

La revanche du ventilateur (Extraits)

Le ventilateur rotatif fixe est utilisé depuis le dix-huitième siècle pour se rafraîchir. Il conserve toute son efficacité, nécessite beaucoup moins d'énergie et offre plus de confort que l'air conditionné. Dans un espace donné, l'augmentation locale du débit d'air a une efficacité énergétique au moins dix fois supérieure à celle de la climatisation. Elle offre en outre l'avantage d'un contrôle personnel de la température ambiante.

Utilisés conjointement à un système de climatisation, les ventilateurs pourraient réduire la consommation énergétique de 70 %, même dans les climats les plus torrides ou pendant les canicules. Les ventilateurs, qui ont aujourd'hui une efficacité énergétique remarquable de par leur conception, peuvent être mis en place facilement et à moindre coût dans les immeubles, neufs ou existants. Les modifications récentes des normes internationales de confort ont jeté les bases de leur retour.

Le rafraîchissement par compresseur, plus connu sous le terme de climatisation, sollicite considérablement les réseaux électriques dans le monde entier. Aux États-Unis, pays qui a vu naître cette technologie, la climatisation représente 20 % de la consommation électrique annuelle des foyers et 15 % de la consommation totale d'électricité. Sa généralisation explique dans une large mesure pourquoi les Américains consomment beaucoup plus d'électricité que les Européens. L'utilisation de la climatisation par un foyer américain équivaut à 60 % de la consommation totale d'électricité du foyer européen moyen.

À l'exception de quelques régions au climat tempéré de la Côte Ouest, les climatiseurs font désormais partie de l'équipement standard des foyers américains. Alors que seulement 12 % avaient l'air conditionné en 1960, ce taux était passé à 87 % en 2009. De plus, le foyer moyen consommait 37 % de plus d'énergie pour la climatisation en 2005 qu'en 1993, et ce en dépit d'un gain d'efficacité énergétique des climatiseurs de 28 %. Cette augmentation de la consommation d'énergie est imputable, d'une part, à l'abandon des fenêtres qui rafraîchissent une pièce à la fois au profit de la climatisation centralisée (qui rafraîchit un immeuble entier), d'autre part au volume croissant des maisons et des appartements.

Pic de la demande

Pire, la climatisation influe directement sur les pics de consommation avec le besoin fréquent d'agir sur un volume de plus de Les jours de forte chaleur, de nombreux climatiseurs sont poussés à fond, entraînant un pic de la demande d'électricité. Des centaines de centrales électriques américaines et des milliers de kilomètres de lignes de transmission et de distribution, avec perte d'énergie, sont nécessaires en moyenne quelques jours par an, alors qu'ils sont inutilisés le reste du temps. Les pics de la demande d'électricité augmentent plus rapidement que la moyenne, phénomène largement imputable à l'usage de compresseurs pour la climatisation.

L'étude des rejets de gaz à effet de serre révèle un autre problème. En effet, ceux des climatiseurs ne proviennent pas uniquement de la production d'électricité. Il faut également compter avec les fuites de frigorigènes : bien que ne restant dans l'atmosphère que peu de temps, ces gaz présentent un

potentiel bien supérieur de réchauffement global que le CO₂. Il est ironique que les rejets importants de gaz à effet de serre par les climatiseurs provoquent des étés encore plus chauds qui, par contrecoup, stimulent le recours à la climatisation. L'autre effet pervers est ce qu'il est convenu d'appeler « l'effet canyon » : en pulsant l'air chaud des immeubles vers l'extérieur, les climatiseurs réchauffent les rues, ce qui contraint à utiliser encore plus l'air conditionné.

Si les États-Unis restent le champion toutes catégories de la climatisation, cette technologie prend une importance sans cesse croissante à travers le monde. Par exemple, entre 1997 et 2007, le nombre foyers chinois disposant de climatiseurs a triplé, le nombre d'unités vendues chaque année dépassant les 20 millions. **D'ici 2020, la part de la climatisation dans la consommation d'énergie de l'Inde devrait être multipliée par dix par rapport à 2005.** Même sur un continent au climat tempéré comme l'Europe, la climatisation est de plus en plus répandue, en particulier dans le secteur commercial. Au Royaume-Uni, par exemple, si les tendances actuelles se maintiennent, 50 % des espaces commerciaux seront climatisés d'ici 2020, contre seulement 10 % en 1994.

Évolution historique du ventilateur

Tout au long de son histoire, l'humanité a consommé de l'énergie pour se réchauffer en hiver. La consommation d'énergie pour se rafraîchir en été est en revanche un phénomène relativement récent. Avant l'avènement de l'air conditionné pendant la première moitié du vingtième siècle, les bâtiments construits sous les climats chauds étaient conçus pour être ventilés naturellement (voir plus loin), et les habitants s'adaptaient à la chaleur en changeant leurs habitudes. Toutefois, l'air conditionné n'a pas été la première technologie à utiliser de l'énergie : les ventilateurs brasseurs d'air le précèdent de plusieurs décennies.

Pendant la plus grande partie de l'Histoire, les ventilateurs ont été actionnés par des hommes. Les ventilateurs à main étaient utilisés par les Égyptiens anciens, les Babyloniens, les Perses, les Chinois, les Grecs et les Romains. Quant aux ventilateurs, ils étaient le plus souvent actionnés par des serviteurs pour rafraîchir leurs maîtres et éloigner les insectes. L'éventail à usage individuel a été inventé par les Japonais au neuvième siècle et introduit en Occident par les marins portugais à la Renaissance.

Les premiers ventilateurs télécommandés étaient les pankas, ou pancas, mis au point vers 1500 en Inde et au Moyen-Orient. Ces canevas rectangulaires recouvraient des cadres suspendus, mus d'avant en arrière par des serviteurs (appelés « pankwallahs » ou « punkawallahs ») assis en dehors de la pièce et qui tiraient sur une corde à laquelle était suspendu un contrepoids.

Les ventilateurs rotatifs ont fait leur apparition au dix-huitième siècle. Initialement, ils étaient également actionnés par des humains. Au cours de ce même siècle sont toutefois apparus les ventilateurs mécaniques, qui étaient actionnés par un mécanisme d'horlogerie. Au dix-neuvième siècle, les ventilateurs étaient mus par des roues hydrauliques, des moteurs à vapeur ou de petites turbines à eau actionnées par l'eau du robinet. Le premier ventilateur brasseur d'air électrique est apparu aux États-Unis en 1882.

Comment ne pas avoir trop chaud ?

Les quatre facteurs environnementaux qui déterminent le confort thermique pour l'homme sont la température de l'air, la vitesse de déplacement de l'air, l'hygrométrie et la température de rayonnement. Il est possible de manipuler chacune de ces variables pour se rafraîchir.

La climatisation abaisse la température de l'air et (si nécessaire) l'hygrométrie. Une température ambiante plus basse accroît la perte de chaleur du corps par convection, tandis qu'une hygrométrie plus basse l'accroît par évaporation de l'humidité par la peau (y compris lorsque nous ne transpirons pas). Les ventilateurs d'air accélèrent le déplacement de l'air et, du même coup, la perte de chaleur au niveau de la peau par convection et par évaporation. La perte de chaleur par évaporation augmente proportionnellement au quart de la vitesse de déplacement de l'air. Le refroidissement rayonnant, autre technique de confort, consiste à abaisser la température des surfaces d'un espace donné. On fait circuler de l'eau froide dans des tubes en plastique intégrés aux surfaces d'un immeuble, telles que les murs, les planchers, les plafonds ou des panneaux modulaires. Les systèmes rayonnants rafraîchissent en augmentant la perte de chaleur du corps par rayonnement, mais ils provoquent également un abaissement indirect, limité et à retardement, de la température ambiante. Ce n'est pas le cas des ventilateurs brasseurs d'air, qui n'ont aucun effet sur la température ambiante. Cela dit, les ventilateurs comme les systèmes de refroidissement par rayonnement assurent le confort thermique lorsqu'il fait chaud.

Inefficacité de la climatisation

L'air climatisé est le moyen le moins efficace, car il implique de réfrigérer tout l'air d'un espace fermé (200 fois la masse corporelle) pour rafraîchir les occupants. Plus cet espace est vaste et moins il y a d'occupants, plus il faut d'énergie pour rafraîchir chacun d'eux. À l'instar des climatiseurs, les ventilateurs rafraîchissent en stimulant la perte de chaleur corporelle par convection et par évaporation. Cependant, à la différence de la climatisation, faire circuler l'air nécessite beaucoup moins d'énergie que le réfrigérer.

De plus, l'effet rafraîchissant des ventilateurs peut être appliqué localement et avec un effet immédiat. Les ventilateurs font circuler l'air autour du corps, sans effet sur les parties inoccupées de la pièce. De même, il n'est pas nécessaire de faire circuler l'air quand personne n'est présent. Mettre un ventilateur en marche en entrant dans une pièce a un effet immédiat. Par contre, la climatisation nécessite un certain temps pour la rafraîchir. En conséquence, il est fréquent qu'un lieu soit climatisé même lorsqu'il est inoccupé afin d'offrir un confort immédiat en entrant.

Potentiel de rafraîchissement des ventilateurs

L'effet rafraîchissant des ventilateurs est mesurable, à une vitesse de déplacement de l'air approximative de 4 m/s, ils procurent un ressenti corporel de rafraîchissement de 6°C. En période nocturne, la chute de température de plus de 25% nécessite un gain de 4°C environ avec une ventilation limitée (2 à 3 m/s, voire 1 m/s avec une température extérieure de moins de 23°C).

Les ventilateurs de plafond sont ceux qui refroidissent le moins pour une vitesse de déplacement de l'air donnée, car ils affectent une partie plus limitée du corps. Toutefois, ils présentent d'autres avantages : ils n'occupent pas d'espace au sol ou sur un bureau et peuvent avoir un très grand diamètre, qui leur permet de rafraîchir une surface plus grande. Les ventilateurs sur pied placés directement de face ou dans le dos sont les plus efficaces, tandis que l'effet des modèles de bureau se situe à mi-chemin entre ces extrêmes, le visage semblant très sensible à l'effet rafraîchissant du déplacement de l'air.

Économies d'énergie avec les ventilateurs brasseurs d'air

Les ventilateurs brasseurs d'air permettent des économies d'énergie considérables, soit en réduisant la consommation de la climatisation, soit en supprimant totalement la nécessité de celle-ci. Les normes internationales de confort pour les hébergements touristiques prescrivent une zone de confort très étroite pour les bâtiments climatisés en été, qui est comprise entre 23 °C et 26 °C.

Pour **chaque degré** Celsius d'augmentation de la température au-dessus de 23°C sur le thermomètre, il est possible de réaliser **une économie d'énergie comprise entre 9 % et 12 %**. De toute évidence, il convient également de tenir compte de la consommation d'énergie des ventilateurs. La nouvelle génération de ventilateurs pourvus d'un moteur à courant continu et de roulements à sustentation magnétique a une consommation d'énergie remarquablement faible. Dans l'étude, le confort thermique était possible jusqu'à 30 °C avec des ventilateurs consommant moins de 20 watts, portant les économies d'énergie à 70 %. Leur faible consommation d'énergie présente un autre avantage, celui de pouvoir fonctionner facilement sur des **batteries**.

Commentaire : Sous des climats tropicaux ventilés, l'utilisation de ventilateurs en complément de la ventilation naturelle et/ou de systèmes rayonnants permettrait de se débarrasser complètement des climatiseurs. La ventilation naturelle est très efficace dans un bâtiment bien conçu quand elle est dotée d'un système de régulation.

Limite des ventilateurs

Plus l'air se déplace rapidement à la surface de la peau, plus la perte de chaleur corporelle est rapide. Malheureusement, il existe une limite fondamentale à l'action rafraîchissante des ventilateurs : ils ne sont efficaces que si la température ambiante est inférieure à la température moyenne de la peau, soit 36 °C. Les ventilateurs ne peuvent pas rafraîchir au-dessus de ce seuil, car le déplacement d'air ne peut pas abaisser la température de la peau en dessous de la température ambiante, quelle que soit sa vitesse.

Il existe une autre limitation à la vitesse de circulation de l'air, à savoir le risque de faire s'envoler des papiers, ce qui peut être un problème dans les bureaux lorsque les ventilateurs tournent à plus de 1 m/s. Ce problème peut toutefois être résolu facilement en y posant des poids, ou bien en plaçant les ventilateurs en dessous des bureaux et en les dirigeant vers le ventre. L'autre solution est celle, que l'on se plaît à clironner depuis longtemps, **du bureau sans papier**.

Plus de confort

Les ventilateurs peuvent améliorer le confort thermique de plusieurs manières. La principale différence entre la climatisation et les ventilateurs réside dans le fait que la première soumet tous les occupants d'un espace donné au même environnement thermique : les ventilateurs, en revanche, permettent de créer des microclimats personnels. Chacun réagit différent à des températures similaires, porte des vêtements différents ou est plus ou moins actif. Aussi est-il très inhabituel que le réglage du thermostat de la climatisation fasse l'unanimité. Dans les bureaux, ce problème est souvent exacerbé par la tendance à trop refroidir le bâtiment, ce qui contraint certaines personnes à porter des pull-overs alors que la température extérieure dépasse largement les 30 °C.

À la différence de la climatisation, les ventilateurs peuvent créer différents environnements thermiques dans un même espace. Ceux qui disposent d'un ventilateur personnel à leur bureau maîtrisent leur environnement thermique, d'où un confort relatif nettement supérieur. Les études montrent également que les ventilateurs peuvent améliorer notablement la qualité de l'air perçue, par exemple en modifiant la dispersion thermique naturelle qui achemine les odeurs corporelles et les bio-effluents dégagés par la peau vers la zone de respiration. À l'instar de la climatisation, les ventilateurs constituent une solution dans les régions où les insectes volants pullulent, car ceux-ci ont des difficultés pour voler dans les turbulences produites par les ventilateurs.

Pourquoi les ventilateurs sont-ils négligés ?

Si les ventilateurs sont aussi efficaces et confortables, pourquoi leur usage n'est-il pas plus répandu ? Parce que jusqu'à une date récente, les normes internationales de confort limitaient le déplacement de l'air à l'intérieur à tout juste 0,2 m/s pour éviter les courants d'air. C'est de toute évidence très utile pendant la période où il est nécessaire de chauffer, car l'effet rafraîchissant de l'air en déplacement est contre-productif. La même limitation de la vitesse de l'air en été ne peut toutefois s'expliquer que par le fait que les normes de confort américaines ont été rédigées par la branche nationale de l'industrie de la climatisation et du chauffage (ASHRAE) en vue de protéger et promouvoir ses propres produits. (Hors des États-Unis, les normes de confort telles que l'ISO 7730 et l'EN 15251, sont largement influencées par l'ASHRAE.)

Depuis quelques années, ces normes de confort sont heureusement de plus en plus sous le feu de la critique, un nombre sans cesse croissant d'études montrant qu'une vitesse de déplacement de l'air plus élevée peut avoir un effet rafraîchissant en été. En 2010, la vitesse de circulation de l'air à l'intérieur des bâtiments prévue par la norme de confort thermique « ASHRAE 55 » a été révisée à la hausse : jusqu'à 0,8 m/s lorsque la vitesse des ventilateurs est centralisée et jusqu'à 1,2 m/s lorsqu'elle est contrôlée localement. De plus, ces limites ne s'appliquent pas du tout à des niveaux d'activité supérieurs.

La norme ASHRAE 55-2013, présentée il y a moins d'un an, est allée plus loin en définissant la vitesse de déplacement de l'air non comme une vitesse maximale ponctuelle, mais comme une « vitesse moyenne », telle qu'elle est

mesurée au niveau de la cheville, de la ceinture et du cou. Cela permet au système de ventilation d'inclure des vitesses locales maximales supérieures dans l'espace occupé, le flux des ventilateurs étant rarement égal à ces trois hauteurs. Bien qu'il faille un certain temps avant que les architectes, les ingénieurs et les codes nationaux de la construction adoptent ces nouvelles directives, le ventilateur semble annoncer son retour.

La climatisation a produit une architecture climatisée

Beaucoup de mal a toutefois déjà été fait. Le regain d'intérêt pour les ventilateurs brasseurs d'air devrait faire économiser des quantités considérables d'énergie pour la climatisation des bâtiments. Cet avantage est toutefois limité par le fait que l'utilisation répandue de la climatisation a déjà influencé considérablement l'architecture. Avant son introduction dans les pays chauds, les bâtiments étaient conçus de manière à rester confortables durant les périodes chaudes de l'année sans consommer d'énergie. Ils facilitaient la ventilation, entre autres, grâce à des porches de grandes dimensions, des plafonds hauts, des événements sur les toits, des fenêtres à guillotine, des puits de ventilation, des impostes au-dessus des portes intérieures, ainsi que des cours intérieures. Certaines maisons étaient même construites sur pilotis pour faciliter encore plus la circulation de l'air.

Dans les climats chauds, les constructions traditionnelles faisaient obstacle au rayonnement solaire par l'emploi de matériaux lourds, de grands avant-toits, de vastes caves, des toitures en tôle réfléchissante et des arbres ombrageux autour de la maison. La climatisation a éliminé tous ces éléments de construction et incité à l'emploi de matériaux de construction plus légers et meilleur marché. Les immeubles de bureaux en H, en T et en L qui facilitaient la ventilation croisée ont été remplacés par des blocs carrés massifs aux plafonds très bas. Des bâtiments d'un type tout nouveau ont fait leur apparition, tels que les tours de bureaux aux façades entièrement vitrées ou les centres commerciaux entièrement confinés, qui seraient purement et simplement inhabitables sans climatisation à cause de l'effet de serre. Les ventilateurs pourraient sans doute réduire la consommation énergétique de la climatisation dans de tels bâtiments, mais elle resterait très élevée.

Extraits adaptés et tirés d'un article de fond de K D Decker