

Formation de Technicien de Maintenance en Equipements Thermiques

Tome 9

LE TRAITEMENT D'AIR

- Rôles de la Ventilation
- Les Différents Systèmes de Ventilation
- Les Composants d'un Système de Ventilation
- Les Systèmes de Régulation
- Les Centrales de Traitement d'Air (CTA)
- Diagramme de l'Air Humide



Sept. 2010 - Sept. 2011

A. Wroblewski

RÔLES DE LA VENTILATION

Pourquoi ventiler les logements?

La ventilation, ou l'aération des logements doit permettre :

- **de maintenir une qualité de l'air intérieur** par renouvellement de l'air et extraction de l'air vicié,
- **d'éviter les dégradations du bâti** par évacuation de la vapeur d'eau produite par les occupants et par les activités ménagères.

Les besoins d'aération dépendent :

- **de la production de vapeur dans le logement:** *la production quotidienne de vapeur d'eau liée à la respiration d'une famille de deux adultes et de deux enfants est d'environ 6 kg, à laquelle il faut ajouter la vapeur générée par les activités ménagères, soit environ 5 kg par semaine. Dans ces conditions, un logement produit environ 2,5 tonnes d'eau par an.*
- **de la température ambiante du logement:** *plus l'air est chaud, plus il peut contenir de vapeur. Cette vapeur peut se condenser sur les parois mal isolées qui sont, en hiver, plus froides que la température de rosée de l'air ambiant.*
- **des caractéristiques de l'air extérieur:** *lorsque l'air extérieur est très humide, très peu de dégagement de vapeur suffit à le saturer et tout dégagement supplémentaire va se transformer immédiatement en eau. Cette condensation va se déposer sur les parois où peuvent alors se développer des moisissures.*
- **de la présence d'un appareil à combustion:** *celui-ci a besoin d'oxygène, et donc d'air neuf, pour fonctionner et, en plus, produit par combustion des polluants et de la vapeur d'eau qui devront être évacués à l'extérieur.*

Il existe 2 grands modes de ventilation:

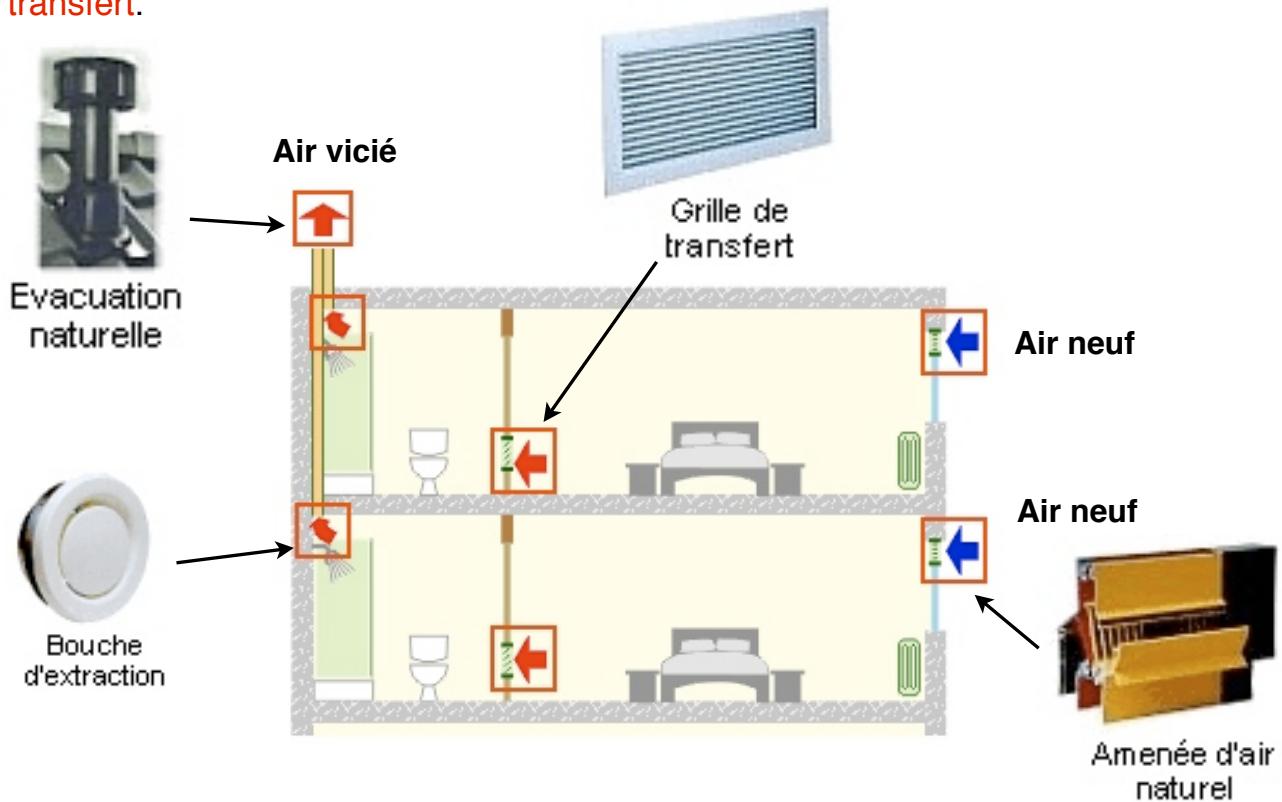
- **La ventilation naturelle:** ne nécessite pas de ventilateur.
- **La ventilation mécanique:** nécessite l'utilisation d'un ou plusieurs ventilateurs.

LES DIFFERENTS SYSTEMES DE VENTILATION

La Ventilation Naturelle

L'air est introduit naturellement dans les "locaux propres" par des ouvertures en façade et évacué naturellement par des conduits verticaux dans les sanitaires.

Remarque: quelle que soit la méthode de ventilation (naturelle ou mécanique), on aspire toujours l'air dans les locaux techniques (afin que l'humidité et les odeurs ne se répandent pas dans les autres pièces du logement) et on amène l'air neuf dans les locaux "propres". Les pièces techniques sont donc mises en **dépression**. L'air va d'un type de pièce à l'autre en passant sous les portes ou par des grilles de transfert.



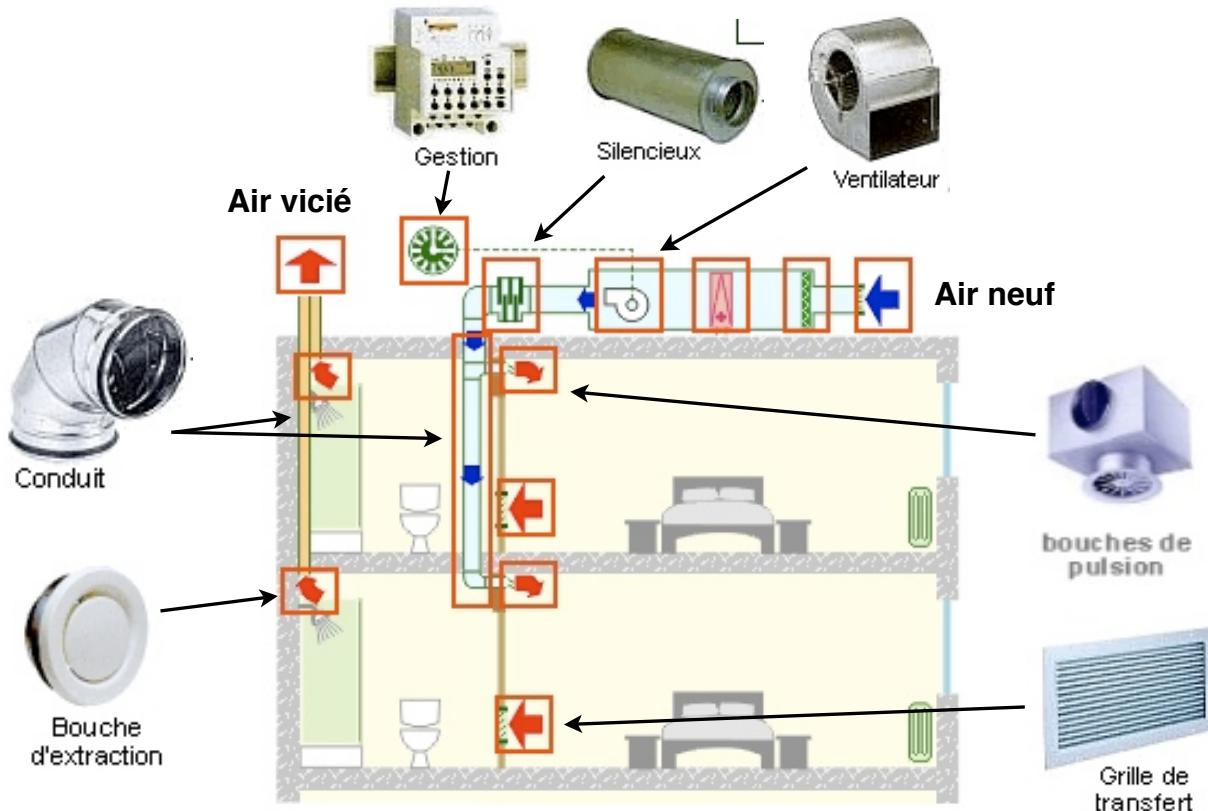
La ventilation naturelle fonctionne grâce à la différence de T° entre l'air intérieur et l'air extérieur. Un **phénomène de tirage** se crée dans les conduits d'extraction ce qui permet le renouvellement d'air.

Avantages:	- économique (pas de consommation électrique) - silencieux (pas de moteur) - très peu d'entretien - régulation possible par bouche réglable ou grille programmable
Inconvénients:	- Performances variables (dépendent des conditions extérieures: force et direction du vent, température, ...) - Rejet direct d'air aux conditions intérieures = pertes énergétiques

LES DIFFERENTS SYSTEMES DE VENTILATION

La Ventilation Mécanique Contrôlée Simple Flux (Pulsion)

On parle de ventilation simple flux en pulsion lorsque **l'amenée d'air** est réalisée grâce à un **ventilateur**, l'extraction se faisant naturellement:



Avec une **VMC** simple flux fonctionnant en pulsion, on souffle l'air neuf dans les locaux "propres". L'élimination de l'air vicié se faisant dans les locaux techniques.

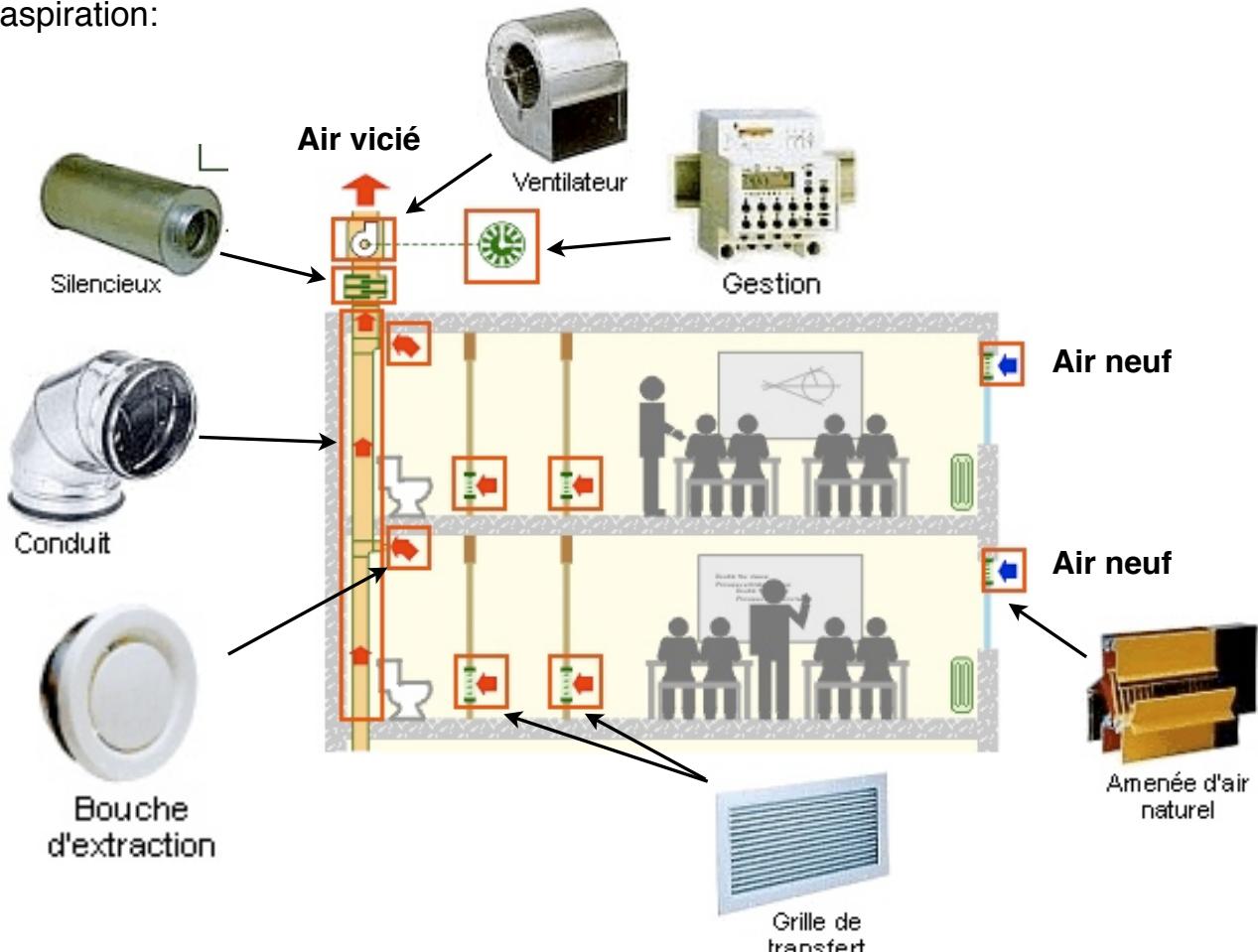
Il est intéressant d'adapter le fonctionnement de la ventilation la nuit et le week-end (Arrêt ? Allure réduite ?). Un contrôle du ventilateur par horloge peut être envisagé. Si le bâtiment est à taux d'occupation très variable, le fonctionnement du ventilateur peut être asservi à la détection d'une sonde COV ou CO₂, c'est à dire aux besoins réels d'air neuf ! On parle de "ventilation à la demande".

Avantages:	<ul style="list-style-type: none">- débit d'air mieux garanti- Mise au point assez facile (réglage des bouches de pulsion)- L'air neuf peut être filtré
Inconvénients:	<ul style="list-style-type: none">- Nécessite généralement un faux plafond pour installer les bouches de pulsion- Rejet direct d'air aux conditions intérieures= pertes énergétiques

LES DIFFERENTS SYSTEMES DE VENTILATION

La Ventilation Mécanique Contrôlée Simple Flux (Extraction)

On parle de ventilation simple flux en extraction lorsque **l'extraction d'air** est réalisée grâce à un **ventilateur**, l'apport d'air neuf se faisant naturellement par aspiration:



La ventilation "simple flux" le plus rencontré, consiste à créer un mouvement de circulation de l'air dans le bâtiment de telle sorte que l'air neuf entre naturellement par les locaux "propres" (bureaux, chambres d'hôtel,...) et que l'air soit extrait par un ventilateur dans les locaux "humides" (sanitaires, buanderies,...) ou "viciés" (WC, cuisines,...). L'air chemine ainsi à travers plusieurs locaux **par ordre croissant de pollution**, en passant sous les portes ou par des grilles de transfert.

Avantages:	- débit d'air mieux garanti (réglage par les bouches d'extraction) - prend peu de place (pas de faux plafond) - évacuation par conduit vertical non nécessaire
Inconvénients:	- L'air neuf n'est pas filtré - Rejet direct d'air aux conditions intérieures= pertes énergétiques

LES DIFFERENTS SYSTEMES DE VENTILATION

La Ventilation Mécanique Contrôlée Double Flux

En **VMC Simple Flux**, les débits réels d'air neuf sont parfois éloignés des valeurs théoriques. En effet, l'air extrait ne provient pas toujours de l'endroit souhaité, c'est à dire des grilles situées dans les locaux dits "propres". Il suffit que quelqu'un ouvre sa fenêtre pour déstabiliser la distribution des flux, ... ou que les portes vers la cage d'escalier restent toujours ouvertes... !

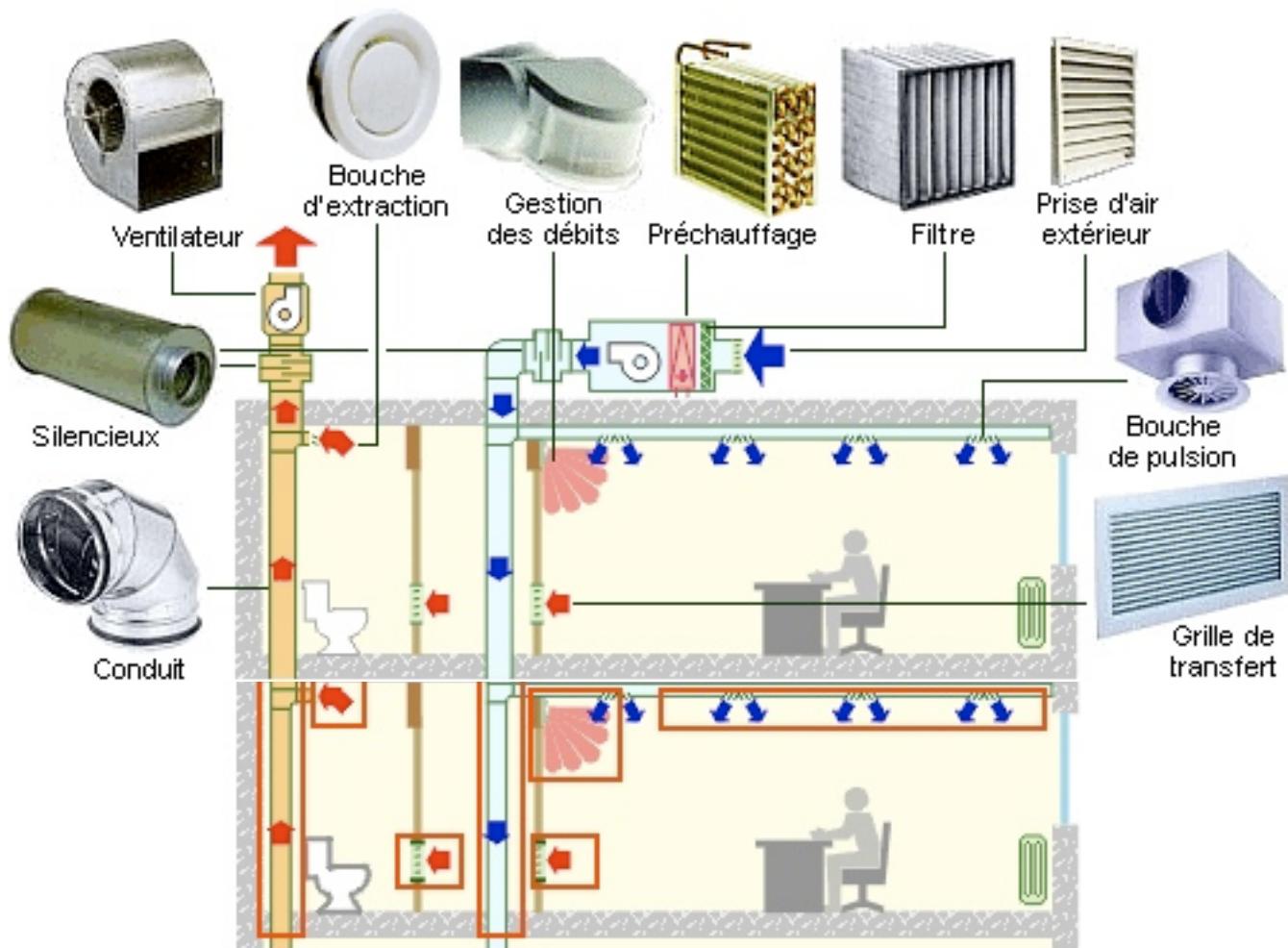
De plus, le vent peut perturber la ventilation en créant une pression différentielle entre les façades. Les façades exposées voient leur débit augmenter et les façades à l'abri voient leur débit diminuer (ou même inversé!).

Ce système ne s'applique donc qu'aux bâtiments peu élevés et de taille moyenne.

La VMC "double flux" élimine ces problèmes et apporte d'autres avantages.

La ventilation "double flux" consiste à organiser:

- la pulsion mécanique d'air neuf, filtré, dans les locaux,
- l'extraction mécanique d'air vicié des locaux.



LES DIFFERENTS SYSTEMES DE VENTILATION

Plusieurs compléments peuvent être mis en place dans une VMC Double Flux:

- une **récupération de chaleur** par échange entre l'air extrait et l'air neuf
- un **traitement en température et en humidité**, pour assurer un confort optimal
- un **recyclage partiel de l'air**, dans le cas où l'air de ventilation assure également le chauffage des locaux, le refroidissement, ...

Mais on entre alors dans des techniques propres au traitement d'air, dont la ventilation n'est qu'un des objectifs ...

Avantages:

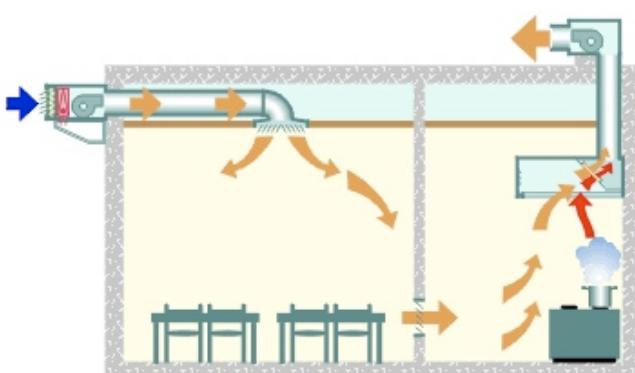
- Système très maîtrisable:
 - capture de l'air neuf à un endroit "sain"
 - filtration de l'air neuf
 - débits de pulsion et d'extraction indépendants des influences externes
 - possibilité de mettre à volonté certains locaux en surpression ou en dépression
- Pré-traitement de l'air neuf possible (température, etc...)
- Récupération possible de chaleur contenu dans l'air extrait pour préchauffer l'air neuf pulsé

Inconvénients:

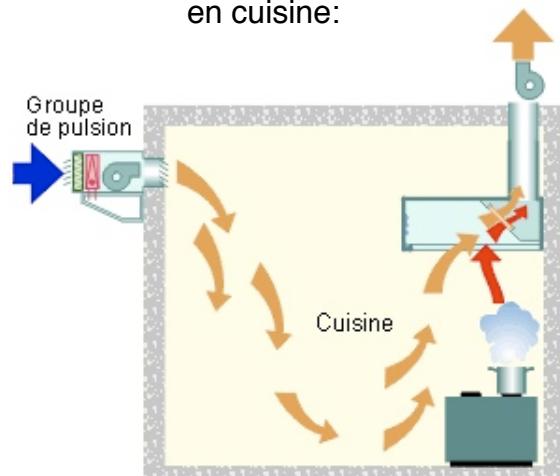
- Système coûteux
- Les conduits de soufflage doivent généralement se trouver dans un faux-plafond
- La pulsion d'air peut engendrer des bruits au niveau des bouches de diffusion

Cas particulier des cuisines collectives:

Pulsion dans le restaurant et Extraction en cuisine:



Pulsion et Extraction en cuisine:



LES DIFFERENTS SYSTEMES DE VENTILATION

Le “Free Cooling”

Le "free cooling" consiste à **refroidir** un bâtiment par ventilation en utilisant l'énergie gratuite de l'air extérieur lorsque celui-ci présente une température **inférieure** à la température intérieure:

- En hivers, de l'air frais extérieur peut alimenter, en journée, les zones à rafraîchir sans nécessiter l'enclenchement des groupes frigorifiques.
- En été, une ventilation nocturne peut décharger le bâtiment de la chaleur accumulée en journée.

Le “free cooling” peut être une solution très intéressante pour refroidir des locaux généralement chauds (ex: salle de serveurs informatique, bâtiments avec surfaces vitrées importante, etc...)

“Free Cooling” avec Ventilation Mécanique

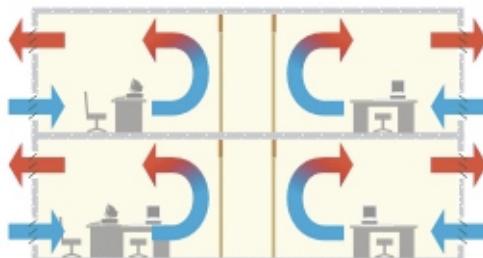
- Le free-cooling, de jour comme de nuit, nécessite des **débits de ventilation relativement importants**. Plus important que la ventilation hygiénique. L'installation de ventilation doit donc être dimensionnée pour gérer ces débits (conduits, ventilateurs, bouches,) ↳ **Investissements à prévoir**
- Le fonctionnement des ventilateurs pour le transport de l'air nécessite une **énergie électrique non négligeable**, absente en ventilation naturelle ↳ **coûts de fonctionnement**
- Dans notre région, 65 % du temps, la température diurne de l'air extérieur est inférieure à 14°C. Si on veut profiter du pouvoir rafraîchissant de cet air, sans créer d'inconfort, il faut donc le **réchauffer avant de le pulser** dans les locaux ↳ **Un recyclage partiel de l'air extrait est donc tout indiqué.**
Si le recyclage n'est pas souhaité pour des raisons hygiéniques, il est possible de placer un **récupérateur de chaleur** sur l'air extrait qui transférera la chaleur sans autoriser de contact entre l'air vicié et l'air neuf.

LES DIFFERENTS SYSTEMES DE VENTILATION

“Free Cooling” avec Ventilation Naturelle

Sur les bâtiments suffisamment grand, il est possible d'utiliser les phénomènes naturels de convection ou de tirage pour assurer une circulation naturelle d'air entre l'extérieur et l'intérieur:

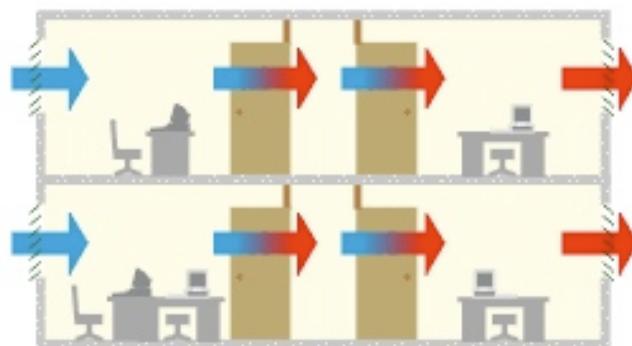
- **Ventilation unilatérale** par ouvertures sur une façade:



L'air chaud migrant vers l'extérieur en partie haute des ouvertures et l'air frais pénétrant en partie basse (débits d'air limités par cette méthode).



- **Ventilation transversale** par ouvertures sur des façades opposées:



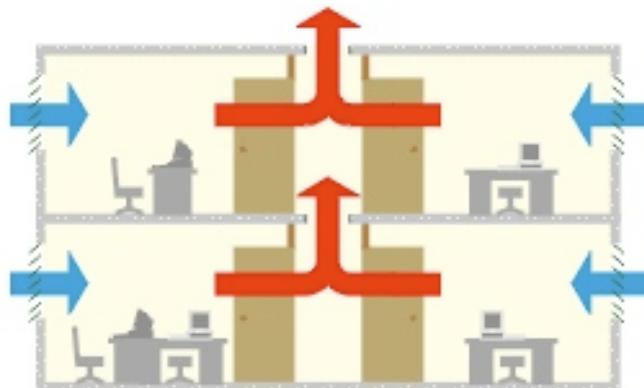
L'air se déplace principalement grâce aux pressions et dépressions exercées sur les façades par le vent.

LES DIFFERENTS SYSTEMES DE VENTILATION

Le taux de renouvellement d'air obtenu en ventilation transversale, et donc l'efficacité face aux surchauffes, est **nettement plus élevé** qu'avec des ouvertures sur une seule façade.

Une ventilation transversale n'est possible que si les portes intérieures restent ouvertes durant la nuit. A défaut, on peut imaginer le placement de grilles de transfert dans les portes ou des petites fenêtres ouvrantes au-dessus de celles-ci. Il importe donc, pour la réussite totale du refroidissement nocturne, que les occupants soient clairement informés de leur rôle dans la gestion du confort.

- **Ventilation par effet de cheminée** par ouvertures en façade et en toiture:



Ici aussi, il est indispensable de prévoir des ouvertures de transfert entre les locaux et l'extraction.

Les critères liés à la sécurité incendie compliquent cette solution. En effet la réglementation incendie impose une séparation entre chaque étage, ce qui implique:

- soit que les transferts d'air entre étages soit obturables automatiquement (portes coupe-feu à fermeture automatique, si on utilise la cage d'escalier comme conduit d'extraction intensive, clapets coupe-feu),
- soit que chaque étage dispose de sa propre évacuation vers la toiture.

LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Les Amenées d'Air Naturelles

C'est une **ouverture**:

- prévue dans une paroi extérieure ou dans une fenêtre ou une porte extérieure
- et dont la surface peut être modifiée manuellement ou automatiquement en continu ou au minimum en trois positions entre la position fermée et la position entièrement ouverte:

Les grilles de ventilation:



Grille intégrée entre le vitrage et la menuiserie



Grille verticale intégrée dans la menuiserie.



Grilles réglables à insérer dans la maçonnerie.



Grille à coulisse.

Les vasistas:



LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Les Evacuations d'Air Naturelles

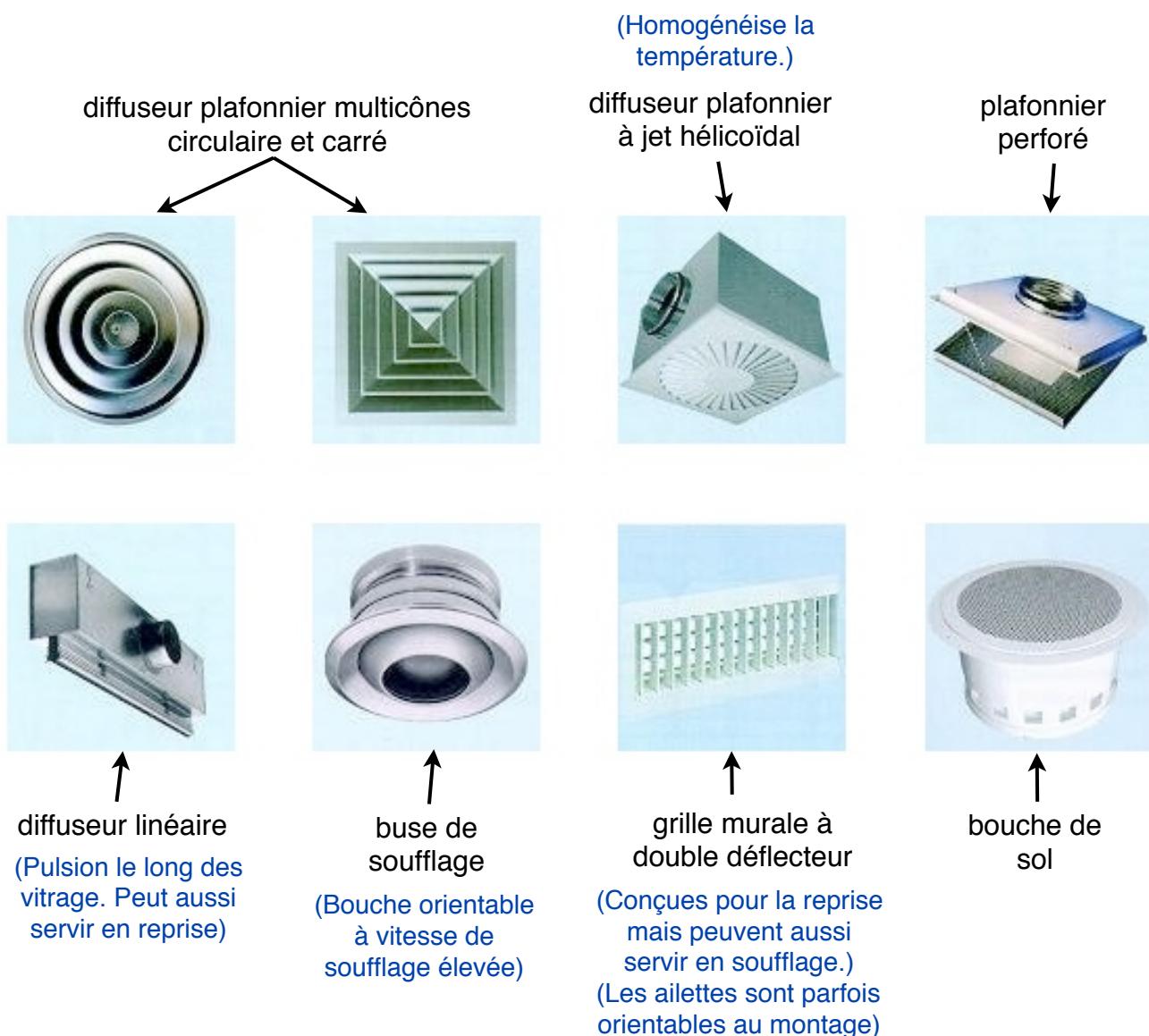
Les évacuations d'air naturelles ne comprennent pas de ventilateur. Elles sont obligatoirement composées de grilles ou bouches réglables disposées dans les locaux d'où l'air vicié est évacué, de conduits d'allure verticale et de débouchés en toiture.



LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Les Bouches de Pulsion et d'Extraction

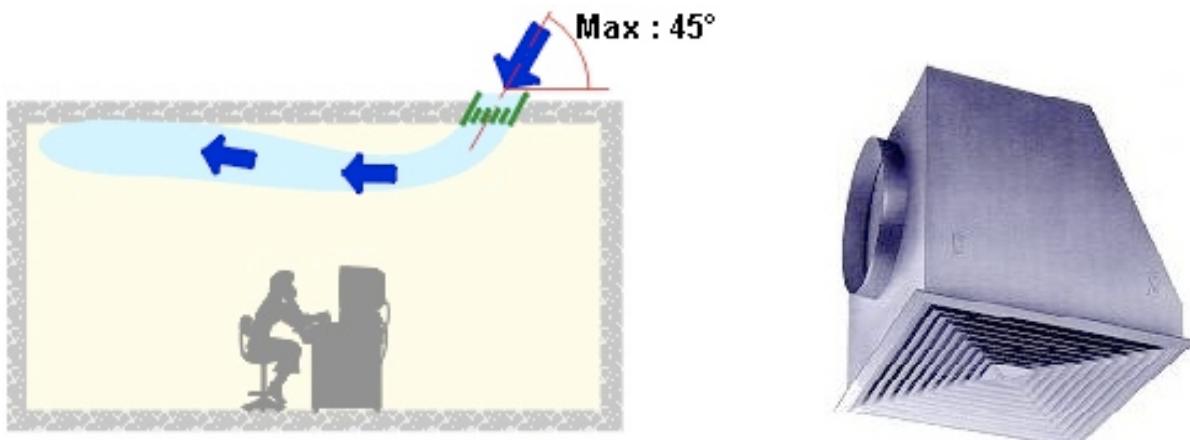
Les bouches regroupent les ouvertures qui, en ventilation mécanique, permettent de diffuser l'air neuf pulsé dans les locaux ou d'en évacuer l'air vicié. Dans les descriptions qui suivent, l'accent est mis sur les bouches de pulsion car ce sont elles qui conditionnent en grande partie le confort obtenu dans le local. De plus, la plupart des bouches de pulsion peuvent également fonctionner en extraction.



LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

L'effet Coanda:

Les diffuseurs installés en plafonnier et diffusant des jets rectilignes pulsent généralement l'air parallèlement au plafond par **effet Coanda**:

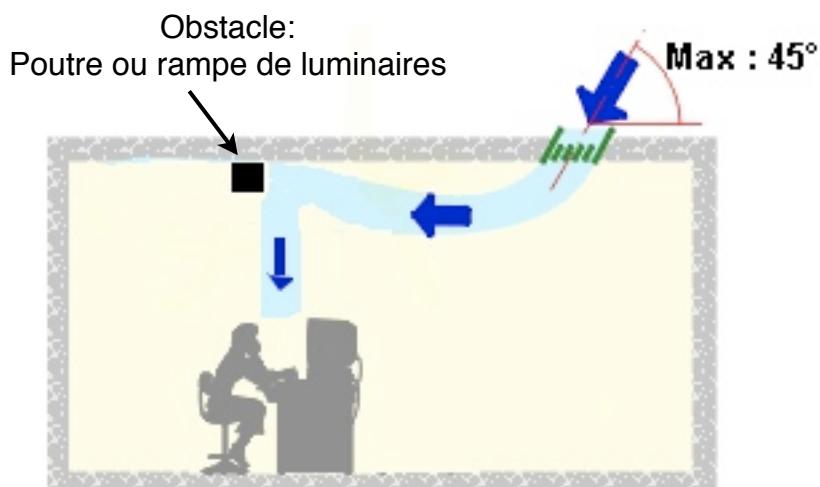


Effet Coanda avec un diffuseur plafonnier.

Si l'angle de soufflage n'excède pas 45°, l'air pulsé va se “coller” au plafond en se déplaçant parallèlement à celui-ci. C'est l'effet “Coanda”. Cela permet à l'air de se déplacer plus loin dans la pièce sans devoir augmenter la vitesse de soufflage.

Attention toutefois à ne pas perturber cet effet “Coanda”.

Si l'air rencontre un obstacle au niveau du plafond, l'effet “Coanda” est immédiatement interrompu et l'air chute quasiment à la verticale. Si un bureau se trouve en dessous, il y aura un inconfort pour la personne y travaillant:



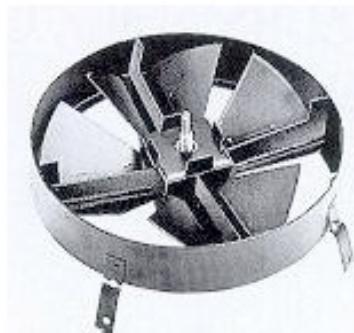
Rupture de l'effet “Coanda”

LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Les systèmes de réglage des bouches:

- Réglage manuel au montage:

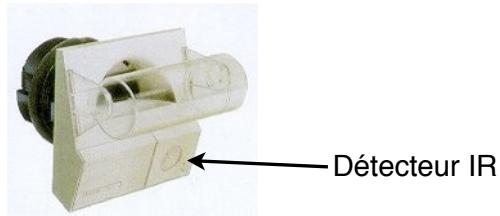
Certaines bouches possèdent des persiennes ou volets réglables par déformation ou pivotement pour ajuster les débits en intensité et direction:



*Registre réglable disposé en amont d'un diffuseur.
Le réglage du registre est accessible au travers du diffuseur.*

- Réglage automatique:

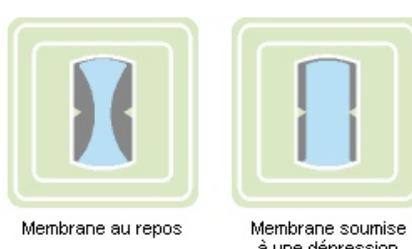
- “**Tout ou Rien**”: un détecteur infrarouge détecte la présence humaine et ouvre la bouche.



- **Hygroréglable**: Les bouches hygroréglables possèdent un volet mobile dont l'ouverture est commandée par un élément sensible au taux d'humidité ambiant (tresse en nylon).



- **Autoréglable**: Une membrane souple ajuste automatiquement le débit en se déformant en fonction de la variation de pression dans la bouche.



LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Les Grilles de Transfert

Les dispositifs de transfert de l'air sont nécessaires pour permettre le passage de l'air entre les locaux dans lesquels l'air neuf est amené et les locaux dans lesquels l'air vicié est évacué.



Grille de transfert à placer dans une porte.



Grilles de transfert acoustiques.



Fente sous la porte



Grille coupe-feu.

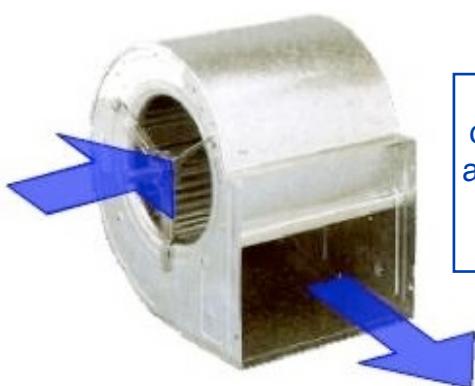
Il existe des grilles dont les lames sont composées d'un matériau intumescant.

Les lames gonflent lorsque la température s'élève (de l'ordre d'une centaine de degrés), obturant ainsi l'ouverture et fournissant une résistance au feu de l'ordre d'une heure.

LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Les Ventilateurs

- Les ventilateurs centrifuges:



Débits plus faibles
que les ventilateurs
axiaux mais grosses
différences de
pression



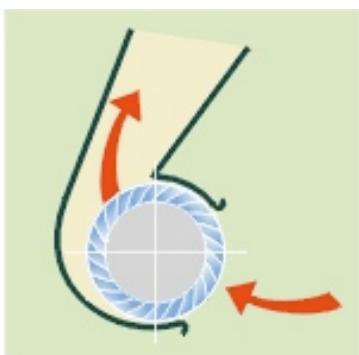
- Les ventilateurs axiaux ou hélicoïdes:



Débits importants
mais faibles
différences de
pression



- Les ventilateurs tangentiels:



Faible rendement
(60%). Utilisé quand
la place manque:
climatiseurs,
convector, etc...
De plus, ils sont très
silencieux



LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

- Les extracteurs de toitures:

Les extracteurs de toiture sont conçus pour s'adapter facilement sur le couronnement des conduits. Ils sont destinés à l'extraction de l'air vicié, soit directement, soit via un conduit vertical.

On parle généralement de "**tourelle d'extraction**". Ces tourelles peuvent être équipées d'une roue centrifuge ou hélicoïde et présentent donc les mêmes caractéristiques que ces deux grandes familles.



Extracteur de toiture : caisson fermé et ouvert.

Le rejet de l'air vicié dans l'atmosphère se fait de deux manières :

- soit horizontalement, (*meilleure solution pour dissiper le bruit*)
- soit verticalement.



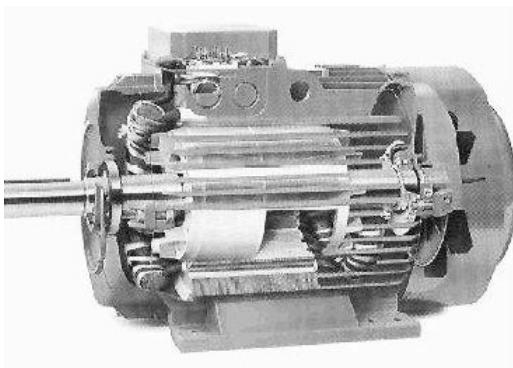
On peut aussi trouver en toiture des tourelles de pulsion:



LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Les Moteurs de Ventilation

Dans nos métiers, on trouve principalement des moteurs électriques généralement triphasés:



Motor 3 ~	50/60 Hz	IEC 34-1
MET 112 M	2860/3460 tr/min	
4/4.6 kW	C.I.F	$\cos \varphi = 0.90$
380-420/440-480 VY		8.1/8.1 A
220-240/250-280 V Δ		14.0/14.0 A
N°MK 142031-AS	IP55	30kg

Plaque signalétique

Les entraînements:

- Entraînement direct:

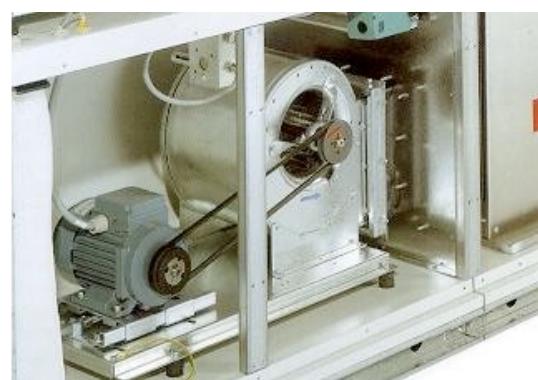


Ventilateur à entraînement direct.

- entraînement par courroie:



Ventilateur entraîné par courroies.



LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

- entraînement par accouplement élastique:



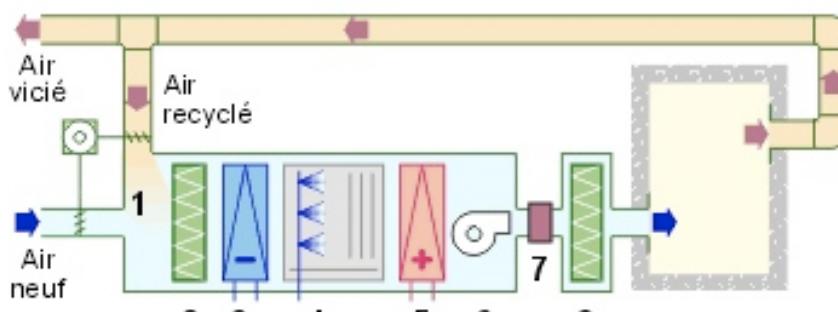
LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Les Filtres

Où peuvent se trouver les filtres?

- Sur les circuits d'aspiration d'air neuf extérieur,
- sur les circuits d'air repris, avant recyclage,
- sur les circuits de distribution d'air dans les locaux,
- sur les circuits d'air repris, avant rejet vers l'extérieur,
- sur les circuits d'air repris, avant batterie de récupération de chaleur

Exemple:



- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1 : zone de mélange | 5 : batterie chaude |
| 2 : préfiltre 55 à 85% OPA | 6 : ventilateur |
| 3 : batterie froide | 7 : manchette souple anti-vibratoire |
| 4 : humidificateur avec séparateur de gouttelettes | 8 : filtre 85 ou 95% OPA |

Les 4 objectifs de la filtration

- Débarrasser l'air de ses polluants: poussières, particules solides, etc...
- **Protéger l'installation de ventilation elle-même:** sans filtration, des dépôts apparaissent dans les conduits, sur les ventilateurs, dans les bouches, dans les registres et sur les **batteries d'échanges** (*ce qui dégrade très rapidement leur efficacité et augmente fortement la consommation en contre-partie*)
- Protéger les équipements des locaux contre la poussière et améliorer l'hygiène
- Eviter la propagation d'incendie par les poussières

LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Classification des filtres

Les filtres sont classés en fonction de leur capacité à arrêter des particules de plus en plus petites.

La dénomination de leur classe dépend de la méthode de mesure utilisée pour les essais. Par exemple, GRA signifie "méthode gravimétrique", OPA, "méthode opacimétrique". Les filtres faisant l'objet d'un essai "DOP" atteignent 100 % d'efficacité par les méthodes opacimétrique et gravimétrique. Ce sont les filtres absolus.

On classe les filtres à couche poreuse en fonction de leur efficacité:

Filtres à efficacité moyenne: **classes G1 à G4**



La surface filtrante est composée de fibre de verre grossière ou de fibre synthétique maintenue dans des cadres en carton ou métallique. Les filtres peuvent être plan ou **légèrement plissés pour augmenter la surface filtrante**, donc la longévité.

On trouve également des médias en mousse de polyuréthane ou polyester expansée, utilisée sous forme de couches planes ou des tricots en fil d'acier galvanisé ou inoxydable, montés dans des cadres

Filtres à haute efficacité: **classes F5 à F9**

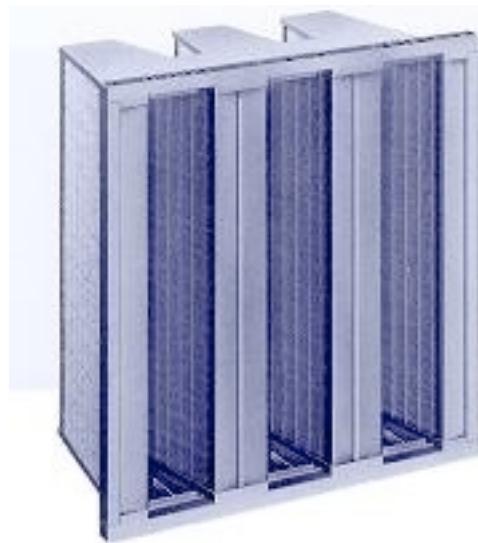


Ces filtres sont composés **soit d'un papier-filtre plissé** en cellulose ou en fibres de verre, **soit de poches** (on parle de filtres à poches) disposées dans un cadre sous forme de sacs flottants qui leur donnent une surface de filtration pouvant aller jusqu'à 27 fois la surface frontale.

Les filtres à poches ont une forte capacité de colmatage et un coût d'exploitation peu élevé.

Filtre à poches

LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION



Filtre plissé

Filtres à très haute efficacité ou "absolus": **classes H10 à H14**



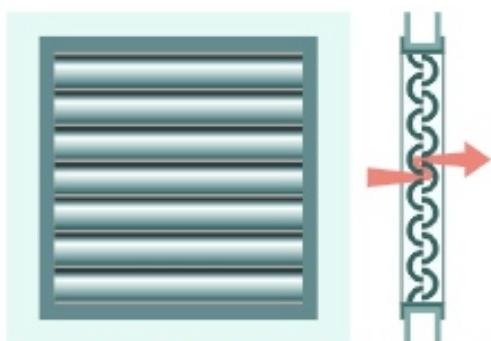
Le milieu filtrant est constitué de papiers de fibres de verre maintenues par un liant, pour les plus hautes efficacités, ou bien d'un mélange de fibres de cellulose et de fibres minérales.

Ces papiers sont plissés sur toute la profondeur du filtre. Chaque pli est parfois maintenu par un séparateur ondulé. La surface de filtration peut atteindre 100 fois la surface frontale pour les filtres dits absolus.

Filtres spéciaux pour cuisines:

- **Filtres à choc:** Ils sont composés de profilés en quinconce qui interceptent les particules (principalement, les graisses):

- **Filtres à tricots:** Il s'agit de filtres plans composés d'un treillis de fils d'acier:



Filtre à choc (vue de face et en coupe).



Filtre à tricot métallique et filtre à choc.

LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE VENTILATION

Domaines d'application des principaux filtres

Eléments à filtrer	Classe	Applications
Insectes, pollen, cendre, sable, cheveux,	G1 G2	- Utilisations simples (protection contre les insectes, ...)
	G3 G4	- Evacuation d'air des cuisines - Pré-filtre pour les classes F6 à F8
Pollen, ciment, particules salissantes, germes, poussière chargée de bactéries, ...	F5	- Filtres d'air neuf pour locaux à faible exigence (atelier, garage, entrepôts, ...)
	F5 F6 F7	- Pré-filtre et filtre des centrales de traitement d'air - Filtre final dans les installations de climatisation de magasins et de bureau - Pré-filtre pour classes F9 à H12
Fumées d'huile et de suie agglomérées, fumées de tabac, fumée d'oxyde métallique, ...	F7 F8 F9	- Filtre final dans les bureaux, hôpitaux, salles informatique - Pré-filtre pour filtres absolus
Germes, bactéries, virus, fumée de tabac, fumée d'oxyde métallique, ...	H10 H11 et H12 H13 et H14	- Filtre final pour locaux à haute exigence: laboratoires, alimentation, industrie optique et électronique, ...
	H11 et H12	- Filtre final pour salle blanche
Vapeur d'huile et suie en formation, particules radioactives, ...	H13 et H14	- Filtre final pour salle blanche - Filtre final pour salle d'opération - Filtre final pour évacuation d'air des installations nucléaires

LES CONDUITS D'AIR

Matériaux

Il existe des gaines de distribution en :

- acier galvanisé,
- aluminium,
- inox,
- matière synthétique,
- ciment (*les conduits en Eternit et boisseau ont une rugosité de 1,5 à 2 fois supérieure aux conduits galvanisés et donc des pertes de charge nettement plus élevées*).

Formes

Les conduits cylindriques:

Avantages

- Demandant moins de matière pour une même section, ils sont plus légers et plus économiques.
- Ils sont faciles et rapides à poser.
- Ils se prêtent bien aux changements de direction en plan et en élévation.
- Leur étanchéité est très bonne, particulièrement si les raccords entre conduits se fait avec double joint.

Inconvénients

- Les piquages et le placement de bouches en parois sont plus compliqués.
- Leur encombrement en hauteur est plus important



Conduit circulaire avec joint aux raccords.



Les conduits rectangulaires:

Avantages

- Les piquages et les bouches en flanc de conduit sont faciles à réaliser.
- Les coude peuvent facilement être équipés d'aubes directrices.

Inconvénients

- La quantité de matière utilisée est plus importante.
- Pour une même section, la perte de charge linéaire est donc aussi plus élevée pour un même débit.

LES REGISTRES ET CLAPETS

Registres de Réglage

Ces registres servent:

- Au **réglage de débit** d'air, par création d'une perte de charge variable, qui n'est pas directement proportionnelle à l'angle de pivotement des volets : la variation du débit dépend essentiellement de la pente de la courbe débit-pression du ventilateur ; si cette pente est fortement descendante, le débit diminuera lorsque le registre sera près de la fermeture (avec un risque de bruits importants).
- A l'**isolation** entre un conduit d'air et un ou plusieurs autres.

En général de section rectangulaire, ils comportent plusieurs lames ou volets pivotant autour d'axes parallèles, depuis une position "ouvert" où ils présentent leur tranche à l'écoulement de l'air, jusqu'à une position "fermée" où leurs bords se rejoignent : comme chaque volet a un effet directionnel, on les actionnent de manière à ce que leur sens de pivotement soit contraire d'un volet à l'autre. On évite ainsi que la déviation du flux d'air aval ne perturbe trop l'écoulement loin à l'aval du registre



Clapets d'Obturation

Il s'agit des dispositifs permettant la fermeture quasi parfaite d'un conduit. Ils peuvent être actionnés mécaniquement et même automatiquement dès que la vitesse de l'air diminue ou tend à s'inverser. **De tels clapets s'impose quand un conduit doit être isolé pour raison de sécurité (incendie: clapets coupe-feu).**

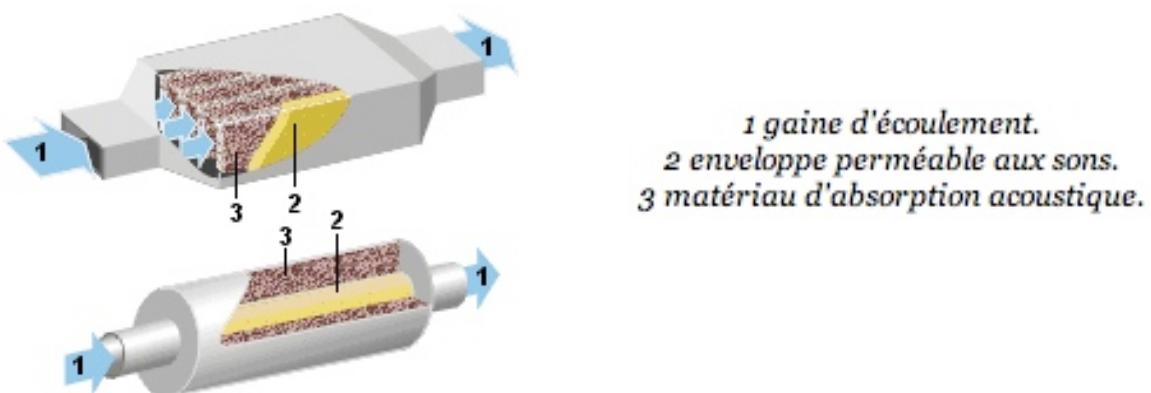


LES ABSORBEURS ACOUSTIQUES

Les Silencieux à Absorption

Le silencieux à absorption est le plus utilisé dans les installations de ventilation et de climatisation.

Physiquement, l'énergie acoustique du signal sonore est absorbée par les parois et convertie en chaleur

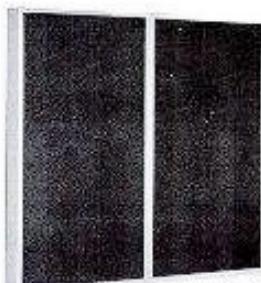


Le principe consiste à faire circuler l'air entre des plaques de matériau absorbant, appelées **baffles**.

L'atténuation acoustique d'un silencieux est fonction de l'épaisseur des baffles, de l'écartement entre deux baffles et de la longueur de ces derniers:



Silencieux composés de cinq baffles.



Baffle pour silencieux efficace pour les hautes fréquences.



Baffle pour silencieux, recouvert en partie d'une tôle métallique pour les basses fréquences.



Tourelles d'extraction équipées d'un silencieux.

LES RECUPERATEURS DE CHALEUR

Rôle des Récupérateurs de Chaleur

On les utilise dans les systèmes de ventilation double flux afin:

- de **récupérer** de la chaleur de l'air extrait (qui s'apprête à être rejetée et perdue dans l'atmosphère)
- et de la **transmettre** à l'air neuf.

Ces récupérateurs sont généralement mis en service l'hivers, lorsque l'air extérieur est très frais. Le fait de réchauffer cet air avec la chaleur "gratuite" de l'air rejeté permet de soulager la batterie chaude.

Par contre l'été, la problématique est plutôt de refroidir l'air neuf. Seul les caloducs "réversibles" peuvent fonctionner en hivers et en été (*voir explication plus loin*).

Il existe différentes techniques de récupération de chaleur:

- l'échangeur à **Caloduc**
- l'échangeur à plaques
- l'échangeur à eau glycolée

L'Echangeur à Caloduc

Un **Caloduc** est une sorte de **batterie fermée** contenant du fluide frigorifique. Elle fonctionne de manière complètement autonome, sans électricité.

Si on soumet cette batterie à des températures différentes entre ses 2 extrémités, il va se former à l'intérieur un cycle frigorifique **condensation-évaporation** avec retour du liquide:

- soit par gravité,
- soit par capillarité



Caloduc à disposition horizontale: "retour de condensats par capillarité"

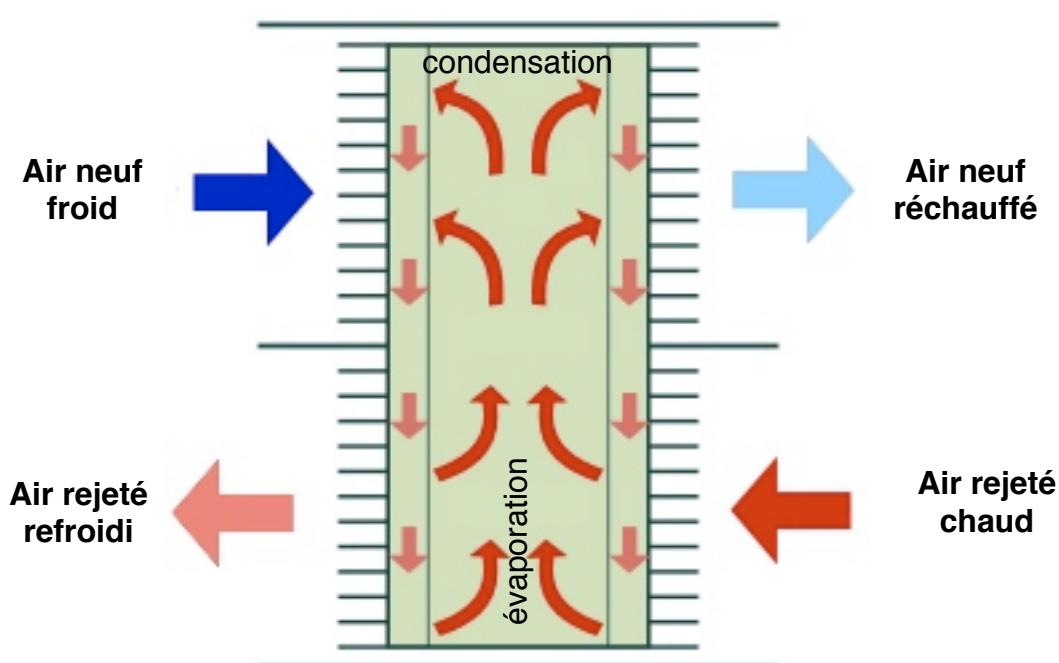
LES RECUPERATEURS DE CHALEUR

Le principe de fonctionnement est simple:

- La partie basse du caloduc est balayé par l'air rejeté chaud. Le fluide liquide va **s'évaporer** en captant des calories à l'air rejeté.
- Les vapeurs de fluides montent vers le haut du caloduc qui est balayé par l'air neuf froid. Les vapeurs vont alors **se condenser** sur les parois en relâchant des calories à l'air neuf qui est ainsi réchauffé.

Remarques sur le caloduc:

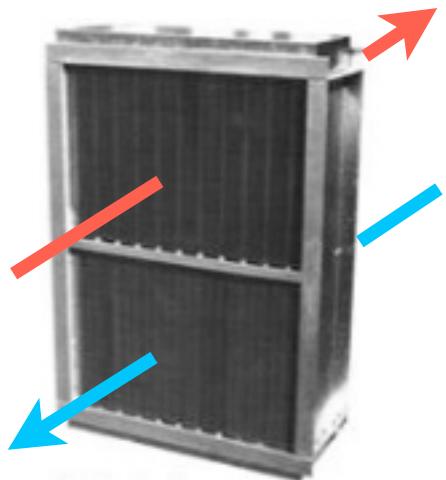
- Un caloduc ne peut fonctionner que si il y a différence de température entre ses 2 extrémités. Si cette différence est nulle, alors pas de cycle évap-conden.
- Plus cette différence de température sera importante et plus le caloduc sera efficace. C'est pour cela qu'un caloduc est efficace en plein hivers mais ne fonctionne pratiquement pas au printemps-été lorsque la température extérieure devient proche de la température de l'air rejeté.
- Le choix du fluide dépend de la température de travail prévue.



LES RECUPERATEURS DE CHALEUR

Les caloduc à disposition Verticale:

La disposition **verticale** est caractéristique du **type à gravité**.

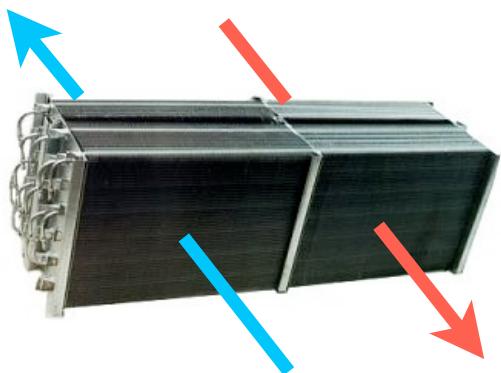


Ce type de caloduc n'est pas réversible.

En effet, l'évaporation doit toujours se faire en partie basse et la condensation en partie haute.
il ne peut donc fonctionner qu'en hivers.

Les caloducs à disposition Horizontale:

La disposition **horizontale** est caractéristique du type à **capillarité**.



Ce type de caloduc est réversible.

En effet, les tubes sont horizontaux et les capillaires permettent la circulation des vapeurs de fluides de gauche à droite ou de droite à gauche.

En hivers, un tel caloduc permettra de réchauffer l'air neuf. Lorsque les températures s'inverseront en été (T° extérieure $>$ T° ambiante) le caloduc inversera son cycle et refroidira l'air neuf.

La régulation des caloducs:

Tous les types de caloducs peuvent nécessiter une régulation:

- en hivers pour éviter le gel du côté de l'air extrait (si celui-ci descend en dessous de 0°C)
- en mi-saison pour éviter que l'air neuf ne soit surchauffé par rapport à l'ambiance.

La régulation des **caloduc verticaux** se fait par **by-pass** d'une partie de l'air neuf. On réduit ainsi la différence de T° auquel est soumis le caloduc et on diminue donc son efficacité donc sa puissance.

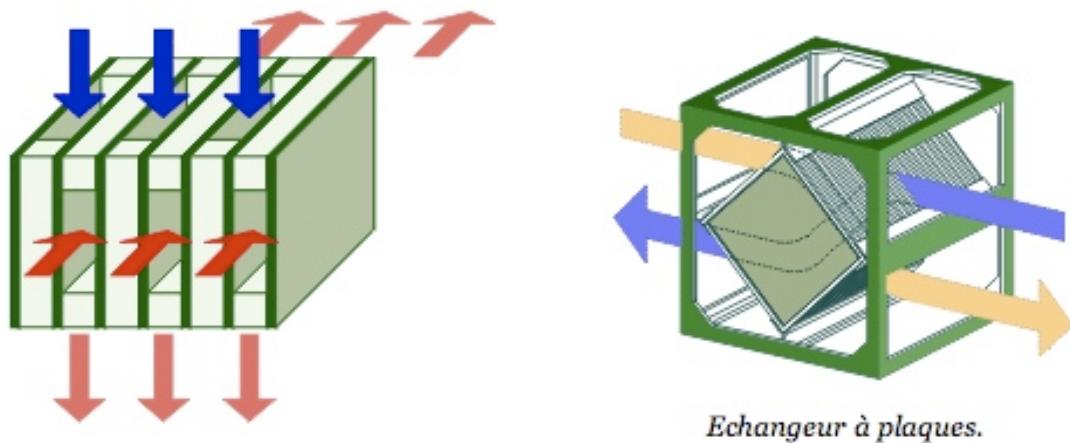
La régulation des **caloducs horizontaux** se fait par **inclinaison** du caloduc: en accélérant les retours de condensats, on augmente la puissance; en ralentissant les retours de condensats, on diminue la puissance.

LES RECUPERATEURS DE CHALEUR

L'Echangeur à Plaques

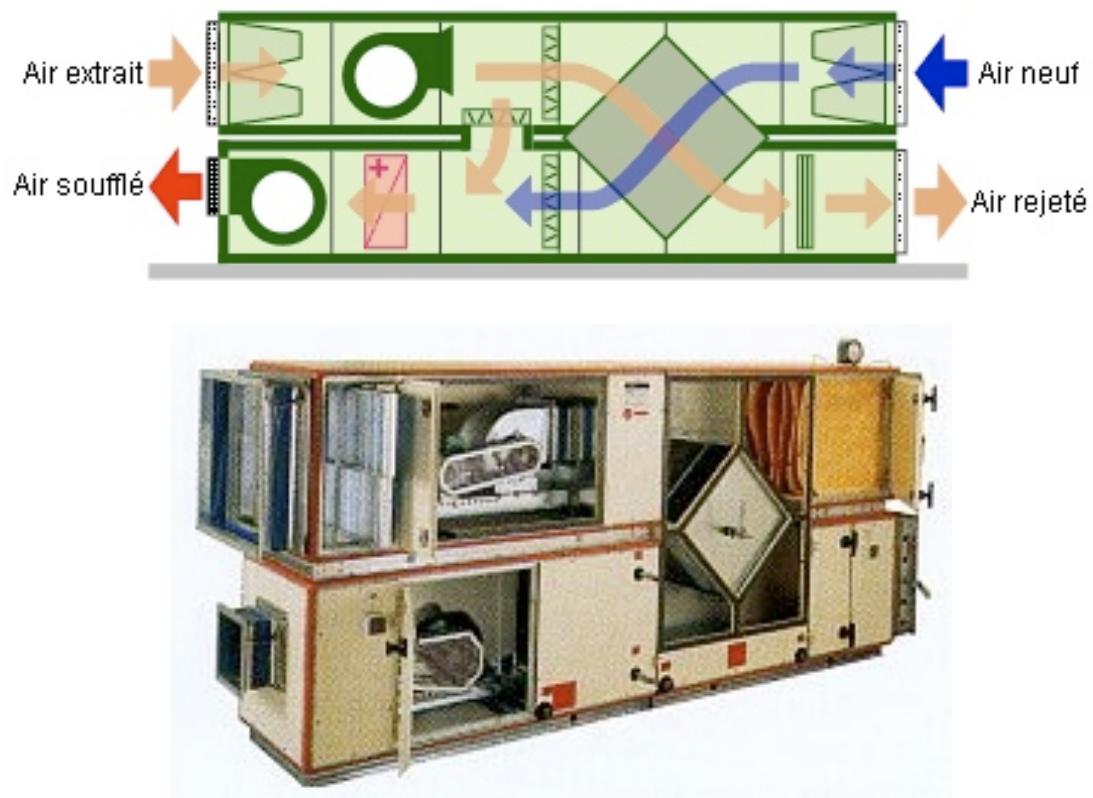
L'échangeur de chaleur est constitué de plaques, de tubes ou de gaufrages de type "nid d'abeilles", de faible épaisseur en aluminium ou matière plastique qui séparent les veines d'air.

L'air neuf (froid) est réchauffé par contact de l'air extrait (chaud) via les plaques de l'échangeur:



Echangeur à plaques.

Implémentation dans une centrale d'air:



LES RECUPERATEURS DE CHALEUR

La régulation des échangeurs à plaques:

Dans le cas d'un échangeur à plaques, seule une régulation par by-pass d'une partie de l'air neuf est possible. Au moyen de registres à volets conjugués, on diminue le débit d'air neuf qui transite dans l'échangeur tandis qu'on augmente simultanément le débit d'air neuf court-circuité . Il est ainsi possible de réduire en continu jusqu'à 0 % la puissance du récupérateur de chaleur.

Avantages - Désavantages:

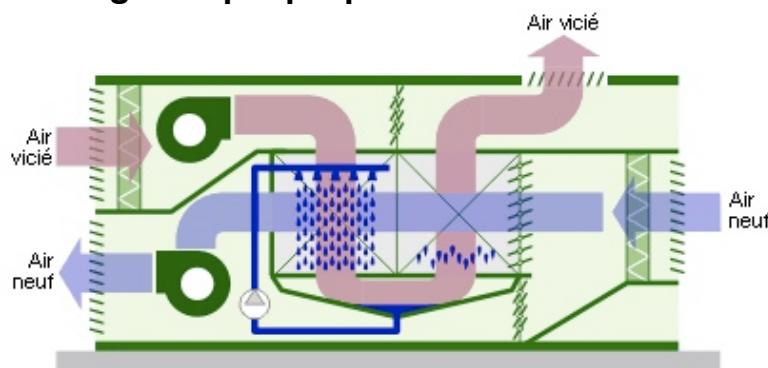
Avantages

- Simple et fiable,
- grande durée de vie et pratiquement pas de panne,
- absence de pièces en mouvement, sécurité de fonctionnement,
- peu de maintenance nécessaire,
- faible risque de contamination de l'air frais en cas de bonne conception,
- exécution en divers matériaux et nombreuses combinaisons possibles,
- la solution la plus adaptée (rentabilité) aux petits débits d'air (< 5 000 m³/h).

Désavantages

- Disposition Air neuf/Air rejeté proche,
- sans by-pass, il n'y a pas de régulation de température et donc un risque de surchauffe en été,
- danger de givre par température extérieure basse et par dépassement du point de rosée, il faut être attentif à la régulation
- l'échangeur présente une perte de charge relativement importante, surtout à de grands débits,
- en cas de panne des équipements mal conçus peuvent être source de bruit ainsi que de fuites et donc de contamination.

Utilisation de l'échangeur à plaque pour refroidir l'air neuf en été:

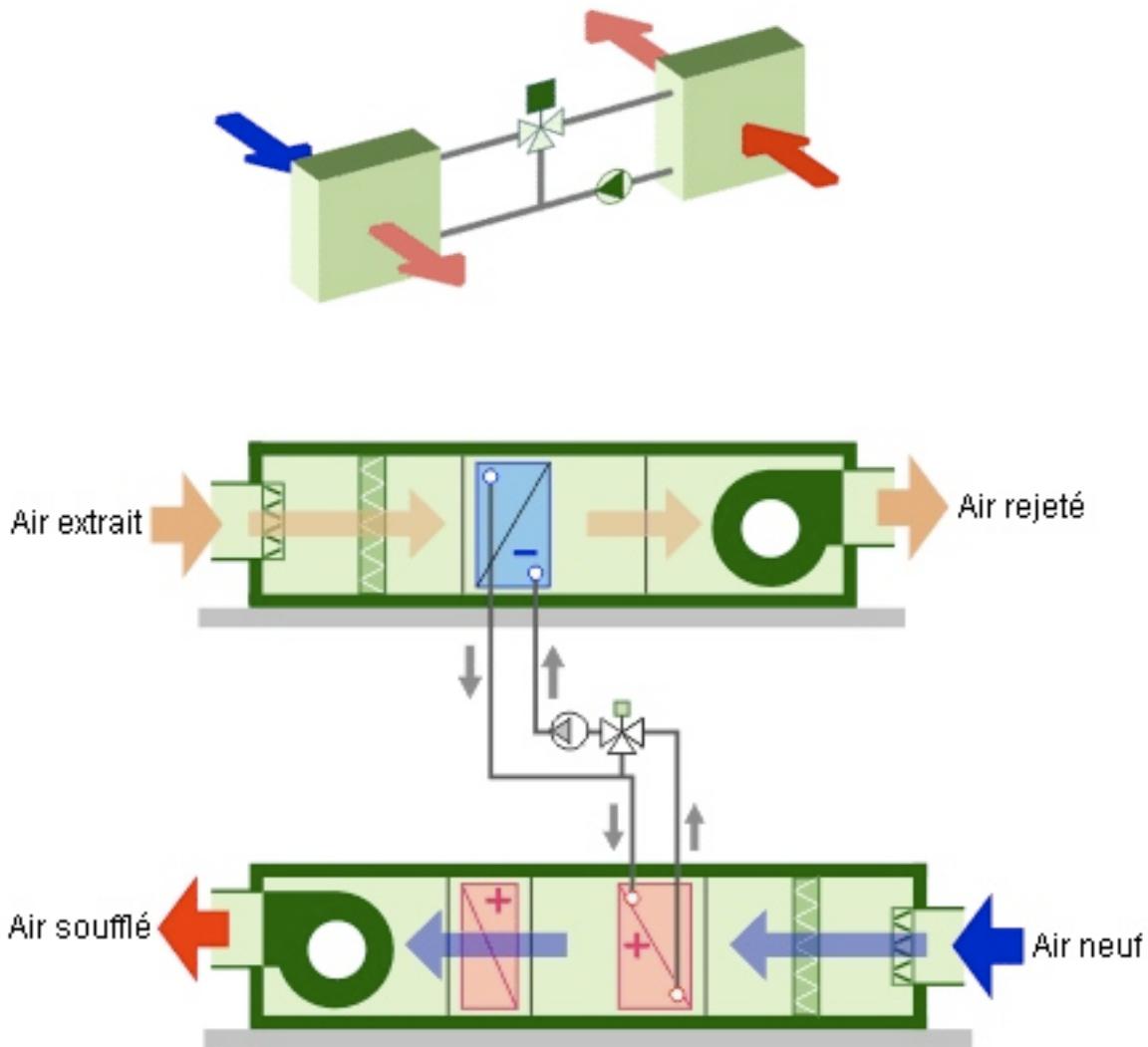


L'air vicié et l'air neuf passent dans un double échangeur à plaques. Dans l'échangeur, l'air vicié est humidifié. On combine donc deux phénomènes dans l'échangeur : le refroidissement adiabatique de l'air vicié et son refroidissement au contact avec l'air neuf. Remarquons les volets de by-pass (sur l'air neuf et l'air vicié) permettant une régulation de la puissance échangée.

LES RECUPERATEURS DE CHALEUR

L'Echangeur à Eau Glycolée

Le récupérateur à eau glycolée est constitué de deux batteries, placées l'une dans le groupe d'extraction, l'autre dans le groupe de pulsion:



Les batteries de pulsion et d'extraction sont reliées entre elles par un circuit de tuyauterie comprenant des vannes d'isolement, une pompe de circulation, un vase d'expansion, une V3V et divers appareils de mesure.

Dans le circuit ainsi constitué circule de l'eau glycolée (antigel). Ce fluide caloporeur sert de vecteur de transport des calories puisées dans l'air extract (chaud, par ex : 20°C) vers l'air neuf (froid, par ex : - 10°C).

En descendant en dessous du point de rosée, la chaleur latente de la vapeur d'eau contenue dans l'air extract peut être récupérée. Ce système n'assure cependant pas de transfert d'humidité. **Il n'y a aucune contamination de l'air frais par l'air vicié**

LES RECUPERATEURS DE CHALEUR

La régulation de l'échangeur à eau glycolée:

En été

Lorsqu'en été la température extérieure augmente, la différence avec la température de reprise augmente également car même si l'on admet une température intérieure plus élevée, cette dernière augmente moins vite que la température extérieure. Il est donc tout à fait judicieux de récupérer du "froid" de l'air repris pour le transférer à l'air neuf. La pompe de circulation est alors mise en route en fonction de l'écart de température entre la température de l'air neuf et celle de l'air repris. **La vanne 3 voies fonctionne alors en réglage simple (passage direct de l'eau sans mélange ni dérivation).**

En hiver

Lorsque la température extérieure est basse, la température du fluide intermédiaire pourrait tomber en dessous de 0°C. En fonction de l'état de l'air repris, il n'est pas impossible que l'échangeur de chaleur sur lequel circule l'air repris se mette à geler. Pour éviter une telle situation et ses graves conséquences, on prévoit un thermostat antigel qui n'est autre qu'une sonde de température placée sur le conduit aéraulique en amont de l'échangeur sur l'air neuf. En fonction de ses indications, **la vanne 3 voies réagit de façon à réduire le débit-masse de fluide intermédiaire qui circule dans l'échangeur de chaleur traversé par l'air neuf**, d'où une diminution de la quantité de chaleur transférée. Il est donc bien évident que la puissance de la batterie de réchauffage classique prévue en aval de l'échangeur sur l'air soufflé doit être augmentée en conséquence.

En demi-saison

La grandeur de réglage auxiliaire prépondérante est alors la température de soufflage. On utilise alors comme ensemble régulateur une vanne à 3 voies. S'il faut réduire la puissance de l'échangeur, on diminue alors le débit d'eau glycolée en circulation dans l'échangeur sur l'air neuf. Dans les cas extrêmes, **la vanne se ferme complètement et la pompe de circulation s'arrête.**

LES SYSTEMES DE REGULATION

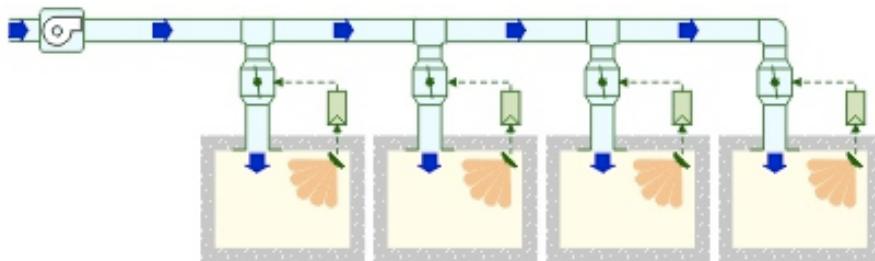
Principe Général de Régulation

Des **capteurs** (*mesurant une grandeur représentative de l'occupation des locaux*) gèrent l'ouverture et la fermeture de chaque bouche de pulsion (ou extraction).

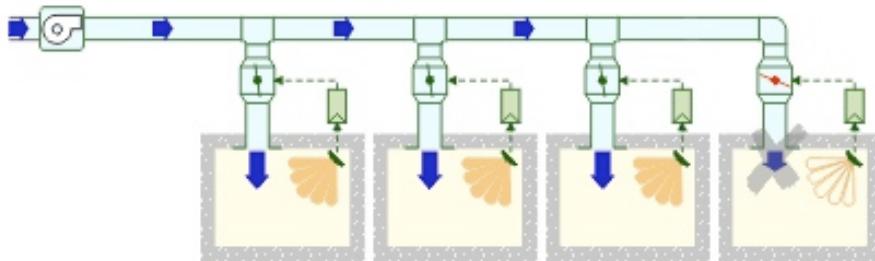
L'élément capteur (*horloge, détecteur de présence, sonde CO₂, sonde COV*) dispose d'un **signal binaire** ON/OFF ou d'un **signal de sortie analogique** 0-10 V ou 4-20 mA.

Ce signal est utilisé pour:

- fermer/ouvrir les bouches de pulsion ou d'extraction



Répartition des débits lorsque toutes les bouches sont ouvertes.



Répartition des débits lorsqu'une des bouches se ferme sous l'influence d'un détecteur de présence.

Prise en Compte de l'Equilibrage du Réseau Aéraulique

Malheureusement,... une bouche qui se ferme influence toujours le débit de sa voisine : lorsqu'une bouche se ferme, la pression va augmenter au niveau des bouches encore ouvertes, augmentant leur débit et la production de bruit.

Il faut donc s'arranger pour **réguler la pression** dans le circuit de distribution en fonction de la fermeture des différentes bouches.

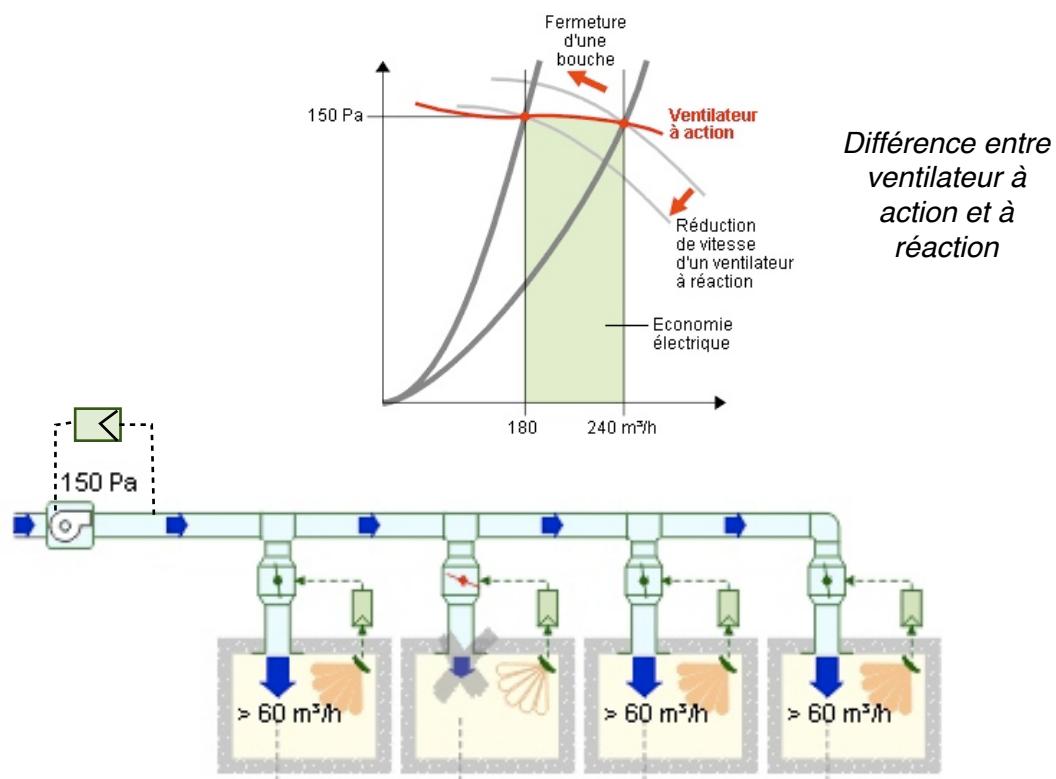
Pour cela, il existe plusieurs façons de faire.

LES SYSTEMES DE REGULATION

Solution 1:

La première solution consiste à maintenir une pression constante **à la sortie du ventilateur** (ex: 150 Pa):

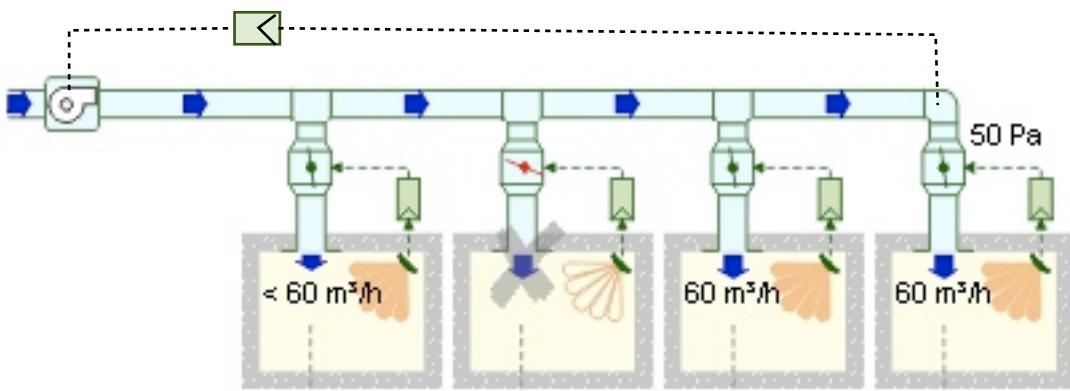
- Soit, avec un ventilateur centrifuge avec **aubes à réaction**, en faisant varier la **vitesse du ventilateur** en fonction d'une prise de pression.
- Soit en utilisant un ventilateur à courbe caractéristique plate, c'est-à-dire un ventilateur centrifuge avec **aubes à action**.



Solution 2:

La deuxième solution consiste à maintenir une pression constante **à la fin du circuit de distribution** (ex: 50 PA):

- En faisant varier la **vitesse** du ventilateur (aubes à action et à réaction).



LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

Constitution des Centrales de Traitement d'Air

Les centrales de traitement d'air (CTA) permettent de maîtriser en température et parfois en hygrométrie la qualité de l'air soufflé.

Les centrales sont constituées d'éléments préfabriqués et assemblés dans un caisson de soufflage et éventuellement dans un caisson de reprise:



Les CTA peuvent avoir 2 rôles distincts:

- Renouveler l'air des locaux ↳ “**Air hygiénique**” ou “**Air neuf**”

*Une CTA peut être “**Tout Air Neuf**”: dans ce cas, son débit est calculé pour assurer le renouvellement d'air qui est de l'ordre de **20 à 30 m³/h par personne**.*

- Assurer le chauffage et éventuellement l'hygrométrie des locaux ↳

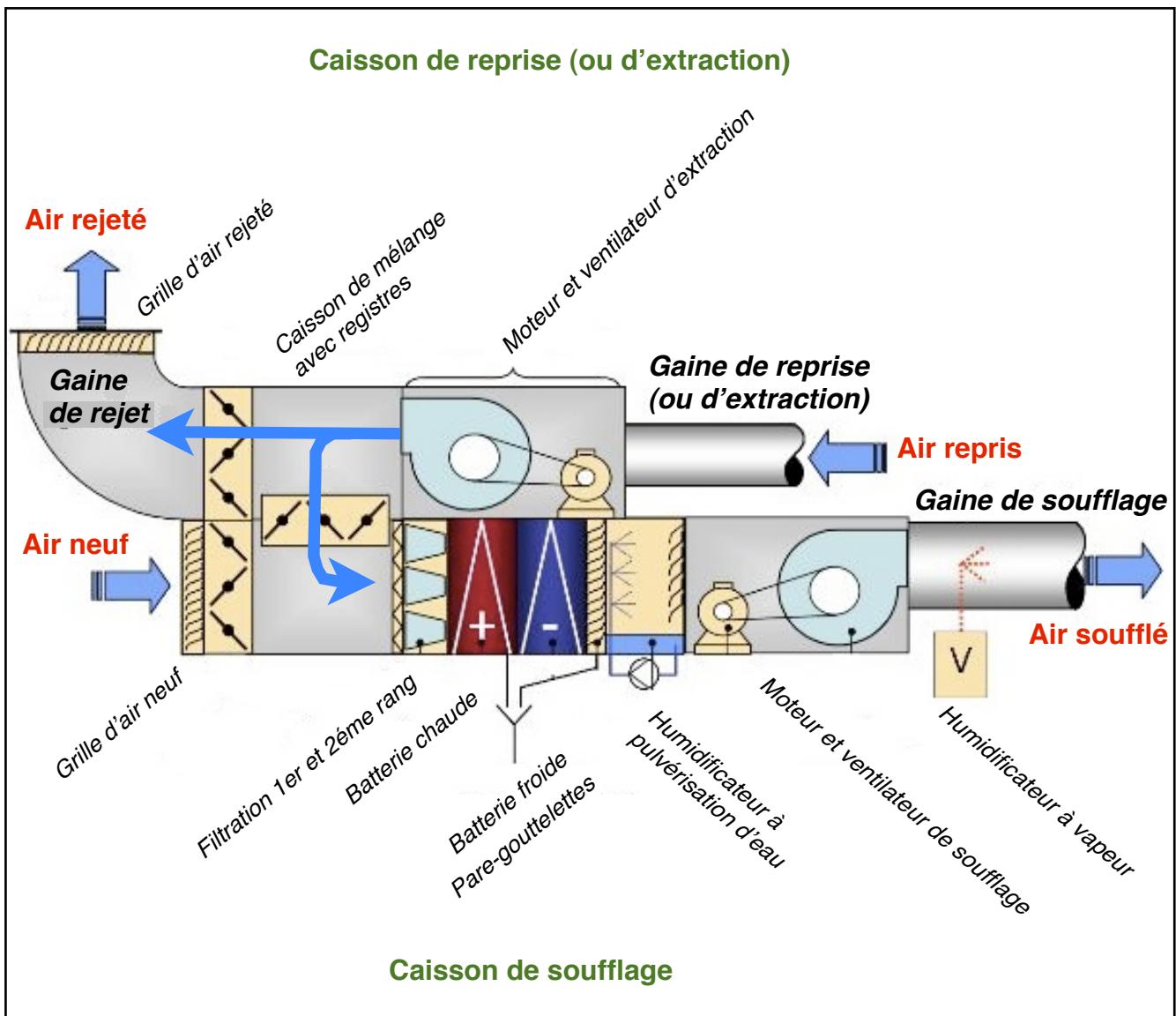
“Recyclage d'air”

Le seul débit nécessaire à l'aération des locaux (20 à 30 [m³/h] et par personne) est en général trop faible pour permettre le chauffage (ou le refroidissement) des locaux. En complément de l'air neuf, la centrale recycle alors de l'air repris dans les locaux traités. La centrale n'est plus de type « tout air neuf ». Elle souffle un air “mélangé” (ex: 20% d'air neuf et 80% d'air recyclé)

Nous verrons plus loin que c'est le “**Caisson de Mélange**” qui permet d'ajuster les proportions d'**air neuf** et d'**air recyclé** dans un système de ventilation avec CTA.

LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

Exemple de CTA avec caisson de mélange:



Grille extérieure d'air neuf ou d'air rejeté:



LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

Registre d'entrée
d'air neuf:



Caisson de
mélange:



Filtres:



Batterie:



Servomoteurs de
registres



Rotatif

A translation

LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

Pare-gouttelette:

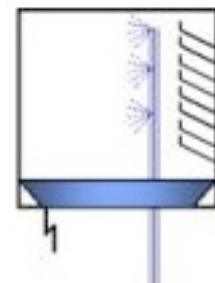
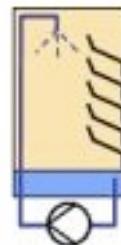


Humidificateurs
adiabatiques
(= à *enthalpie*
constante):

Laveur d'air



Brumisateur



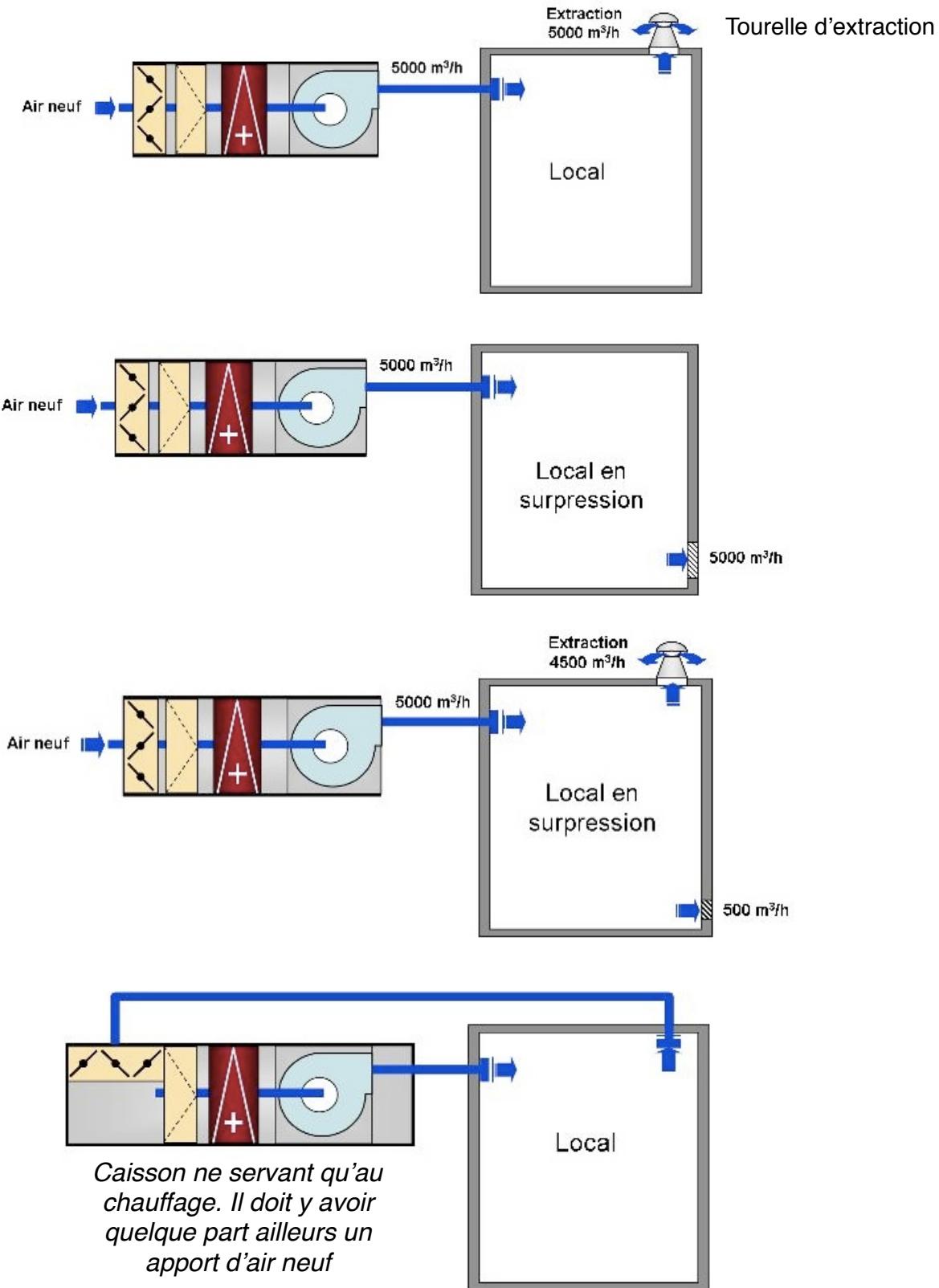
Humidificateur à
vapeur:



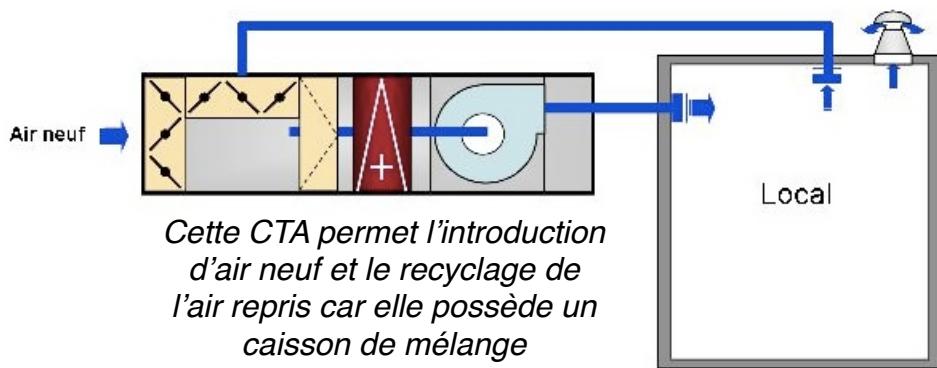
LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

Types et Positions des Caissons de Soufflage et d'Extraction

- Caisson de soufflage seul:

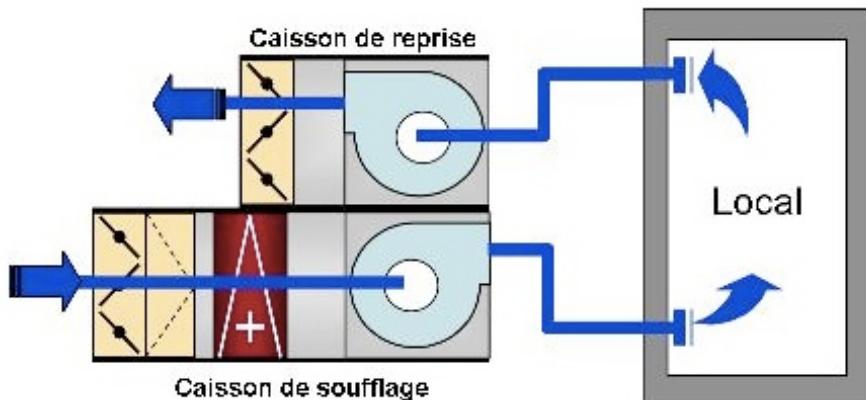


LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

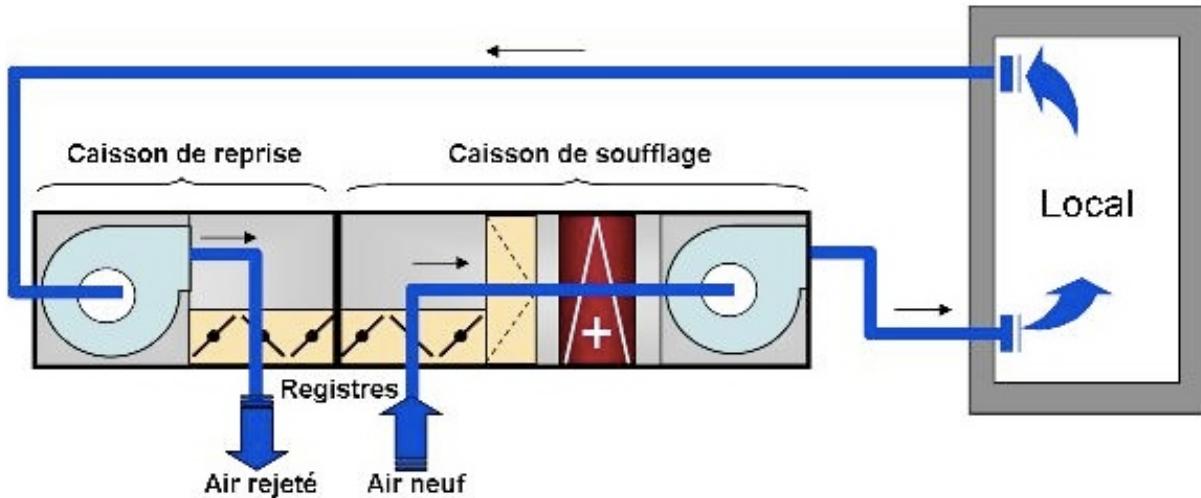


- Caissons de soufflage et de reprise indépendants

caissons superposés:



caissons aligné:



Ces CTA n'ayant pas de caisson de mélange, les caissons "soufflage" et "air neuf" pourraient être distants l'un de l'autre.

LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

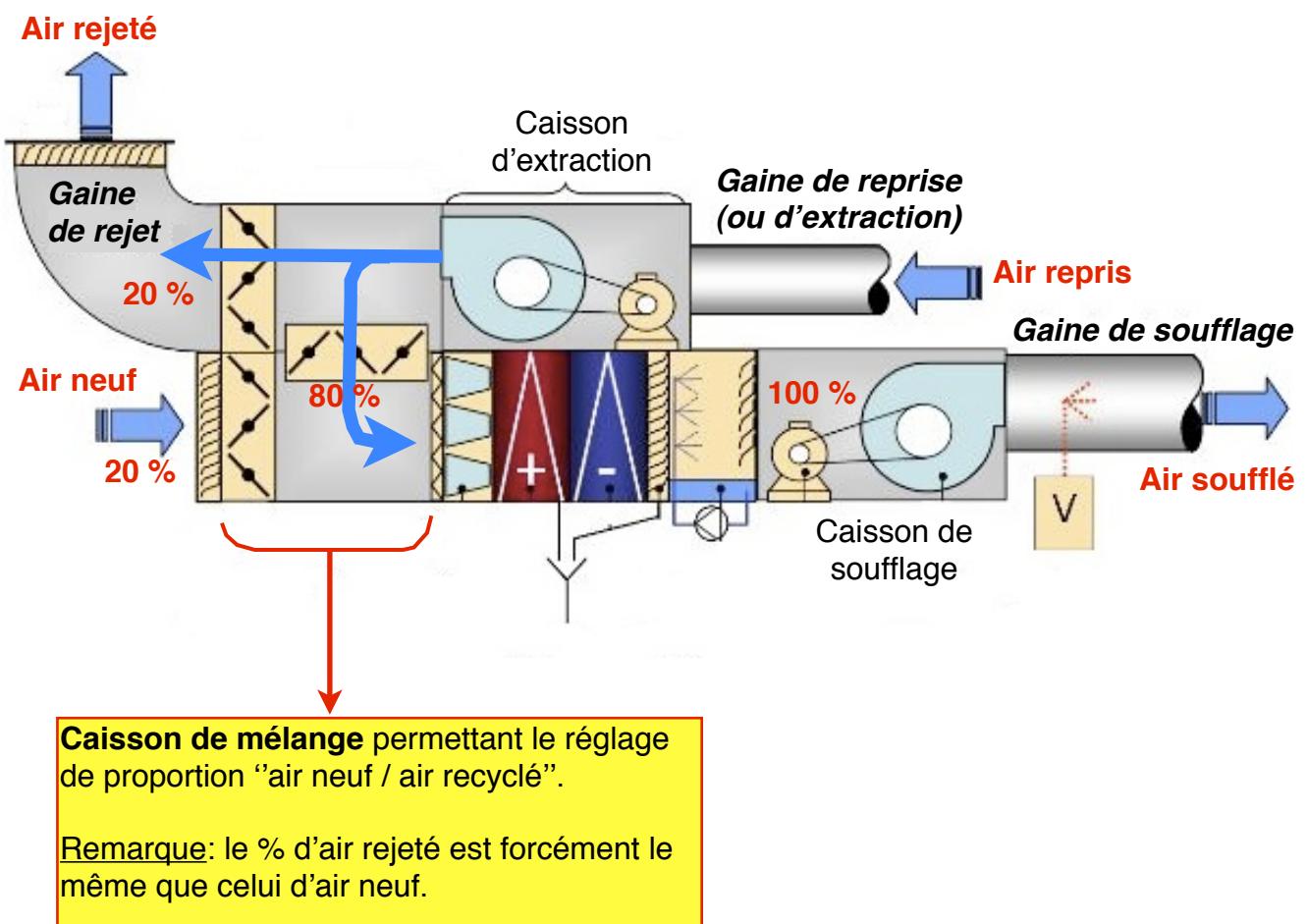
CTA avec Caisson de Mélange à 3 Registres

Les CTA vues au paragraphe précédent ne possédaient pas de caisson de mélange (sauf une). Cela engendre un inconvénient important:

- impossibilité de régler la proportion "air neuf / air recyclé". Soit la CTA travaille en **100% air neuf**, soit en **100% air recyclé** (et *dans ce cas, il faut prévoir une amenée d'air neuf par un autre moyen*)

Le caisson de mélange permet de pallier à cet inconvénient.

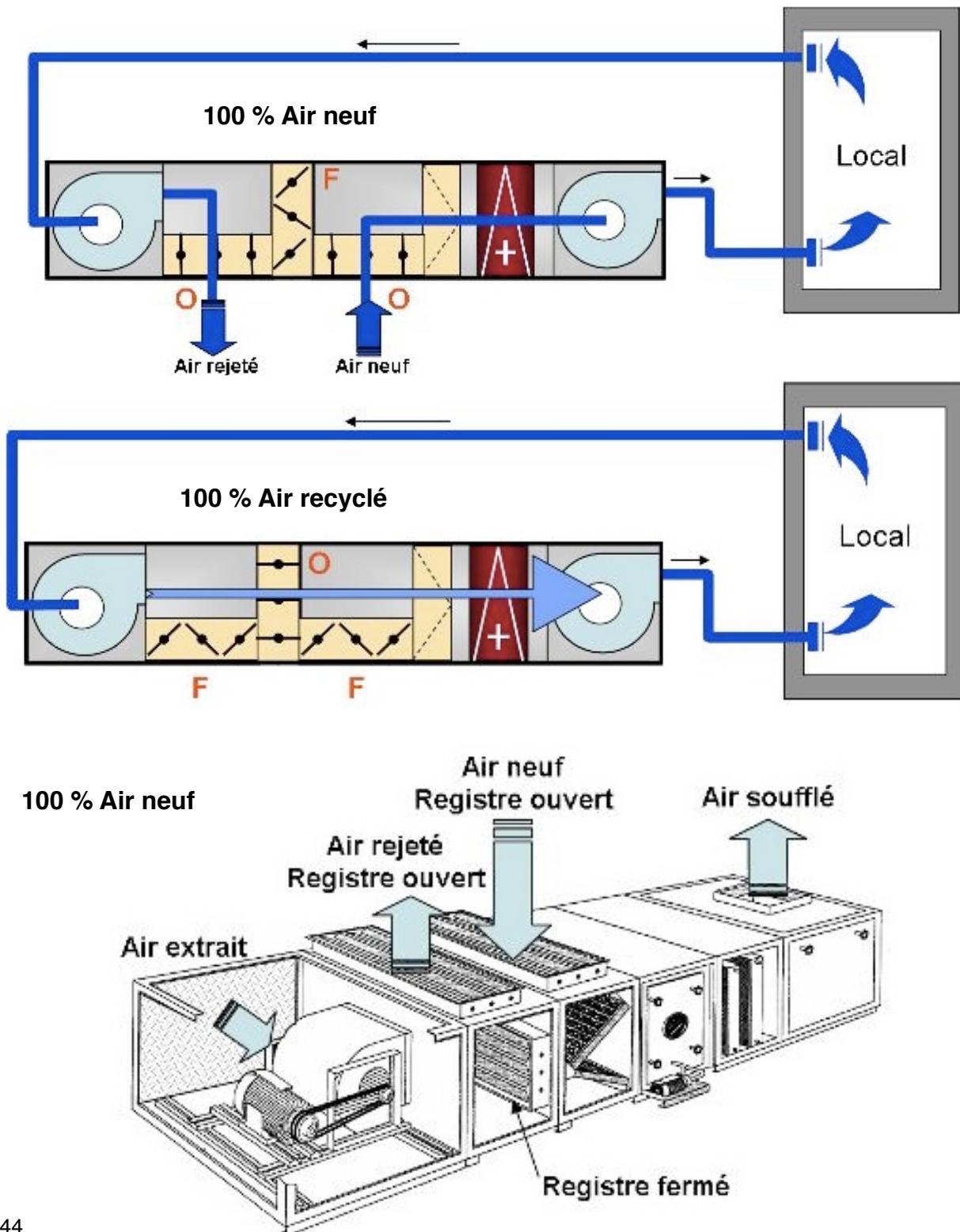
Exemple d'un caisson de mélange réglé en 20% d'air neuf et 80% d'air recyclé:



LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

Caisson de Mélange sur CTA à Caissons Alignés

Lorsque les centrales d'air sont constituées de 2 caissons (soufflage et extraction) alignés, la vision extérieure du caisson de mélange est moins simple, mais le fonctionnement est similaire:



LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

Rôle et Position de la "Sonde Antigel" dans une CTA

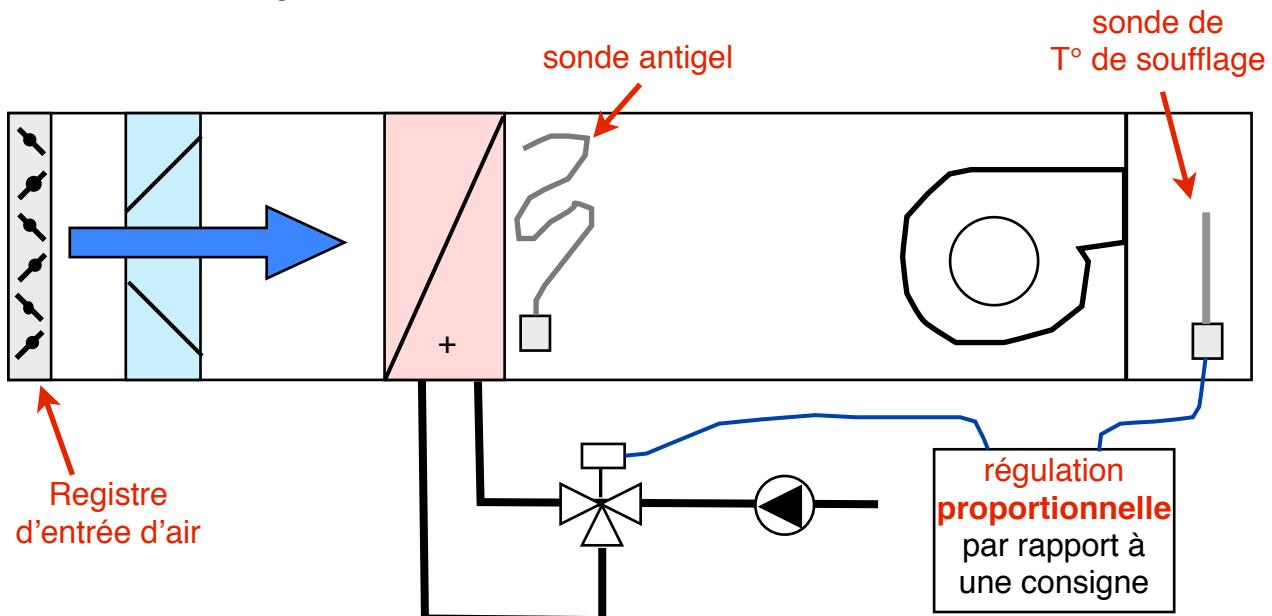
La **sonde antigel** sert uniquement à **protéger la batterie chaude** dans une CTA (la batterie froide étant glycolée donc naturellement protégée).

La sonde antigel se place **TOUJOURS** derrière la batterie chaude. Son thermostat est généralement réglé à **+ 5°C**.

La sonde antigel étant toujours placée derrière la batterie chaude, on pourrait se dire qu'on n'aura jamais 5°C à cet endroit. En fait c'est possible si il fait très froid dehors et qu'il n'y a pas d'eau chaude qui circule dans la batterie (*à cause d'une V3V bloquée, d'une chaudière en panne, d'une vanne fermée par erreur dans le circuit, etc...*). Dans une telle situation, l'eau de la batterie chaude gelerait d'autant plus vite que la ventilation fonctionne et la batterie serait détruite. La sonde antigel empêche d'arriver à une telle situation en mettant la CTA à l'arrêt.

Le thermostat est à **réarmement automatique**. Quand la température derrière la batterie chaude passe en dessous de 5°C, le thermostat de la sonde ferme le volet d'entrée d'air neuf et coupe les ventilateurs: la CTA est à l'arrêt. Dès que la température détectée revient supérieure à 5°C, la centrale redémarre.

Cycle de démarrage d'une CTA:



1- Le registre d'entrée d'air s'ouvre

2- Le fin de course du registre envoie l'ordre de mise en route des ventilateurs

3- Les ventilateurs se mettent en route (si le thermostat d'antigel n'a pas commuté)

LES CENTRALES DE TRAITEMENT D'AIR (CTA)

Exemples de sondes antigel:

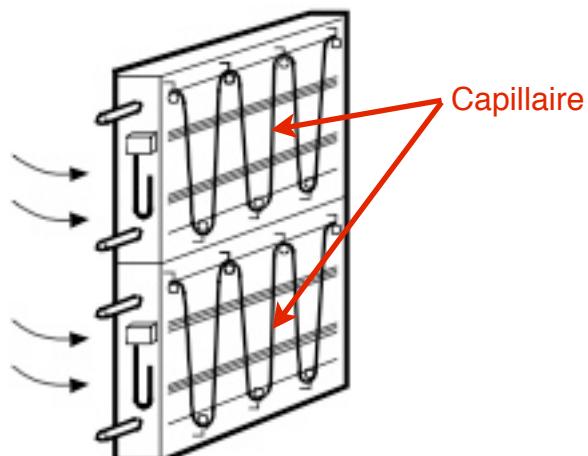
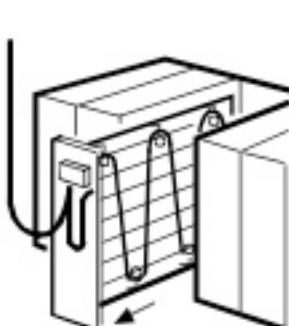


La sonde doit être déployée derrière la batterie chaude.

Indications pour le montage d'une sonde antigel à capillaire:

Le capillaire est à déployer sur la surface latérale chaude de la batterie chaude (ou devant la batterie froide, le cas échéant) à une distance d'environ 5 cm des tubes de l'échangeur.

Pour ne pas endommager le capillaire, le rayon de courbure doit toujours être supérieur à 20 mm. Le montage est facilité par l'utilisation des étriers de fixation:



LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

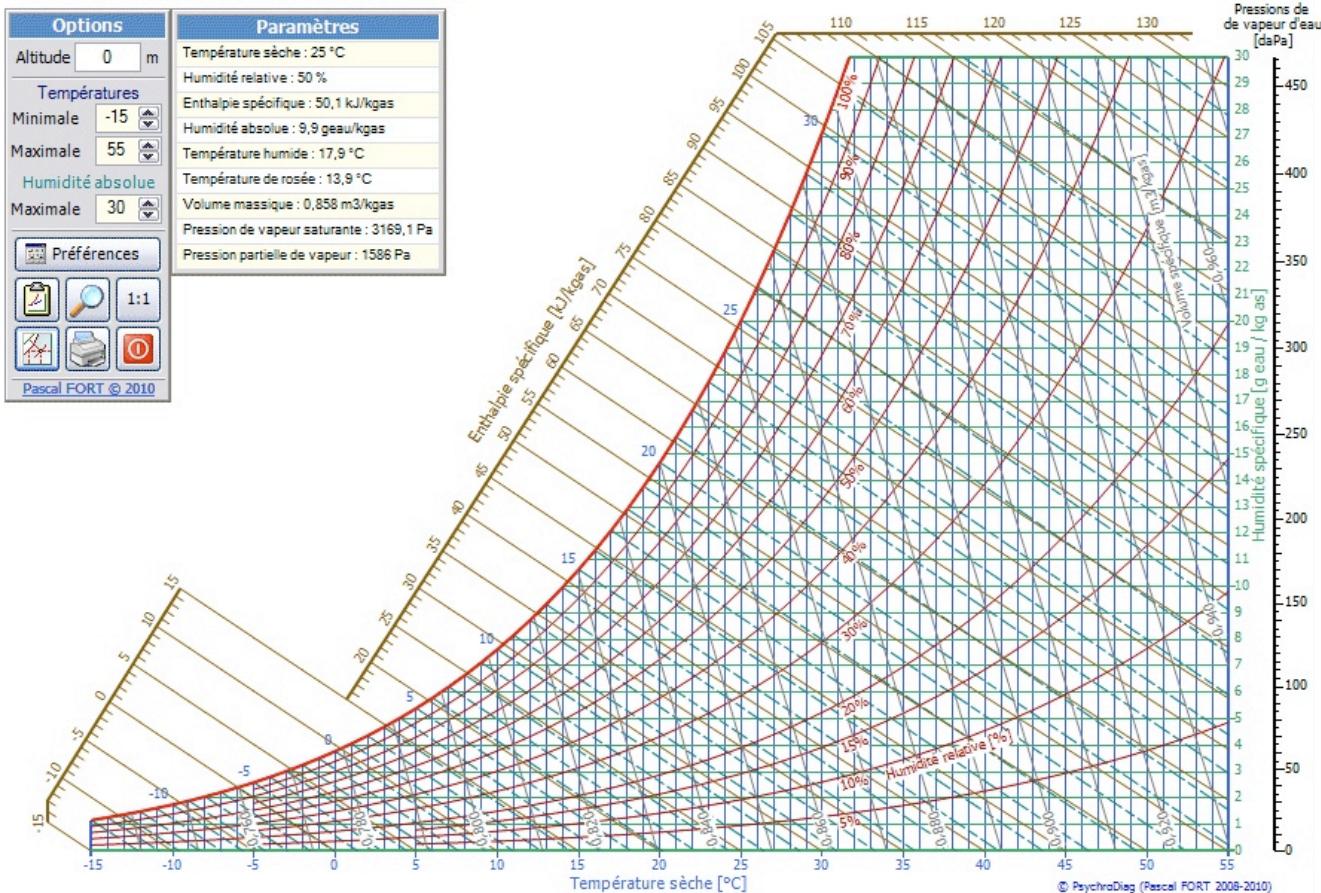
Intérêt du Diagramme de l'Air Humide

Le diagramme de l'air est une **représentation graphique de l'état de l'air** et de ses évolutions. Il permet de prévoir quel sera l'évolution de l'air dans un système de climatisation:

- sans faire de calculs compliqués
- de façon rapide et visuelle
- avec une précision acceptable

Le diagramme de l'air humide s'appelle également **diagramme psychrométrique**.

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE



Comme nous le verrons, le calcul des CTA (puissances des batteries, quantité d'eau à apporter pour humidifier, etc...) se fait très simplement grâce à l'utilisation de ce diagramme.

LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

Comment Lire le Diagramme de l'Air Humide?

La première chose à comprendre sur le diagramme de l'air humide est de reconnaître les 2 zones correspondants à:

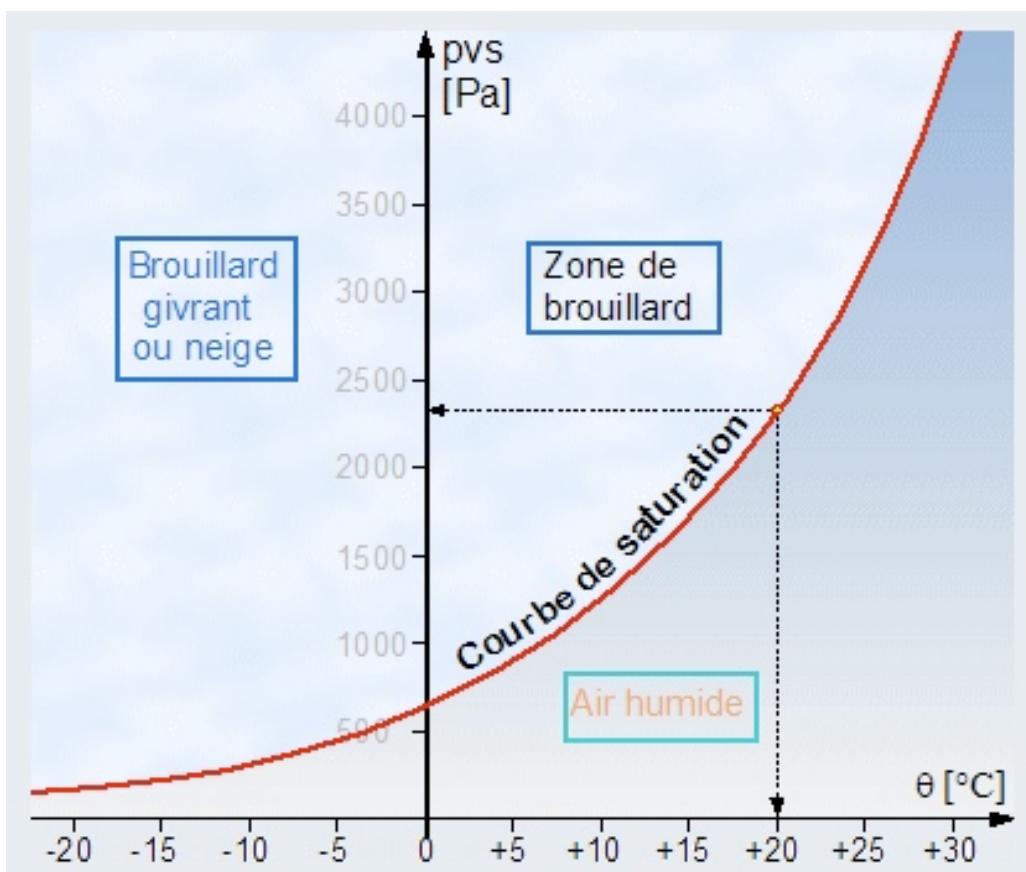
- **l'air humide**: c'est la zone où l'air contient une certaine quantité d'eau sous forme de vapeur. L'eau est donc invisible car sous forme de vapeur. C'est la zone dans laquelle nous nous trouvons la plupart du temps.

A retenir: la quantité maximale d'eau que l'air peut contenir dépend de sa température:

- Plus un air est froid et moins il peut contenir d'eau
- Inversement, plus un air est chaud et plus il peut contenir d'eau

- **la zone de brouillard**: c'est la zone où l'air contient une quantité d'eau supérieure à celle que l'air peut théoriquement contenir. L'eau en excès se condense pour former des micro-gouttelettes: d'où la formation de brouillard.

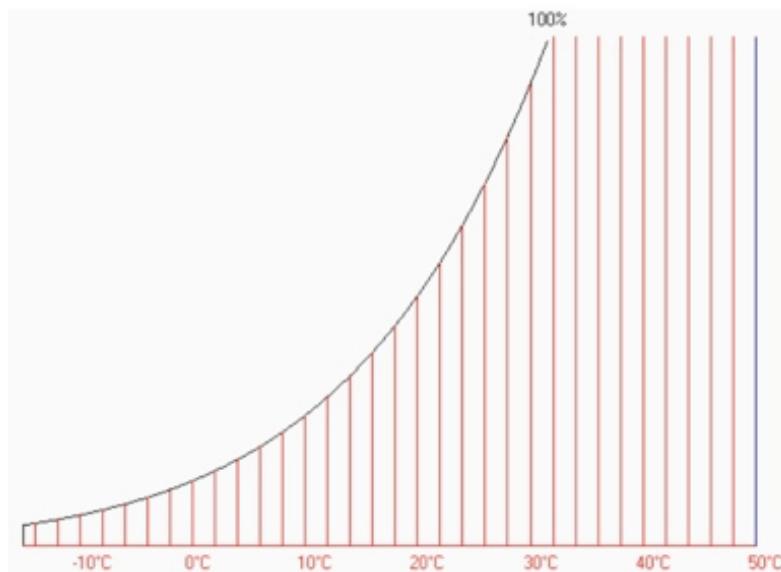
Ces 2 zones sont séparées sur le diagramme psychrométrique par la courbe de **saturation de l'air**: c'est la courbe correspondant à de l'air contenant la quantité maximale d'eau en fonction de sa température. C'est donc la courbe d'humidité relative (**HR**) de 100%.



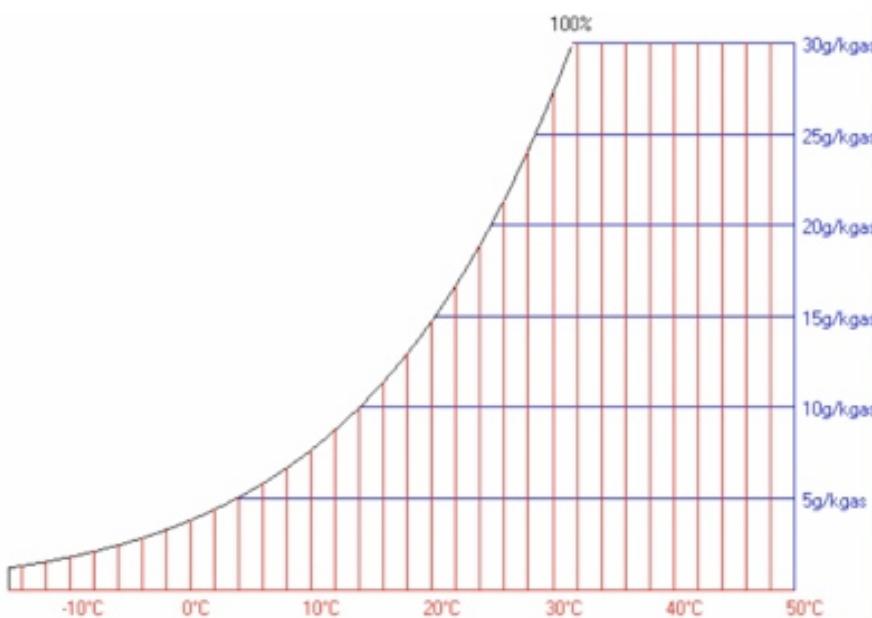
LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

Les 5 courbes du diagramme psychrométrique:

- **Les lignes d'isothermes (T° constante)**: ce sont les lignes de Température sensible (ou T° sèche) de l'air. C'est la température que l'on lit sur un thermomètre classique. Ces lignes sont graduées en degré Celsius ($^\circ\text{C}$).

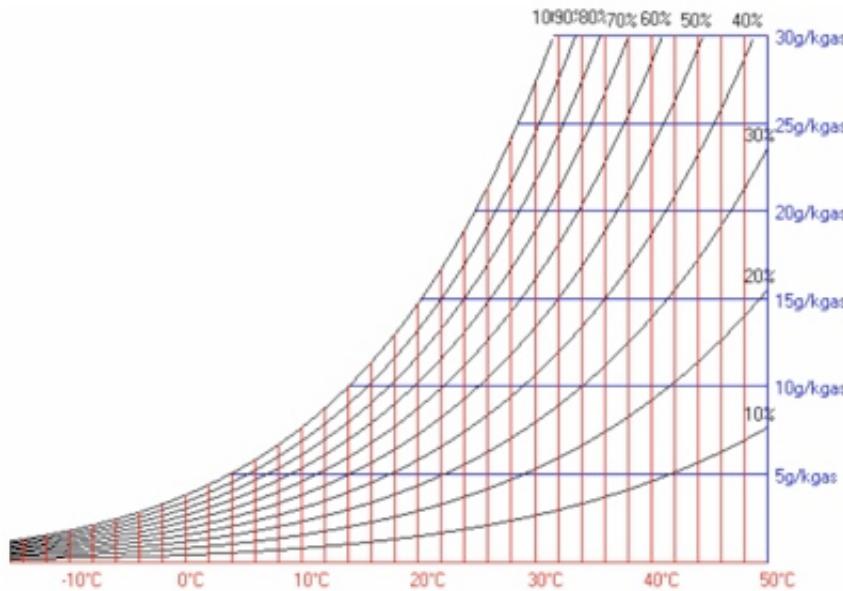


- **Les lignes d'isohydres (teneur en eau constante)**: les lignes d'isohydres sont également appelées lignes d'**humidité absolue**. Elles indiquent la masse de vapeur d'eau contenue dans 1 kg d'air sec (en abrégé: **kgas**). Ces lignes sont graduées en grammes de vapeur d'eau par kg d'air sec (**g/kgas**)

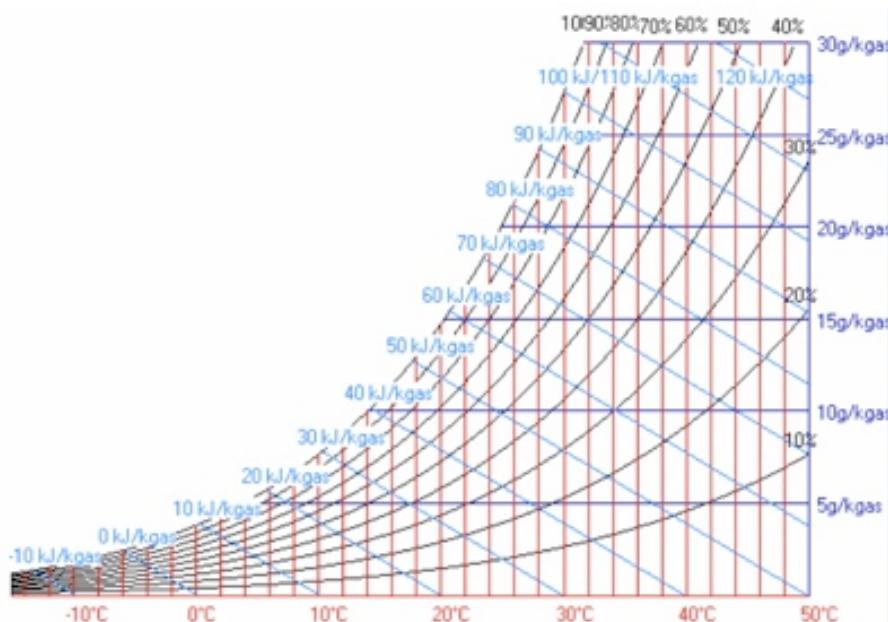


LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

- Les lignes d'**humidité relative (HR)** (*% par rapport à l'humidité maximale*): les lignes d'humidité relative indiquent la proportion de vapeur d'eau contenu dans l'air par rapport à sa teneur maximale en eau. Ces lignes sont graduées en pourcentage allant de 0 à 100% (%)



- **Les lignes d'isenthalpe (enthalpie constante):** les lignes d'isenthalpe indiquent la quantité de chaleur contenue dans l'air humide dont la masse d'air sec est de 1kg. C'est donc la somme de la chaleur sensible (liée à la T° de l'air) et de la chaleur latente (liée à l'énergie de la vapeur d'eau qu'il contient). Ces lignes sont graduées en kilo Joule par kilo d'air sec (**KJ/kgas**)

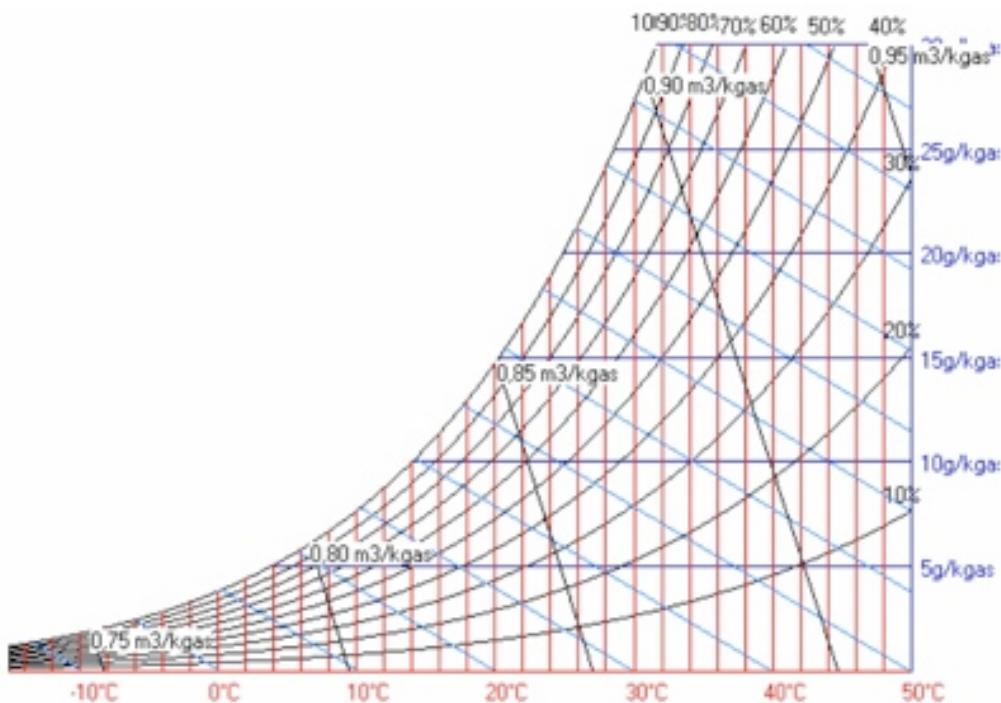


LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

- Les lignes de **volume massique** (*volume massique constant*): C'est le volume occupé à la pression atmosphérique par 1 kg d'air humide. Ces lignes sont graduées en m^3 par kg d'air humide (m^3/kg).

Remarque: Parfois, certains diagrammes donnent la masse volumique (**kg/m³ d'air**)

Ces lignes, on ne les utilisera pas dans nos calculs car on prendra toujours la valeur de **1,2 kg/m³** pour la masse volumique de l'air. C'est la valeur standard qui est généralement reprise dans les documentations des fournisseurs de CTA.



Nous venons de voir les 5 courbes présentées sur un diagramme de l'air humide. Chacune de ces courbes correspond à une caractéristique de l'air.

Il suffit d'avoir 2 paramètres pour pouvoir placer un point sur le diagramme et en déduire par lecture les 3 autres paramètres.

Les 5 caractéristiques de l'air que nous venons de voir sont :

- la **T° sensible** (ou T° sèche)
- l'**humidité absolue**
- l'**humidité relative**
- l'**enthalpie**
- le **volume massique** (ou bien la masse volumique)

LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

Il existe cependant **2 autres caractéristiques de l'air** qui ne possèdent pas de courbes propres sur le diagramme mais qui sont très importantes et qui s'obtiennent par simple lecture du diagramme.

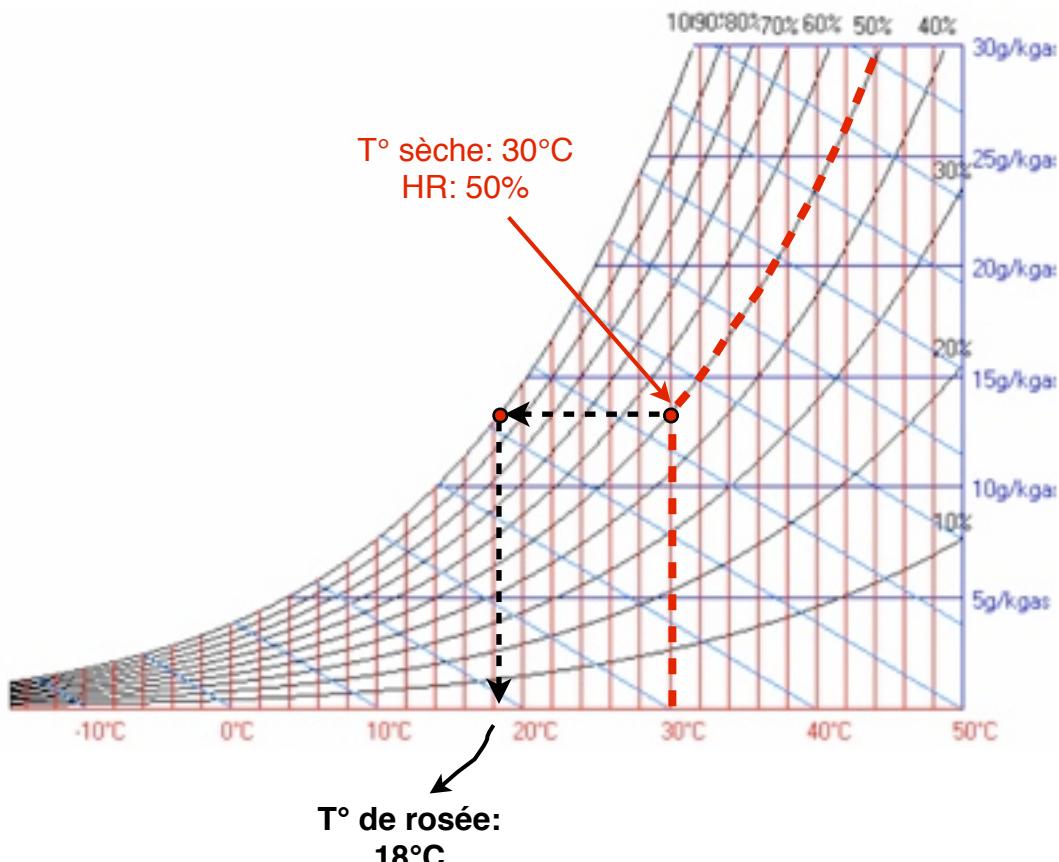
Il s'agit:

- de la **T° de rosée**
- de la **T° humide**

Cela porte donc à **7** le nombre de caractéristiques de l'air que l'on peut obtenir à partir d'un diagramme psychrométrique.

- La **T° de rosée**: C'est la température à partir de laquelle l'air initial, si on le refroidissait, commencerait à condenser. *Sur le diagramme, cette température s'obtient facilement à partir du point de l'air initial: il suffit de tracer une droite horizontale passant par le point et coupant la courbe d'humidité relative à 100%. La projection verticale du nouveau point obtenu donne la T° de rosée.*

Exemple: T° de rosée d'un air d'un air à 30°C et 50% d'HR

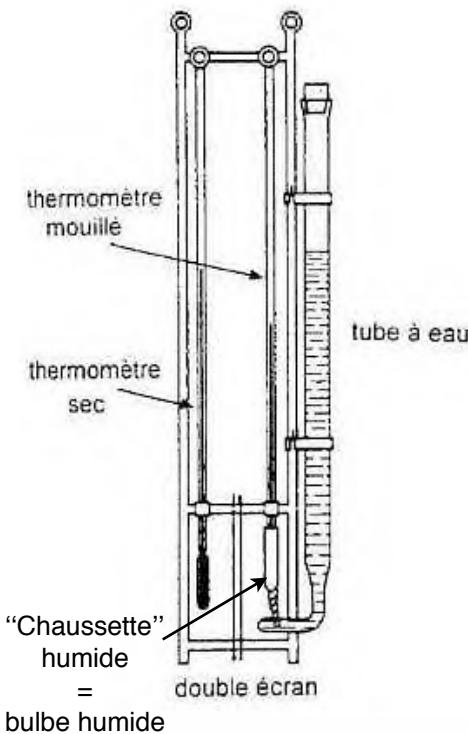


C'est une situation que l'on rencontre fréquemment en été lorsque l'air est chaud et que l'on sort du frigo une bouteille. La bouteille se couvre vite de condensation.

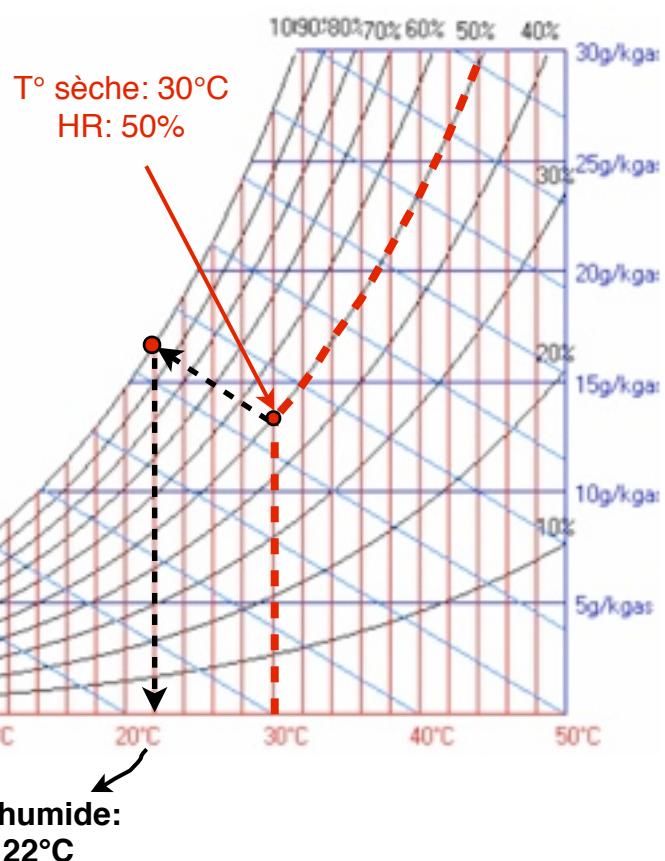
LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

La connaissance de la T° de rosée est importante pour prévenir les problèmes. Toute surface (en contact avec l'air) ayant une T° inférieure à la T° de rosée provoquera la condensation sur ces parois de la vapeur d'eau contenue dans l'air.

- La **T° humide**: c'est la T° à partir de laquelle l'air initial, si on le refroidissait **à enthalpie constante**, commencerait à condenser. La température humide (encore appelée **T° de bulbe humide**) se mesure facilement à l'aide d'un **psychromètre**. Le procédé est le suivant : Deux thermomètres sont soumis à un flux d'air forcé. Le premier indique la température de l'air de l'ambiance (T° sèche). Le deuxième est entouré d'ouate humide. L'air qui entre dans l'ouate s'humidifie. Il se refroidit également puisque l'eau s'évapore et prélève la chaleur de vaporisation nécessaire dans l'air.

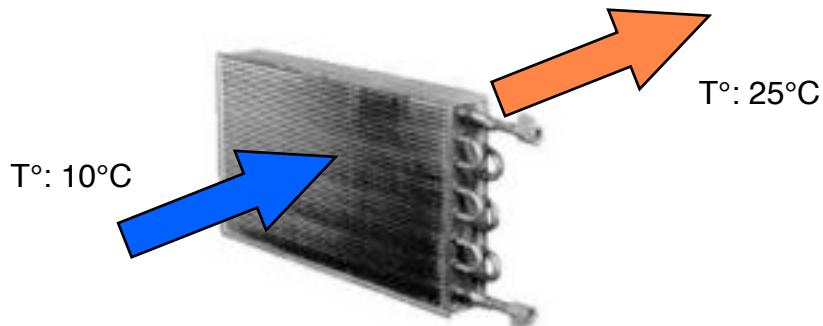


Un psychromètre permet d'obtenir facilement 2 paramètres de l'air (T° sèche et humide). Il permet donc de placer un point sur un diagramme.



LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

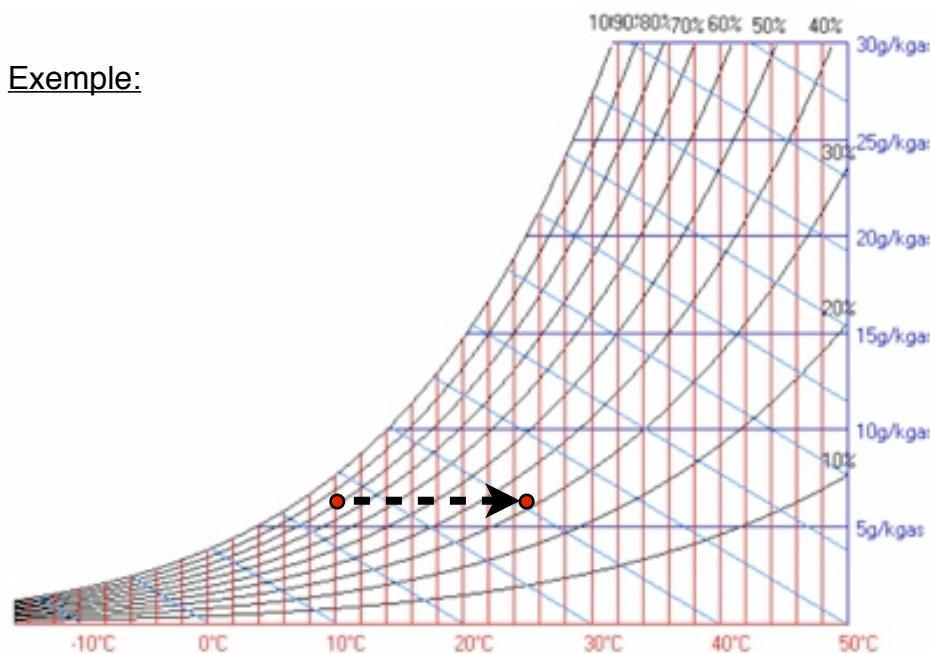
Evolution de l'Air à Travers une Batterie Chaude



Une batterie chaude se contente de réchauffer l'air, sans changer son humidité absolue, c'est à dire la masse de vapeur d'eau contenue.

La température sèche augmente sans changer l'humidité absolue.

L'évolution du point d'air sur le diagramme se fait donc horizontalement, à humidité absolue constante:

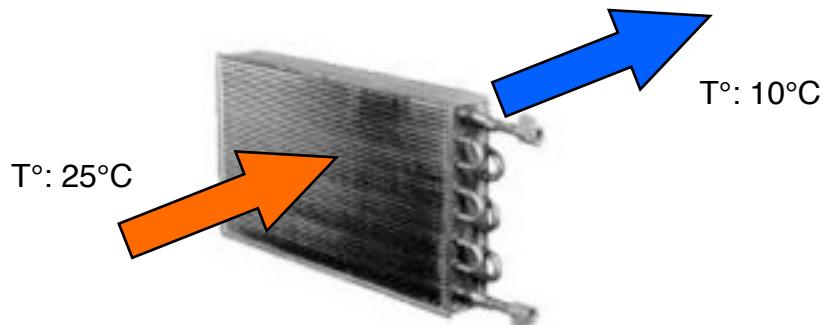


Comme on le voit sur le diagramme, le fait d'élever la T° sèche sans changer l'humidité absolue modifie tous les autres paramètres de l'air résultant: HR, enthalpie, volume massique, T° humide.

Seule la T° de rosée reste inchangée.

LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

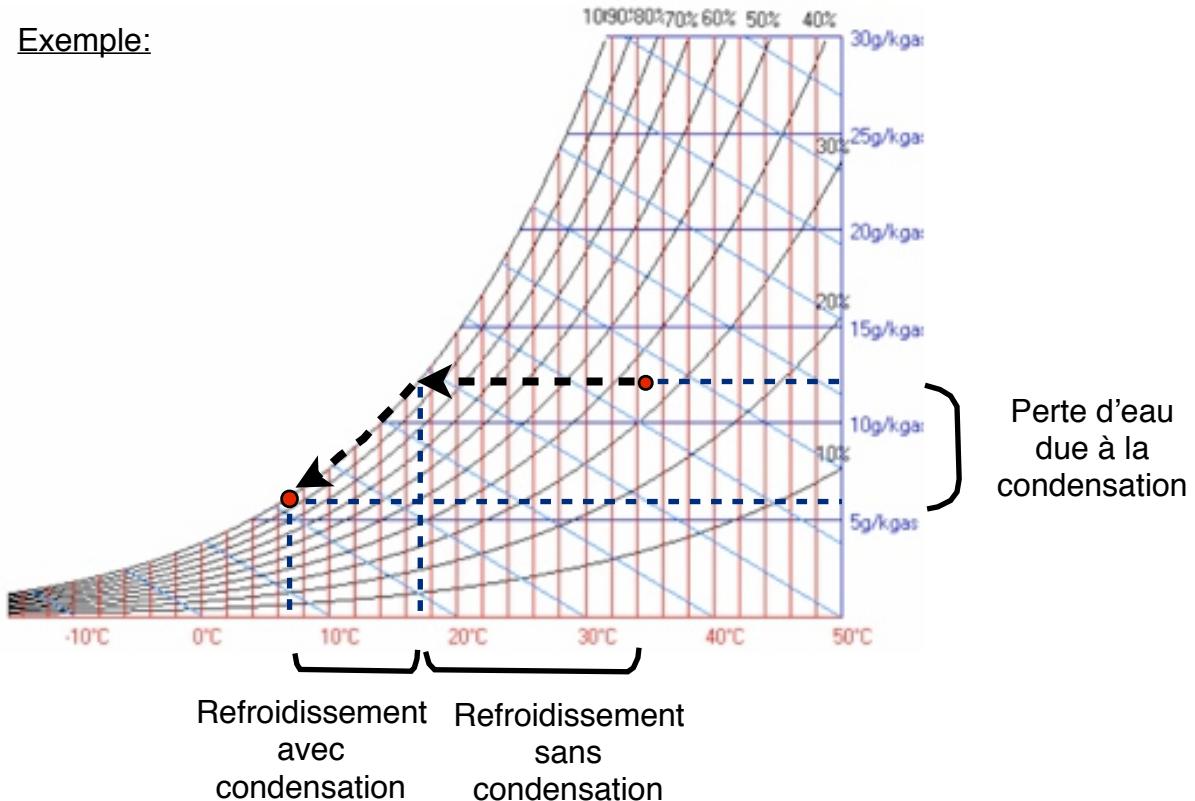
Evolution de l'Air à Travers une Batterie Froide



L'évolution de l'air est identique à celle d'une batterie chaude, sauf que la T° sèche est abaissée.

Il y a toutefois une précaution à prendre dans le cas d'une batterie froide (qui était inutile pour une batterie chaude): en refroidissant l'air, il est possible de le faire condenser si la température de surface de la batterie froide est inférieure à la T° de rosée. Il faut donc prévoir une **évacuation de condensats** dans la CTA.

Exemple:



Une batterie froide peut donc avoir 2 fonctions:

- refroidir l'air
- et déshumidifier l'air (si on refroidit en dessous de la T° de rosée)

LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

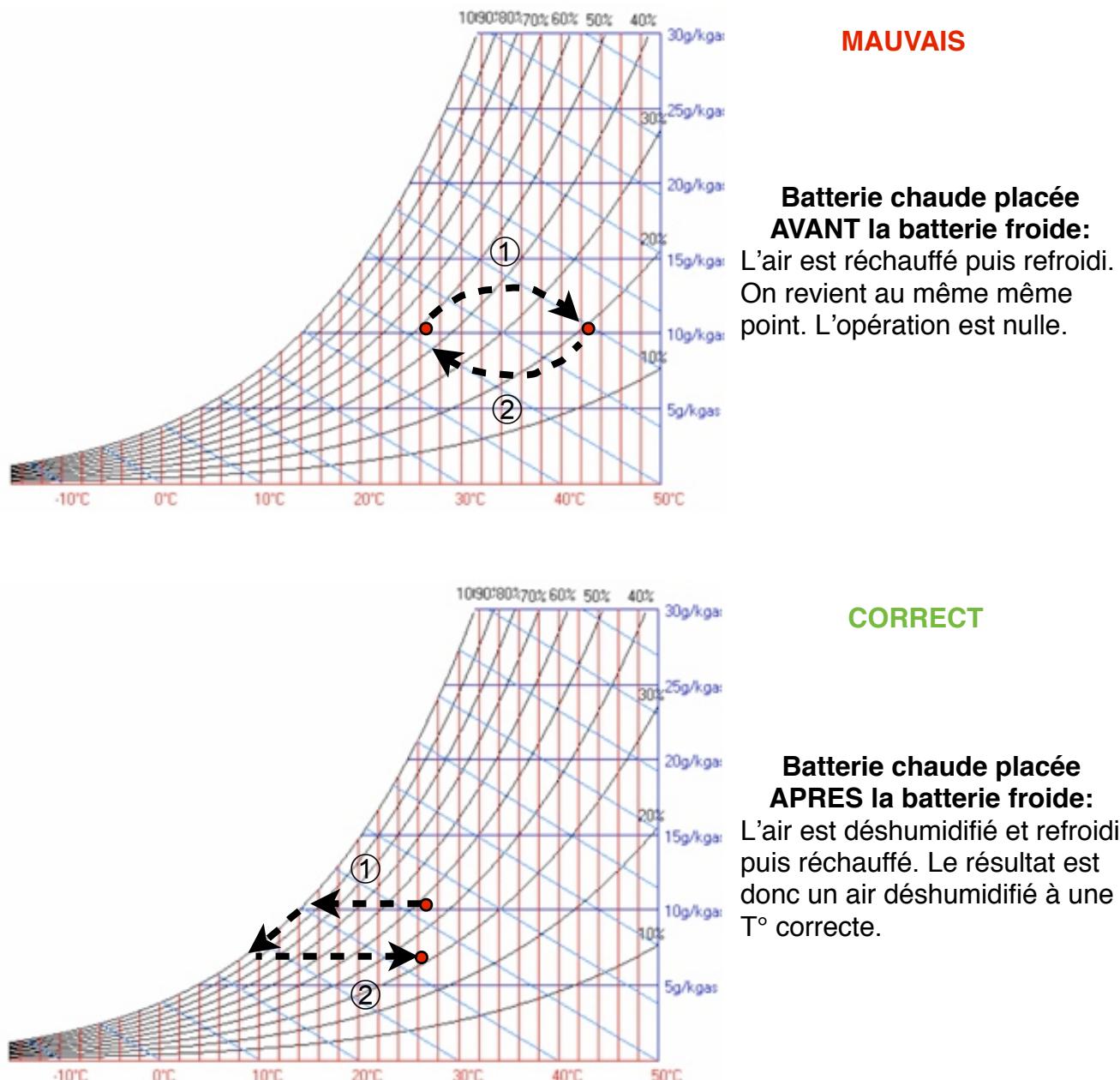
Combinaison “Batterie Froide - Batterie Chaude”

Dans les bâtiments où l'on cherche à **déshumidifier l'air** (ex: piscine) on utilise généralement 2 batteries dans la CTA: l'une froide, l'autre chaude.

La raison en est la suivante: on refroidi l'air pour le déshumidifier. Si on veut conserver le même confort dans le bâtiment, il faut donc ensuite le réchauffer.

La batterie chaude se place TOUJOURS derrière la batterie froide.

Dans le cas contraire, le résultat sur le traitement de l'air serait nul.



LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

Evolution de l'Air à Travers un Humidificateur Adiabatique

Il existe 2 technologies différentes pour humidifier l'air:

- les humidificateurs adiabatiques (**c.a.d à enthalpie constante**)
- les humidificateurs à vapeur

Dans les **humidificateurs adiabatiques**, on trouve:

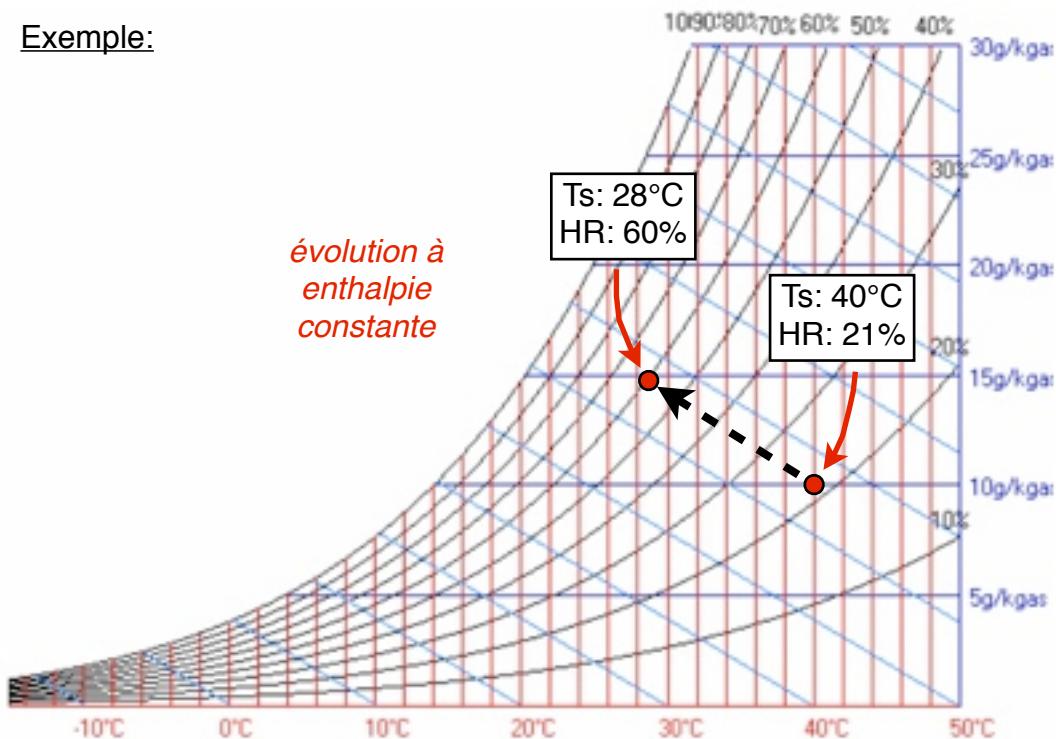
- les "laveurs d'air"
- les "brumisateurs"
- les "micro-ioniseurs"

Le principe des **humidificateurs adiabatiques** est toujours le même:

- un système projette de **fines gouttelettes d'eau** dans l'air. Ces gouttelettes s'évaporent dans l'air (transformation en vapeur d'eau). Cette évaporation provoque la diminution de la T° de l'air.

Remarque: L'air voit sa T° sensible (ou sèche) diminuer et son humidité augmenter. C'est pourquoi l'enthalpie reste inchangée.

Exemple:



LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

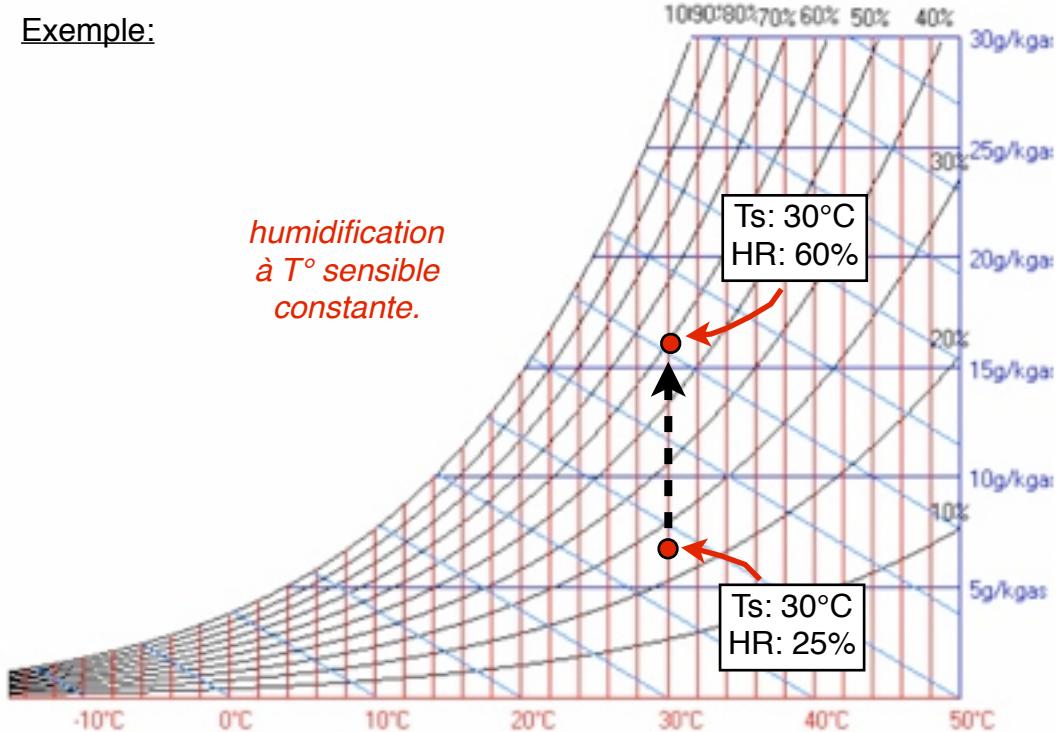
Evolution de l'Air à Travers un Humidificateur à Vapeur

Ce type d'humidificateur envoie directement de la vapeur (à 100°C ou un peu plus) dans l'air. L'eau étant déjà à l'état de vapeur, elle n'a donc pas à se vaporiser. Par conséquent, **un humidificateur à vapeur NE REFROIDI PAS L'AIR.**

La température sensible (ou sèche) de l'air reste constante bien que son humidité augmente.

(En toute rigueur, la T° sensible de l'air augmente un peu car la vapeur injectée est à 100°C. Mais on négligera cet effet dans le calcul des CTA).

Exemple:



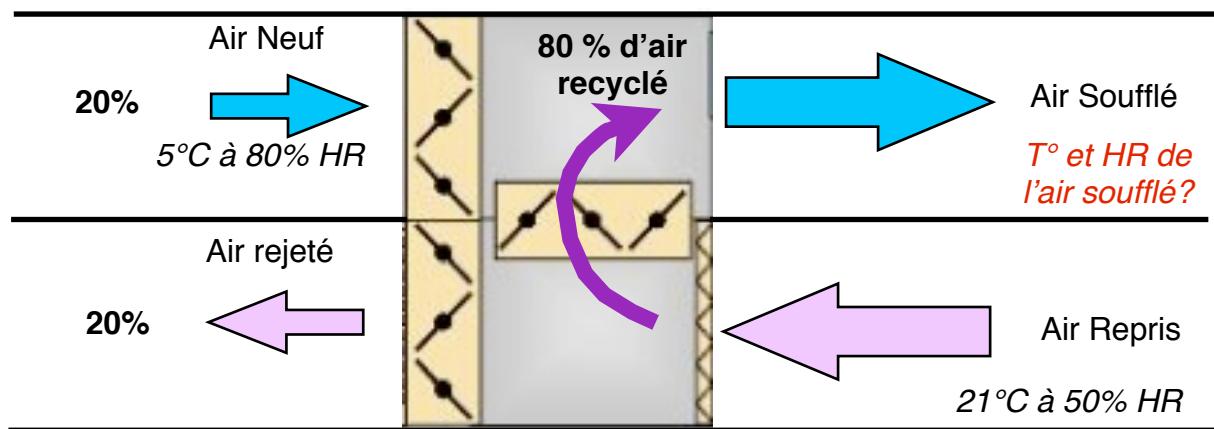
On constate qu'un humidificateur à vapeur modifie l'enthalpie de l'air (il l'augmente). L'enthalpie étant une énergie contenue, on peut dire que l'humidificateur apporte de l'énergie à l'air. Alors qu'un humidificateur adiabatique n'apporte aucune énergie à l'air puisque l'enthalpie reste constante.

Cette différence entre les 2 types d'humidificateurs est très importante à comprendre lorsqu'il s'agira de calculer la puissance des batteries chaudes d'une CTA. Selon le choix technologique qui sera fait concernant l'humidificateur (adiabatique ou à vapeur), la puissance des batteries chaudes ne sera pas pareil.

LE DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

Evolution de l'Air dans un Caisson de Mélange

Exemple:



- La 1ère étape consiste à déterminer par calcul la température du mélange de l'air en sortie de caisson:

$$(\text{T}^\circ \text{ air neuf} \times \% \text{ air neuf}) + (\text{T}^\circ \text{ air recyclé} \times \% \text{ air recyclé}) = \text{T}^\circ \text{ air soufflé}$$

Dans l'exemple ici: $\text{T}^\circ \text{ air soufflé} = (5^\circ\text{C} \times 0,2) + (21^\circ\text{C} \times 0,8) = 17,8^\circ\text{C}$

- Ensuite, sur le diagramme, on place les 2 points participant au mélange dans le caisson (l'air neuf et l'air repris). On trace un **segment** reliant les 2 points. Puis on place sur ce segment le point correspondant à la T° d'air soufflé calculée ci-dessus. Ce point correspond au point de l'air sortant du caisson:

