

Le rafraîchissement de bâtiments par déphasage

TECHNIQUE DE FROID

JÜRIG WELLSTEIN

Le rafraîchissement de locaux à usage professionnel ou d'habitation suscite un intérêt croissant. Le sujet, dont les spécialistes débattent depuis des années, est devenu d'intérêt général. Les fortes chaleurs de l'été n'y sont pas étrangères.

On constate d'ailleurs une augmentation considérable de la consommation d'énergie engendrée par l'utilisation toujours plus fréquente d'appareils et de techniques de refroidissement. Des mesures faites à Genève ont montré qu'une augmentation d'un degré de la température de l'air en valeur moyenne journalière entraînait une augmentation d'environ 8 MW de la puissance électrique appelée pour répondre aux besoins de la climatisation.

Sur les traces d'un phénomène physique

Et si l'on pouvait mettre à profit le rafraîchissement nocturne de l'atmosphère pour faire baisser la température des bâtiments durant la journée? Des travaux de recherche au Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (CUEPE) de l'Université de Genève ont mis en lumière une nouvelle solution: le déphaseur thermique, à intégrer à une installation de ventilation.

Pierre Hollmuller, physicien, Dr ès sciences et responsable de projet, affirme: «Cette découverte trouve son origine dans ma thèse, qui présente des méthodes de calcul pour le dimensionnement des puits canadiens, ces conduits souterrains par lesquels on aspire l'air extérieur pour le tempérer avant de l'utiliser dans une installation de ventilation. Par le stockage de la chaleur dans le terrain, ces dispositifs permettent de réduire les variations de température entre le jour et la nuit et de ventiler le bâtiment à une température intermédiaire relativement constante. En effectuant des calculs avec de tels systèmes, nous avons montré que la physique permet, par un dimensionnement approprié, de retarder la variation de température au lieu de l'atténuer simplement comme d'habitude. L'idée du déphaseur thermique était née.»

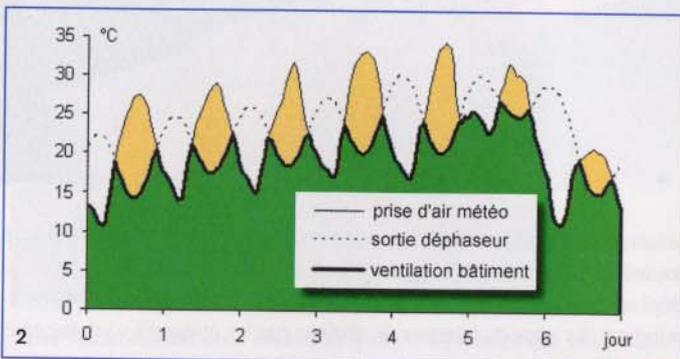
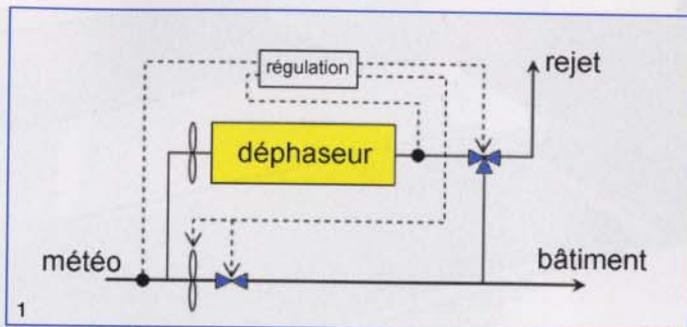
Les premiers essais pratiques, qui ont bénéficié du soutien de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), ont été menés en 2002 et 2003. A l'aide d'éléments de stockage plans et d'une lame d'air de faible épaisseur, variable, on a cherché à vérifier l'effet concret

	Maison individuelle	Bâtiment de petite taille	Bâtiment de taille moyenne
	100–200 m ²	500–1000 m ²	2500–5000 m ²
Dimensions ¹	1 x 1 x 4,5 m	2 x 2,5 x 4,5 m	2,5 x 5 x 9 m
Débit d'air ²	500 m ³ /h	2500 m ³ /h	12 500 m ³ /h
Puissance de rafraîchissement ³	1–2 kW (24 h/24)	5–10 kW (24h/24)	25–50 kW (24 h/24)
Raccordement électrique	10 W	50 W	250 W
Coûts	4000 Fr.	15 000 Fr.	60 000 Fr.

¹ Pour un déphasage de 12 h; sans l'isolation latérale de 20 cm d'épaisseur.

² Pour un renouvellement d'air de une à deux fois par heure.

³ La puissance effective de rafraîchissement dépend de la température du bâtiment.



1 Déphaseur intégré à une installation de ventilation mécanique, en montage parallèle.

2 Le déphasage du froid stocké dans le déphaseur pendant la nuit permet le rafraîchissement passif du bâtiment pendant la journée suivante.

de ce déphasage. Parallèlement à ces travaux, Pierre Hollmuller a procédé à d'autres analyses théoriques qui ont permis de clarifier la relation existant entre l'amortissement et le déphasage.

Matériau de remplissage approprié pour le stockage du froid

Le professeur Bernard Lachal, du CUEPE, explique l'étape suivante: «Avec un prototype plus grand, nous avons cherché à savoir quel matériau présentait les meilleures propriétés de stockage de la chaleur et quel était l'impact, en termes d'efficacité, d'une modification des caractéristiques du flux d'air.»

Le déphaseur est un conteneur bien isolé thermiquement, traversé par le flux d'air. Le matériau dont il est rempli doit être choisi avec soin. Il s'est avéré que des billes d'argile d'une certaine taille donnaient de meilleurs résultats que du gravier brut. Si, en raison d'intervalles irréguliers ou trop petits à l'intérieur de la masse de remplissage, le flux d'air n'est pas homogène, l'effet de stockage recherché n'est que partiel. Des tests ont aussi été réalisés avec des briques et des tuiles plates placées à différentes distances les unes des autres, en variant donc les dimensions du passage destiné à l'écoulement de l'air.

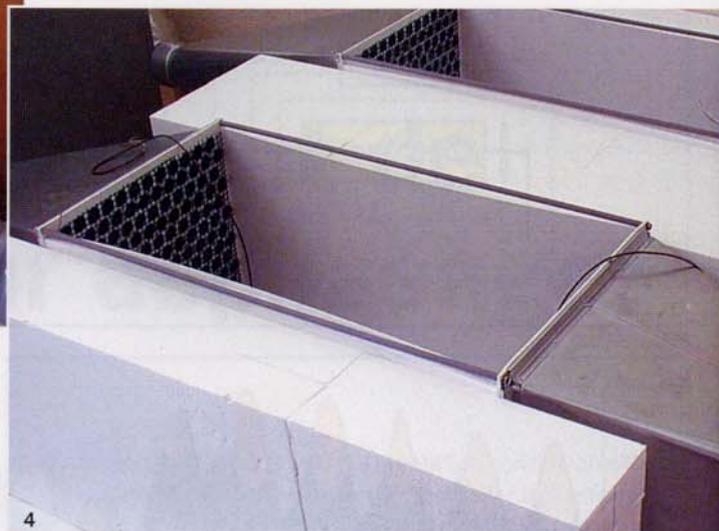
Intégration à la ventilation traditionnelle

Dans la pratique, le déphaseur devrait être utilisé parallèlement à l'installation traditionnelle de ventilation. Il peut donc aussi être installé après coup, par exemple dans le cadre d'une rénovation. Il devient ainsi possible de refroidir le bâtiment pendant la nuit par un apport direct d'air extérieur, qui, dans le même temps, approvisionne le déphaseur en froid. Le lendemain, l'air extérieur, plus chaud, est dirigé exclusivement sur ce nouvel élément et en ressort plus froid, grâce à la «pointe de froid» de la nuit précédente.



3 Pierre Hollmuller, responsable de projet au CUEPE, montre les tuiles plates qui ont été utilisées dans les essais du comportement de divers matériaux de stockage.

4 Prototype pour l'étude du stockage de froid à l'aide de matériaux divers.



Pour refroidir le bâtiment, on met donc deux fois à profit, la nuit et le jour, le fait que la température extérieure passe par un minimum la nuit.

Les différents paramètres de l'utilisation d'un déphaseur

À l'aide des essais réalisés et des modèles de calcul, on a également pu procéder à des calculs de dimensionnement provisoires pour différents débits d'air. Outre les maisons individuelles, cette technique de rafraîchissement intéresse actuellement surtout les petits bâtiments commerciaux et industriels (restaurants, sociétés de services, fabriques, etc.). Avant d'envisager son utilisation dans les grands bâtiments, il conviendra d'en tester le principe de fonctionnement dans des installations de démonstration.

Les règles de dimensionnement doivent maintenant être affinées. Il faut notamment prendre en considération les variations climatiques importantes d'une année à l'autre, la situation géographique et l'environnement (citadin ou rural). En outre, il faut encore étudier sur un bâtiment particulier le comportement dynamique de l'ensemble, en tenant compte de l'influence du rayonnement

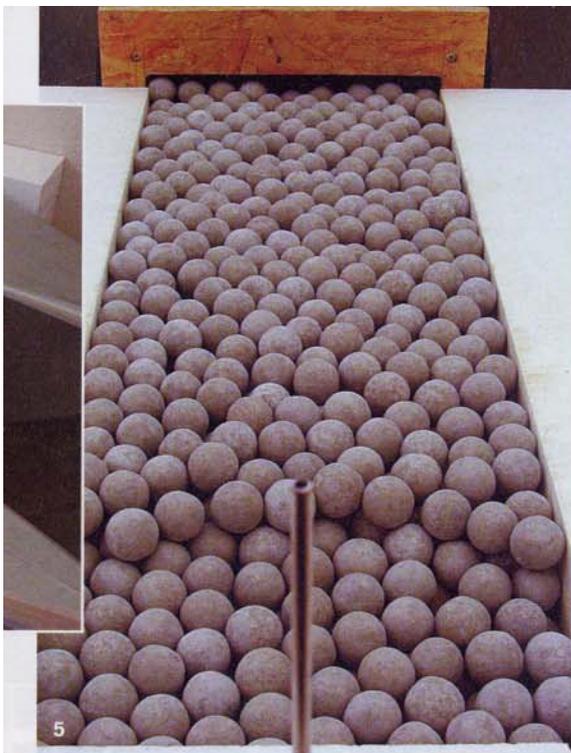
solaire et de l'isolation thermique de l'enveloppe. Comme dans le cas de toutes les autres techniques passives de rafraîchissement, l'utilisation du déphaseur n'est possible que si une protection solaire optimale et une limitation des apports internes de chaleur par les appareils sont assurées en parallèle.

Vers des travaux de recherche complémentaires

Voici ce que Jean-Christophe Hadorn, responsable du programme de recherche «Stockage de chaleur» de l'OFEN, pense de cette innovation: «Sur la base de connaissances relevant du domaine de la physique, il a été possible de réaliser une recherche de portée considérable, qui devrait donner une nouvelle impulsion au rafraîchissement des bâtiments et à la technique du *free cooling*. Il convient donc de poursuivre l'étude du stockage du froid et de son utilisation avec un déphasage de 12 heures pour les bâtiments à usage professionnel ou d'habitation.»

L'OFEN apporte son soutien, d'une part, aux essais réalisés avec différents matériaux de stockage, et d'autre part, à la mise au point de l'intégration au bâtiment et aux installations de ventilation. Un nouveau prototype va servir à tester le stockage de la chaleur dans des tubes remplis d'eau disposés verticalement, ainsi que le comportement des matériaux utilisés à cet effet. Le CUEPE a l'intention de réaliser ces travaux en collaboration avec d'autres institutions de l'Université de Genève ou de l'étranger.

Une partie des travaux de développement futurs est également réservée à la préparation d'une mise en œuvre industrielle. Néan-



5 Les tests réalisés avec des billes d'argile sont ceux qui, pour l'instant, ont donné les meilleurs résultats en termes de capacité de stockage, de débit d'air et de facilité de manipulation.

(Photos: CUEPE)

moins, celle-ci ne sera possible que lorsque les meilleurs matériaux pour le stockage de la chaleur et du froid et les meilleures solutions pour la construction du dispositif auront été trouvés. Il est alors prévu de chercher des contacts avec des fabricants potentiels.

Le rafraîchissement: un sujet brûlant

S'il fallait encore montrer tout l'intérêt que suscite le développement du déphaseur à des fins de rafraîchissement de bâtiments, il suffirait de relever que le travail de diplôme de Jean-Marc Zraggen, l'un des participants au projet au sein du CUEPE, a été récompensé par le Prix du cinquantenaire des Services industriels de Genève (SIG).

Selon les milieux concernés, le rafraîchissement des locaux sera de plus en plus demandé, en Suisse comme dans l'Union européenne. Parallèlement, des voix de plus en plus nombreuses s'élèvent contre les besoins supplémentaires en énergie qu'implique cette évolution. C'est pourquoi les chercheurs s'intéressent au développement de systèmes passifs à grande efficacité. La mise au point, par le CUEPE, du déphaseur thermique en tant que partie intégrante d'une installation de ventilation mécanique est susceptible d'apporter une réponse prometteuse à la question du rafraîchissement.

JÜRIG WELLSTEIN

POUR PLUS D'INFORMATIONS:

**CUEPE, CENTRE UNIVERSITAIRE D'ÉTUDE DES PROBLÈMES
DE L'ÉNERGIE DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE**

PIERRE HOLLMULLER, DR ÈS SC.

PIERRE.HOLLMULLER@CUEPE.UNIGE.CH

PROF. BERNARD LACHAL

BERNARD.LACHAL@CUEPE.UNIGE.CH

1227 CAROUGE, WWW.UNIGE.CH/CUEPE

*Programme de recherche «Stockage de chaleur» de l'OFEN
Jean-Christophe Hadorn, jchadorn@baseconsultants.com*