

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

VENTILATION :
CONCEPTION ET RÉGULATION

PRINTEMPS 2023



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



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS

PERFORMANCE

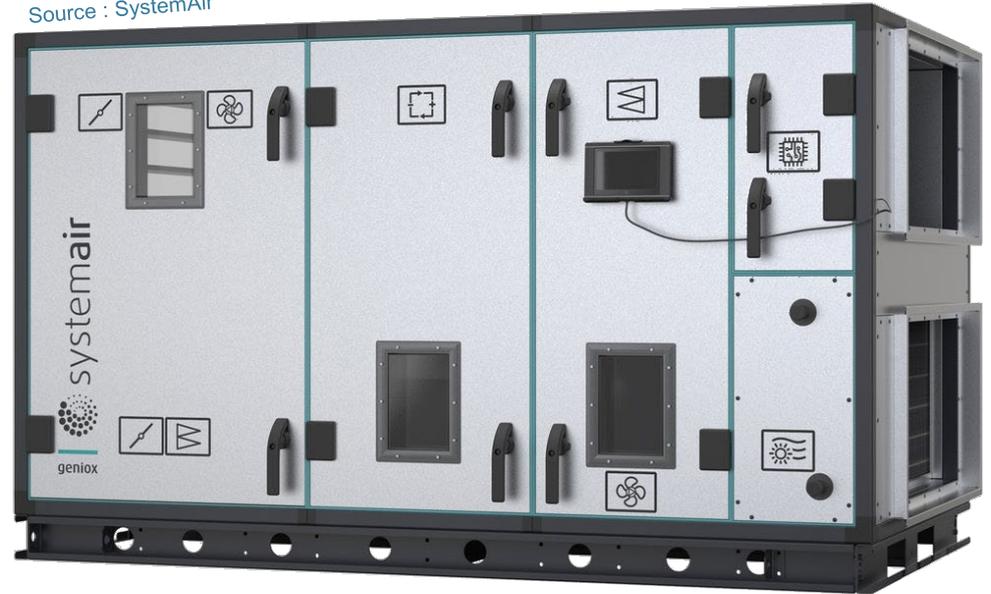




Source : Zehnder

Résidentiel

Source : SystemAir



→ Tertiaire

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



INTRODUCTION

FONCTIONS

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

COMPOSANTS

PERFORMANCE



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

PERFORMANCE



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

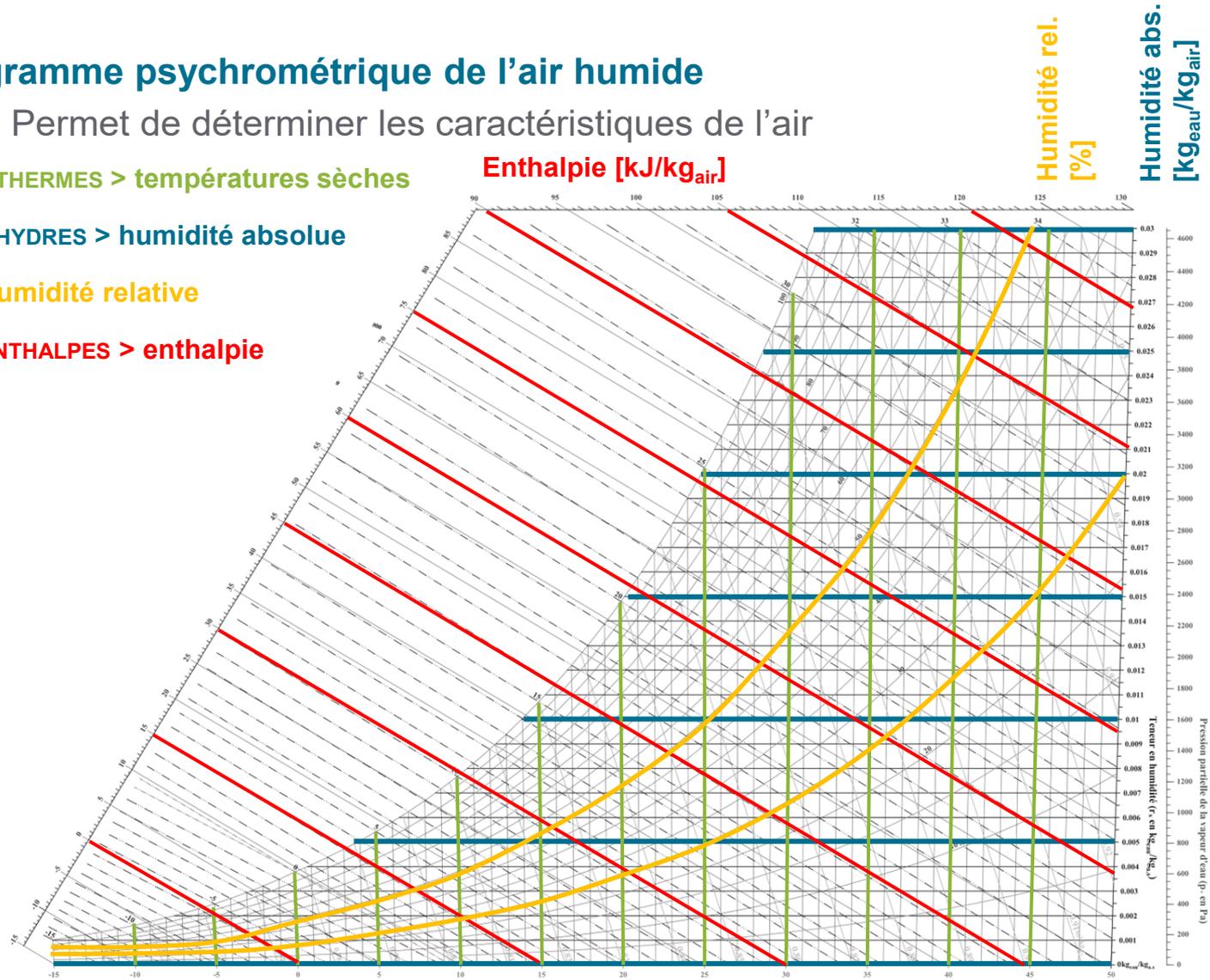
- ▶ Permet de déterminer les caractéristiques de l'air

ISOTHERMES > températures sèches

ISOHYDRES > humidité absolue

> humidité relative

ISENTHALPES > enthalpie



Source : AICVF

TEMPÉRATURE [°C]



Diagramme psychrométrique de l'air humide

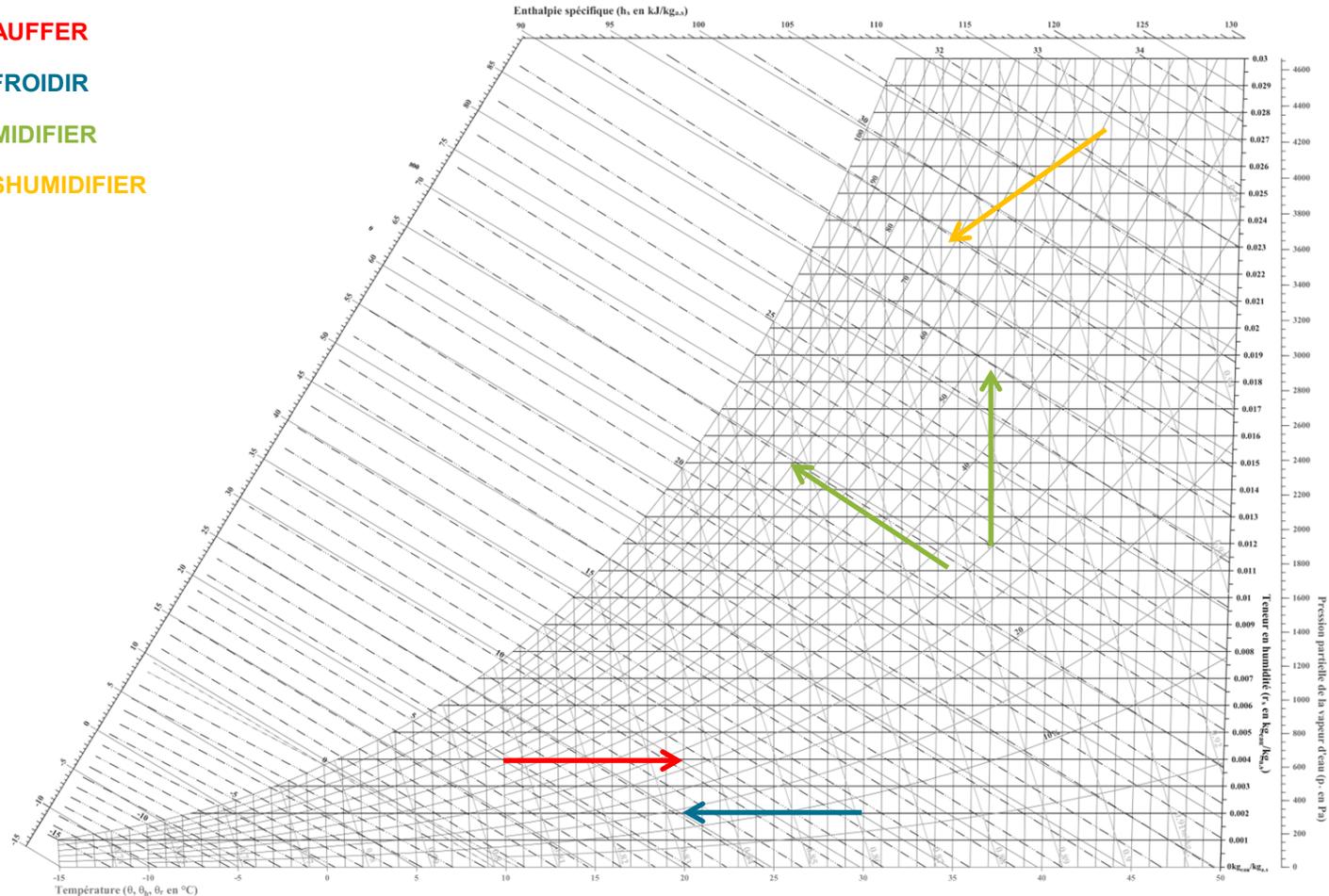
- ▶ Permet de déterminer les caractéristiques de l'air

CHAUFFER

REFROIDIR

HUMIDIFIER

DÉSHUMIDIFIER



Source : AICVF

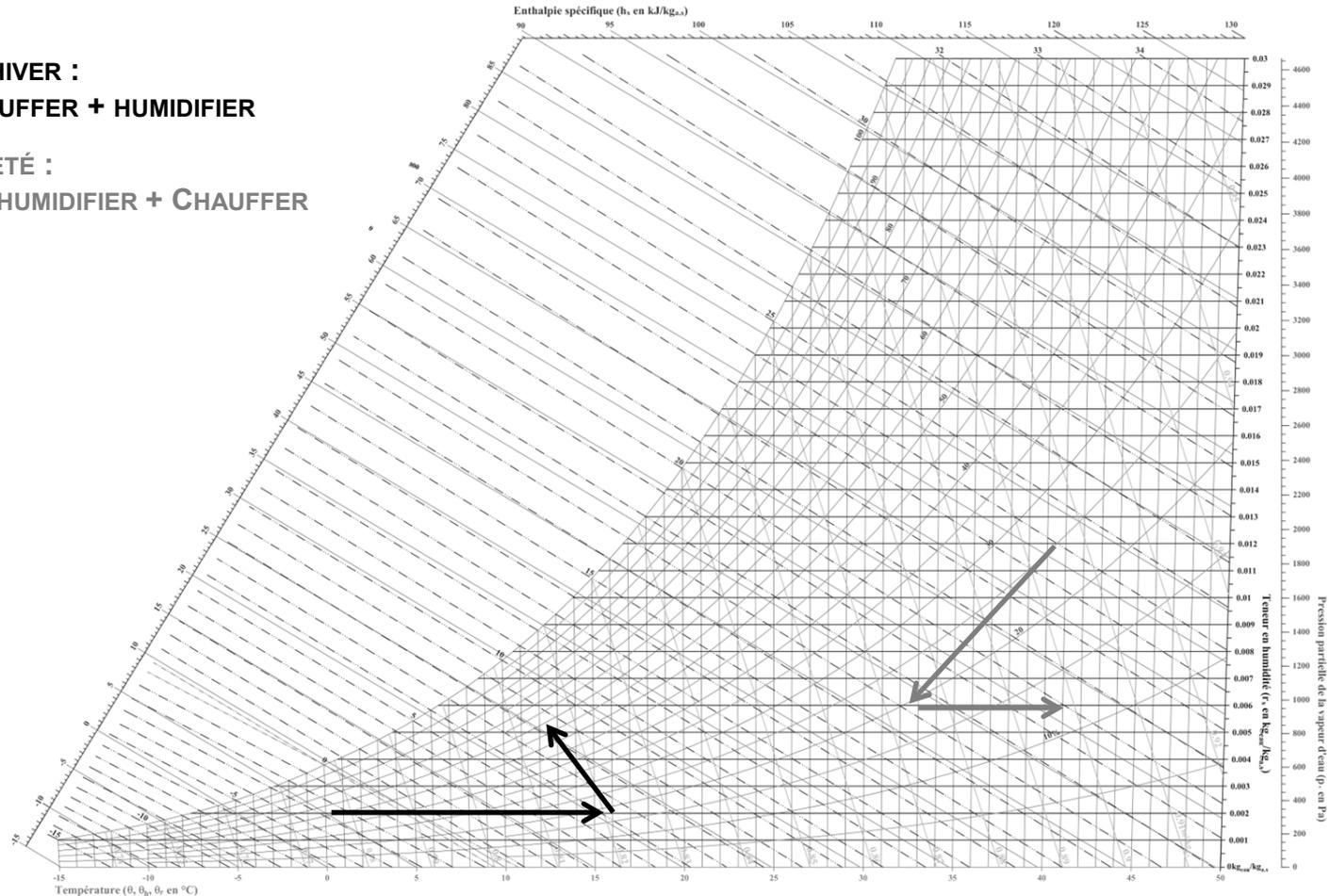


Diagramme psychrométrique de l'air humide

- ▶ 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

PERFORMANCE





Source: SystemAir

Centrale de traitement d'air

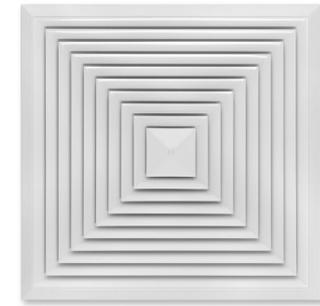
- Traitement de l'air,
- Filtration
- Régulation de la pression



Source: Cairox

Réseau de distribution

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



Source: Trox

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

PERFORMANCE



Exigences relatives à l'environnement (NBN EN 13779)

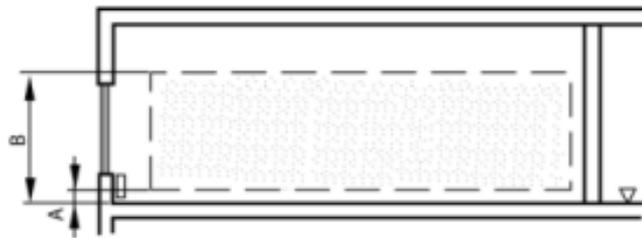
- ▶ Environnement thermique
 - Température de l'air et température opérative
 - Vitesse de l'air et indice de courant d'air
 - Qualité de l'air intérieur
 - Humidité de l'air intérieur

- ▶ Environnement acoustique

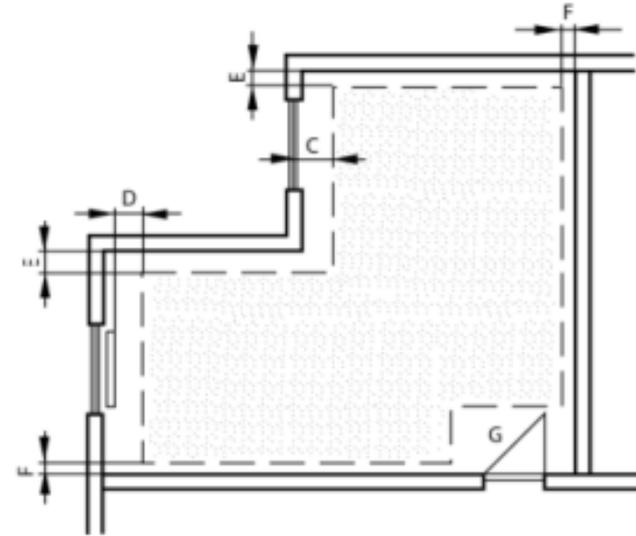
⇒ **Les exigences doivent être respectées dans la zone d'occupation**



Zone d'occupation (NBN EN 13779)



Section verticale



Vue de dessus

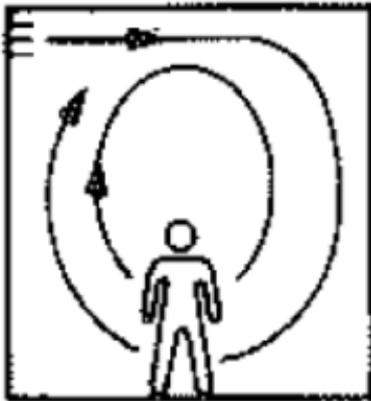
Tableau 11 — Dimensions de la zone d'occupation

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	-

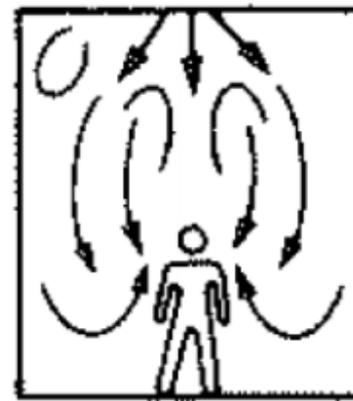
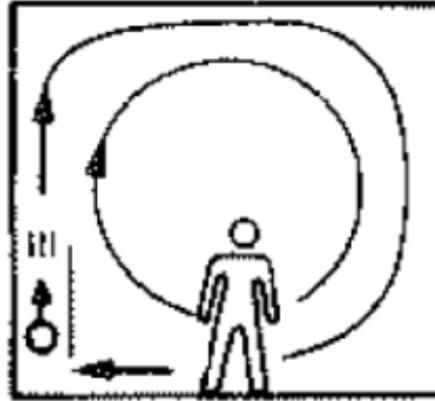


Ventilation par mélange (induction)

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



Induction tangentielle (effet COANDA)



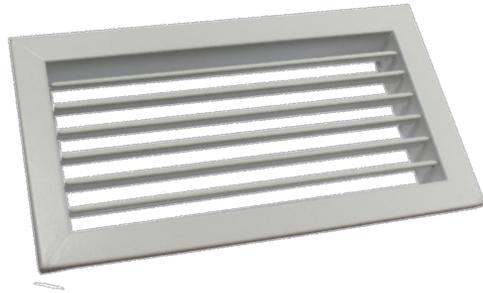
Induction radiale

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)

Diffuseur hélicoïdal →



← Grille murale (double déflexion)



Bouche de type ventouse →



← Grille sur gaine (double déflexion)

Source : Cairox



Diffuseurs par mélange (induction)



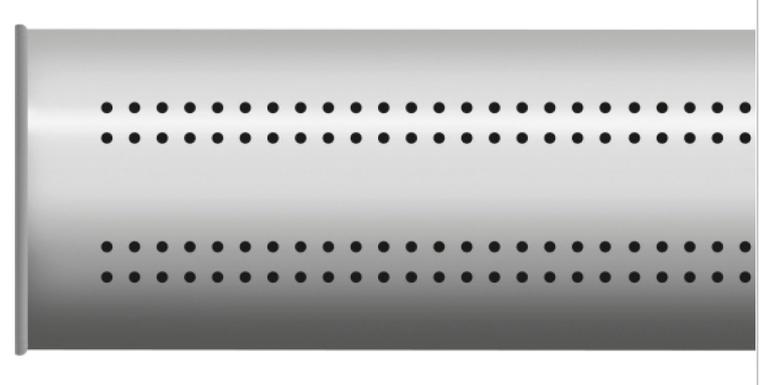
Buse Jet

Source : Cairox



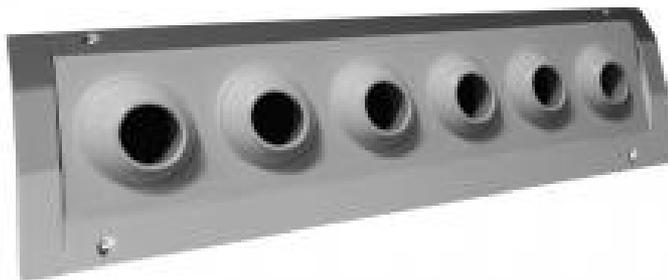
Bouche de sol

Source : Trox



Gaine d'induction perforée

Source : Cairox



Rampe de buses Jet

Source : Cairox



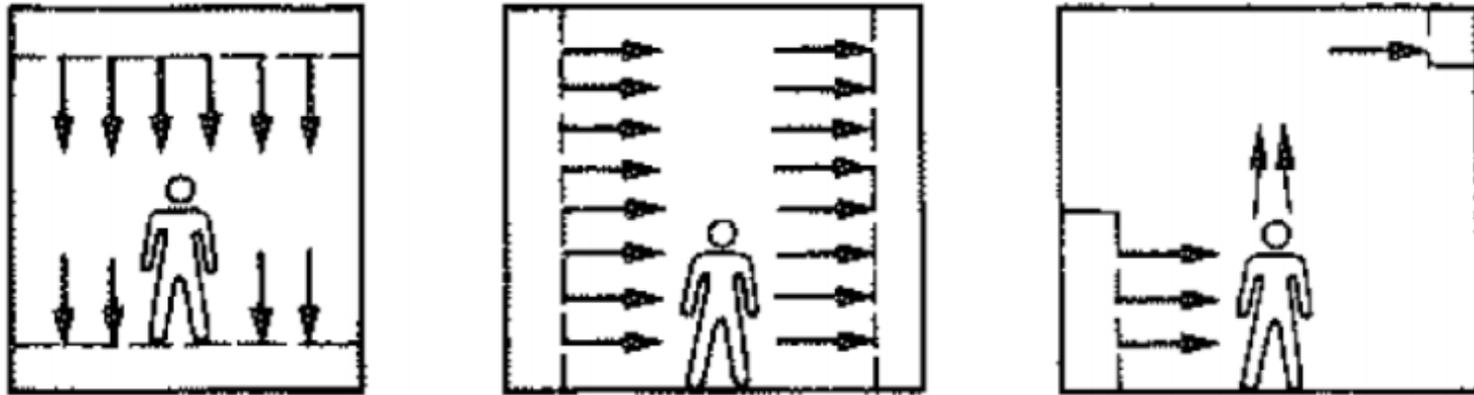
Diffuseur de plafond

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



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

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

PERFORMANCE



Spécificités du réseau en tertiaire

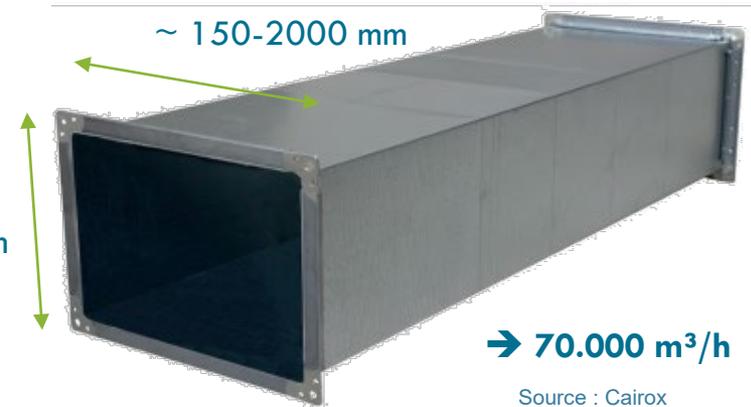
- ▶ Critères des dimensionnements
 - La vitesse de l'air
 - La perte de charge
- ▶ Les débits sont + importants
 - >> Sections + importantes
 - >> **Encombrement + important !**
- ▶ Variété des usages
 - >> Débits très différents selon les espaces
 - >> **Équilibrage essentiel !**

Exemple

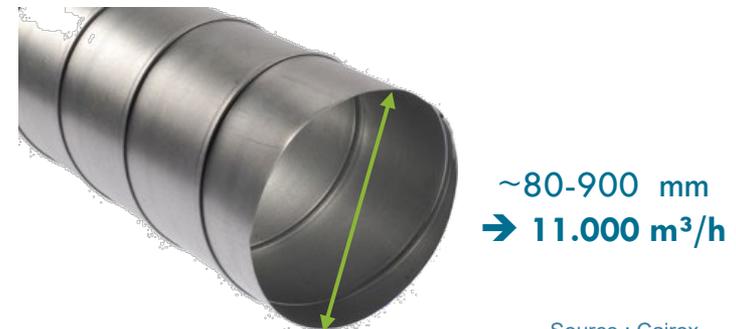
Une toilette (50m³/h)

Un open space de 15 personnes (> 330m³/h)

Un atelier de production (~ 4000m³/h)



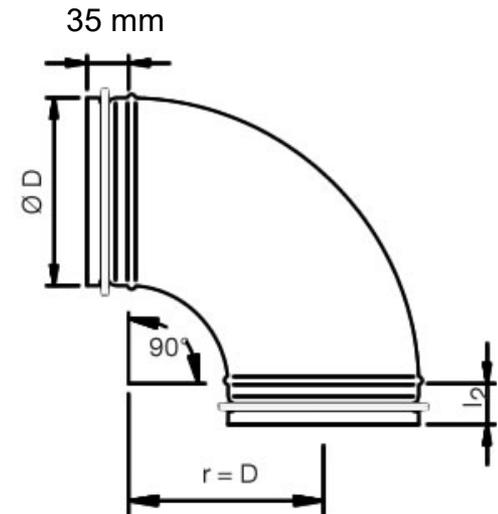
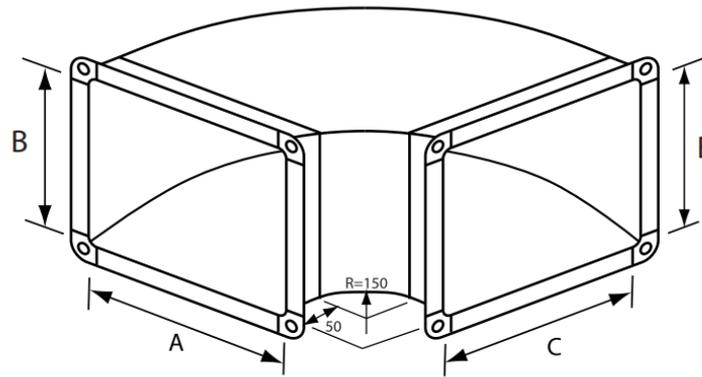
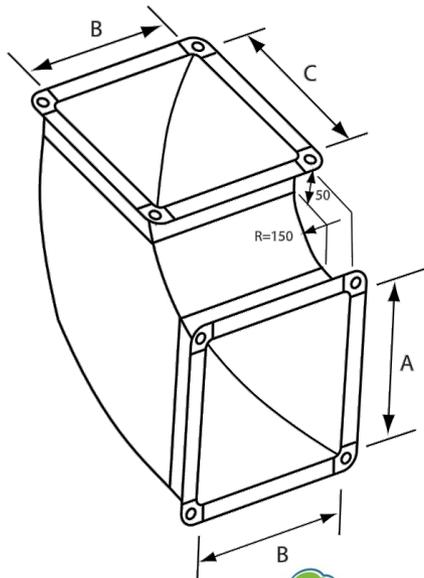
Source : Cairox



Source : Cairox



Spécificités du réseau en tertiaire



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 : écoRce



Source : Trox



Source : Cairox

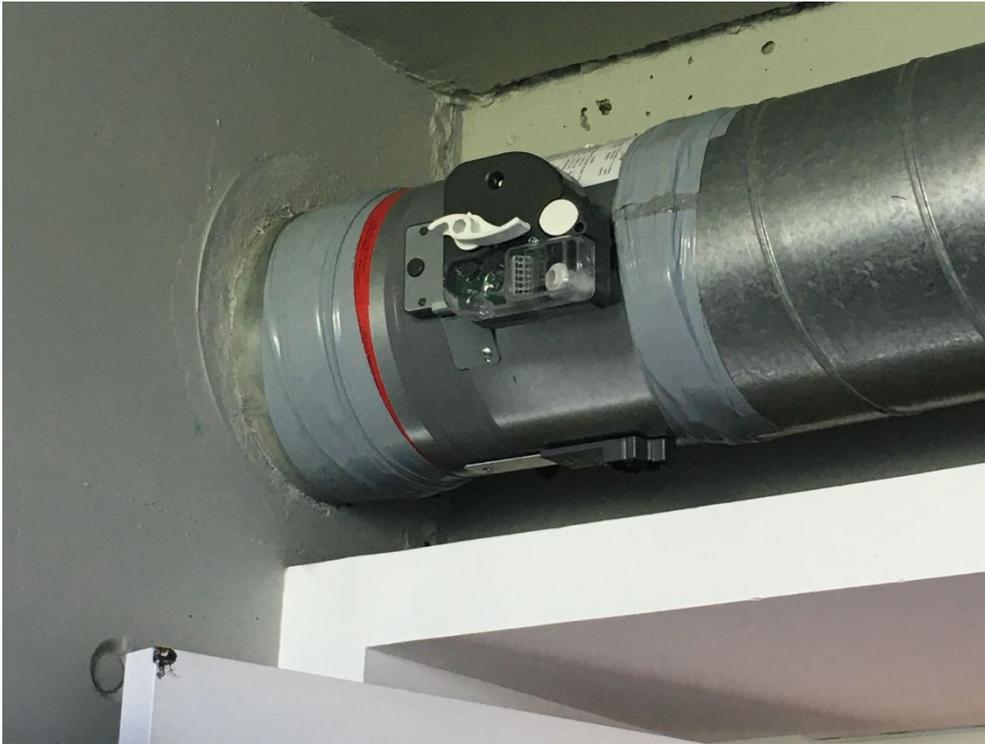


Source : Trox



Protection incendie

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



Source : écoRce



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

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

PERFORMANCE



CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR

Centrale compacte (500-~7000 m³/h)

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

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



Source: SystemAir



CENTRALE DE TRAITEMENT D'AIR

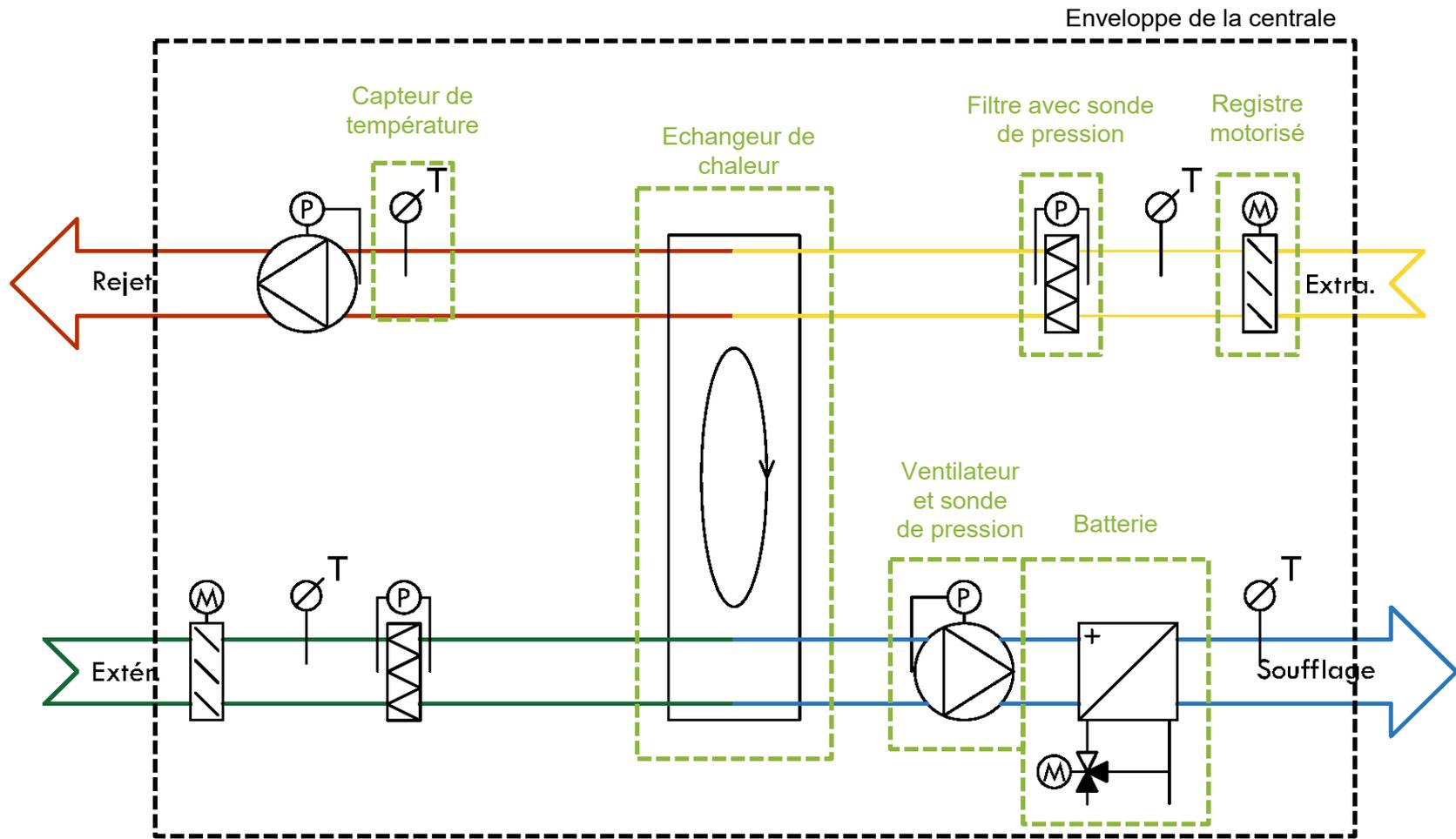
Centrale modulaire (~700-50.000 m³/h)



Source: SystemAir

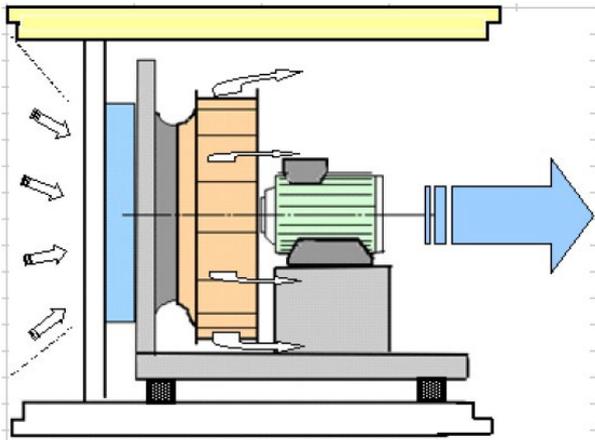


Composants principaux d'une centrale de traitement d'air



Moteurs de ventilateurs

► Asynchrone



Source : CIAT

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

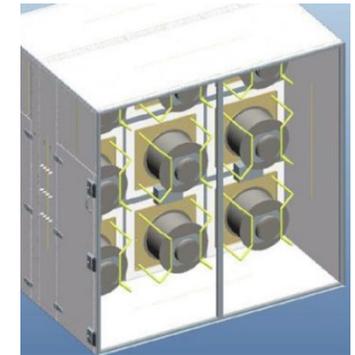
⇒ **Nécessite un variateur de fréquence**



► A moteur EC (commutation électronique)



Source : CIAT



Source TROX

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



Usage

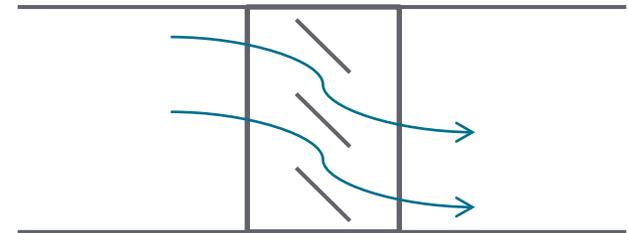
- ▶ Isolement de la CTA (arrêt, gel)
- ▶ Modification du flux d'air
 - Bypass d'un échangeur,
 - Recirculation

Caractéristiques

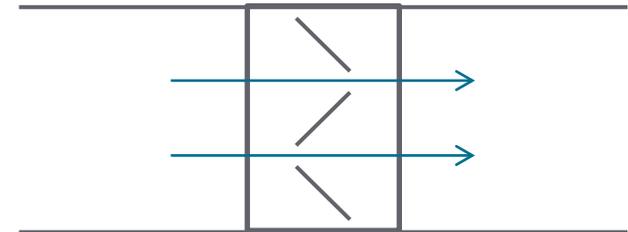
- ▶ **Type** : parallèle / opposé – manuel / motorisé
- ▶ Joints d'étanchéité en bout de lames
- ▶ **Matériaux** : acier galvanisé, aluminium, inox
- ▶ Entraînement par embiellage ou roues dentées

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



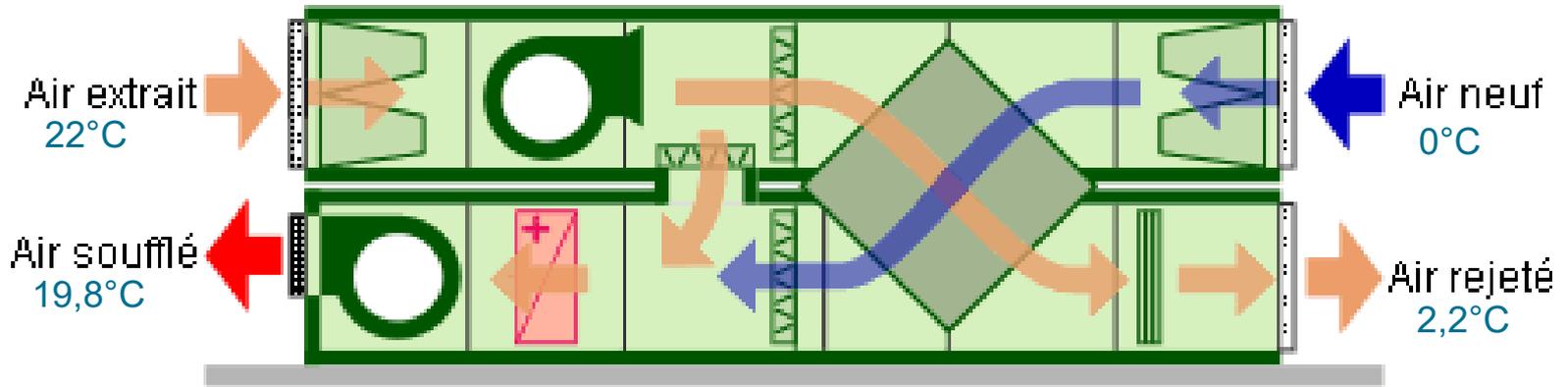
Filtres à poches
Source: GEA Happel



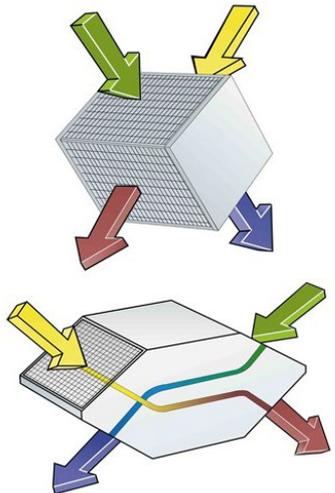
Filtres gravimétrique
Source: CIAT



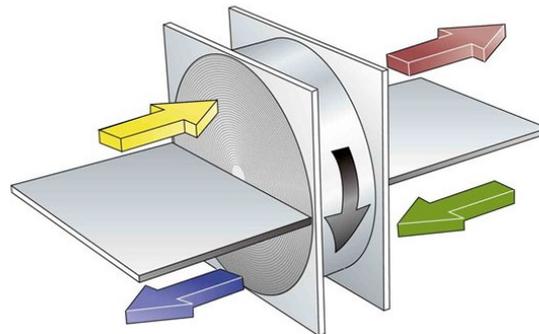
ÉCHANGEUR DE CHALEUR



Source : EnergiePlus

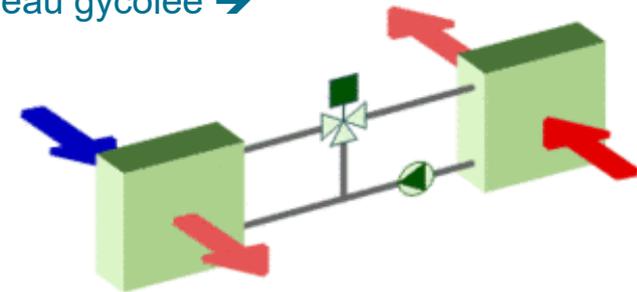


← Echangeur à plaque
(courant croisé/contre courant)



Source : Swegon

Echangeur à eau glycolée →



Source : EnergiePlus

← Echangeur rotatif à accumulation



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



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

Points d'attention

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



Batterie

Source: chariotelevateu



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

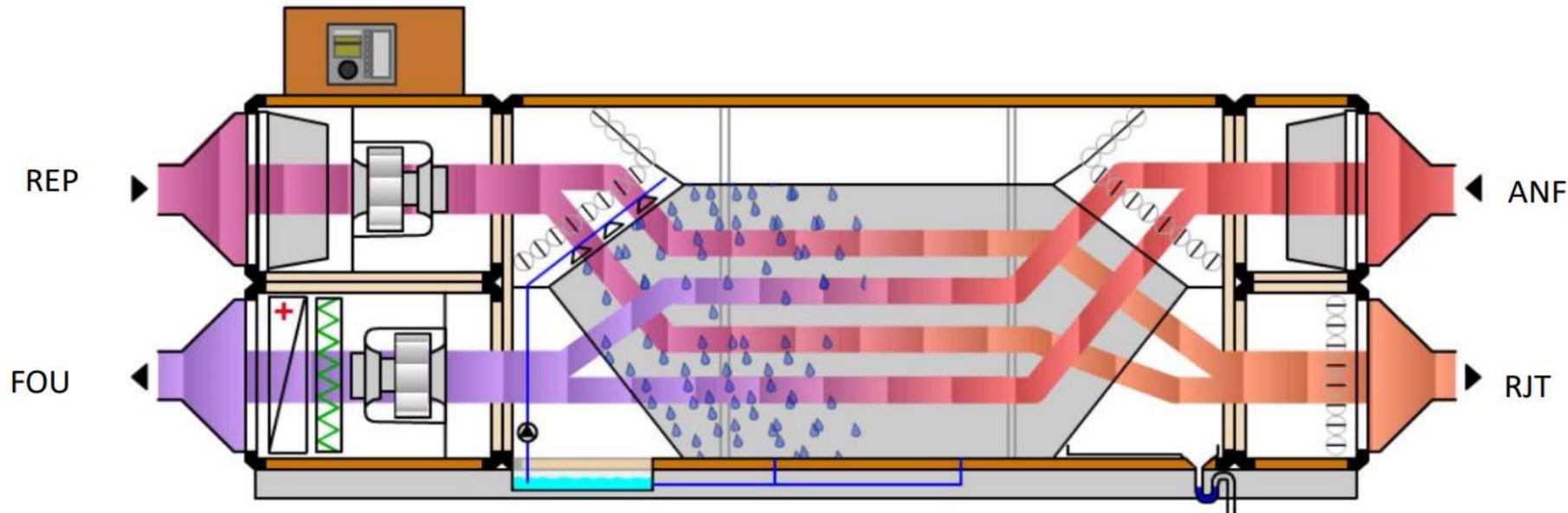
Points d'attention

- ▶ 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



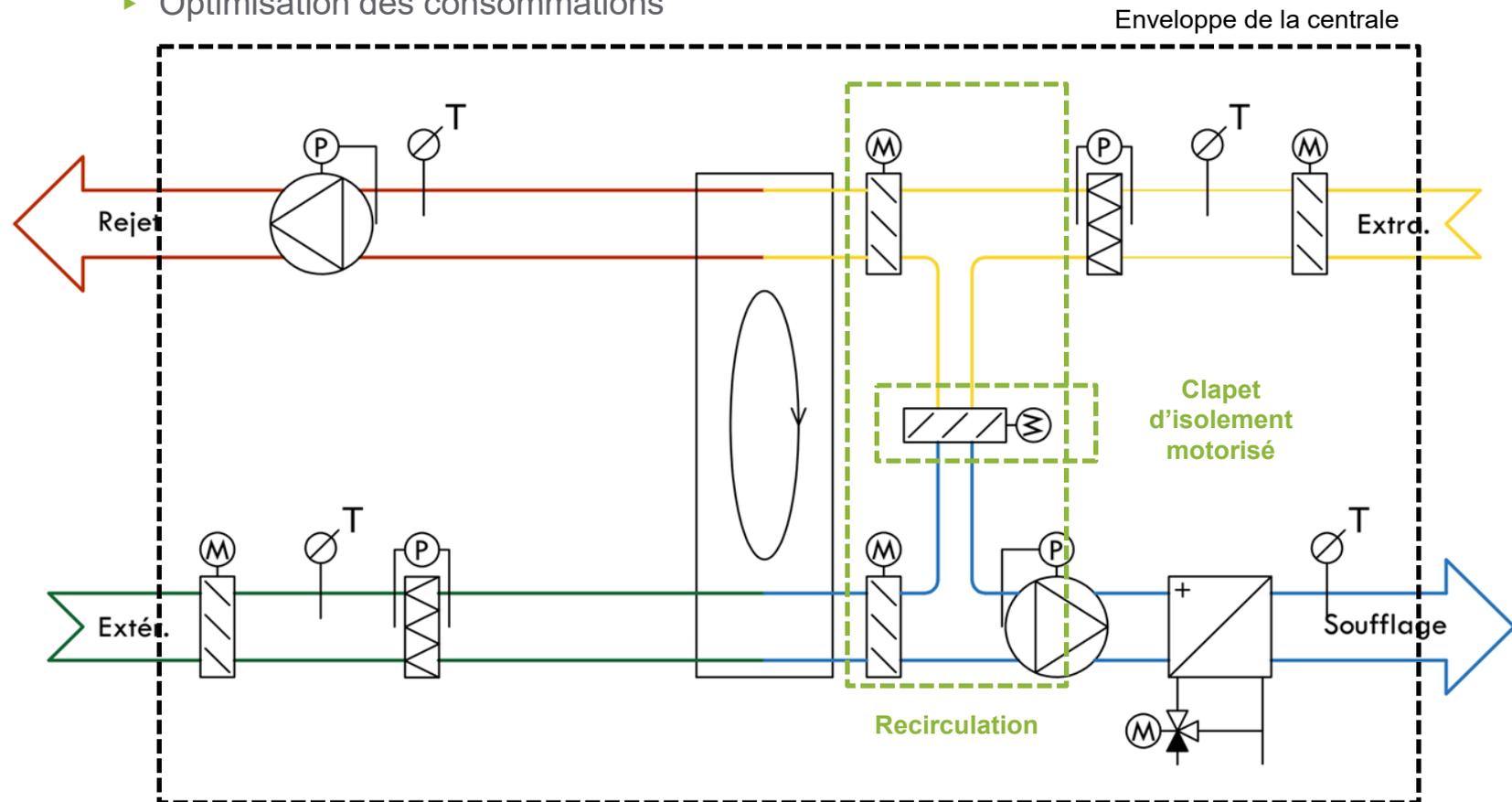


Source: Menerga

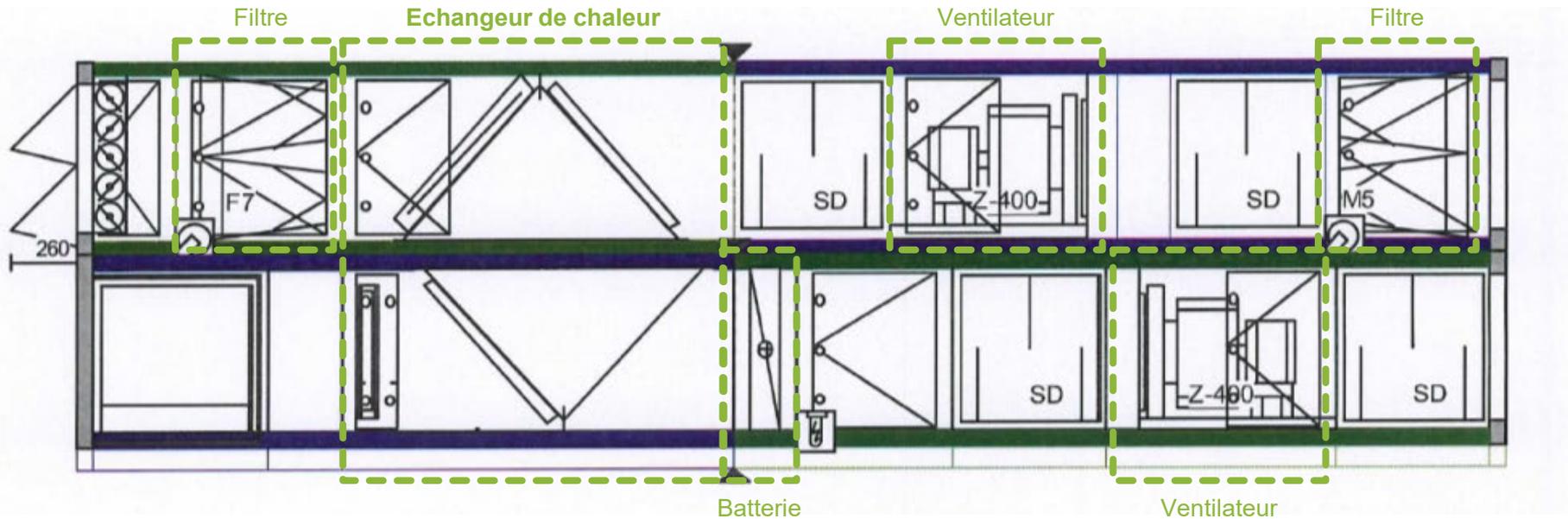


Centrale de traitement d'air avec recirculation

- ▶ 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



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

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

PERFORMANCE



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 ...

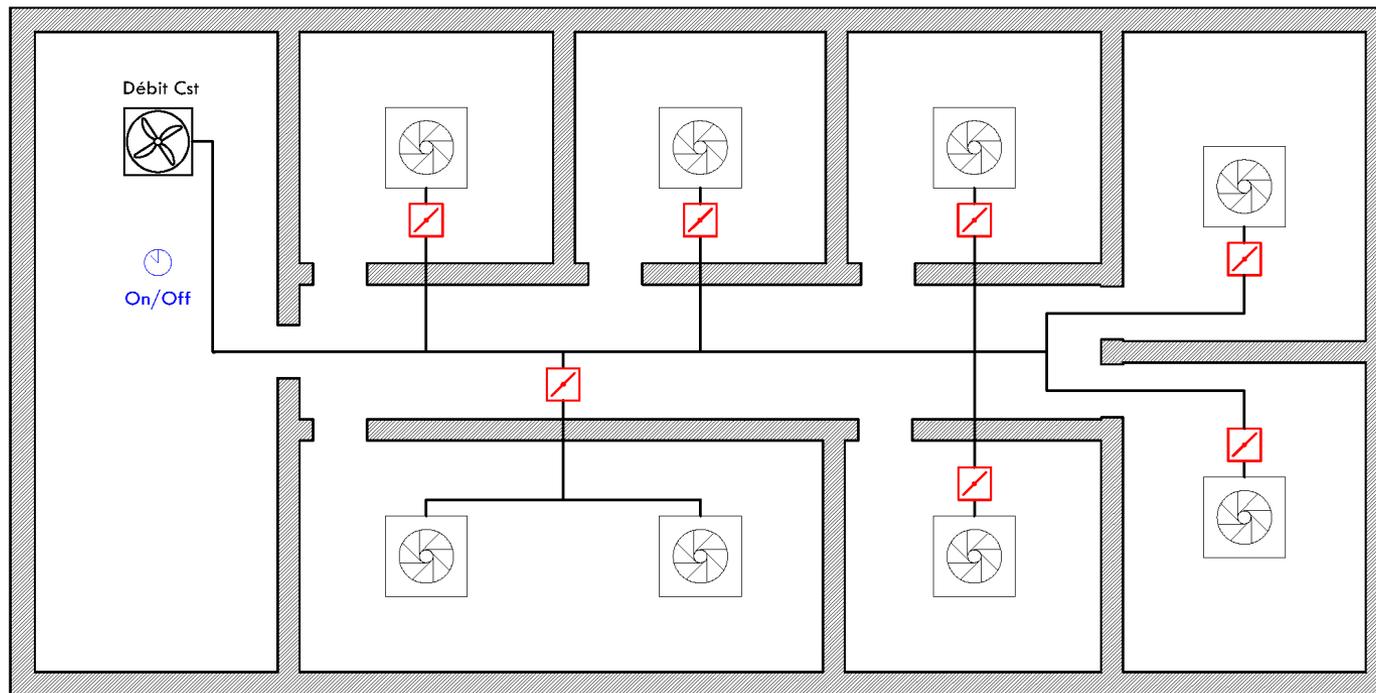


Schéma 2 - Régulation à débit constant

► 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

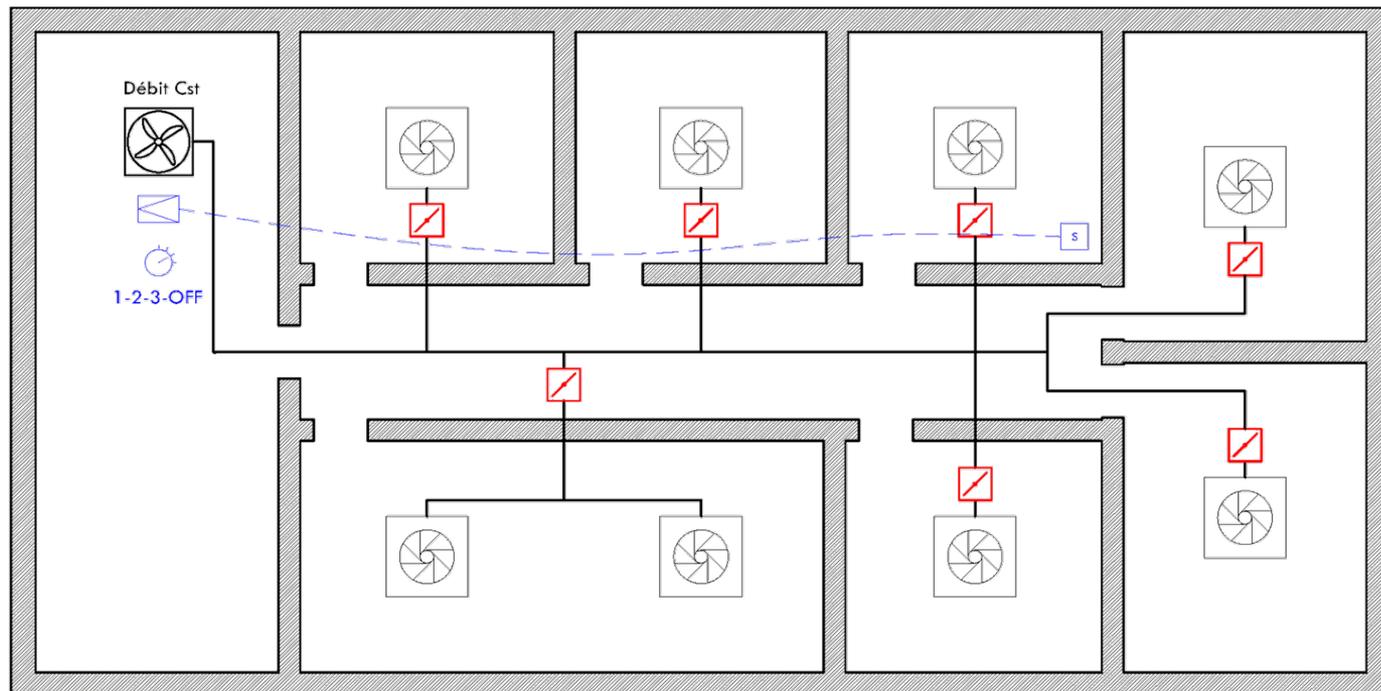


Schéma 3 – Régulation à débit constant

- ▶ 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

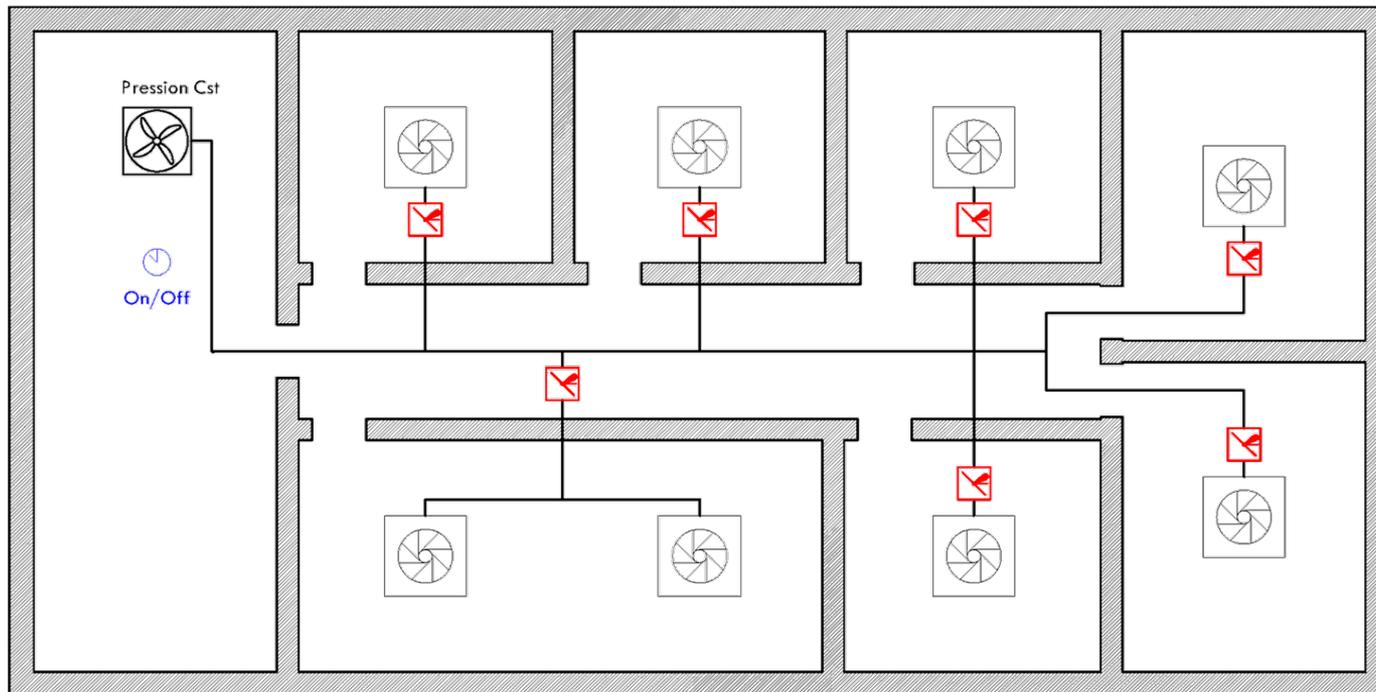


Schéma 4 – Régulation à débit variable

- ▶ 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)

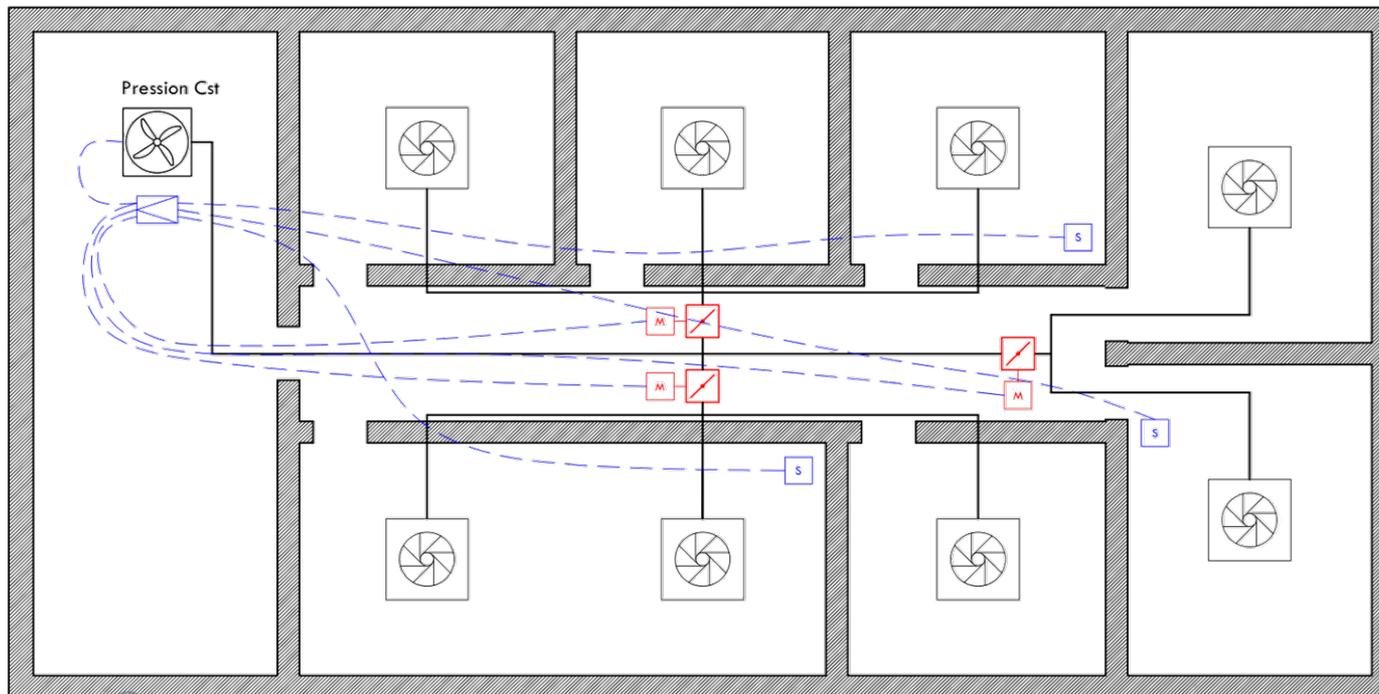


Schéma 5

► Schéma 3 + Schéma 4

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

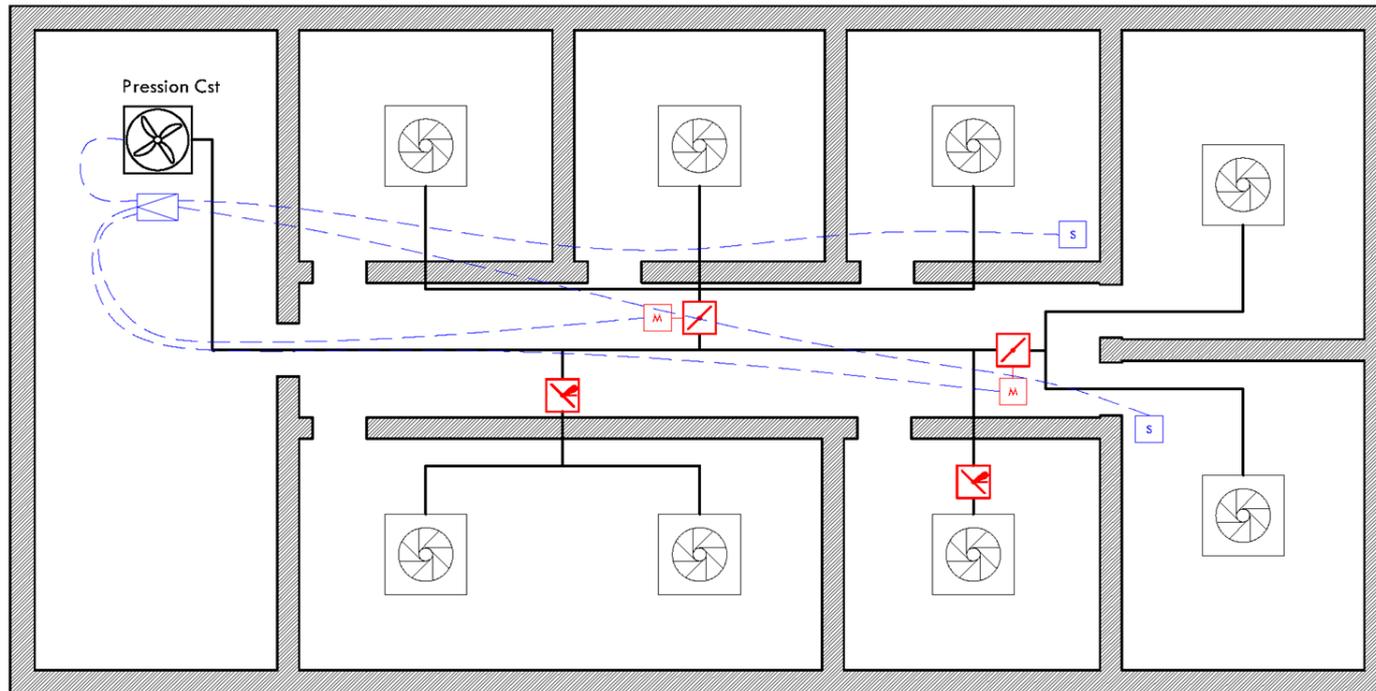
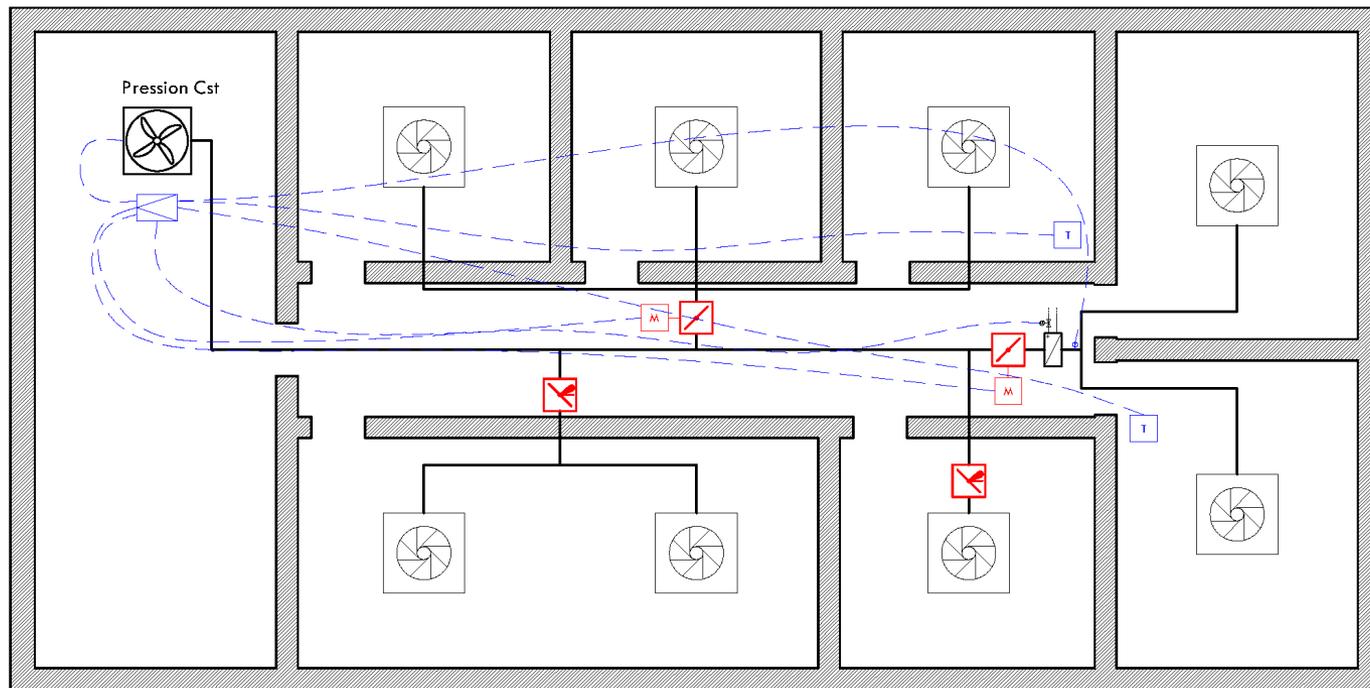


Schéma 6

► Schéma 5 + batteries terminales

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



INTRODUCTION

FONCTIONS

COMPOSANTS

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE



Comment réduire les consommations liées à la ventilation ?



CLASSIFICATION ÉNERGÉTIQUE - EUROVENT

Eurovent

- Organisme européen qui propose une classification énergétique, **sur base volontaire**

Objectif

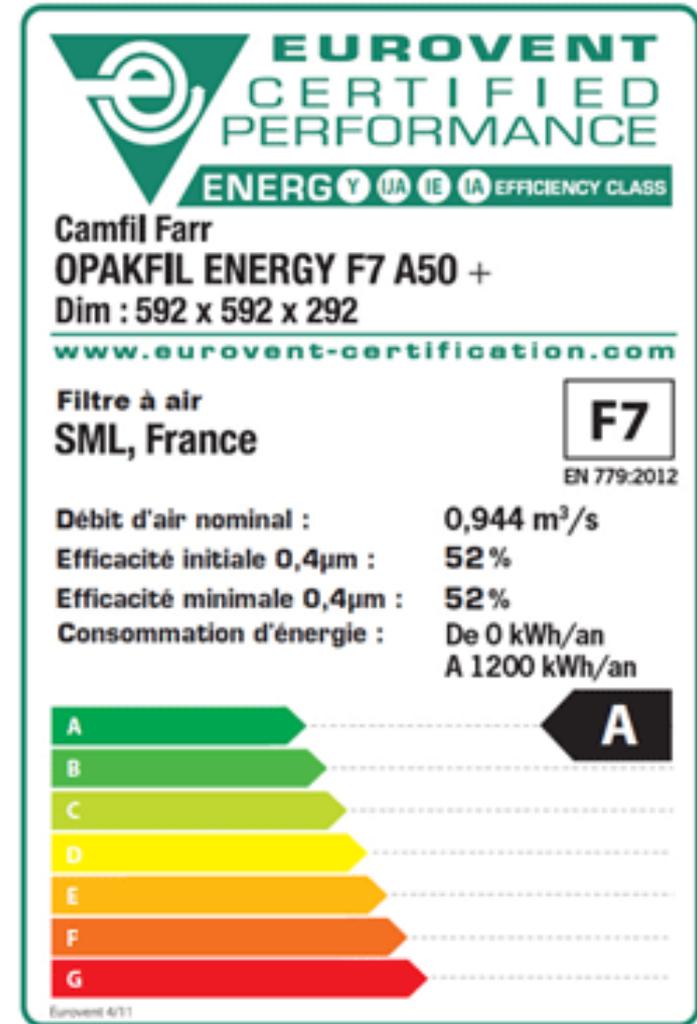
- Communiquer sur les performances des produits de manière accessible et efficace
- Permet de comparer des produits entre eux sur une base commune

Moyens

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

Concerne

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





- ▶ 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

éCORCE
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

