

Le froid venu du chaud

Ilkka Salo

Les systèmes de climatisation classiques n'ont pas seulement le défaut d'être gros consommateurs d'énergie; ils ont recours à des fluides frigorigènes HFC/HCFC, plus communément appelés «fréons», qui ont aujourd'hui bien mauvaise presse dans le domaine environnemental. Les travaux de R&D menés par ABB, en Finlande, ont démontré que ces deux inconvénients pouvaient être gommés par la technique du «refroidissement local» qui emploie, non pas des compresseurs, mais des machines à absorption dépourvues de fréon pour produire du froid avec du chaud.



Intérieur de tout nouveau palais des congrès et opéra de Lahti (Finlande), Sibelius Hall. ABB fut responsable de la solution technique de pilotage et de gestion de l'ensemble des «utilités» du bâtiment, dont le refroidissement local.

Le chauffage urbain, basé sur la cogénération, pose un problème majeur: si toute la production de chaleur se destine au chauffage en hiver, seule une partie de cette énergie est exploitable l'été. En parallèle, nombreux sont les sites industriels dont les calories excédentaires, non récupérées, pourraient servir à la climatisation. Le plus souvent, ces rejets thermiques ne sont qu'en partie utilisés... et c'est à l'électricité de prendre le relais pour couvrir les besoins de refroidissement!

A l'aide de machines à absorption, on peut récupérer cette énergie excédentaire pour faire du froid. Concrètement, le réseau de chauffage urbain continue à fournir de la cha-

leur, tandis que du froid est produit, en local, pour un ou plusieurs bâtiments.

De l'individualisme d'hier...

Certes, les machines à absorption ne datent pas d'hier et leurs qualités environnementales – récupération d'énergie sans électricité, absence de HFC/HCFC, de nuisances sonores et de vibrations... – sont bien connues. Néanmoins, elles n'ont guère été exploitées

dans le domaine de la climatisation des bâtiments.

A cela une raison majeure: dans la conception classique d'un bâtiment, la prise en compte de la production et de la distribution de froid et la planification des différents lots techniques (comme la climatisation) ne constituent pas une démarche intégrée. Ce cloisonnement des tâches explique les difficultés et le coût élevé de l'utilisation d'une

La technique du refroidissement local à l'épreuve du terrain

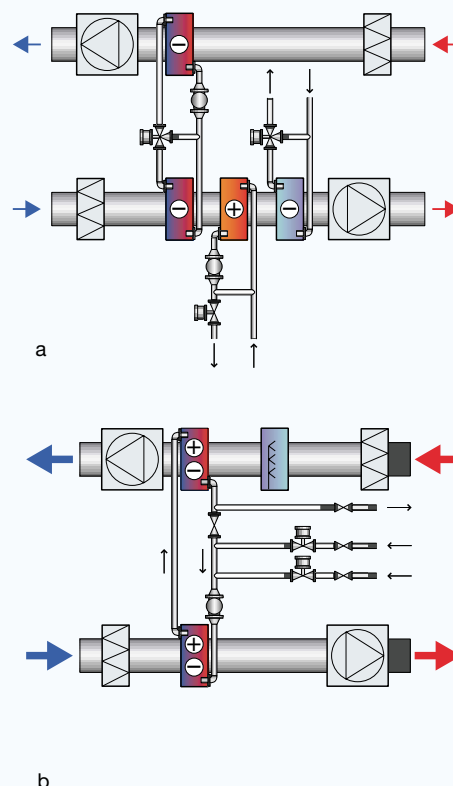
Le projet DEMLOCS a mis en évidence le potentiel du chauffage urbain, non seulement pour satisfaire les besoins de froid, de chaleur et de climatisation des locaux, mais aussi pour générer d'importantes économies, lorsqu'il est associé au réseau de services du bâtiment ThermoNet (cf. figure). Parmi les participants au projet, réalisé dans le cadre du *Thermie program* de l'Union européenne, ont figuré ABB Finlande (également coordinateur), Helsinki Energy et le Danois Herning Kommune Vaerker.

Ce projet, qui s'est déroulé d'octobre 1995 à octobre 1999, a porté sur la conception et la réalisation de deux installations de froid, l'une à Helsinki et l'autre à Herning, destinées à des bâtiments neufs et existants. A Helsinki, le froid est produit par des machines à absorption, et à Herning, par des climatiseurs à éjecteur.

Les deux systèmes sont totalement exempts de HFC/HCFC et utilisent l'eau du chauffage urbain à +80°C, soit à une température bien inférieure à celle normalement employée pour ce type de procédé. L'eau de rejet du chauffage urbain sert à chauffer les bâtiments.

C'est en été 1999 que l'installation d'Herning a commencé à produire du froid pour l'immeuble de bureaux; elle bénéficia d'un suivi à grande échelle l'été suivant. La centrale d'Helsinki fut mise en service en temps et

Comparaison entre une centrale de traitement d'air traditionnelle (a) qui dissocie circuits de chauffage, de refroidissement et de récupération de chaleur, et ThermoNet (b) qui s'appuie sur des unités Econet et regroupe toutes ces fonctions en un seul circuit avec, à la clé, de faibles températures et un bon rendement énergétique.



en heure été 1998, sa production à grande échelle ayant coïncidé avec l'achèvement d'un autre immeuble, Tellus, à Helsinki en été 1999. Les résultats ont largement été à la hauteur des attentes, même si l'été finlandais 1999 fut exceptionnellement chaud et long.

chaleur à basse température, comme celle du chauffage urbain, pour alimenter des machines à absorption. Cette lacune se confirme l'été lorsque les températures sont au plus bas.

ABB Finlande a une longue expérience de l'utilisation de chaleur à basse température pour chauffer les bâtiments; ces dernières années, l'entreprise s'est massivement investie dans l'étude de systèmes de refroidissement à la fois éco-énergétiques et respectueux de

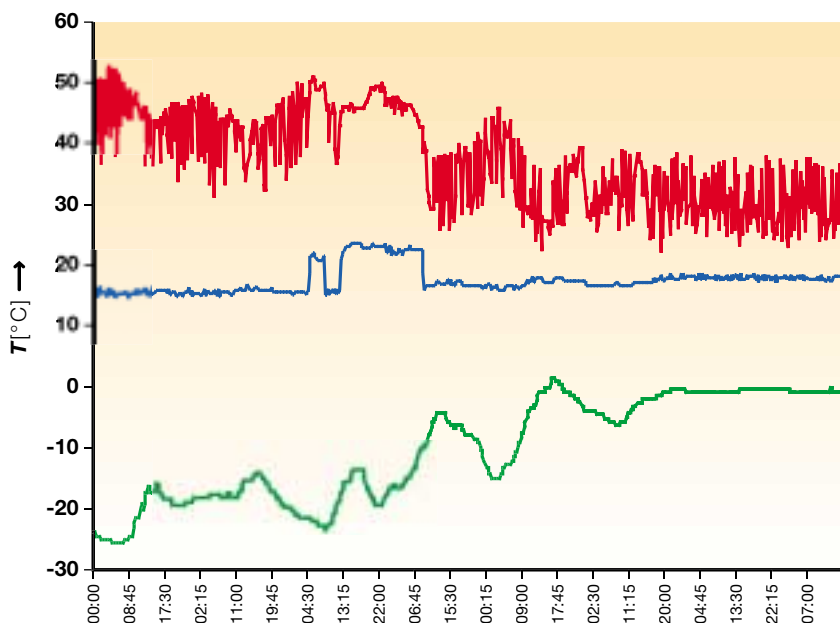
l'environnement. Son principal domaine d'intérêt fut l'association de machines à absorption et de techniques de construction modernes. Les efforts de R&D d'ABB Finlande ont permis, par exemple, d'utiliser de façon économique le chauffage urbain en période estivale pour produire du froid. A titre d'exemple, citons la centrale de production de froid local d'Helsinki, conçue par ABB dans le cadre du projet DEMLOCS (Cf. encadré), dont les machines à absorption récupèrent la

chaleur urbaine à +80°C pour répondre aux demandes de climatisation de la ville.

... à l'intégration d'aujourd'hui

Au cœur de l'approche ABB se situe la conception et l'optimisation, en parallèle, des réseaux d'énergie locale et des services du bâtiment (climatisation, par exemple): une démarche novatrice, intégrée, qui vise à maximiser les performances du système global.

1 Suivi de la température de l'eau du circuit de chauffage (alimentation en rouge, retour en bleu) et de l'air ambiant (vert) sur une semaine hivernale (projet DEMLOCS)



En période de chauffe

Utilisation de la chaleur à basse température

Le projet DEMLOCS illustre la façon dont on peut mettre à profit une chaleur à basse température pour rafraîchir et chauffer des locaux. La figure 1 reflète l'évolution des températures du circuit de chauffage et de l'air ambiant au cours d'une semaine hivernale. La température de l'air, de -25°C au départ, remonte doucement à 0°C au terme de la période. Dans le même temps, la température de l'eau du chauffage urbain baisse de 50°C à 30°C , et celle de l'eau réinjectée par les unités ThermoNet® 2, dans le réseau augmente de 15°C à 18°C . Ce procédé permet de chauffer efficacement tout un bâtiment industriel, même par grand froid (-25°C), avec une seule source d'énergie : l'eau du réseau de chaleur.

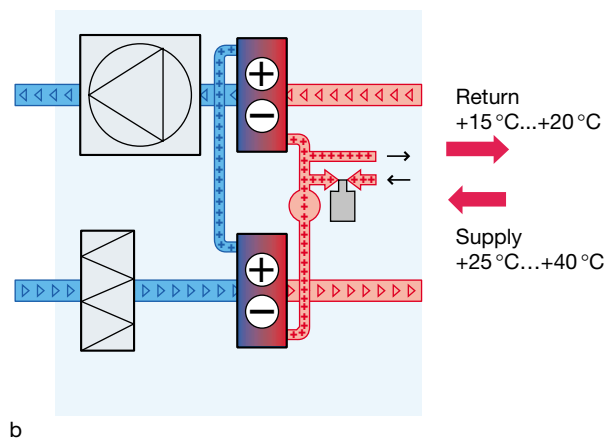
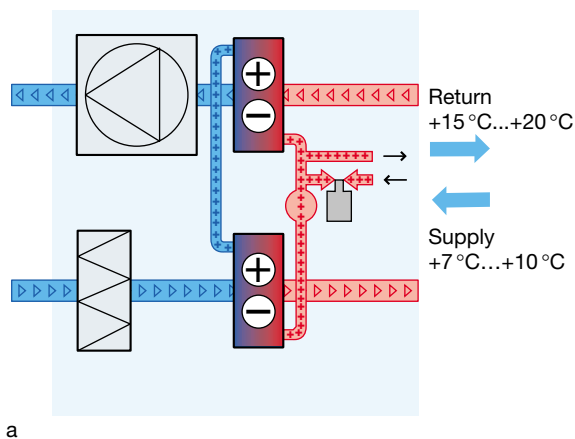
Les besoins de froid des bâtiments raccordés à la centrale d'Helsinki s'élèvent à 1,8 MW ; une demande que satisfait aisément la puissance frigorifique de 0,9 MW de la

machine à absorption, grâce à l'intégration de la production et de la consommation d'énergie dans le réseau de services du bâtiment d'ABB.

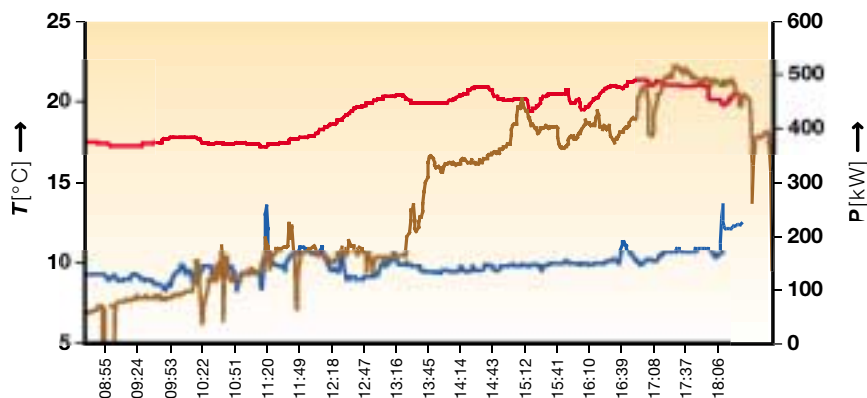
2 Principe de fonctionnement des unités ThermoNet/Econet

Refroidissement (a) : la faible différence de température (ΔT) air/eau autorise des températures de refroidissement élevées, avec de gros écarts de température (ΔT) circuit d'alimentation/circuit de retour.

Chauffage (b) : la faible différence de température (ΔT) air/eau autorise des températures de chauffage basses, avec de gros écarts de température (ΔT) circuit d'alimentation/circuit de retour.



3 Température de l'eau de refroidissement (alimentation en bleu, retour en rouge), en entrée et en sortie des unités ThermoNet, et consommation énergétique du local industriel (projet DEMLOCS)

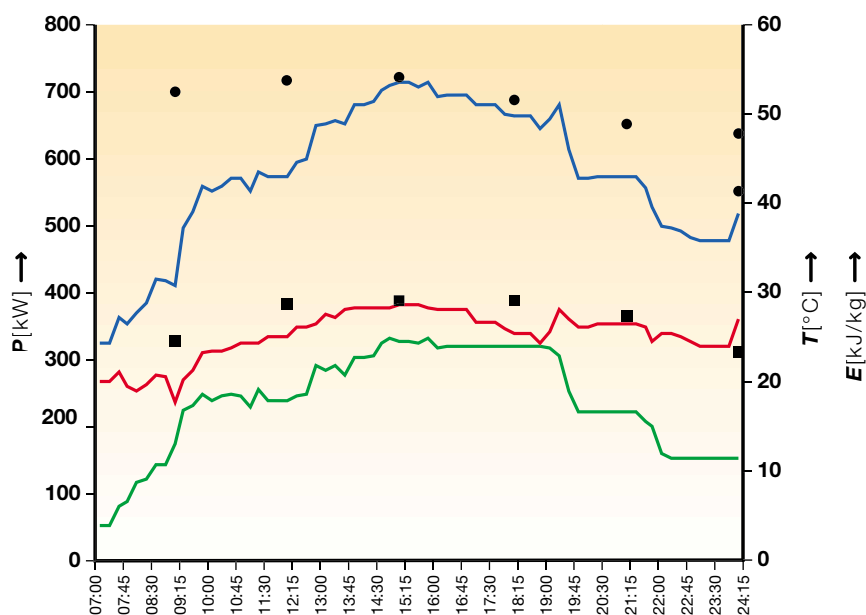


4 Impact du « refroidissement local » sur les variations de température de l'air ambiant

E Enthalpie de l'air extérieur ●

T Température de l'air extérieur ■

P Demande (bleu), consommation (rouge), récupération de froid (vert)



Démonstration par l'exemple

Le *Tableau* de la page 43 dresse le bilan des consommations de chauffage du bâtiment industriel du projet DEMLOCS, pour les

saisons 1997-98 et 1998-99. Les colonnes «Demande» indiquent la chaleur fournie par le réseau de chauffage urbain, couplée à celle récupérée des unités ThermoNet®, tandis que les colonnes «Consommation» ne prennent en

Des bénéfices tous azimuts

Le refroidissement local ne manque pas d'arguments environnementaux et économiques pour séduire les gestionnaires de parcs immobiliers.

Généralités:

- Utilisation des calories excédentaires, en substitution de l'électrique
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre (CO_2)
- Absence de fluides frigorigènes HFC/HCFC
- Fiabilité du réseau de fourniture d'énergie
- Amélioration du coefficient de performance

Avantages pour les gestionnaires:

- Baisse de l'investissement de départ et du coût d'exploitation des bâtiments
- Absence de compresseurs
- Maintenance moindre
- Consommation d'électricité réduite
- Meilleur aménagement de l'espace
- Fiabilité accrue
- Plus grand respect de l'environnement
- Absence de bruit et de vibration (typiques du refroidissement par compresseur)

compte que la chaleur du chauffage urbain. Notons au passage que les consommations totales de 6,2 et 6,3 kWh/m³ sont exceptionnellement basses. En effet, les minima enregistrés par l'association MOTIVA (créée par le Ministère du Commerce et de l'Industrie finlandais dans le but de promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie), pour des milliers de bâtiments en Finlande, atteignent plus du

Tableau: Consommation de chauffage (en kWh/m³) d'un local industriel durant les saisons de chauffe 1997-98 et 1998-99 (hors eau chaude sanitaire)

Mois	Période de chauffe 1997-98 Demande	Période de chauffe 1998-99 Demande	Période de chauffe 1997-98 Consommation	Période de chauffe 1998-99 Consommation
Septembre	0	0,1	0	0
Octobre	0,8	1,4	0,3	0,4
Novembre	1,7	2,0	0,9	0,9
Décembre	3,2	2,8	1,9	1,3
Janvier	3,1	3,0	1,7	1,3
Février	1,8	2,7	0,8	1,2
Mars	1,4	2,5	0,4	0,8
Avril	1,1	2,1	0,2	0,3
Mai	0,6	0,9	0,1	0,1
Total	13,5	16,4	6,2	6,3

double de ces valeurs, la moyenne s'établissant même à 46 kWh/m³.

Hors saison de chauffage

Utilisation de la chaleur à basse température

La figure 3 illustre les températures de l'eau de refroidissement (alimentation et retour), en entrée et en sortie des unités ThermoNet®, ainsi que la consommation énergétique du local industriel. La température moyenne de l'eau du circuit d'alimentation est de 10°C (9 à 12°C), celle de l'eau du circuit de retour passant de 17,5°C à 22°C, parallèlement à la consommation de froid qui grimpe de 100 kW à 500 kW. La température de l'eau de refroidissement est nettement plus élevée et la différence de température avoisine le double de celle relevée habituellement en industrie.

Une solution pour écrêter les pointes de consommation

La façon dont ce principe de «récupération de froid» joue sur les variations de température de l'air ambiant est représentée en 4 : cette technique satisfait en effet plus de 45 % de la demande totale de 700 kW, soit 300 kW. Elle est moins sollicitée lorsque la température extérieure baisse et, avec elle, la demande de froid totale. Résultat : la consommation de froid est pratiquement constante, dans une plage de 380 à 270 kW, quelles que soient les variations de température extérieure (et, donc, les besoins en froid).

Bilan

La technique de «refroidissement local», développée en Finlande et au Danemark (Cf. encadré page 40), utilise une chaleur à basse température (celle du chauffage urbain

supérieure à environ 75 – 80°C). Toutefois, les mêmes résultats peuvent être obtenus partout où l'on dispose de calories excédentaires. Bien que cette solution soit le plus souvent associée au chauffage urbain, elle dispose de solides atouts pour être utilisée avec des sources d'énergie de tous types.

Auteur

Ilkka Salo
ABB Installaatiot Oy
PO Box 181
Fi – 00381 Helsinki
Finlande
Fax : +358 1022 28150
ilkka.salo@fi.abb.com