

ENVIRODEBAT : LA VMC DOUBLE-FLUX ET SES ALTERNATIVES



INTRODUCTION: LA VMC DOUBLE FLUX



Karine Pellerrey – BET ADRET – 09/04/15

Pourquoi ventiler les bâtiments ?

- Pour évacuer l'humidité de l'air et éviter les risques de développement de moisissures et dégradation de la structure
- Pour évacuer le CO₂ produit par les occupants
- Pour évacuer tous les polluants présents dans l'air intérieur, notamment les COV émis par les revêtements, le mobilier, les produits ménagers...



Source	Quantité
Une douche	1.5 L / personne
Un bain	1 L / personne
Laisser sécher 5kg de linge essoré	1 à 1.5 L
Cuisine	0.4 à 0.8 L / repas
Plantes	0.5 à 1 L par jour
Surface d'eau	0.9 à 1.2 L / jour
L'homme	0.1 – 0.2 L / heure

D'autres apports (matériaux de construction, pluie) ne sont pas pris en compte.

Les apports de vapeur d'eau augmentent l'humidité relative de l'air dans l'habitation.

Sa valeur optimale se situe à 50%.
Un degré de 70% à 80% est ressenti comme désagréable.

Exemple:

$\Phi=60\%$, $T=20^\circ\text{C}$

$v = 9 \text{ g/m}^3$ (masse d'eau par m^3)

La valeur de l'humidité à l'intérieur doit être régulée afin d'éviter des dégradations de la structure: Ventilation et Diffusion

Structure:

Maison 112 m², V = 280 m³
Murs briques de terre, enduit,
isolation à l'extérieur
SD = 2.5m

$$G = (p_{\text{int}} - p_{\text{ext}}) / (SD * \delta_{\text{air}})$$

Air intérieur:

$$\varphi = 50 \%, T = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \rho = 7 \text{ g/m}^3$$

Air extérieur:

$$\varphi = 65 \%, T = 10 \text{ }^\circ\text{C}, \rho = 5 \text{ g/m}^3$$

Humidité:

4 personnes, 5 plantes, 1 chat:

410 g/h d'eau

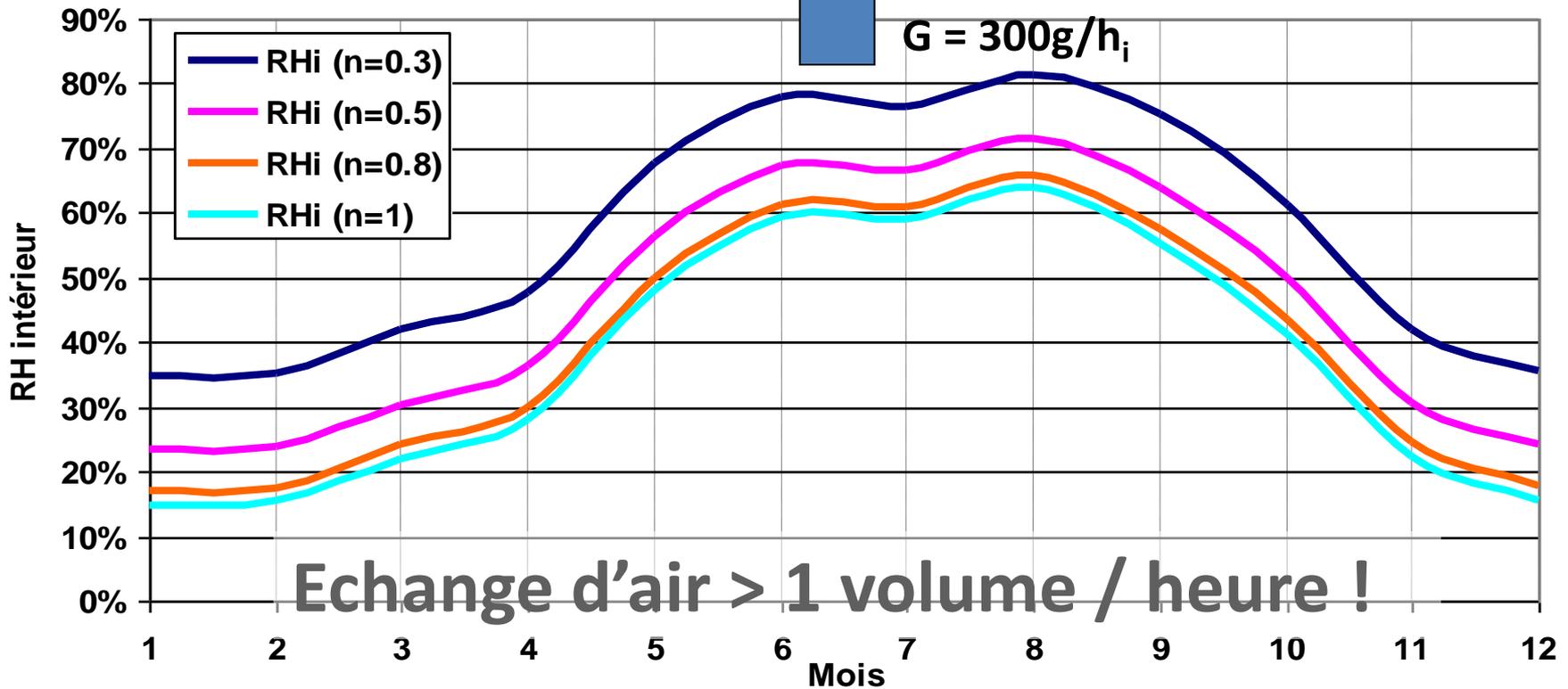
Ventilation (T_{int} = 20°C):
60 m³/h → 1080 g/h

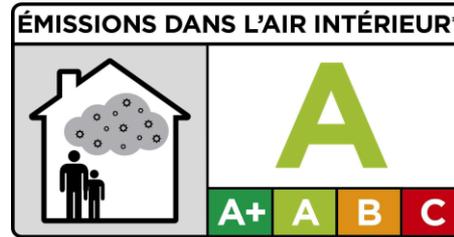
Diffusion (T_{ext} = 10°C):
0.4 g/m²/h → 40 g/h

Seul une ventilation permanente, naturelle ou mécanique, permet d'évacuer l'humidité.

Humidité: Débit VMC en logement

$$G_{\text{ext}} = nV * v_{\text{sat}} HR_e * T_e / T_i \quad \Rightarrow \quad \Phi_i = HR_e v_{\text{sat},e} / v_{\text{sat},i} * T_e / T_i + G_i / (nV * v_{\text{sat},i}) \quad \Rightarrow \quad G_{\text{int}} = nV * v_{\text{sat}} HR_i$$





Extrait de l'arrêté publié le 13 mai 2011 au journal officiel

Seuils limites des concentrations d'exposition (en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et classes correspondantes

Les classes d'émission sont établies sur la base de mesures réalisées après 28 jours en chambre ou en cellule d'essai d'émission, ou avant ce délai si les émissions respectent les exigences de la classe des émissions les plus faibles (A+)

Classes	C	B	A	A+
Formaldéhyde	>120	<120	<60	<10
Acétaldéhyde	>400	<400	<300	<200
Toluène	>600	<600	<450	<300
Tétrachloroéthylène	>500	<500	<350	<250
Xylène	>400	<400	<300	<200
1,2,4-Triméthylbenzène	>2000	<2000	<1500	<1000
1,4-Dichlorobenzène	>120	<120	<90	<60
Éthylbenzène	>1500	<1500	<1000	<750
2-Butoxyéthanol	>2000	<2000	<1500	<1000
Styrène	>500	<500	<350	<250
COVT	>2000	<2000	<1500	<1000

Classe d'exposition défini comme concentration **G** des COV dans une pièce de référence ventilée à **n=0.5**

HR = 50%, T=23°C, $\Delta t = 28$ jours

Facteur de charge = surface émettant des COV / volume:

- Murs **Fc** = 1 m^2/m^3

- Sol/ plafond **Fc** = 0.4 m^2/m^3

Emission $e_x = G \cdot n / Fc_x$ [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$]

$GT = (e_1 Fc_1 + e_2 Fc_2 + e_n Fc_n) / n$

$e_{\text{sol}} (A+) = 1250$ [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$]

$e_{\text{mur}} (A+) = 500$ [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$]

$n(\text{VMC}) = (e_1 Fc_1 + e_2 Fc_2 + \dots + e_n Fc_n) / GT$ (classe)

Exemple: murs, plafonds avec $e=500$, sol avec $e=1250$: $n = 500 \cdot 1.4 + 1250 \cdot 0.4 / 1000 = 1.2$

CO2 - Gaz produit par le métabolisme des occupants

Expiration de 8L/min avec 4.5 % de CO2 = 21.6 L CO2/h/pers)

Cint = Cext + Source / débit Vent

pollution et débit = f(nombre de personnes)

CO2 ext. selon le milieu :

- Rural : 350 ppm
- Semi-urbain : 375 ppm
- Urbain : 400 ppm

Norme NF EN 13779: Définition de 4 catégories de QAI selon Cint(CO2)

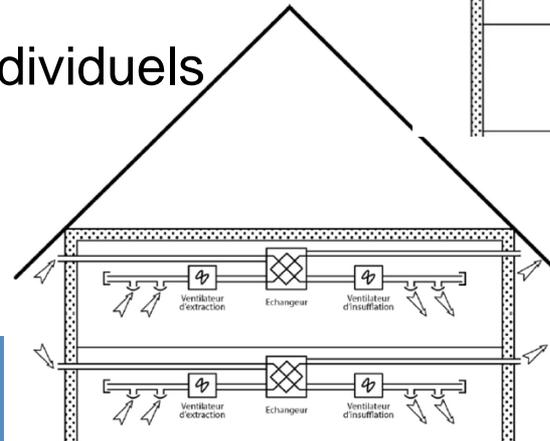
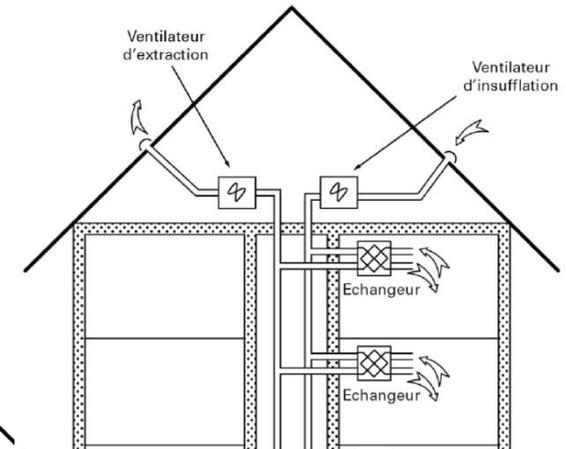
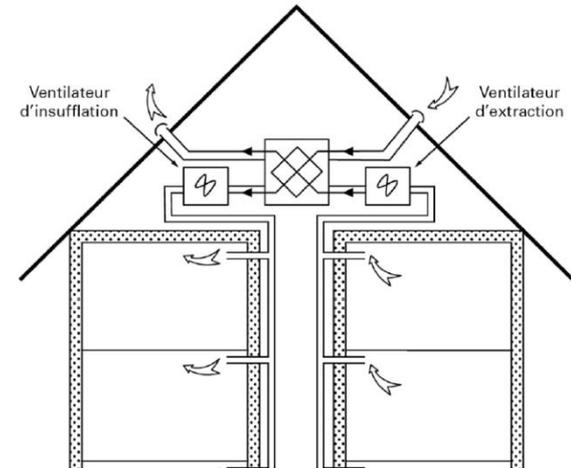
Qualité d'air	Concentration de CO2 au dessus du niveau extérieur (ppm)	Débit d'air neuf (m3/h/pers)
Excellent	< 400	> 54
Moyenne	de 400 à 600	36 à 54
Modérée	de 600 à 1000	22 à 54
Médiocre	>1000	<22

Limite de concentration CO2 conseillée: 1000 ppm !

- Le principe: Extraction de l'air vicié et insufflation de l'air neuf
- Nécessite: double réseau de ventilation et éventuellement d'un échangeur de chaleur entre extraction et insufflation
- VMC double flux à échangeur statique: lorsque le transfert de chaleur se fait entre l'air sortant et l'air entrant de façon passive par l'intermédiaire d'un **échangeur de chaleur**.
- VMC double flux à échangeur thermodynamique: constituée aussi d'un échangeur, mais également d'une **pompe à chaleur**, qui permet de réchauffer l'air neuf en hiver, et de refroidir l'air neuf en été avant le soufflage.

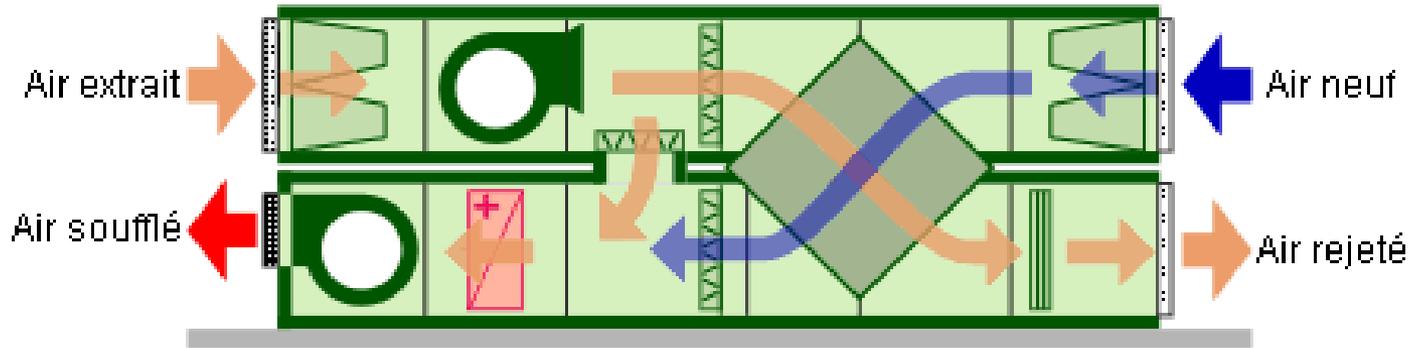
VMC double flux centralisée ou décentralisée :

- Ventilateur et échangeur centralisés
- Ventilateur unique et échangeurs individuels
- Ventilateurs et échangeurs individuels



Les différents types d'échangeurs:

L'échangeur à plaques :



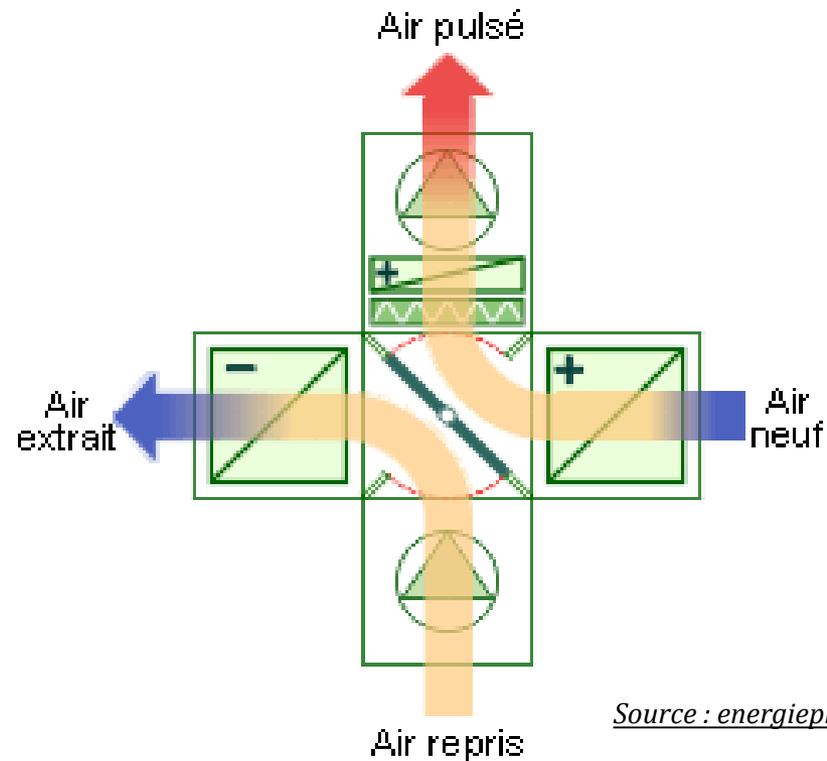
Source : energieplus-lesite.be

Le fluide extrait circule dans un circuit, et l'air neuf dans un second circuit, en suivant la disposition suivante : air extrait / plaque / air neuf.

Sans contact direct entre les fluides, l'air extrait va céder ses calories à l'air neuf au travers de la plaque.

Rendements jusqu'à 95% (théoriques).

L'échangeur rotatif:

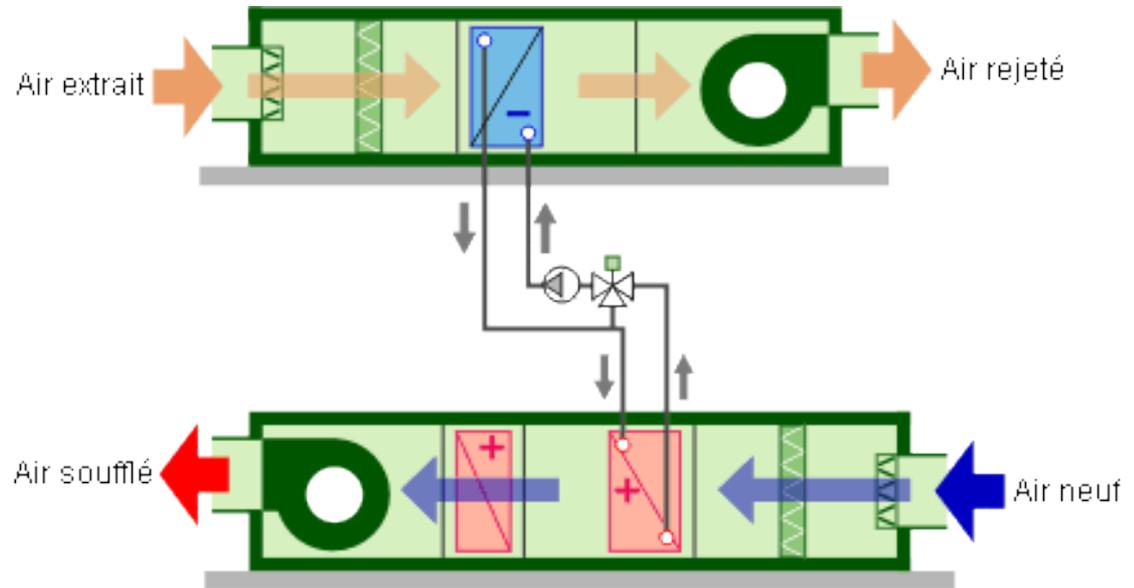


Source : energieplus-lesite.be

La roue, constituée d'un matériau emmagasinant la chaleur, est mise en rotation lente entre deux circuits aérauliques. L'air extrait traverse un secteur de roue et lui transfère son énergie thermique. Après rotation, le même secteur est traversé par l'air qui récupère l'énergie emmagasinée.

Rendements jusqu'à 95% (théoriques).

L'échangeur à eau glycolée :



Source : energieplus-lesite.be

Constitué de deux batteries, l'une dans le groupe d'extraction et l'autre dans le groupe de soufflage. Ces deux batteries sont reliées entre elles par un circuit de tuyauteries dans lequel circule de l'eau glycolée, qui va servir à véhiculer les calories de l'air extrait vers l'air soufflé.

Le rendement de ces échangeurs varie généralement entre 40 et 50%.

Batteries chaude / froide :

- Batterie chaude hydraulique ou électrique
- Batterie froide hydraulique
- Pas de batterie ?

=> Oui mais il faut soigner la diffusion d'air

➤ Rendement de récupération inférieur aux prévisions

Température extérieure	Efficacité moyenne de l'échangeur
Température inférieure à 0°C	68,4%
Température comprise entre 0 et 10°C	77,6%
Température comprise entre 10 et 20°C	80,1 %
Température supérieure à 20°C	échangeur bipassé

Mesures réalisées sur une maison – Rapport RAGE – Février 2015

- Recyclage d'air parasite
- Sensation de soufflage d'air froid
- Bruit au niveau des bouches
- Surconsommation électrique de la ventilation double flux par rapport aux prévisions

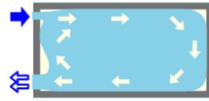
- Surchauffes en été
- Coût élevé des filtres non anticipé
- Défauts d'entretien-maintenance:
 - Filtres encrassés générant pertes de charges et moindre qualité d'air
 - Absence de nettoyage des réseaux aérauliques (parfois difficile d'accès)
 - Prises d'air neuf colmatées
 - Echangeur en mode récupération toute l'année
 - ...

- Economie d'énergie sur le chauffage (et éventuellement le rafraîchissement)
- Permet de répondre à la fois aux exigences énergétiques actuelles et aux exigences de débits de renouvellement d'air
- Pas d'entrée d'air froid dans la pièce, l'air soufflé est tempéré : amélioration du confort *sous réserve d'une bonne conception.*
- Peut permettre dans certains cas de se passer de système de radiateurs
- Peut participer au rafraîchissement passif du bâtiment (batterie froide sur eau de nappe par exemple)

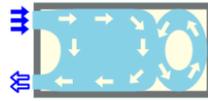
Les bonnes pratiques pour les concepteurs (extraits)

- Evaluer l'intérêt énergétique du double flux (chauffage, climatisation et ventilation), en tenant compte d'une efficacité moyenne de l'échangeur
- Evaluer son coût en exploitation et en informer le maître d'ouvrage ou gestionnaire
- Analyser les occupations pour déterminer les modes de régulation de la ventilation (horaire, sonde de présence, sonde de CO2)
- Choisir des CTA à basse consommation
- Etudier très soigneusement la diffusion d'air pour éviter les problèmes « d'air froid » et balayer efficacement le local, d'autant plus quand le double flux sert à chauffer ou rafraîchir.





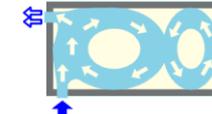
soufflage horizontal en haut à grande vitesse, reprise en bas sur le même mur .



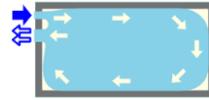
soufflage horizontal en haut à faible vitesse et faible portée, reprise en bas sur le même mur



soufflage vertical grande vitesse en bas de mur, reprise au sol à l'opposé.



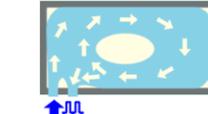
soufflage vertical à grande vitesse, reprise en haut du même côté (by-pass + zone morte).



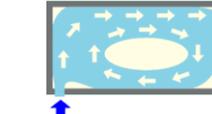
soufflage horizontal en haut à grande vitesse, reprise en haut sur le même mur.



soufflage horizontal en haut à grande vitesse, reprise en haut sur le mur opposé (by-pass)



soufflage au sol à grande vitesse, reprise au sol du même côté



oufflage vertical à grande vitesse, reprise en haut du mur opposé (zone morte au centre).



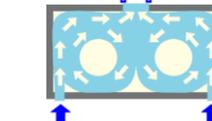
soufflage horizontal en haut à faible vitesse, reprise en bas sur le mur opposé.



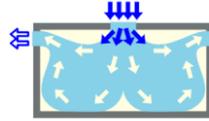
soufflage horizontal en haut à grande vitesse, reprise en bas sur le mur opposé



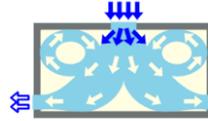
soufflage horizontal en bas de mur à vitesse moyenne, reprise en haut sur le mur opposé (petit risque de zone morte).



deux soufflages verticaux à grande vitesse, reprise au centre du plafond (balayage latéral correct mais création de deux zones mortes).



soufflage sous plafond sous angle moyen, reprises hautes symétriques



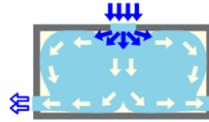
soufflage sous plafond sous angle moyen, reprises basses symétriques



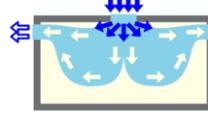
soufflage horizontal en bas de mur à faible vitesse, reprise en haut sur le mur opposé par lent déplacement d'air.



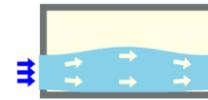
soufflage vertical à vitesse moyenne, reprise en haut du mur opposé (création de zone morte).



soufflage sous plafond sous angle moyen, reprises hautes symétriques.



soufflage sous plafond sous 180°, reprises hautes symétriques (by-pass). Si la bouche de pulsion a une portée importante, le problème diminue.



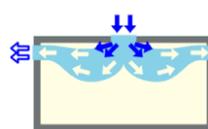
soufflage en bas de mur à faible vitesse, reprise au bas du mur opposé par lent déplacement d'air (flux laminaire dans les salles blanches).



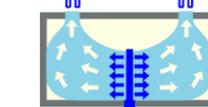
soufflage vertical à vitesse moyenne, reprise au sol du côté opposé (risque de création de deux zones mortes).



soufflage sous plafond sous 180°, reprise concentrique



soufflage sous plafond sous 180° à faible débit, reprises hautes symétriques (by-pass).



soufflage au bas d'un mur ou près de la zone de travail à très faible vitesse, reprise en haut par tirage thermique (principe du "déplacement").

Source:
<http://www.energieplus-lesite.be>

Les bonnes pratiques pour les concepteurs (extraits)

- Prévoir une vitesse d'air adaptée, un silencieux pour éviter la transmission des bruits
- Soigner le calorifugeage des conduits de soufflage et reprise (a minima hors volume chauffé)
- Prévoir des trappes d'accès pour le nettoyage des réseaux et l'espace suffisant pour l'accès aux trappes et aux filtres.
- Exiger une classe d'étanchéité du réseau de classe B

Les bonnes pratiques en phase chantier (extraits)

- Choisir des ventilateurs fonctionnant au point de rendement maximum
- Réaliser soigneusement l'étanchéité des réseaux aérauliques, avec contrôle d'atteinte de la classe B.
- Contrôler à la réception le bon fonctionnement de la récupération, des sondes et de la régulation.
- Réaliser des mesures acoustiques à la réception
- Nommer l'exploitant avant la fin du chantier et transmettre à l'exploitant les informations relatives au fonctionnement de l'installation

Les bonnes pratiques en phase exploitation (extraits)

- Vérifier le bon fonctionnement des ventilateurs
- Vérifier périodiquement les débits de renouvellement d'air, au niveau de la centrale mais aussi au niveau des bouches et équilibrer l'installation
- Vérifier le fonctionnement de la régulation : températures, horaires, by-pass effectif, etc...
- Nettoyer régulièrement les grilles de prise et rejet d'air
- Changer le filtre d'air neuf et le filtre d'air extrait tous les 4 à 6 mois
- Vérifier tous les ans l'état des réseaux (code du travail)
- Prévoir le nettoyage des réseaux environ tous les 5 ans

Les questions qui se posent...

- Le double flux est-il intéressant du point de vue énergétique et économique notamment dans les régions où le climat est doux?

On constate sur les installations double flux des dysfonctionnements liés à des erreurs de conception et/ou d'installation et/ou de maintenance

- Faut-il pour autant abandonner le double flux ?
- Comment apprendre de ces erreurs ?

Les questions qui se posent...

- Le double flux peut-il contribuer au confort d'été?
- Peut-on « se passer » de système de chauffage et de rafraîchissement grâce au double flux?
- Comment assurer la qualité de l'air dans le temps ? nettoyage des filtres et réseaux, mais aussi assurer confort acoustique et thermique pour éviter l'arrêt de la ventilation par les occupants!

- Rapport RAGE « Ventilation double flux » : Performance et retours d'expérience en logement – Février 2015
- Rapport RAGE « Solutions de diffusion d'air en ventilation double flux dans l'habitat » - Juin 2014
- Guide « l'Entretien et la maintenance dans les bâtiments à très faible consommation d'énergie enjeux et stratégie », Enertech, septembre 2012 : présentation des principaux dysfonctionnements constatés sur des ventilations double flux, en terme de conception ou d'entretien-maintenance et recommandations.