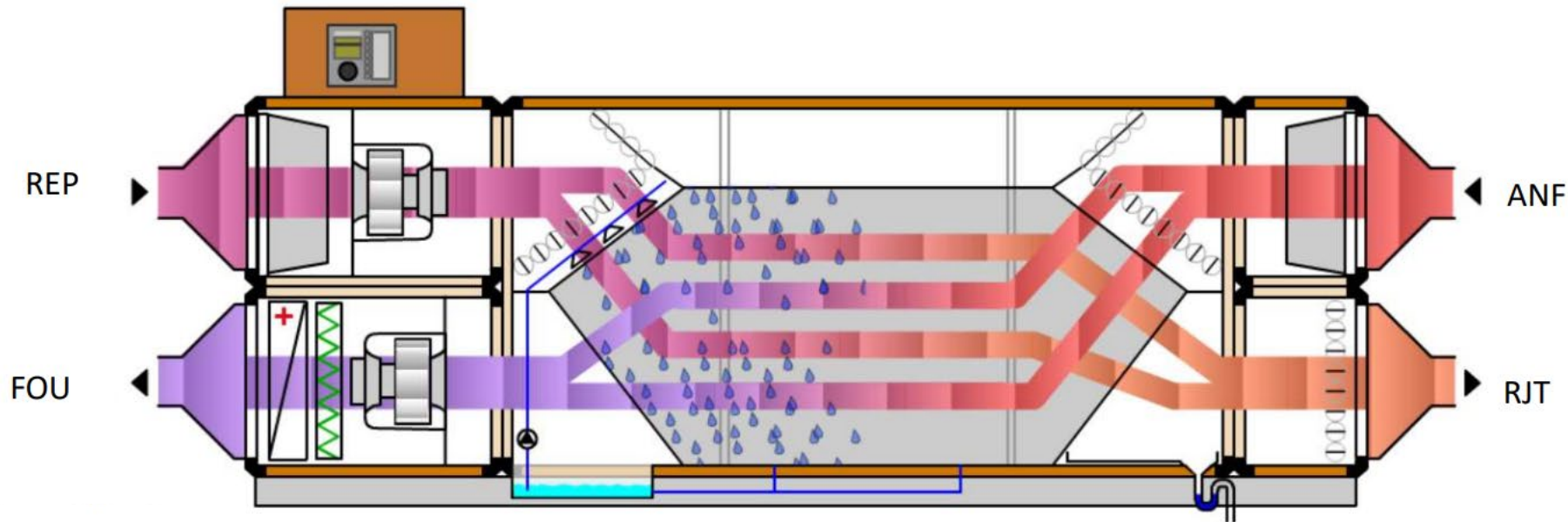
Points d'attention

- Usage d'eau adoucie
- Consommation d'eau
- Puissance limitée et dépendante des conditions de température et d'humidité de l'air dans lequel l'eau est introduite



Source: Menerga



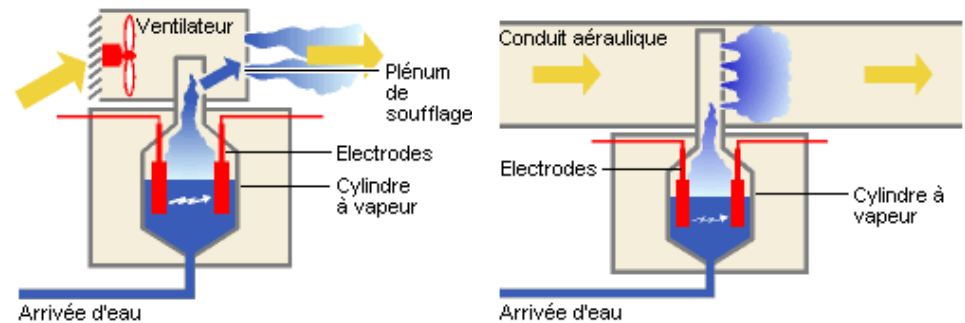


Source: Menerga

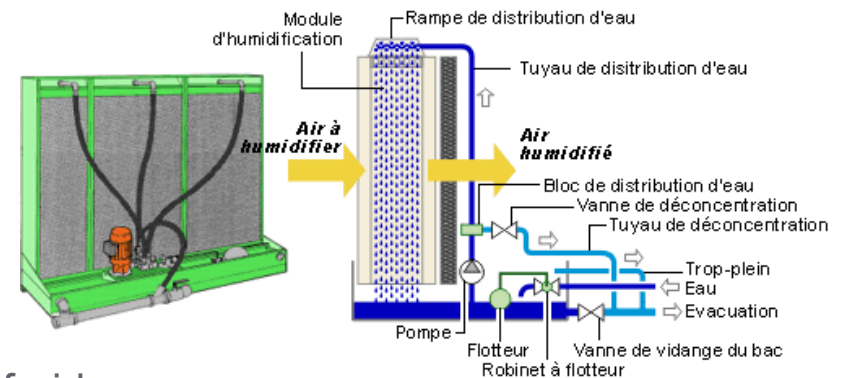


Différents types :

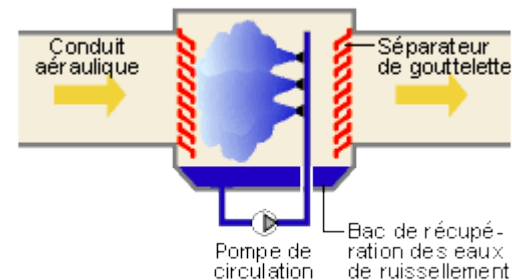
- Humidificateurs à vapeur



- Humidificateurs à évaporation

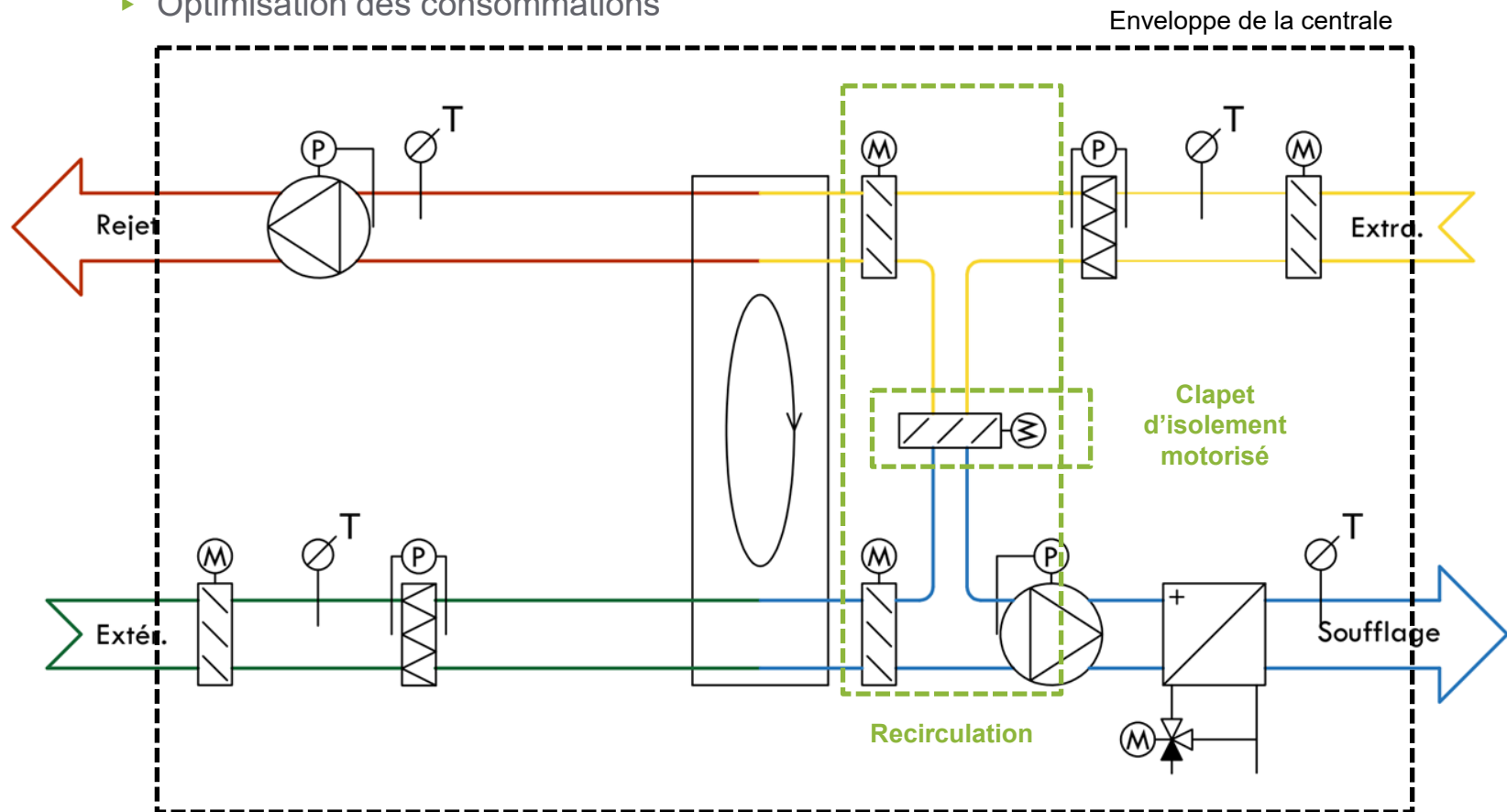


- Humidificateurs à pulvérisation d'eau froide

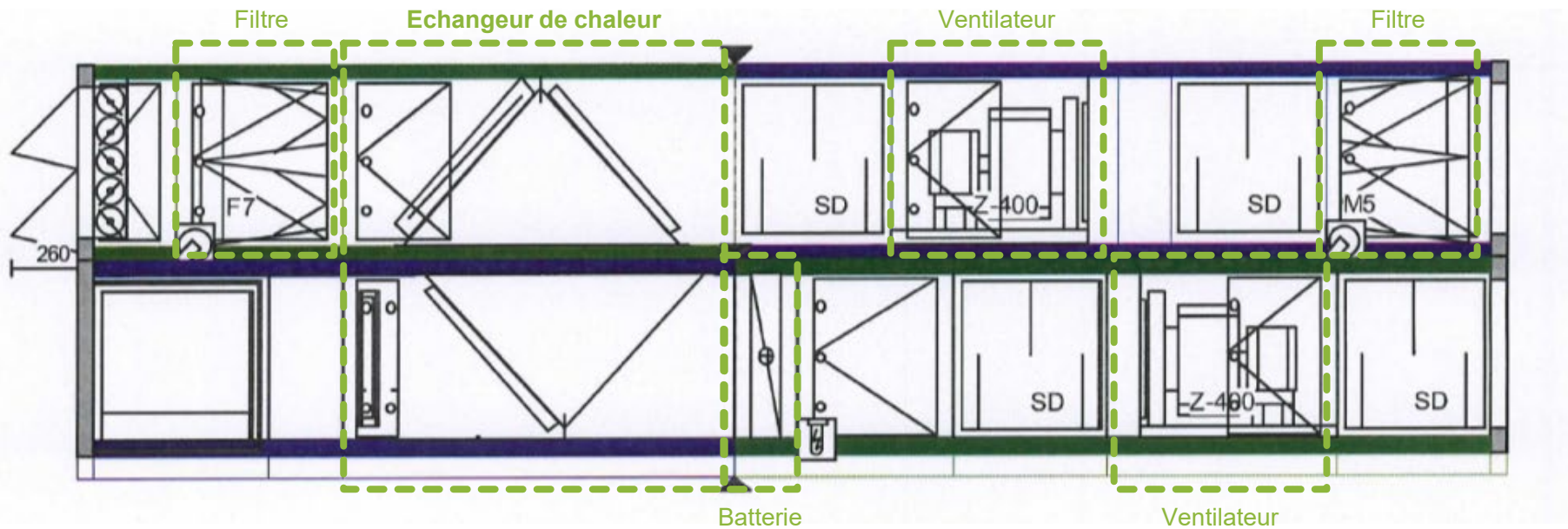


Centrale de traitement d'air avec recirculation

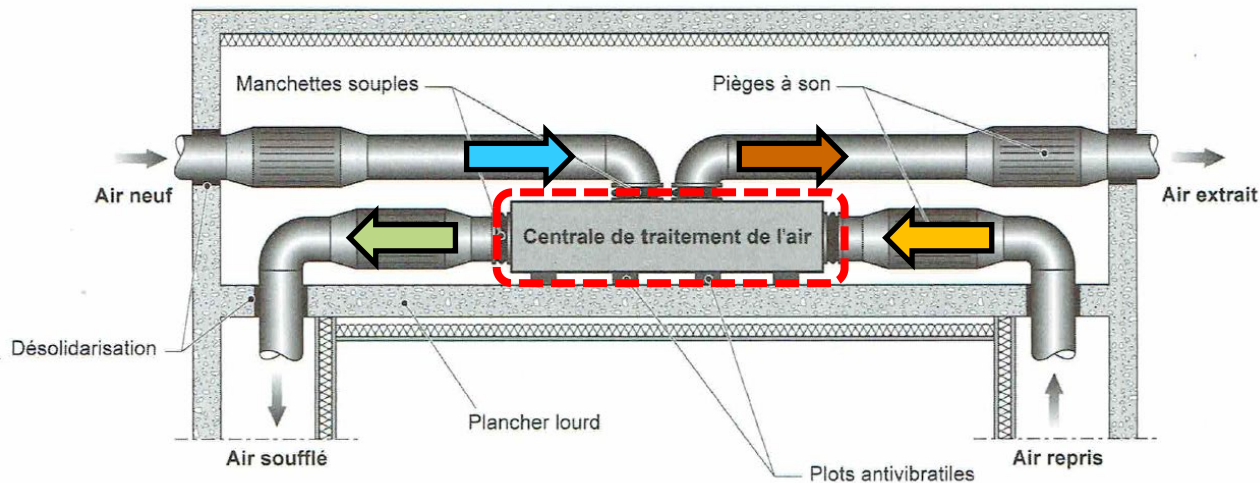
- Utilisée dans le cas de chauffage par l'air
- Permet de dissocier le besoin en air neuf hygiénique du besoin d'air pour le chauffage/refroidissement des locaux
- Optimisation des consommations



En pratique



Acoustique - Analyse de fiche technique de CTA



Source / Bron : Livre « Réussir l'acoustique d'un bâtiment » – Loïc Hamayon

	Bande de fréquence [Hz]	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Total
	Puissance acoustique	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB(A)]
 Soufflage		74	85	78	80	75	71	67	60	81
 Air neuf		66	79	71	67	60	53	45	41	69
 Rejet		73	86	76	79	74	69	63	57	80
 Extraction		69	78	71	68	62	58	51	51	70
 Son rayonné		68	75	57	56	54	49	44	29	62

Source / Bron : Systemair – extrait FT CTA 20 000 m³/h



Performance

La performance énergétique d'une CTA, pour un débit et une perte de charge externe donnés dépend :

- ▶ Du rendement global de l'ensemble moteur/ventilateur (et éventuellement du variateur de fréquence)
- ▶ De la perte de charge interne à la CTA :
 - De la vitesse de l'air à l'intérieur de la CTA
 - De la perte de charge des différents équipements (registres, filtres, échangeurs,...)

⇒ **Et donc de la section libre de passage**



Eurovent

- Organisme européen qui propose une classification **volontaire**

Objectif

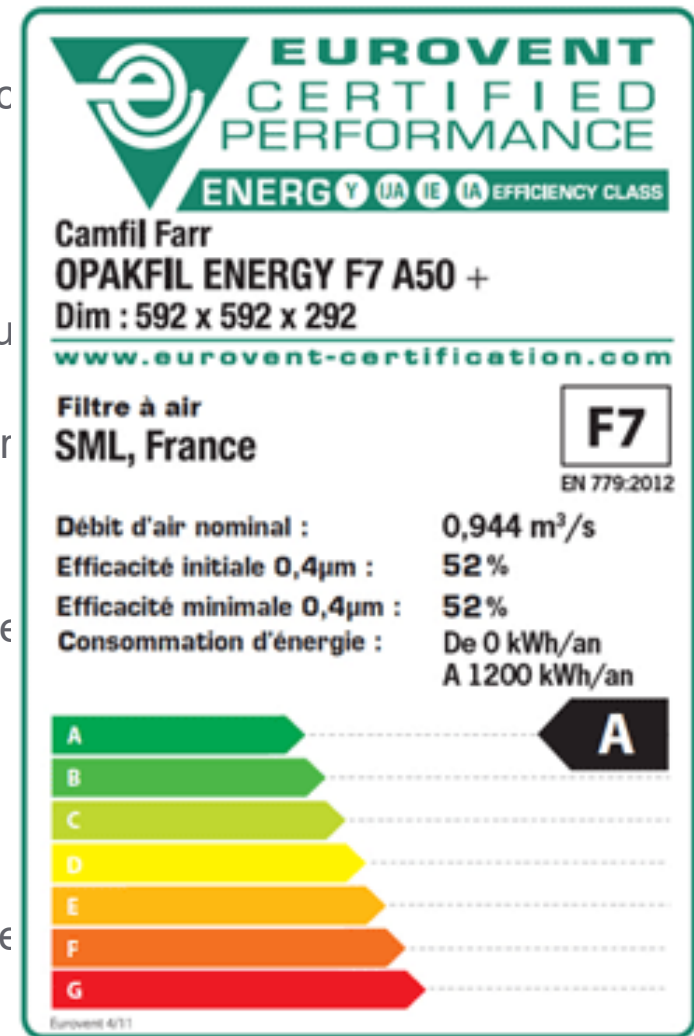
- Communiquer sur les performances des produits efficace
- Permet de comparer des produits entre eux sur

Moyens

- Donnent des informations à propos de la performance des produits
 - ⇒ **L'efficacité d'une CTA dépend des composants !**

Concerne

- Ventilateurs, batteries, récupérateur de chaleur, filtres, ...



Analyse d'une fiche technique



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

- Vue d'ensemble
- Unités terminales
- Réseau de distribution
- Centrale de traitement d'air
- **Régulation**



CAV (= Constant Air Volume)

- ▶ **Usage** : locaux avec besoins constants
- ▶ **Caractéristiques**
 - Garanti un débit constant - débit directement réglé sur le clapet via une échelle graduée
 - Fonctionnement sans énergie extérieure ou motorisé (on-off – deux positions pré-enregistrées)
 - Précision du débit : ~10%
 - Pas de fermeture totale possible
 - Peut être intégré directement dans une gaine (pas d'accès au réglage une fois inséré) ou en série sur le gainage avec réglage extérieur (peut-être modifié par après si accessible)
 - Peut-être intégré directement à une bouche : bouche auto-régulante



Source : Cairox



Source : Trox



PRINCIPE DE RÉGULATION

VAV (Variable Air Volume)

- ▶ **Usage** : grands bâtiments, zones avec des besoins différents, locaux avec des besoins variables dans le temps
 - ▶ **Caractéristiques**
 - Réglage précis
 - Possibilité de fermeture complète
 - Sonde de pression intégrée
 - > ⚠ à l'emplacement et à la vitesse d'air !
 - Nécessite alimentation électrique
 - En option : batterie – silencieux
- ⇒ Chaque partie du réseau précédée d'un VAV est régulée indépendamment du reste du réseau en terme de débit
- ⇒ Chaque zone reçoit un débit correspondant à ses propres besoins (hygiéniques ou thermiques)



Source : Trox



Source : Trox



CAV

- + Mise en œuvre facile et rapide
- + Peu couteux à l'installation
- Confort peu optimisé (pas de zonage)
- Energivore
- Peu adaptable si l'usage change
- Perte de charge supplémentaire
- Bruyant (surtout les formats rectangulaires) > silencieux supplémentaire
- Pas de feedback : on ne sait pas quel débit passe
- Pas de régulation horaire (sauf si motorisé)

VAV

- + Zonage possible
- + Optimisation énergétique
- + Moins couteux à l'exploitation
- + Régulation évolutive
- + Réglage précis en continu
- + Communication possible avec GTC
- Plus couteux à l'installation
- Bruyant, nécessite un silencieux supplémentaire



Schéma 1 - Régulation manuelle à débit constant

- ▶ Ventilateur : débit constant, on-off, éventuellement sur horloge
- ▶ Réseau : équilibrage via registre (clapet) manuel
 - ⇒ Nécessite un équilibrage manuel (assez long et laborieux...)
 - ⇒ Si ça se dérègle, on ne le sait pas ...

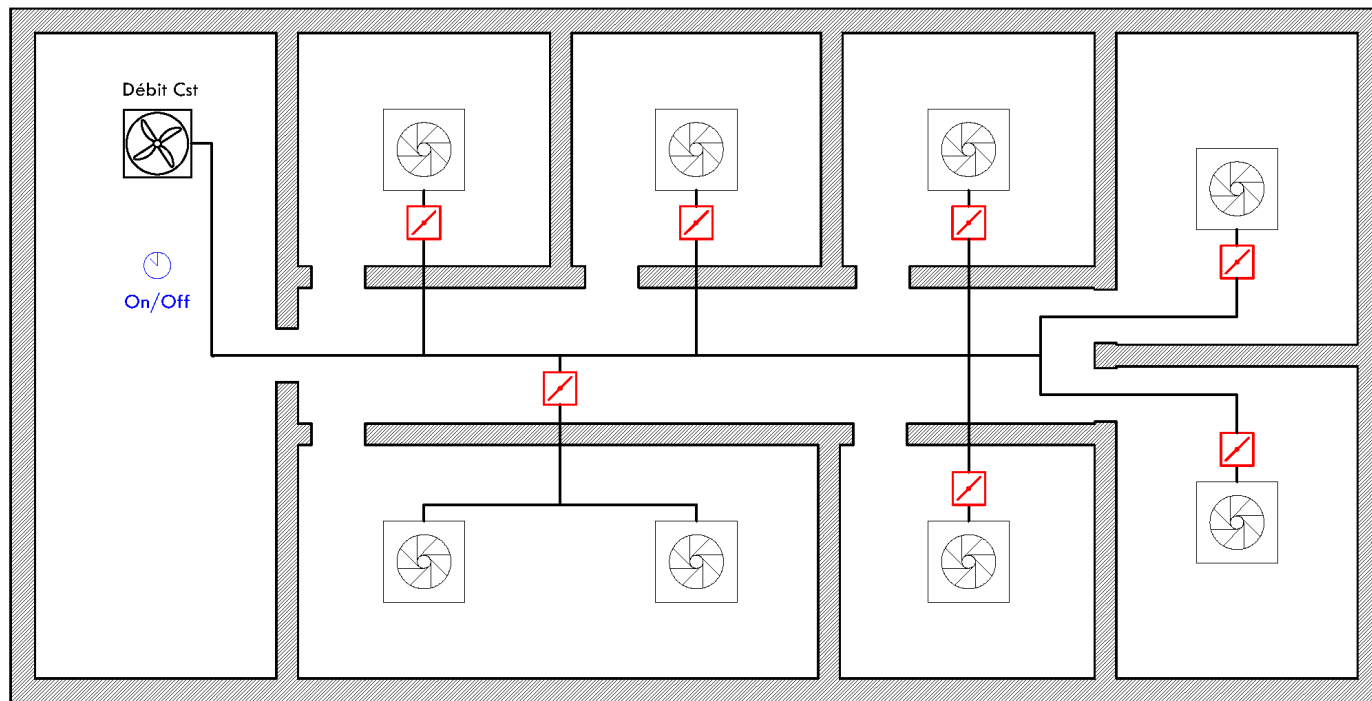


Schéma 2 - Régulation à débit constant

- ▶ Ventilateur :
 - Modulant, réglage continu ou préprogrammé 1-2-3 / OFF
 - Débit défini suivant sonde CO_2 , T° , RH, présence et/ou horaire
- ▶ Réseau : Equilibrage via registre (clapet) manuel

⇒ Le débit de chaque bouche garde (presque) la même proportion du débit total, qui lui peut varier

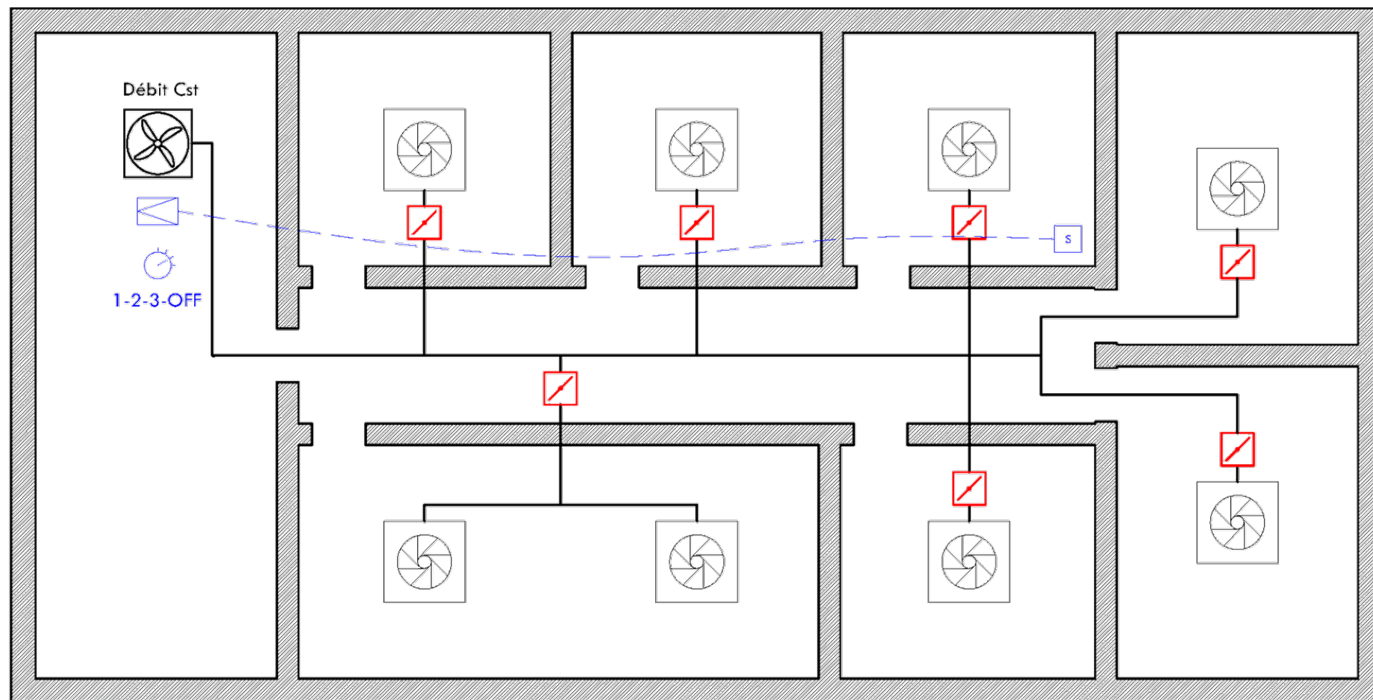


Schéma 3 – Régulation à débit constant

- ▶ Schéma 1 (Horloge programmée + Ventilateur on-off)
- ▶ + Ventilateur à pression constante
- ▶ + CAV (= **C**onstant **A**ir **V**olume) placés devant les diffuseurs

⇒ Pas d'équilibrage manuel nécessaire ... mais le débit par bouche est fixe

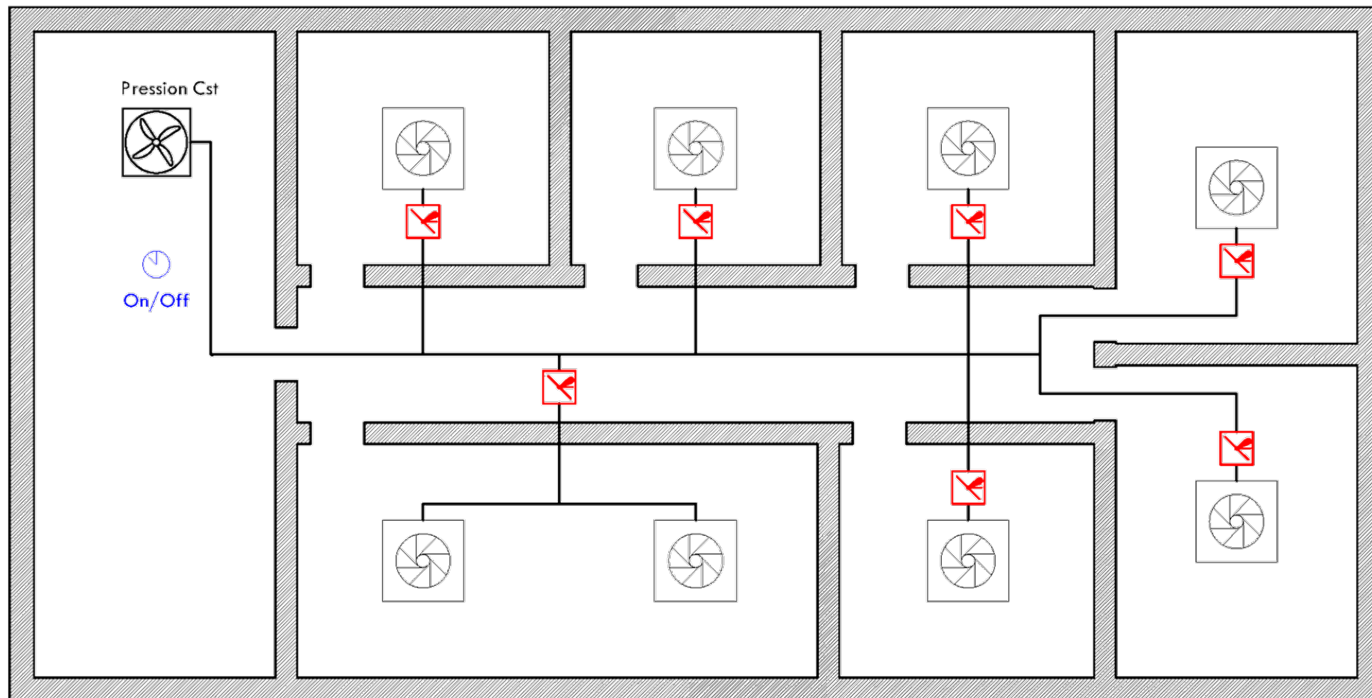


Schéma 4 – Régulation à débit variable

- ▶ Ventilateur : à pression constante
- ▶ Réseau : chaque partie du réseau précédée d'un clapet de réglage à débit variable (VAV) peut être régulée indépendamment du reste du réseau en terme de débit

⇒ Chaque zone reçoit un débit correspondant à ses propres besoins (hygiéniques ou thermiques)

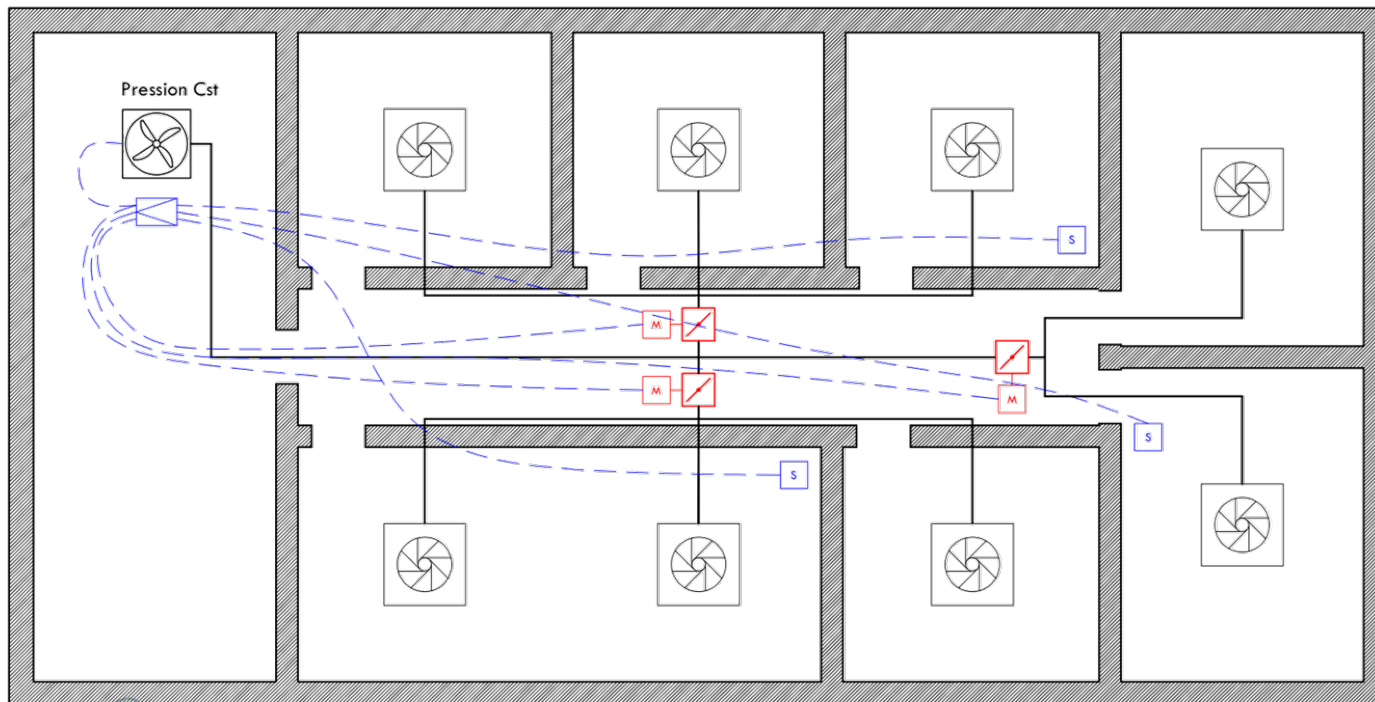


Schéma 5

► Schéma 3 + Schéma 4

- Ventilateur : à pression constante
- Réseau : selon les besoins les différentes parties du réseau sont régulées à débit variable ou constant

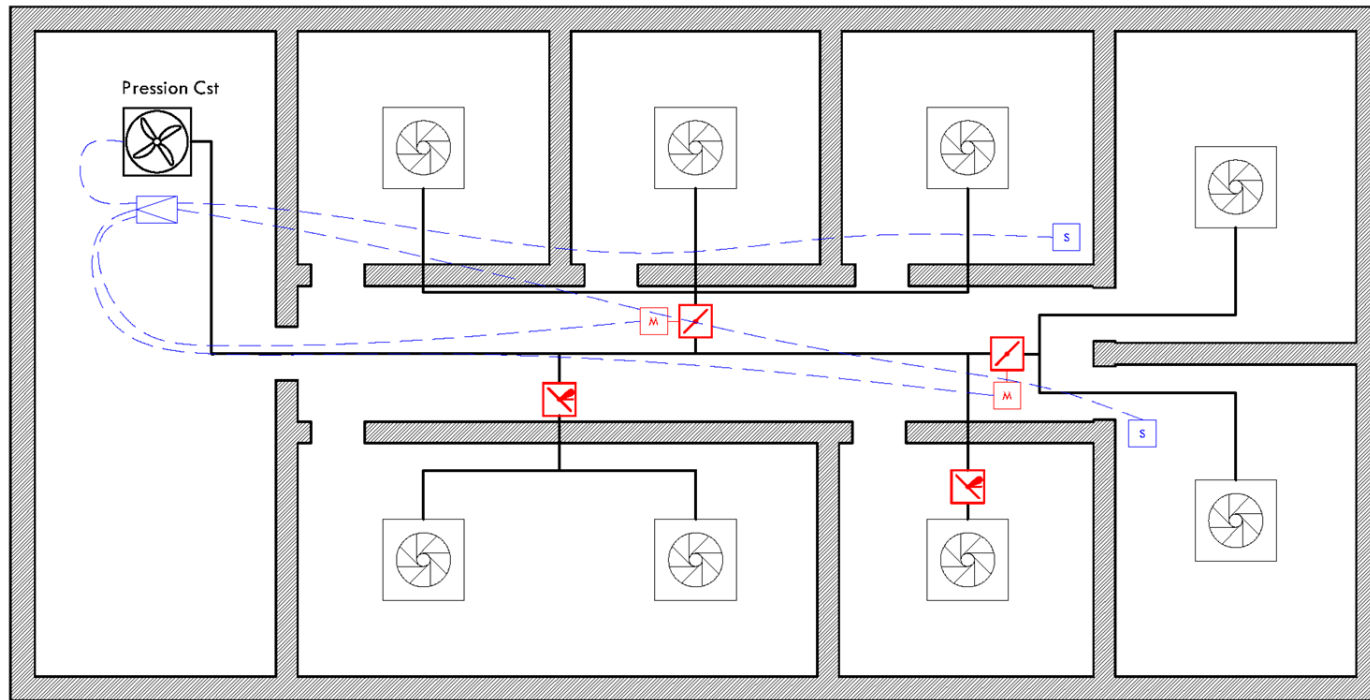
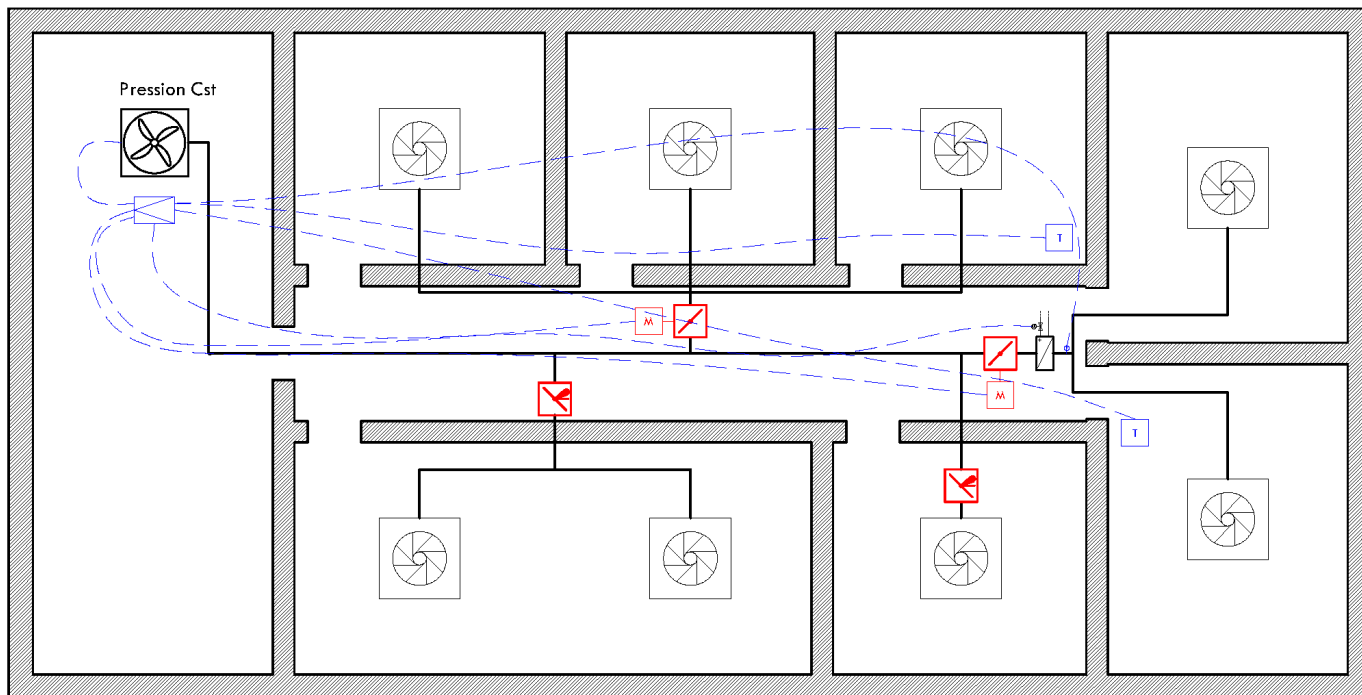


Schéma 6

► Schéma 5 + batteries terminales

⇒ L'ajout de batteries terminales permet de réguler la température de l'air pulsé sur la partie de réseau concernée.





- ▶ L'installation de ventilation peut permettre la ventilation hygiénique du bâtiment mais aussi de traiter l'air (chauffer, rafraichir, humidifier, déshumidifier, ...)
- ▶ Une installation de ventilation en tertiaire est potentiellement plus encombrante et plus bruyante
- ▶ Le type d'unités terminales est choisi selon l'occupation du local et la fonction de l'installation (ventilation hygiénique, chauffage, ...)
- ▶ De nombreux accessoires sont nécessaires au bon fonctionnement de l'installation, filtres, registre de réglages, sondes, équipements de régulation,
- ▶ La consommation énergétique d'une installation de ventilation dépend de l'efficacité énergétique des différents composants, de leur régulation et de leur entretien,





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- ▶ Ventilation
- ▶ Free-cooling
- ▶ Refroidissement



Sites internet

- ▶ Energie +
<http://www.energieplus-lesite.be/>
- ▶ CSTC – Publications – Infofiches - Ventilation des bâtiments
<https://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=infofiches&pag=42&art=1>
- ▶ DIMCLIM
www.dimclim.fr



Pierre GUSTIN

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

