

VENTILATION MECANIQUE DOUBLE FLUX AVEC RECUPERATION DE CHALEUR

NOTE D'OPPORTUNITE BDM

1. Contexte et enjeux

Avec le renforcement de la performance thermique du bâti, les déperditions liées à la ventilation prennent un poids de plus en plus important dans le bilan thermique des bâtiments.

Pour limiter ces déperditions, la ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur peut être une solution. Son principe est d'échanger la chaleur entre l'air vicié qui est extrait du bâtiment et l'air neuf qui rentre dans le bâtiment. Elle nécessite la mise en place d'un double réseau de ventilation et d'un échangeur de chaleur. Selon les échangeurs, jusqu'à 90% de la chaleur peut être théoriquement récupérée.

De plus en plus répandue aujourd'hui du fait du renforcement des exigences énergétiques, elle pose parfois question du point de vue de son intérêt énergétique et économique, notamment dans les régions où le climat est doux. Le choix de la ventilation double flux est parfois justifié uniquement par le calcul RT (« on ne passe pas en simple flux »). Or la réalité est parfois différente du calcul conventionnel et les consommations électriques peuvent parfois être très importantes.

On constate également sur les premières installations des dysfonctionnements liés à des erreurs de conception et/ou d'installation et/ou de maintenance.

Enfin, la qualité de l'air est aussi un enjeu fort avec ce type d'installation : nettoyage des filtres, nettoyage des réseaux...sans compter les installations de ventilation double flux mises à l'arrêt par le gestionnaire en raison de difficultés d'équilibrage, de bruit, de « sensation d'air froid »...

Il est donc primordial aujourd'hui d'établir un état des lieux et un guide de bonnes pratiques des installations double flux.

2. Recensement des guides et outils existants

Documents Envirobat, disponibles sur l'enviroboîte :

« VMC simple et double flux : quel rôle de la ventilation dans l'atteinte des performances énergétiques en climat méditerranéen ? » - Frédéric Michel - Club Envirobat innovation du 7 octobre 2009.

Fichier ressources « ventilation double flux » - François Vallet – 2009 : ce document recense des ressources disponibles sur le double flux, et notamment tous les fabricants par type de double flux.

Autres ressources disponibles :

Guide « ventilation double flux dans le résidentiel » édité par le CSTB, ce guide présente les informations à connaître lors de la mise en place d'une ventilation double flux.

Le site fiabitat concept traite le sujet de la VMC double flux pour l'habitat individuel :

<http://www.fiabitat.com/vmc-double-flux.php>

Le site Energieplus présente les différents types de ventilation, d'échangeurs de chaleur avec avantages et inconvénients, type de régulation, entretien nécessaire.

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

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. La présente note reprend plusieurs extraits de ce guide.

« Principes et matériels de ventilation double flux décentralisée avec récupération de chaleur », Enertech, mars 2009.

« Bâtiments performants, étude économique – Rapport final », Enertech, février 2011. Comparaison des coûts de 7 projets de logements et 4 projets tertiaires, dont le surinvestissement lié à la ventilation double flux.

3. Principaux types de matériels existants

3.1. Quelques définitions sur le double flux

Une VMC double flux est dite 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.

La VMC double flux thermodynamique est constituée elle 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.

La VMC double flux hygroréglable permet de réguler le débit d'air extrait et soufflé en fonction du taux d'humidité dans l'air.

La VMC double flux peut être centralisée ou décentralisée :

- Ventilateur et échangeur uniques
- Ventilateur unique et échangeurs individuels
- Ventilations et échangeurs individuels. Ces systèmes sont des mini double flux qui s'installent en façade extérieure, très utiles pour les réhabilitations où la place peut faire défaut (principalement utilisés en Allemagne).

En France commencent à apparaître des « microcentrales ». Ce sont des systèmes à plus petit débit pouvant être installés en plafond ou dans les placards. Ce système permet une réduction des consommations de par les débits moins importants, mais aussi des gaines de ventilation moins longues et donc des pertes de charges moins importantes. A titre d'exemple, une microcentrale peut ventiler deux salles de classe.

3.2. Les différents types d'échangeurs

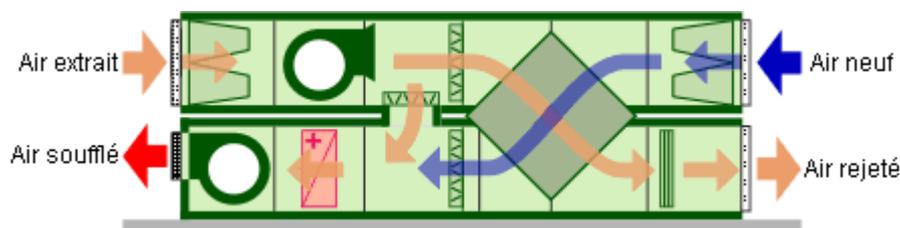
Echangeur à plaques

Principe de fonctionnement :

Constitué généralement de plaques (il peut aussi être constitué de tubes, ou de gaufrages) de faible épaisseur en aluminium, ou acier inoxydable en verre ou en plastique, 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.

Le motif circulation air extrait/ plaque/ circulation d'air neuf est répété un grand nombre de fois dans l'échangeur.



Source : energieplus-lesite.be

Le rendement de ces échangeurs varie entre 50 et 80%. Il est plutôt situé entre 50 et 65% pour des débits importants, et pour des petits débits le rendement peut atteindre 80%.

Avantages du système à plaque:

- peu d'entretien nécessaire
- durée de vie importante
- l'air extrait n'est jamais en contact avec l'air neuf
- aucune pièce en mouvement (fonctionnement simple)

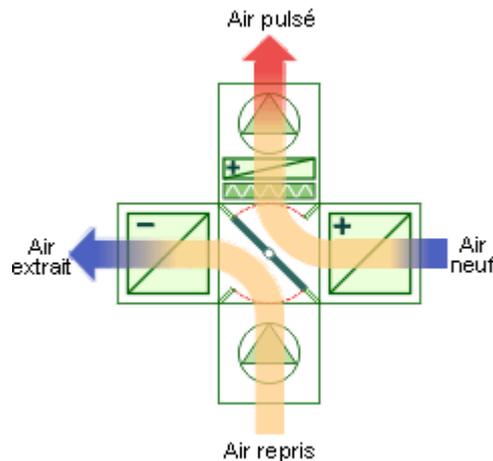
Inconvénients du système à plaque :

- un système de bi-pass est nécessaire l'été pour éviter les surchauffes estivales
- la proximité des circuits d'air extrait et air neuf peut être source de contamination en cas de percement, ou de mauvaise conception (pour les locaux à risque).
- les pertes de charges sont importantes à haut débit

Echangeur rotatif

Principe de fonctionnement :

Constitué d'une roue elle-même constituée d'un matériau emmagasinant la chaleur dit accumulateur, celle-ci 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.



Source : energieplus-lesite.be

Le rendement de ces échangeurs varie entre 60 et 95%.

Avantages du système rotatif :

- ces systèmes ont des rendements très élevés pouvant atteindre plus de 90%
- énergie sensible et humidité peuvent être transférées et par conséquent les besoins d'humidification de l'air traité sont moins importants.
- pas d'évacuation de condensats
- ne nécessite pas de batterie anti-givre
- en période estivale, il est préférable de ne plus récupérer la chaleur de l'air extrait, pour cela il suffit d'arrêter la rotation de la roue de l'échangeur rotatif

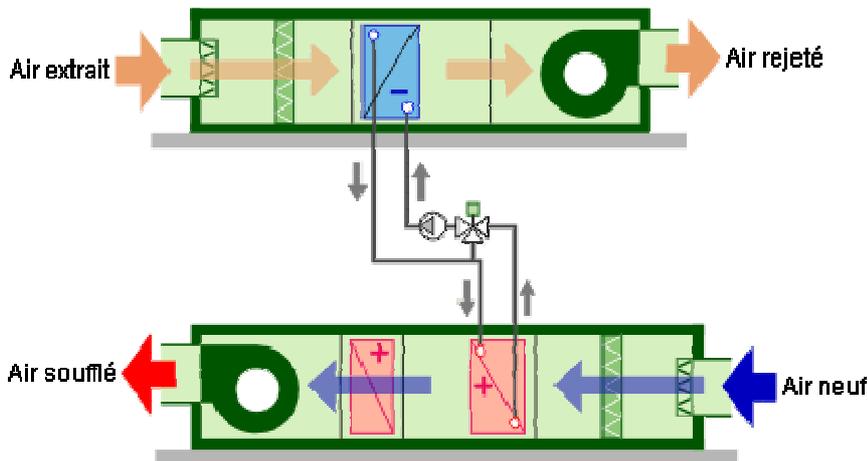
Inconvénients du système rotatif :

- l'air extrait peut se retrouver mélangé en petite quantité avec l'air neuf. *Toutefois, ces échangeurs sont utilisés en milieu hospitalier en Allemagne. D'après Energetech, il n'y aurait aucun risque de contamination si les ventilateurs sont bien positionnés.*
- consommation engendrée par la rotation de la roue
- un entretien régulier est nécessaire pour le système rotatif

Echangeur à eau glycolée

Principe de fonctionnement :

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 neuf.



Source : energieplus-lesite.be

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

Avantages du système à eau glycolée :

- la séparation entre le circuit d'air extrait et d'air neuf rend le mélange entre air neuf et air extrait impossible
- la régulation est simplifiée
- le positionnement des gaines d'extraction et de soufflage est moins limité.

Inconvénients du système à eau glycolée :

- le rendement est généralement plus faible que les autres procédés
- les pertes de charges sont importantes
- l'entretien de la boucle d'eau glycolée, et de la pompe de circulation nécessaire pour faire circuler le fluide caloporteur
- la présence obligatoire de glycol dans l'eau pour éviter le gel du circuit réduit le transfert de chaleur
- ajout d'une pompe et donc de consommations électriques supplémentaires

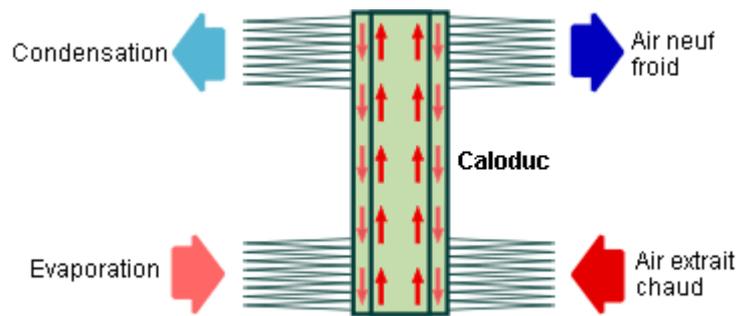
Echangeur à caloduc :

Principe de fonctionnement :

Constitué d'une enceinte hermétique contenant un fluide frigorigène (fluide caloporteur), l'air vicié circule autour de cette enceinte en partie basse, et réchauffe le fluide frigorigène qui sera ainsi porté à ébullition.

L'évaporation de ce fluide vers la partie haute de l'enceinte va réchauffer l'air neuf circulant autour de l'enceinte en partie haute. Le fluide frigorigène dépourvu de ses calories redevient liquide et retombe par gravité vers la partie inférieure de l'enceinte pour recommencer un cycle.

Le choix du fluide caloporteur dépend de la température de travail.



Source : energieplus-lesite.be

Le rendement de ces échangeurs varie généralement entre 50 et 60%.

Avantages du système à caloduc :

- pas de pièces en mouvement
- peu de maintenance
- pas d'énergie d'appoint
- encombrement faible

Inconvénients du système à caloduc :

- les gaines d'air extrait et d'air neuf doivent être adjacentes
- risque de contamination de l'air par le fluide caloporteur en cas de panne
- régulation de température limitée

3.3. Ajout d'une batterie chaude et/ou batterie froide sur la CTA

L'ajout de batterie chaude et/ou froide sur la Centrale de Traitement d'Air permet d'augmenter et/ou d'abaisser la température de l'air traité.

Pour une batterie chaude, l'air passe sur une batterie alimentée en eau chaude ou électrique possédant une température de surface supérieure à la température de l'air à réchauffer, il y a donc échange de calories et l'air traité se réchauffe sans changement d'humidité.

L'ajout d'une batterie chaude peut se discuter du fait que la ventilation double flux permet déjà de réchauffer l'air neuf qui entre dans le local, contrairement à une ventilation simple flux. Toutefois, en l'absence de batterie chaude, les occupants se plaignent parfois d'une sensation de « soufflage d'air » voire de « soufflage d'air froid » au niveau des bouches. Ceci peut être le signe d'un dysfonctionnement de la récupération de chaleur et/ou d'une mauvaise diffusion d'air. L'absence de batterie chaude nécessite donc une conception, une installation et une maintenance soignées. A l'inverse, la présence de batterie chaude peut masquer les dysfonctionnements.

Pour une batterie froide, par un principe similaire à la batterie chaude, il y a abaissement de la température de l'air traité. Ce choix est fait lorsqu'un rafraîchissement des locaux est nécessaire.

3.4. Et si on chauffait avec le double flux ?

Déjà mise en œuvre en France sur des opérations de logement, cette solution est très séduisante car elle permet de supprimer le coût des installations traditionnelles de chauffage. Toutefois, la nécessité d'une gestion du chauffage par pièce implique des batteries chaudes ou batteries électriques par pièce. Il est également nécessaire d'avoir réellement optimisé le bâti (isolation, inertie, apports solaires,...) pour minimiser le recours à la batterie.

Retour d'expérience : Résidence Le Patio, ZAC de Bonne à Grenoble. Voir chapitre 7.

4. Les principaux problèmes constatés et leurs causes

Une fois les installations livrées, on peut constater les désordres suivants :

Faible rendement de récupération, lié à :

- réseaux non ou mal calorifugés
- infiltrations d'air dans les réseaux, particulièrement pénalisantes si infiltrations directes d'air extérieur.
- sonde(s) de T° défectueuse(s)
- présence d'une batterie chaude avec consigne de température trop élevée
- différence de débit entre air extrait et air soufflé. Peut être liée à :
 - * présence d'un ventilateur à débit variable et d'un ventilateur à débit constant
 - * présence en logement de bouches à double débit à l'extraction et de bouches à débit fixe au soufflage
 - * pilotage des deux ventilateurs à partir d'une seule mesure de pression ou de ΔP (source Enertech) : « Les deux ventilateurs ont ainsi la même vitesse de rotation, mais comme leurs réseaux ont des pertes de charges différentes, les débits de soufflage et d'extraction sont différents et l'installation ne peut fonctionner qu'en mettant en surpression ou en dépression le bâtiment. »

Recyclage d'air :

- lié à une mauvaise position des ventilateurs.

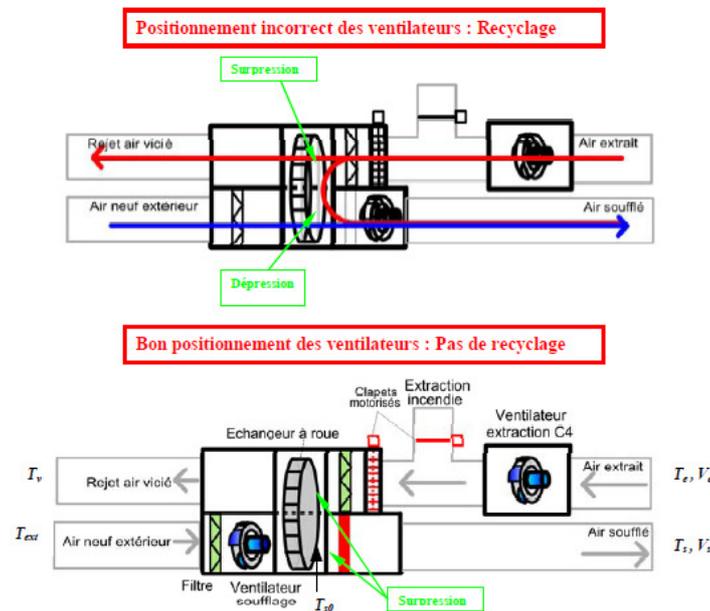


Figure 1.14 : Montages incorrect (haut) et correct (bas) d'un échangeur à roue

Source : Enertech

Sensation de soufflage d'air froid :

- lié à la température de soufflage
- lié à une diffusion d'air non adaptée
- risque de couper la ventilation pour revenir à une situation confortable...

Bruit au niveau des bouches :

- vitesse d'air trop importante
- bruit du ventilateur transmis dans le réseau (bruit porté par le flux d'air, contrairement au bruit du ventilateur d'extraction)

On a constaté à plusieurs reprises l'arrêt de la ventilation double flux par le gestionnaire en raison d'un problème de bruit, avec des conséquences évidentes sur la qualité de l'air, d'où l'importance du traitement de l'acoustique !

Surconsommation électrique de la ventilation double flux :

- conception du réseau générant trop de pertes de charge
- en tertiaire, absence de programmation horaire
- encrassement des filtres
- infiltrations d'air dans les réseaux aérauliques générant des surconsommations de 30 à 50%.
L'étanchéité des réseaux est un gros point faible aujourd'hui des installations double flux.

Surchauffes en été :

- liées à l'absence de by-pass
- liées à l'absence ou à une mauvaise régulation en cas de forte occupation du local
- parfois liée à une batterie chaude avec température de consigne trop élevée, d'où des surchauffes en mi-saison, voire en été si elle n'est pas coupée...

Défauts d'entretien-maintenance constatés :

- parfois absence de contrat d'entretien
- en cas de non remplacement des filtres, colmatage, augmentation de la consommation électrique et rapide chute de débit
- absence de nettoyage des réseaux => impact sanitaire.
- volets CTA fermés générant par exemple un débit d'extraction nul.
- prises d'air neuf colmatées
- échangeur en mode récupération toute l'année (d'où surchauffes)

Tous les exploitants ne sont pas encore formés à ce type d'installations, notamment lorsqu'une régulation un peu complexe est mise en place, d'où des défauts de maintenance qui nuisent à la performance de l'installation et au confort des occupants.

5. Les bonnes pratiques

5.1. En conception

- évaluer l'intérêt énergétique de l'installation double flux
- choisir le type d'échangeur adapté à l'usage du bâtiment
- équilibrer les débits d'air soufflé et air extrait
- prévoir un by-pass et une régulation adaptée
- limiter autant que possible les pertes de charge de réseau
- ne pas surestimer les débits et ne pas utiliser le double flux pour de la surventilation nocturne avec augmentation des débits
- prévoir impérativement une horloge sur la CTA (hors logement)
- étudier 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.
- prévoir un sous-compteur électrique par CTA pour identifier les surconsommations
- prévoir vitesse d'air adaptée, silencieux pour éviter la transmission des bruits
- prévoir des trappes d'accès pour le nettoyage des réseaux

5.2. En installation :

- choisir des ventilateurs fonctionnant au point de rendement maximum
- réaliser soigneusement l'étanchéité des réseaux aérauliques
- veiller à la propreté des réseaux pendant et en fin de chantier
- contrôler à la réception l'ensemble des débits au niveau de la CTA, aux bouches de soufflage et d'extraction, le bon fonctionnement de la récupération, des sondes et de la régulation. Fournir un rapport de contrôle avec ces éléments.
- 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

5.3. En maintenance :

- 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 les températures de fonctionnement
- 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 le passage effectif en mode by-pass en été et s'il y a asservissement sur T°, vérifier qu'il fonctionne correctement
- vérifier l'état des calorifuges
- vérifier tous les ans l'état des réseaux (code du travail)
- prévoir le nettoyage des réseaux environ tous les 5 ans

6. Identification des besoins

Au vu des retours d'expérience en ventilation double flux, les besoins que nous identifions pour les professionnels du bâtiment sont les suivants :

- outil de comparaison simple flux/double flux prenant en compte un rendement moyen d'installation, l'ensemble des consommations et coûts d'entretien-maintenance.
- guide de bonnes pratiques pour les bureaux d'études
- guide de maintenance, contrat-type
- recensement de retours d'expériences avec avis usagers, coûts, consommations
- formation des entreprises de maintenance sur le double flux

De la même façon que l'ADEME a lancé un audit sur les installations solaires collectives, il serait très intéressant de mener un audit sur des installations de ventilation double flux de 3 à 5 ans en région PACA et de partager les retours avec les maîtres d'ouvrages, bureaux d'études, entreprises, fabricants et exploitants.

7. Retours d'expérience d'installations double flux

Collège Jean Bouin – L'Isle sur Sorgue :

Bâtiment livré en 2011.

Fonctionnement en double flux l'hiver et en simple flux l'été, pour limiter les consommations électriques.

Batterie chaude sur air soufflé, consigne à 19°C pour que le « flux d'air » soit accepté par les occupants (plainte en cas de température inférieure).

Le double flux est aujourd'hui bien accepté (pas de bruit résiduel, pas d'effet « déplacement d'air »).

[En attente de retours complémentaires sur les sous-comptage électriques CTA et retours du gestionnaire.](#)

Logements ZAC de Bonne à Grenoble :

Source : Rapport Enertech « GRENOBLE - ZAC de Bonne - Evaluation par mesure des performances énergétiques des 8 bâtiments construits dans le cadre du programme européen Concerto ».

Retours de la campagne de mesures :

- certaines ventilations sont prévues avec variation de vitesse sans qu'elle soit effective, d'où un coût d'investissement inutile
- impact de l'encrassement des filtres : après 4 mois l'encrassement d'un filtre est tel qu'il réduit de 10% le débit soufflé ; l'absence totale de changement de filtre conduit à ce qu'au bout de 10 mois il ne reste plus que 30 % du débit nominal qui est soufflé.
- la ventilation représente le premier poste de consommation électrique des communs : entre 34 et 66%
- le ratio de consommation constaté varie de 6 kWhel/m²shab.an à 14 kWhel/m²shab.an.

A noter, une opération de logement social à Bron présente un ratio de consommation de 3.8 kWhel/m²shab.an. Il est donc possible d'atteindre un faible niveau de consommation en double flux, mais cela reste assez exceptionnel à ce jour du fait d'installations mal optimisées, réglées et ou entretenues.

Cas particulier de la résidence Patio Lumière

Résidence de 43 logements avec ventilation double flux et chauffage par batteries terminales sur air soufflé (prototype Aldes du module Ubio).

Instrumentation de logements (mai 2009 à mai 2010) réalisée par Enertech. Rapport de campagne de mesures de mars 2011.