

Optimisation énergétique des installations de traitement d'air

Réunion du réseau Génepy, du 09 octobre 2018.

Version complétée suite aux échanges.

Violaine de GEOFFROY – Octobre 2018

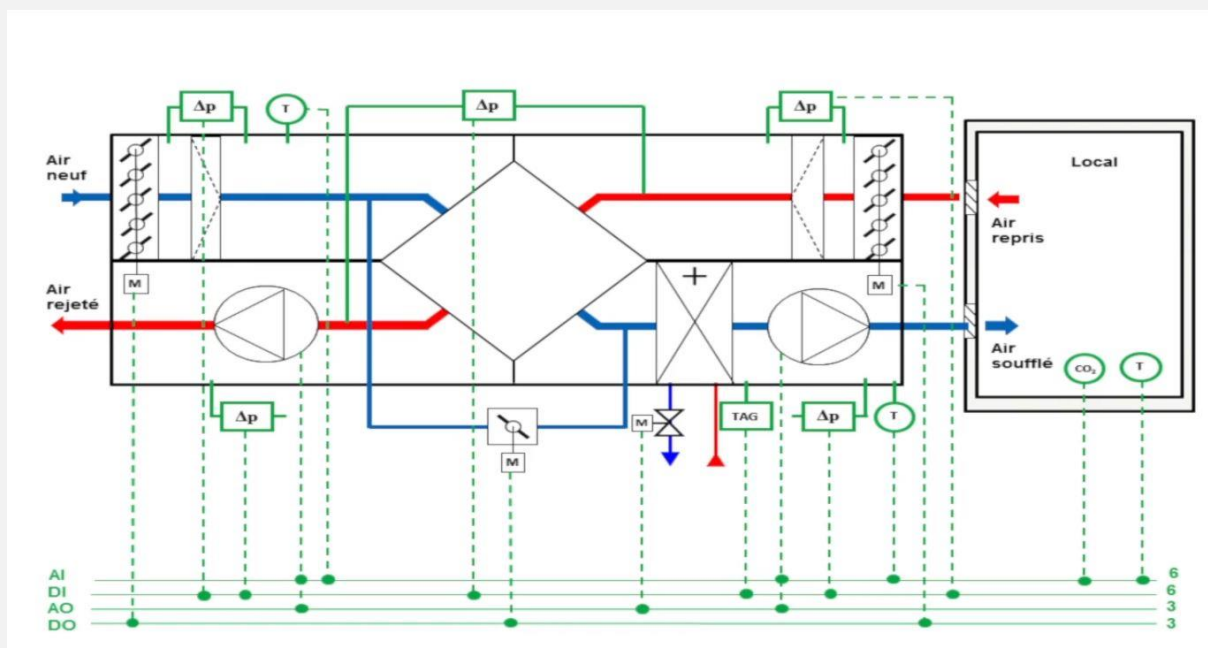


Schéma fonctionnel d'une centrale de traitement d'air.

VOTRE PARTENAIRE PUBLIC EN ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Conception des CTA

Depuis les années 90, nombre de réglementations se sont succédées et complétées : NF EN 1886 (portant sur les caractéristiques mécaniques du caisson), NF EN 13053 (Qualification de la performance aérodynamique et acoustique du caisson et de ses composants, et instructions/exigence de conception/installation), puis NF EN 13779- remplacée par EN 16798 (Performance des CTA, en particulier motoventilateur et filtration). La directive européenne Ecodesign 1253/14 impulse également une dynamique de performance énergétique et environnementale au monde de la ventilation des bâtiments.

En complément, l'organisme Eurovent¹ propose des contrôles et certifications sur la base du volontariat.

De ces différentes réglementations, on en retire les indicateurs de performance et d'optimisation énergétique suivants :

- **Vitesse de l'air dans le caisson :**

La vitesse d'air moyenne dans le caisson de CTA impacte très fortement les pertes de charge internes, ainsi que l'efficacité des échanges de chaleur. En conséquence, il s'agit d'un paramètre influençant fortement la performance énergétique du système.

La norme EN 13053 propose ainsi des classes de niveau de vitesse d'air. *On vise généralement une classe de vitesse V2 pour ne pas dépasser une vitesse de passage d'air de 2,5m/s sur les batteries.*

En pratique, diminuer la vitesse d'air dans une CTA implique d'augmenter les sections de passage et donc le modèle de CTA. Avec pour conséquence une augmentation du prix de la CTA, et un encombrement plus important en local technique.

Les études technico-économiques indiquent un temps de retour inférieur à 5 ans pour le choix de CTA de taille plus importante.

[source : CIAT et AtlanticVentilation]

③ Classe de niveau de la vitesse moyenne de l'air dans l'enveloppe	
Classe	Vitesse de l'air (m/s)
Classe V1	Maximum 1,6
Classe V2	> 1,6 à 1,8
Classe V3	> 1,8 à 2,0
Classe V4	> 2,0 à 2,2
Classe V5	> 2,2 à 2,5
Classe V6	> 2,5 à 2,8
Classe V7	> 2,8 à 3,2
Classe V8	> 3,2 à 3,6
Classe V9	> 3,6

La vitesse de l'air dans le caisson a une grande influence sur la consommation d'énergie. Les vitesses sont calculées pour les vitesses d'air dans la section droite AHU. La vitesse est fondée sur la surface carrée de la section du filtre du caisson, ou si aucun filtre n'est installé, sur la surface carrée de la section du ventilateur.

En annexe 1, une analyse économique du temps de retour sur investissement pour le passage d'une taille de CTA à une autre.

- **Efficacité du récupérateur d'énergie et perte de charge afférente :**

Dans une centrale double-flux, on n'imaginerait pas aujourd'hui de faire l'impasse sur un système de récupération de chaleur. C'est d'ailleurs rendu obligatoire par la directive EcoDesign 1253/14.

La norme NF EN13053 propose des classes de récupération de chaleur, devenues en partie obsolète par l'entrée en vigueur du second stade d'exigence de la directive EcoDesign. Il est désormais interdit depuis 2018 de mettre sur le marché des CTA ayant des efficacités de récupération inférieures à :






- o 68% pour les récupérateurs à eau glycolée
- o 73% pour les autres récupérateurs.

④ Classes de récupération de chaleur	
Classe	η_{r11} min. (%)
Classe H1	≥ 71
Classe H2	≥ 64
Classe H3	≥ 55
Classe H4	≥ 45
Classe H5	≥ 36
Classe H6	Pas d'exigences

Concernant les typologies de récupérateurs, on distingue donc selon la EN13053

¹ Eurovent est l'Association Européenne de Fabricants d'Équipement de Conditionnement d'Air et de Réfrigération, Chauffage et Ventilation Industrielle et Traitement d'Air.

- Catégorie I : Récupérateurs à plaques (croisé ou contre-courant)
- Catégorie II : Avec moyen de transfert intermédiaire
 - Catégorie IIa : sans changement de phase = 2 batteries à eau glycolée
 - Catégorie IIb : avec changement de phase = caloduc
- Catégorie III : Régénérateurs avec masse à accumulation
 - Catégorie IIIa : roue non hygroscopique
 - Catégorie IIIb : roue hygroscopique

Systèmes	500-5000	5000-45000	> 45000 m3/h	Efficacité moyenne	DP Moyenne	Avantages	Inconvénients	Utilisation
Plaques contre courant 	OK	NO	NO	80 à 90 %	150 à 250	Efficacité Etanchéité élevée	Fragilité Givrage (~-5°C) Encombrement	Tertiaire Bureau Santé
Plaques Croisés 	OK	OK	NO	50 à 70 %	100 à 300	Efficacité Etanchéité élevée Résistance	Encombrement	Tous marchés
Caloducs 	OK	OK	NO	45 à 60 %	100 à 200	Etanchéité Maintenance Encombrement	Position air extrait Efficacité	Tous marchés
Batteries Eau Glycolée 	OK	OK	OK	40 à 60 %	100 à 200	Adaptabilité Etanchéité Cta multiples	Efficacité Conso pompe	Santé Industrie
Roues 	OK	OK	OK En plusieurs parties	70 à 85 %	100 à 200	Efficacité Encombrement	Etanchéité Maintenance	Tous marchés sauf Santé

⇒ Pour les applications tertiaires classiques, c'est le récupérateur à roue qui est à privilégier : rendement très élevé, perte de charge générée faible, pas de risque de givrage, mise en œuvre du freecooling très simple par arrêt de la roue. Pour des applications de type santé, le risque de recyclage d'air le rend impropre > privilégier alors les systèmes d'échangeur à plaque (avec légère surpression) et/ou de batterie à eau glycolée.

Retours réseau Genepy : Les échanges font apparaître que les retours sont variés sur ces récupérateurs à roue : certains maîtres d'ouvrages sont très satisfaits et n'ont eu aucun problème avec sur plusieurs années de fonctionnement. D'autres ont eu plusieurs problèmes sur des courroies qui cassent ; à Echirolles, l'origine du problème venait d'un défaut sur le roulement à billes de la roue.

En annexe 2, une étude comparative sur le coût énergétique des systèmes de récupération.

Attention, le bypass des échangeurs de chaleur est obligatoire (directive EcoDesign), ce afin de permettre le freecooling (=ne pas dégrader le confort d'été à des périodes où l'air extérieur est plus frais que l'air intérieur). Ce bypass peut également servir au dégivrage sur les échangeurs à plaques.

L'association Eurovent, proposant une classification des CTA plus globales, donne pour sa part 5 paliers d'efficacité de récupération, indépendants du type de récupérateur en place, en mettant en relation la perte de charge générée.

G Mode de classification			
Classe	Toutes unités	Unité tout ou partie d'air extérieure à température d'hiver ≤ 9 °C	
	Vitesse	Système de récupération de chaleur	
	v_{class} (m/s)	η_{class} (%)	ΔP_{class} (Pa)
A+/A+C ₁ /A+↑	1,4	83	250
A/A ₁ /A↑	1,6	78	230
B/B ₁ /B↑	1,8	73	210
C/C ₁ /C↑	2,0	68	190
D/D ₁ /D↑	2,2	63	170
E/E ₁ /E↑	Aucun calcul requis		

- **Rendement du système motoventilateur : Le SFP (Specific Fan Power)**

Les CTA sont aujourd’hui équipées par des groupes motoventilateurs de type Plugfan, c’est-à-dire sans système de poulie/courroie, mais à entraînement direct. Les moteurs peuvent être de type asynchrone AC (dans ce cas classés IE3 à IE4) ou synchrone à commutation électronique ECM. La directive EcoDesign impose que toutes les CTA soient équipées de moteurs soit multivitesse, soit à variation de vitesse.

Afin de qualifier plus précisément la performance énergétique du caisson, l’indicateur Specific Fan Power introduit par la norme NF EN 13 779 est repris par la directive EcoDesign. Cet indicateur fait le rapport entre la puissance absorbée par les ventilateurs et le débit mis en œuvre ; des composants spécifiques (filtration complémentaire ou récupérateur de chaleur) ouvrent droit à de la puissance SFP complémentaire.

E Puissance spécifique du ventilateur		F Majorations de la puissance spécifique	
Catégorie	P _{SFP} (W/(m³/s))	Composant	P _{SFP} (W/(m³/s))
SFP 0	< 300	Étage de filtration mécanique supplémentaire ^a	+ 300
SFP 1	≤ 500	Filtre HEPA selon l’EN 1822-3	+ 1 000
SFP 2	≤ 750	Filtre à gaz	+ 300
SFP 3	≤ 1 250	Classe de récupération de chaleur H2 ou H1 ^b	+ 300
SFP 4	≤ 2 000		
SFP 5	≤ 3 000		
SFP 6	≤ 4 500		
SFP 7	< 4 500		

La puissance spécifique du ventilateur détermine l’efficacité du transport de l’air dans un système donné.

a. Un deuxième filtre (premier filtre min. F7 pour l’alimentation ou M5 pour le rejet) constitue l’étage de filtration supplémentaire. b. Classe H2 ou H1 selon l’EN 13053:2006 + A1:2011.

- **Qualité de filtration et perte de charge afférente**

La filtration n’échappe pas aux réglementations ; la nouvelle norme EN 16 798 modifie les classifications de performance de filtration.

Pour l’optimisation des consommations énergétiques des CTA, le choix du niveau de filtration et du type de filtre est impactant.

- Niveau de filtration : il doit être conduit par l’objectif de qualité d’air à atteindre, mais ne doit pas être surévalué, car cela générerait des pertes de charge supplémentaires et des coûts de remplacement plus importants. On s’accorde généralement sur une double filtration G4 / F7 sur l’air neuf.
- Section de filtration : des sections normées existent afin de faciliter les opérations de commande de filtres ; en revanche elles induisent une section de filtration potentiellement plus faible que la section du caisson, générant donc un surcroît de perte de charge.

En annexe 3, une étude comparative sur le coût énergétique des systèmes de récupération.

Nota : le niveau de qualité mécanique du caisson, régi par la norme NF EN 1886, intervient somme toute assez peu dans la performance globale. Cette norme qualifie les caractéristiques suivantes :

Déformation à la pression : D1 à D4. > Niveau D2/D3 pour tertiaire

Étanchéité à l’air (en pression positive et négative) : L1 à L3 > L1 pour hospitalier

Transmission thermique : T1 à T5 > T2/T3 pour tertiaire

Pontage thermique : Tb1 à Tb5 > Tb2/Tb3 suffisant tertiaire, sauf si gros écarts de température entre air CTA et local technique (risques condensation)

Conception des réseaux & paramétrages

Rappel sur les règles de dimensionnement des installations de traitement d'air :

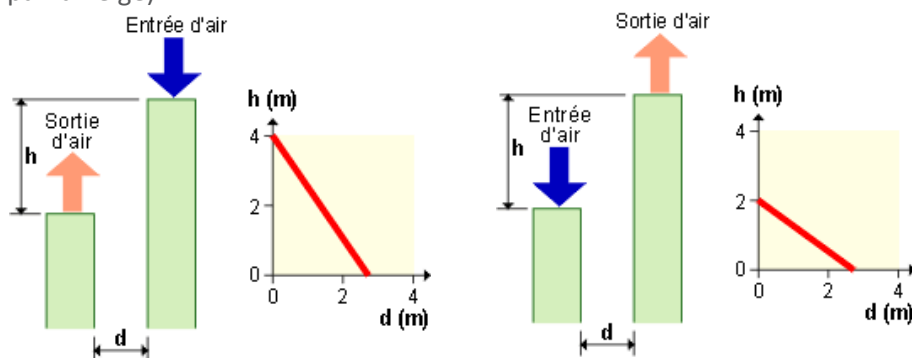
- Débit à mettre en œuvre : a minima ceux de la réglementation (cf [annexe 4](#)) ; pour assurer une bonne qualité d'air intérieur, le débit réglementaire de 15-18 m³/h mérite d'être dépassé à 25 m³/h par enfant en crèche et école.
- Vitesse d'air sur plan de travail < 0,2 m/s
- Vitesse d'air dans les gaines < 2 m/s pour éviter de générer des bruits

Retours réseau Genepy : Les études menées par le CD38 montrent que pour rester à une concentration de CO2 inférieure à 1300ppm, il faut assurer un renouvellement d'air de 20 m³/h par personne dans les collèges.

Réseaux aérauliques

La conception des réseaux doit permettre à la fois d'assurer une bonne qualité d'air, de maîtriser les débits et les consommations énergétiques. Pour cela, être vigilant sur les points suivants :

- **Implantation des prises d'air neuf.** Afin d'assurer une bonne qualité d'air dans le bâtiment, il faut bien évidemment prendre l'air extérieur dans une zone non polluée > choisir une prise d'air éloignée de source de pollution type route à fort trafic, s'assurer d'une bonne distance entre prise d'air neuf et rejet air vicié. Sur ce point la norme NF EN 13779 exige :
 - o Une distance de 8m entre prise d'air et source de pollution (=local poubelle, parking...)
 - o Une distance d'au moins 2m entre prise d'air et rejet, avec différence de hauteur (prise d'air plutôt en partie basse, en s'assurant d'une distance au sol pour éviter qu'elle soit bouchée par la neige)



- **Conception des réseaux dans le bâtiment.** Le cheminement des réseaux doit être repéré sur plan, et doit prévoir les commodités pour faciliter le nettoyage des gaines : gaines accessibles (pas de faux-plafond non démontables), trappe au niveau des coudes > 30° ou en pied de colonne.
- **Calorifugeage des réseaux de soufflage ET de reprise.** Afin de maximiser la récupération d'énergie sur air extrait, il faut maintenir le niveau de température de l'air repris jusqu'à la CTA. La réglementation thermique exige donc une isolation des conduits hors volume chauffé avec une résistance $R \geq 1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (soit 50mm de laine de verre par exemple).
- **Étanchéité à l'air des réseaux.** Enjeux : pertes d'air neuf traité et chauffé dans les faux-plafond, reprise d'air dans des zones non chauffées (impactant la récupération sur air extrait), consommation de moteurs de ventilation sans atteindre les objectifs de qualité d'air.

La RT2012 introduit la notion de classe d'étanchéité des réseaux (non classé ou classé de A à C, C étant le plus performant) ; l'impact de la qualité des réseaux sur le Cep peut être de l'ordre de 7kWh/m².

Ces niveaux d'étanchéité sont contrôlés soit par une mesure de débit de fuite sur l'installation, soit par une démarche qualité certifiée. Pour le tertiaire, le label Effinergie impose une classe d'étanchéité de type B, mesurée.

Plus d'infos : <http://mallette-pedagogique->

bp.programmepacte.fr/sites/default/files/fichier_pdf/guide_cetiat_etancheite_reseaux_aerauliques.pdf

- **Contrôle des débits**

À la mise en route des installations, des contrôles de débit sont normalement réalisés par l'entreprise. Ils doivent permettre de valider l'équilibrage des réseaux et s'assurer ainsi du respect des débits nécessaires à un bon renouvellement d'air.

Pour mémoire, l'ALEC dispose d'un cône de mesure qui peut être prêté à ses adhérents.

Plus d'infos : <https://media.xpair.com/pdf/qualite-air/Guide-Cetiat.pdf>



- **Pilotage du mélange Air repris/Air neuf, volume d'air variable (VAV) et température**

1. Pilotage du débit air neuf : débit air neuf soit constant, soit piloté par capteur CO₂. Débit augmenté en été si Text < Tint pour freecooling.
2. Si pas de recyclage et température de soufflage +/- neutre : gestion en cascade de la récupération de chaleur et des vannes de batteries en fonction de l'écart T°soufflage et T°air neuf.
3. Si recyclage et chauffage/rafraîchissement sur air, avec variation de vitesse : gestion en cascade de la récupération de chaleur et des vannes de batteries, puis augmentation des débits d'air brassés lorsque température de soufflage limite atteinte.

Animation ABCclim : <https://www.abcclim.net/centrale-traitement-air.html>

Ou vidéo ABCclim : <https://www.youtube.com/watch?v=a9dYMMdWuII>

Réseaux hydrauliques

- **Réseau à température variable** : loi d'eau sur réseau CTA

Classiquement, les batteries de CTA sont alimentées avec un départ à température constante 80-60°C. Aujourd'hui, la performance des récupérateurs sur air extrait réduit les besoins de cette batterie chaude. En conséquence, on conçoit dorénavant plutôt des réseaux avec loi d'eau sur température extérieure, avec une limite basse à 45°C. Cela permet de réduire les pertes thermiques du réseau, et de permettre le plus souvent possible des retours d'eau peu chaud favorisant la condensation en chaufferie.

- **Montage des batteries CTA avec vannes 2 voies** (+ 1 avec vanne 3V pour débit mini sur pompe)

Le montage classique des batteries CTA régulées par une vanne 3 voies en décharge devrait évoluer vers des montages par vanne 2 voies avec pompe à débit variable pour limiter les consommations d'auxiliaires.

Plus d'infos : [Mooc chaufferies sur les CTA de l'université de la Rochelle.](https://www.univ-roc.fr/moodle/mod/resource/view.php?id=1000000)

Gestion des installations

Remplacement des filtres : indicateurs d'encrassement & fréquence

L'encrassement des filtres est à contrôler ; en effet, un filtre très encrassé engendre des pertes de charges supplémentaires, et donc des consommations électriques. Il peut aller jusqu'à faire diminuer significativement les débits d'air si la perte de charge est trop importante.

Les CTA sont classiquement équipées de prises de pression amont/aval des filtres pour pouvoir contrôler le niveau d'encrassement du filtre. La directive EcoDesign impose à partir de 2018 un indicateur visuel ou une alarme sur encrassement des filtres, pour pallier à ces désordres.

Classiquement, on recommande un remplacement des filtres tous les 4 à 6 mois, dont un à la fin du printemps (encrassement lié aux pollens). Un remplacement rapide après la mise en route d'un nouveau bâtiment est à prévoir, la phase de chantier étant très productive en poussière....

Le remplacement des filtres n'est pas technique, il peut tout à fait être réalisé en régie pour diminuer les coûts de main d'œuvre.

Nettoyage réseaux.

Actuellement, seules quelques installations ont des obligations de nettoyage des conduits : ventilation des cuisines professionnelles (risque incendie) et ventilation des zones hygiéniques en santé. Pour autant, il faut savoir qu'avec le temps, les gaines se couvrent de poussières qui combinées à l'humidité de l'air peut conduire au développement de moisissures ou de biofilm. Avec pour conséquence :

- des pertes de charges : 6mm de poussière peut équivaloir à 10% de perte de charge en plus.
- une dégradation de la qualité d'air : l'air neuf, filtré, est en contact avec des polluants sur son parcours jusqu'à la bouche de soufflage.

Pour le nettoyage des gaines, il existe des solutions par brossages mécaniques, ou par air comprimé, et des désinfections par microdiffusion.

Source : http://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/VIP/VIP34_Cleaning.fr.pdf

Contrat de maintenance. A qui le confier ? Quelles fréquences d'intervention ?

Proposition de gamme de maintenance, à discuter.

Equipement	Interventions	Fréquence						
		A	S	T	M	B	H	
VENTILATION DOUBLE FLUX AVEC RECUPERATION DE CHALEUR SUR BUREAUX								
Bouches de diffusion dans les bureaux: - Un module autoréglable - Un terminal de diffusion - Un RMA, avec manchon télescopique	Contrôle de fonctionnement et nettoyage des bouches de diffusion et d'extraction							
Bouches d'extraction dans les circulations : - Diffuseurs encastrés en faux-plafond			X					
CTA bureaux gérée par GTB								
<u>1) Unité de soufflage, avec :</u>	Changement des filtres de l'unité de soufflage et de l'unité d'extraction	X						
Prise d'air neuf comprenant :	Contrôle CTA :							
- registre antigel	- Fonctionnement échangeur		X					
- filtration comprenant filtre EU7 85% opacimétrique	- Fonctionnement moteurs extraction / insufflation		X					
- mélange économiseur vertical.	- Contrôle pertes de charges CTA et variation et électronique de vitesse		X					
- batterie froide								
. vitesse frontale maxi : 2 m/s	Contrôle fonctionnement régulation et vanne 3 voies : noter les caractéristiques de loi d'eau et valeurs de fonctionnement.		X					
. matériaux : tubes cuivre ailettes aluminium								
. bac de récupération des condensats	Contrôle températures de fonctionnement : noter sur le registre		X					
. puissance froid 55.4 kW	- T° extérieure							
. régulation par vanne 3 voies modulante de la température de soufflage avec limite basse de soufflage	- T° insufflation							
. tubes cuivre ailettes aluminium	- T° reprise							
. régulation par vanne 3 voies de la température de soufflage en fonction de la température de reprise	- T° rejet							
- échangeur rotatif								
- caisson ventilation débit mini : 2995 m3/h – maxi 14 460 m3/h, avec variation de vitesse électrique (suivant ouverture ou fermeture des RMA)								
- registre motorisé								
<u>2) Unité d'extraction :</u>								
- Registre motorisé								
- Filtre type F7 85 % opacimétrique								
- Ventilateur de rejet								
- Caisson de mélange								
- Echangeur de chaleur rotatif								
- Registre motorisé								
- L'ensemble est inclus dans un caisson double peau, isolation 50 mm laine minérale.								
EXTRACTION SANITAIRES								
Tourelle d'extraction 600 m3/h	Contrôle de fonctionnement du moteur		X					
Bouches d'extraction	Contrôle de fonctionnement et nettoyage des bouches		X					
RESEAUX DE VENTILATION								
Tous réseaux de ventilation : Réseaux de soufflage et d'extraction isolés par 50mm de laine de verre avec revêtement alu.	Contrôle visuel du calorifuge	X						

Principaux dysfonctionnements constatés en contrôle et suivi de performance.

Source : campagnes du BET Enertech

<https://www.enertech.fr/pdf/66/1-evaluation-energetique-par-mesures-zac-de-bonne-synthese.pdf>

<https://www.enertech.fr/modules/catalogue/pdf/6/Guide%20entretien%20et%20maintenance.pdf>

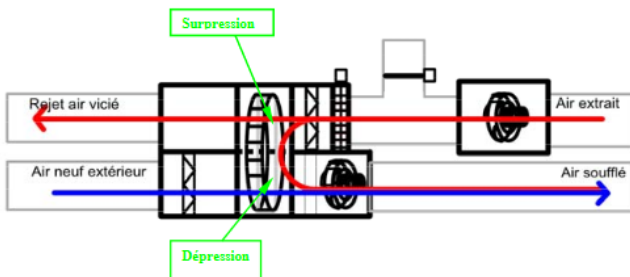
Encrassement des filtres

Remplacement des filtres trop espacé dans le temps >> surconsommation des moteurs de ventilation, sous-ventilation des locaux avec chute de la qualité d'air intérieur (potentiellement plus que 30% du débit initial), écart entre débit air soufflé et air extrait entraînant des infiltrations d'air non traité et générant inconfort et dégradation de la récupération d'énergie.

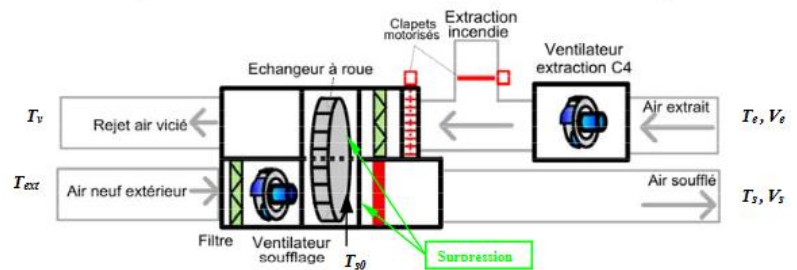
Recyclage d'air extrait sur CTA avec récupération à roue

Mauvais positionnement du ventilateur de soufflage, en aval de la roue, entraînant un recyclage entre air soufflé et air extrait >> consommations d'électricité sans assurer le niveau de renouvellement d'air escompté.

Positionnement incorrect des ventilateurs : Recyclage



Bon positionnement des ventilateurs : Pas de recyclage



Défaut sur la qualité de pose des conduits



Défaut d'**isolation** des conduits : des conduits non isolés en toiture avant le récupérateur d'énergie >> chute du rendement de récupération puisque l'air extrait arrive déjà refroidi (potentiellement perte de 10°C).

Défaut d'**étanchéité** à l'air des conduits : malfaçons au niveau des assemblages de gaines >> pour assurer le bon débit aux bouches, le ventilateur augmente le débit d'air brassé et surconsomme donc de l'électricité.

Défaut d'équilibrage

Déséquilibre des débits entre air insufflé et air extrait au niveau des CTA >> infiltrations d'air non maîtrisées pour compenser l'écart.

Débit des locaux non contrôlés >> renouvellement d'air non assuré.

Paramétrage récupérateur à roue

Attention au paramétrage en fonction de la saison :

- en hiver, roue en action car $T^{\circ}\text{ext} < T^{\circ}\text{confort}$
- en été, roue en action si $T^{\circ}\text{ext} > T^{\circ}\text{intérieur}$ mais arrêtée si $T^{\circ}\text{ext} < T^{\circ}\text{int}$ pour mettre en œuvre le freecooling.

Régulation et équilibrage de la vitesse variable

- Erreur de conception/installation : un seul des ventilateurs est à vitesse variable (par exemple insufflation à débit variable mais ventilateur d'extraction à débit constant) >> bâtiment en surpression ou dépression, avec surconsommations.
- Régulation de la vitesse variable : une seule prise de pression pour piloter les 2 ventilateurs (insufflation et extraction) >> les 2 ventilateurs tournent à la même vitesse alors qu'ils ne voient pas la même perte de charge ; en conséquence il y aura un écart entre débit soufflé et débit repris.

Annexes

Annexe 1 : Vitesse de passage d'air et taille de CTA : analyse économique du temps de retour sur investissement

Type et taille de CTA	AIRTECH 150	AIRTECH 200
Plus-value	-	15%
Classe de vitesse (EN13053)	V2	V1
Vitesse passage libre sur batterie (m/s)	2,4	1,8
Puissance absorbée au moto-ventilateur (kW)	5,2	4,2
Pression totale (interne + disponible) Pa	1159	936
Puissance acoustique au soufflage dB(A)	72	70
Consommation électrique du moteur (kWh/an) *	34164	27594
Coût de la conso élec du moteur (€/an)	2391	1932
Retour sur investissements (années)	4	

Gains annuels : 6570 kWh / 459 €

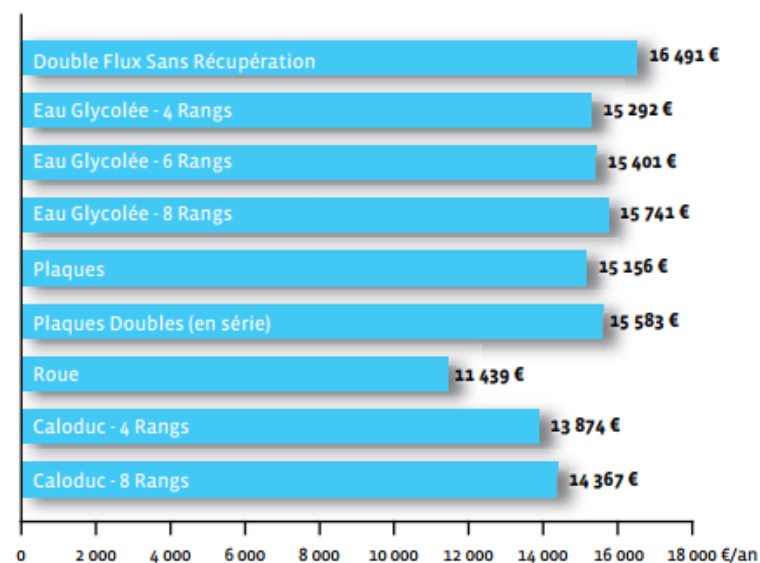
* Pabs x h (Réduit 50 % moitié du temps)

Source : CIAT // <http://www.ihf.fr/wp-content/uploads/2014/09/IHF-Agen-18-11-14-CIAT.pdf>

Annexe 2 : Systèmes de récupération d'énergie : étude comparative sur le cout énergétique des différentes solutions

Comparatif: le coût énergétique des systèmes de récupération

- > Hypothèses de calcul: CTA débit 20 000 m³/h, air repris 20 °C; air soufflé 25 °C.
- > Fonctionnement en chauffage si température extérieure < 18 °C 6 heures/20 heures; 7/7 jours.
- > Température air neuf suivant base de données Météo France Paris.
- > Minimum requis RT 2005 = centrale à double flux sans récupération.
- > Consommations des équipements annexes des systèmes de récupération inclus.
- > Énergie électrique: 0,060 euro/kWh.
- > Énergie gaz: 0,025 euro/kWh.



Source : Magazine CVC n°862 Janvier 2010 : Récupération d'énergie dans les centrales de traitement d'air.

Annexe 3 : Filtration : étude comparative sur la rentabilité économique de filtres pleine section

Type	F7 dièdre	F7 dièdre HEE	F7 HEE	F7 HEE pleine section
PdC (Pa)	123	82	118	59
Puissance (W)	531	353	509	254
Energie (kWh)	4651	3092	4459	2225
Coût élec (€/an)	326	216	312	156
Plus-value (€)	-	654	120	224
Temps de retour mini (an)	-	5,9	8,6	1,3

Source : CIAT // <http://www.ihf.fr/wp-content/uploads/2014/09/IHF-Agen-18-11-14-CIAT.pdf>

Annexe 4 : Débits à mettre en œuvre

RSDT = Règlement Sanitaire Départemental Type / CT = Code du travail

Bureaux			Débit (m³/h)		
		Type de local	Code du travail par pers.	RSDT	
				par pers.	par local
Bureaux	Entrée d'air	Hall recevant du public	25	18	-
	Entrée d'air	Poste d'accueil et de renseignement	30	25	-
	Entrée d'air	Salle d'attente	25	18	-
	Entrée d'air	Bureaux individuels et collectifs	25	18	-
	Entrée d'air	Salle de dessin	25	-	-
	Entrée d'air	Salle de repos	25	18	-
	Entrée d'air	Atelier d'entretien avec travail physique léger	45	-	-
	Entrée d'air	Autres ateliers	60	-	-
	Réunion	Indépendant	Salle de réunion	30	18
Restauration	Entrée d'air	Salle à manger	30	22	-
	Entrée d'air	Cafétaria	30	22	-

Établissements de garde d'enfants - Crèches			Débit (m³/h)		
		Type de local	Code du travail par pers.	RSDT	
				par pers.	par local
	Entrée d'air	Secrétariat - bureaux	25	-	-
	Entrée d'air	Salle de jeux et de repos	-	22	-

Locaux d'enseignement			Débit (m³/h)		
		Type de local	Code du travail par pers.	RSDT	
				par pers.	par local
Enseignement	Entrée d'air	Salles de cours maternelle, primaire et secondaire du 1 ^{er} cycle		15	
	Entrée d'air	Salles de cours secondaire du 2 ^e cycle et université		18	
	Entrée d'air	Foyer		18	
Bureaux	Entrée d'air	Administration	25	18	
	Entrée d'air	CDI - bibliothèque	25	18	
Réunion	Entrée d'air	Salles polyvalentes	30	18	
Restauration	Entrée d'air	Salle à manger	30	22	
	Entrée d'air	Office relais	15 m³/h par repas	15 m³/h par repas	15 m³/h par repas

Locaux à usage sportif, para sportif et piscine			Débit (m³/h)		
		Type de local	Code du travail par pers.	RSDT	
				par pers.	par local
	Entrée d'air	Gymnase - salle de sport par sportif	-	25	-
	Entrée d'air	Gymnase - salle de sport par spectateur	-	18	-
	Entrée d'air	Piscine	-	22	-
	Entrée d'air	Vestiaires (N = nbre de casiers)	-	25	15+5N

La mise en regard des débits réglementaires dans les bâtiments tertiaires (m³/h/personne) avec ceux des autres pays d'Europe fait prendre conscience de la sous-ventilation des bâtiments français :

France		Grande Bretagne	Allemagne	Belgique
RSDT	CT	CIBSE 2008	DIN 1946 (vs actualisée 2009)	RGPT
15 à 25	25	36	32	30