

Les différents principes de l'humidification et de la déshumidification

Afin de faire le meilleur choix parmi les différents types d'appareils qui assurent ces fonctions, il est indispensable de définir les grands principes d'échange et de transfert de l'eau, de la phase liquide à la phase gazeuse (humidification), et inversement (déshumidification).

Principes de l'humidification

L'humidification consiste à apporter, dans un volume donné, une certaine quantité d'eau. Pour réaliser cette fonction, on distingue 3 principes :

L'humidification par évaporation

Elle consiste à faire passer des débits d'air importants par le biais d'une ventilation sur une très grande surface mouillée, alimentée en eau (nids d'abeille, nattes humidificatrices, matériaux absorbants...): il en résulte l'évaporation d'une grande partie de l'eau, d'où une augmentation de l'humidité absolue de l'air et, si la température est maintenue constante, de son humidité relative.

Le passage de l'état liquide (eau) à l'état gazeux (vapeur d'eau) nécessite un apport d'énergie thermique : cette énergie est puisée dans l'air ambiant, ce qui a pour conséquence un refroidissement de l'air que l'on désigne par le terme « refroidissement *adiabatique* ». Dans ce processus, les molécules d'eau se trouvant à la surface de l'eau passent progressivement à l'état de vapeur.

Son efficacité sera accrue si la surface de l'eau est grande, si le débit d'air à la surface de l'eau est important et si la température de l'air ambiant est élevée.

Ce principe entraînant un refroidissement de l'air nécessite un réchauffement afin de maintenir une température ambiante constante.

Il est indispensable d'assurer un contrôle et une maintenance très rigoureuse des équipements, car :

- ◆ les surfaces humides présentent un terrain favorable au développement des moisissures, algues, bactéries et autres micro-organismes ;

- ◆ l'évaporation provoque des dépôts consécutifs à la cristallisation (sels minéraux, carbonates) ;
- ◆ la ventilation de l'air favorise les dépôts de poussière.

L'humidification par atomisation

L'eau est pulvérisée en fines particules (aérosols) propulsées dans l'air au moyen de buses à air comprimé ou de coupelles rotatives. Ces aérosols en suspension dans l'air passent de l'état liquide à l'état gazeux (vapeur d'eau). Cette transformation nécessite l'apport d'une énergie thermique prélevée dans l'air ambiant, entraînant ainsi un refroidissement adiabatique. Plus la dimension des aérosols est réduite, meilleur est le rendement du système. Ce principe nécessite le réchauffement de l'air afin de compenser le refroidissement adiabatique.

Il est important d'assurer une maintenance et un contrôle efficaces de l'équipement car la pulvérisation des aérosols provoque la formation de gouttelettes d'eau : dans ce cas, celles-ci risquent de ne pas s'évaporer, entraînant ainsi des zones humides pouvant être le siège de formation de micro-organismes. Par ailleurs, si l'eau n'est pas déminéralisée, des particules minérales se diffusent dans l'air ambiant et se déposent en fine poussière blanche dans les locaux, et à la surface des objets.

L'humidification par vapeur

L'eau est diffusée directement dans l'air sous forme de vapeur d'eau. Celle-ci est produite en portant à ébullition une certaine quantité d'eau au moyen d'un système électrique (résistances, électrodes) ou, pour de plus grosses installations, à l'aide de chaudières à vapeur.

Cette humidification s'effectue sans refroidissement de l'air : au contraire elle s'accompagne d'une très légère augmentation de la température.

Des trois principes, l'humidification par vapeur présente deux avantages : la diminution des risques de bio-contamination, puisque l'eau est portée à ébullition, mais également une meilleure précision des régulations de l'hygrométrie. Elle nécessite des puissances électriques disponibles et souvent importantes.

Ces appareils sont couramment utilisés dans les systèmes de traitement d'air centralisés. Un suivi et une maintenance rigoureuse sont indispensables.

Différents principes de la déshumidification

La déshumidification de l'air consiste à réduire la quantité de vapeur d'eau dans l'air ambiant. Pour réaliser cette fonction, on distingue trois procédés :

La déshumidification par refroidissement

Le principe consiste à faire passer de l'air humide sur une surface froide (batterie froide) dont la température est inférieure à celle du point de rosée.

L'air ainsi refroidi perd une partie de sa vapeur d'eau : il y a alors condensation.

Les batteries froides sont alimentées soit par de l'eau glacée distribuée à partir d'une production de froid centralisée, soit par le fluide *frigorigène* produit par une machine frigorifique pour les systèmes autonomes.

L'eau de condensation doit être évacuée vers une vidange.

Cette déshumidification s'accompagne d'une baisse importante de la température : il est donc nécessaire de réchauffer l'air pour compenser.

Cette fonction a évidemment un coût énergétique élevé que l'on cherche à diminuer en récupérant la chaleur dégagée par la machine frigorifique.

Ces équipements nécessitent obligatoirement une maintenance qui ne pourra être réalisée que par des professionnels du génie climatique.

Il faut noter que pour une température ambiante inférieure à 16°C, la déshumidification par refroidissement a un très mauvais rendement car, à ces faibles températures, il est plus difficile d'en extraire la vapeur d'eau.

La déshumidification par adsorption

L'*adsorption* est un phénomène physico-chimique entraînant la fixation de molécules de vapeur d'eau sur la surface d'un solide (adsorbant).

On utilise le plus souvent du gel de silice qui a le pouvoir d'absorber jusqu'à 50% de son poids en eau, car il possède une importante surface d'échanges.

Le principe consiste à faire passer un débit d'air à travers un dispositif rotatif : une roue chargée de gel de silice piège une partie de l'humidité contenue dans cet air.

Une fois cet adsorbant saturé, on doit le régénérer pour éliminer l'humidité : cette régénération est assurée par le passage d'air réchauffé.

Il résulte de cette régénération un dégagement de chaleur pouvant entraîner la nécessité de rafraîchir l'air à traiter.

Ce système nécessite une maintenance périodique systématique.

Les déshydrateurs peuvent être utilisés à de basses températures ambiantes et également lorsqu'on veut obtenir des HR inférieures à 50% en l'absence de chauffage.

La déshumidification par adsorption

L'air humide est dirigé vers un fluide liquide hygroscopique qui adsorbe la vapeur d'eau après condensation.

Les fluides utilisés sont des solutions aqueuses de sel (chlorure de lithium, bromure de lithium), qu'il convient de régénérer lorsqu'ils arrivent à saturation. Ce principe est rarement utilisé dans le domaine courant des musées : il est plus souvent appliqué en laboratoire et dans l'industrie.

Terminologie

Absorption : propriété d'un corps ou d'une substance qui permet d'extraire d'un mélange liquide ou gazeux une substance (la vapeur d'eau), cette action s'accompagnant d'un changement d'état de la substance ou de l'absorbant (chlorure de lithium, éthylène glycol, etc).

Adsorption : adhésion ou pénétration superficielle d'un gaz ou d'un liquide dans un solide. Les produits adsorbants (gel de silice) ont des surfaces internes énormes pouvant atteindre plusieurs dizaines de m² par gramme de produit.

Adiabatique (refroidissement) : l'adiabate est une des lignes du diagramme de l'air humide.

Cycle thermodynamique : c'est une transformation physique d'un fluide pour laquelle l'état initial est identique à l'état final, en passant par des phases intermédiaires : Aspiration = Compression = Refoulement = Détente.

Fluide frigorigène : fluide utilisé dans le système de production de froid ; il regroupe l'imposante famille des fluides halogénés dont le plus connu est le fréon.

Machine frigorifique : appareil permettant de produire du froid par compression / détente d'un fluide frigorigène, comme le réfrigérateur domestique bien connu.