

PROFESSION

Rideaux d'air Ajuster l'épaisseur plutôt que la vitesse de soufflage

Réduire les pertes d'énergie
à l'extérieur

Traitement du courant d'air

Avantage à la technologie CA

par Dr Bart Cremers, Biddle, Pays-Bas

Les rideaux d'air de confort sont destinés à séparer le climat extérieur du confort intérieur dans les magasins et les bâtiments publics. La séparation est obtenue par l'élimination de la convection naturelle et par le réchauffage de l'air froid entrant par ventilation naturelle ou mécanique. Cet article montre pourquoi il est préférable d'ajuster l'épaisseur plutôt que la vitesse de soufflage lorsqu'un besoin de puissance supplémentaire est nécessaire.

Les rideaux d'air de confort sont destinés à préserver une atmosphère intérieure confortable dans les bâtiments dont les portes sont ouvertes régulièrement ou en permanence. Nous présentons tout d'abord un bref rappel du fonctionnement des rideaux d'air de confort (**figure 1**). Lorsqu'une porte est ouverte, la différence de température (intérieur / extérieur) déclenche un échange de masse d'air, dans lequel l'air chaud s'échappe par le haut, et l'air froid entre par le bas de l'ouverture (convection libre). De plus, il existe un deuxième déplacement d'air faisant entrer l'air froid extérieur dans le bâtiment. Ce mouvement est provoqué par la ventilation mécanique créant une dépression à l'intérieur du local et par une multitude d'inétanchéités laissant s'échapper l'air intérieur.

Réduire les pertes d'énergie à l'extérieur

Le premier objectif d'un rideau d'air est de minimiser le flux d'air chaud sortant du bâtiment. Le rideau d'air aspire l'air chaud qui est sur le point de s'échapper par la partie supérieure de l'ouverture et crée un flux d'air vertical. Cet air chaud retourne dans le magasin au niveau du sol. La réduction de la perte de chaleur, exprimée en pourcentage, caractérise le rendement du

rideau d'air. Si la perte de chaleur est représentée par Q_{out} , la formule du rendement est :

$$N = 1 - \frac{Q_{out} \text{ avec rideau d'air}}{Q_{out} \text{ sans rideau d'air}} \times 100 \%$$

Un rendement maximal est obtenu grâce à l'utilisation d'une zone de soufflage équipée d'un redresseur de jet. Il permet de réduire les turbulences créées par les ventilateurs et par conséquent minimise la perte d'énergie grâce à la formation d'un jet plus convergent.

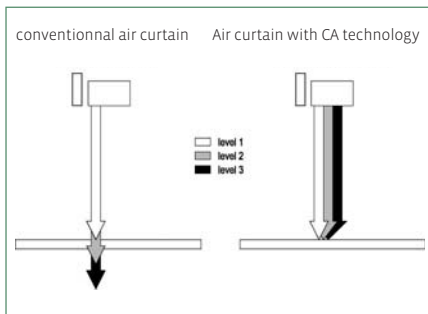
Traiter le courant d'air

Le second objectif des rideaux d'air est de réchauffer l'air froid entrant dans la pièce

par ventilation. Sa résistance étant inférieure à 1 Pa, un rideau d'air ne peut stopper l'air entrant, mais doit conditionner ce flux d'air, le réchauffer à un niveau auquel il n'est plus senti comme un courant d'air désagréable (voir article de référence). Cet objectif nécessite une capacité de chauffage (chauffage eau chaude ou électrique). La puissance de chauffage nécessaire pour les rideaux d'air est considérablement plus faible que celle que devrait apporter le chauffage « volumique » pour obtenir le même niveau de confort (sans rideau d'air). Tout d'abord, le rideau d'air réduit considérablement la perte de chaleur vers l'extérieur. Ensuite, il réchauffe l'air entrant immédiatement à sa source (c'est-à-dire l'ouverture), ce qui produit une température répartie de façon plus homogène dans le local. L'utilisation de l'énergie est plus efficace. Les rideaux d'air permettent d'économiser une quantité importante d'énergie. Le centre national de recherches néerlandais TNO a démontré



1 Le flux d'air qui re-circule à l'entrée évite les déperditions.



2 Principe des rideaux d'air traditionnels (augmentation de la vitesse de soufflage) et des rideaux d'air à technologie CA (élargissement du flux d'air).

qu'un rideau d'air équipé d'un redresseur de jet pouvait économiser jusqu'à 94 % de l'énergie perdue par une porte ouverte.

Si l'on considère un certain volume de ventilation, la capacité de chauffage nécessaire au rideau d'air est en principe égale à l'air froid entrant du fait de la ventilation. Toute surcapacité bénéficiera directement au volume intérieur, et peut être considérée comme un chauffage complémentaire.

Avantage à la technologie CA

Des vents plus importants ou des températures extérieures plus basses demandent une plus grande capacité de chauff-

fage, afin de chauffer l'air froid entrant en hiver. Les rideaux d'air traditionnels augmentent leur puissance en augmentant le débit soufflé et donc la vitesse de soufflage (figure 2).

Il y a plusieurs années, on pensait déjà qu'il était plus efficace d'augmenter la largeur de soufflage (l'épaisseur du rideau d'air) plutôt que d'augmenter la vitesse de soufflage. Il restait à le démontrer. Cette technologie CA (Constant Air-velocity) a été perfectionnée et intégrée dans le rideau d'air CA. Ses avantages sont considérables en ce qui concerne la consommation d'énergie et le confort.

> Un jet plus épais pour un rendement plus élevé.

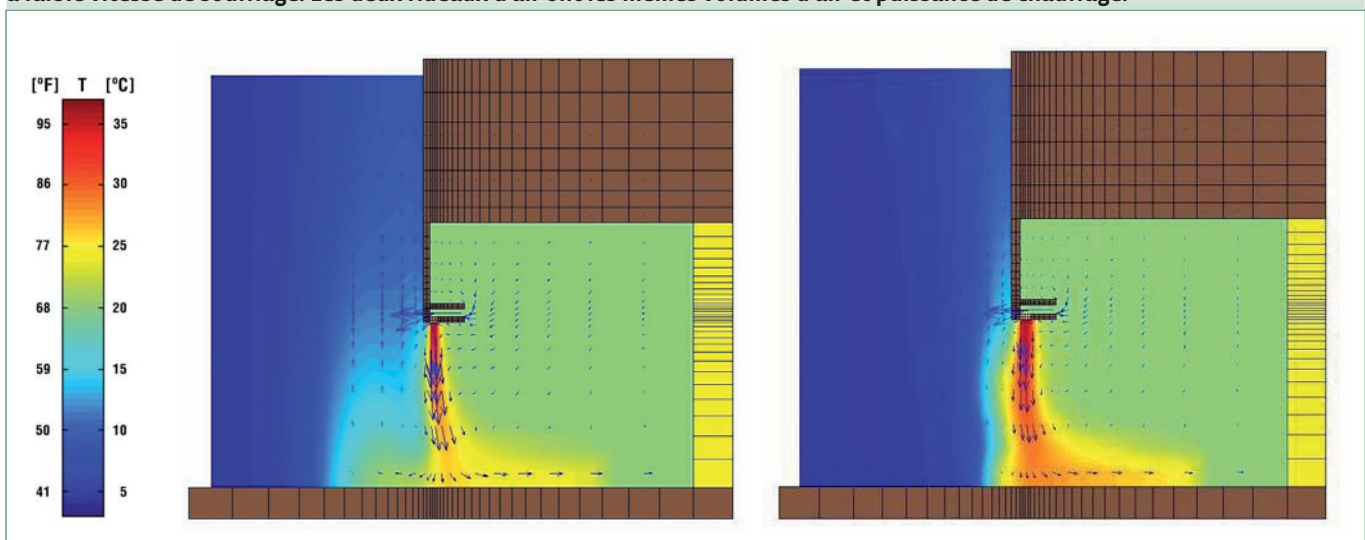
Lorsque la puissance de chauffage nécessaire est élevée, un rideau d'air traditionnel augmente son débit et sa vitesse de soufflage. Bien souvent, l'augmentation de la vitesse de soufflage a pour conséquence un écrasement du flux d'air au sol. Le jet d'air se sépare alors en deux parties. La partie qui s'échappe vers l'extérieur représente la perte d'énergie. Ainsi une vitesse de soufflage plus élevée diminuera fortement le rendement par une augmentation des turbulences.

Une augmentation de la puissance de chauffage du rideau d'air peut également être obtenue en élargissant le flux d'air soufflé par l'utilisation d'un volet au soufflage. Le volume et la puissance fournis augmentent, alors que la vitesse reste faible et constante. L'avantage de cette solution est considérable : le rideau d'air ne vient pas frapper le sol, l'ensemble de l'énergie fournie est totalement utilisée pour conditionner l'air froid entrant. On peut donc obtenir le même niveau de confort en utilisant moins d'énergie qu'avec un rideau d'air traditionnel.

> Étude comparative

Une étude comparative entre un rideau d'air traditionnel et un rideau d'air utilisant la technologie CA a été menée au moyen de simulations par ordinateur, en collaboration avec l'université de Groningue aux Pays-Bas. Cette étude a comparé un rideau d'air traditionnel et un rideau d'air CA sur une ouverture dans une situation particulière (2,50 m de haut, 5 °C de température extérieure, 20 °C de température intérieure, légère dépression dans le local). Les températures indiquées dans la figure 3 (a et b) mettent en évidence que pour une vitesse de soufflage élevée, une partie de la puissance de chauffage

3 Température à proximité de la porte avec a) flux d'air étroit à grande vitesse de soufflage, et b) flux d'air large à faible vitesse de soufflage. Les deux rideaux d'air ont les mêmes volumes d'air et puissance de chauffage.



s'échappe vers l'extérieur tandis que l'énergie produite par un rideau d'air à flux large bénéficie entièrement à l'intérieur du local.

La figure 4 montre le rendement des deux types de rideaux d'air pour un volume d'air soufflé croissant. Le rideau d'air traditionnel a une largeur de soufflage de 10 cm, et une augmentation de la vitesse de soufflage sur l'axe horizontal. Le rideau d'air à technologie CA a une vitesse de soufflage de 5 m/s, et une augmentation de la largeur de soufflage sur l'axe horizontal.

Un confort amélioré

Outre la réduction de la perte d'énergie, un autre objectif important des rideaux d'air est sa capacité à réchauffer l'air froid entrant, pour que les courants d'air ne soient pas ressentis comme désagréables. Un précédent article publié dans la revue CVC en janvier 2004 a montré comment le soufflage à vitesse constante permettait de réduire les turbulences à l'intérieur du local et donc améliorer considérablement le confort.

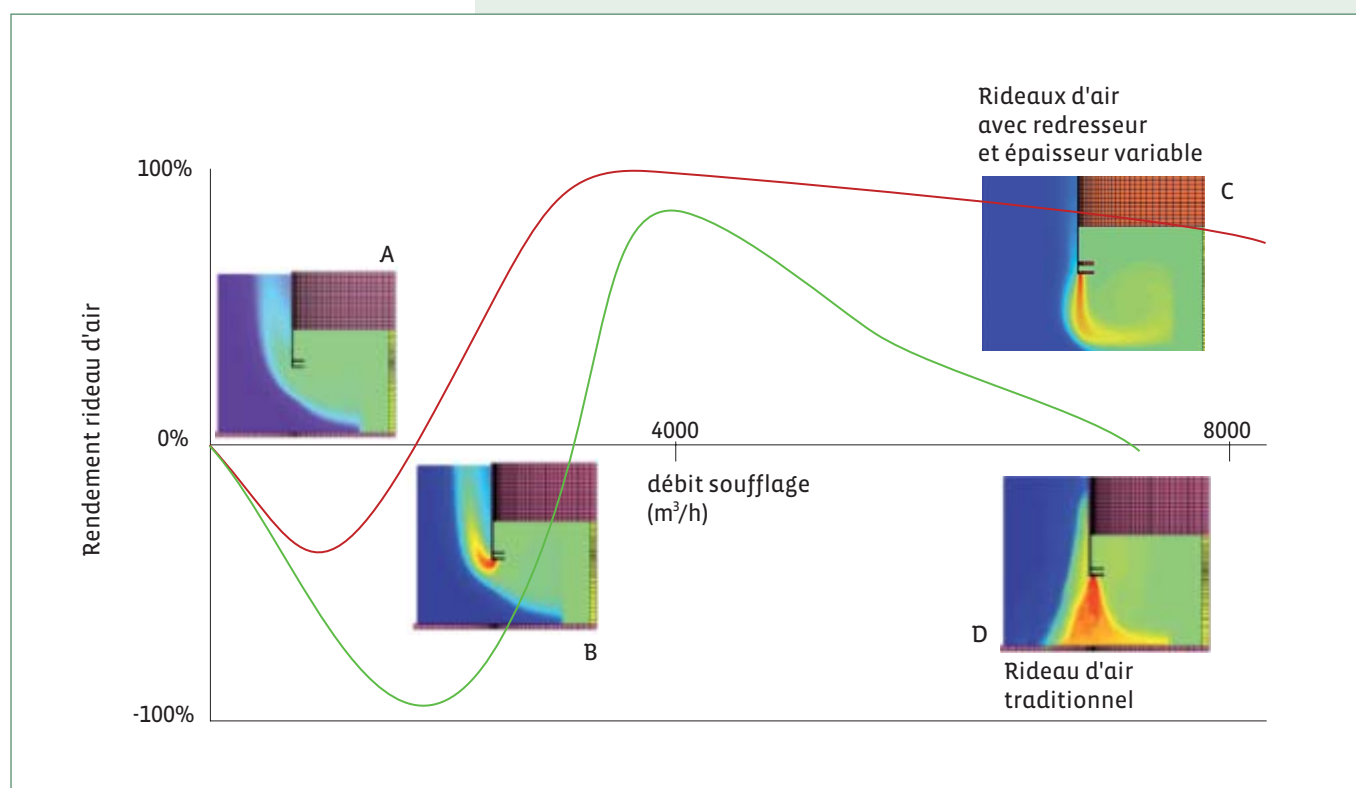
4 Rendement d'un rideau d'air traditionnel par rapport à un rideau d'air à technologie CA. Le rideau d'air traditionnel a une largeur de soufflage de 10 cm et une vitesse de soufflage croissante. Le rideau d'air à technologie CA a une vitesse de soufflage constante de 5 m/s et une épaisseur de soufflage croissante.

A/ Ce point représente la situation sans rideau d'air. Le rendement est de 0 %, toute l'énergie qui doit être perdue à l'extérieur par convection est perdue (un rendement de 100 % correspond à une porte fermée).

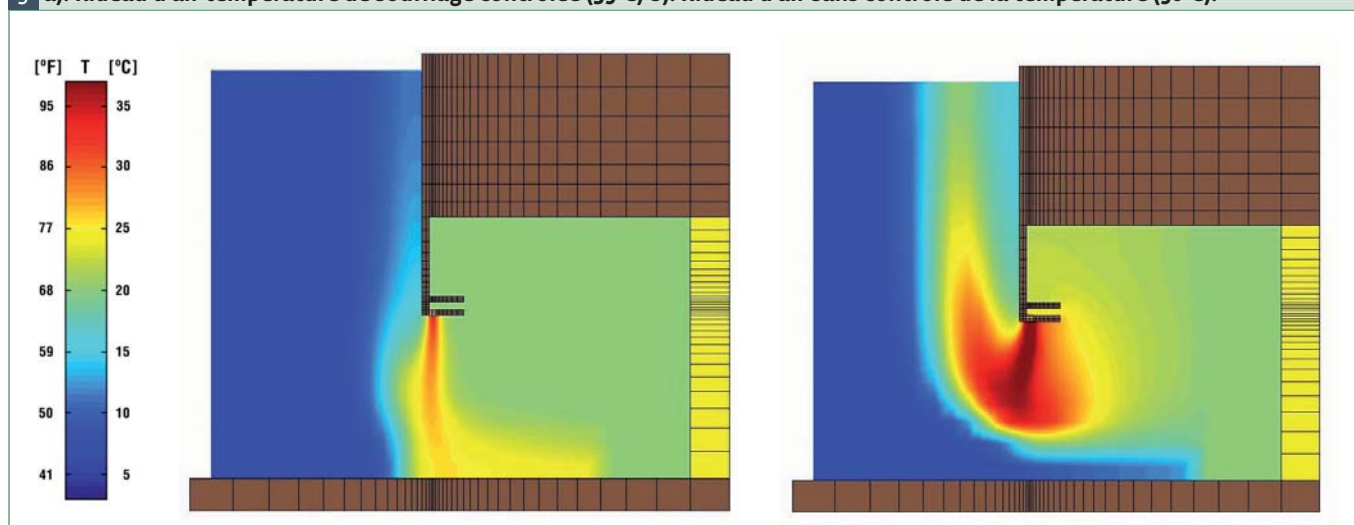
B/ Cette situation représente le cas où le rideau d'air est sous-dimensionné ou n'apporte pas le débit suffisant pour atteindre le sol. C'est la pire des situations car la convection pousse l'ensemble de l'énergie fournie par le rideau d'air à l'extérieur. Dans ce cas, la perte d'énergie est supérieure à ce qu'elle serait sans rideau d'air ! Le rendement est négatif. Le problème de confort n'est pas résolu non plus.

C/ Le rideau d'air à épaisseur variable n'augmente jamais sa vitesse. Même si le rideau doit souffler des débits importants, les pertes par induction sont constantes et minimales. Les pertes d'énergie à l'extérieur sont réduites de 80 % en pratique (94 % théorique).

D/ Le rideau d'air traditionnel augmente sa vitesse lorsqu'il doit augmenter sa puissance et son débit d'air. En augmentant sa vitesse, il accroît aussi l'induction le long du jet et donc les pertes à l'extérieur. Le rendement est quasiment nul dans les débits élevés.



5 a). Rideau d'air température de soufflage contrôlée (35°C) b). Rideau d'air sans contrôle de la température (50°C).



Une autre conséquence de la variation de l'épaisseur sans augmenter la puissance est naturellement le confort de passage au travers du rideau d'air. Le rideau traditionnel doit augmenter sa vitesse pour traiter des courants d'air importants. La technologie CA permet de traiter ces situations en soufflant toujours à la vitesse la plus faible. Traverser le rideau d'air est alors à peine perceptible.

Les rideaux d'air doivent avoir une capacité de chauffage suffisante pour réchauffer l'air froid entrant au niveau de confort souhaité. La température de soufflage idéale est de 35 °C, car cette température est le meilleur compromis entre confort et efficacité pour atteindre le sol **Figure 5**

Lorsqu'une plus grande puissance de chauffage est nécessaire (volume d'air entrant plus important et température plus faible), le flux d'air peut être élargi, mais il est préférable de ne jamais jouer sur la température de soufflage. En effet, un jet d'air à plus de 40 °C a peu de chance d'atteindre le sol : le courant d'air froid pénètre alors dans le local par la partie inférieure de l'ouverture. C'est la raison pour laquelle il est impératif d'installer un rideau d'air contrôlant sa température de soufflage afin d'éviter des températures trop élevées.

En guise de conclusion...

Les rideaux d'air traditionnels augmentent leur puissance de chauffage en augmen-

tant leur vitesse de soufflage. Les rideaux d'air à technologie CA (épaisseur variable) présentent de nombreux avantages par rapport à ces rideaux d'air traditionnels. Même en cas de besoin de débit / puissance élevés, le rendement demeure maximal (80 %), le confort intérieur est nettement amélioré, et le rideau d'air est beaucoup plus confortable à traverser. De plus, le contrôle de température de soufflage garantit que le jet d'air conserve sa capacité à atteindre le sol pour que l'énergie apportée par le rideau d'air profite exclusivement à l'intérieur du local. ■ **53**

(en note) Document de référence
« Résultats des recherches sur l'optimisation des rideaux d'air » P. Ligtenberg, CVC - octobre 1993.



biddle
SOLUTIONS CLIMATIQUES

21 allée des vendanges
77183 Croissy-Beaubourg
tél. 01 64 11 15 55
fax 01 64 11 15 66
e-mail contact@biddle.fr
www.biddle.fr

CVC

CHAUFFAGE
VENTILATION
CONDITIONNEMENT D'AIR

LA REVUE DES CLIMATICIENS

BIMESTRIEL

Tiré à part extrait du magazine CVC,
la revue de l'Association des ingénieurs
en climatique, ventilation et froid
(AICVF)

66, rue de Rome, 75008 Paris
tél. 01 53 04 36 10
fax 01 42 94 04 54
www.aicvf.org