

Concept énergétique du nouveau siège de l'OMM à Genève

Autor(en): **Spoehrle, George / Joutet, François**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **127 (2001)**

Heft 05

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-80023>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Concept énergétique du nouveau siège de l'OMM à Genève

(ÉNERGIE)

Les solutions techniques écologiques peuvent aujourd'hui se révéler plus économiques et au moins aussi confortables que des variantes dites «traditionnelles». C'est en tout cas le pari qu'architectes et ingénieurs ont relevé pour le nouveau siège de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) à Genève, achevé en 1999. Totalement vitré, cet immeuble consomme pourtant très peu d'énergies non renouvelables, sans que ses utilisateurs ne souffrent du chaud ou du froid. Que ce soit pour le chauffage, le rafraîchissement ou la ventilation, c'est l'air qui fait tout. D'autre part, le sol et la masse considérable du bâtiment jouent leurs rôles de volant thermique et permettent de débarrasser l'immeuble de ses coûteux faux planchers et faux plafonds.

L'OMM en bref

Établie à Genève et forte de 185 membres, l'OMM est le porte-parole scientifique autorisé des Nations Unies pour tout ce qui concerne l'atmosphère et le climat de notre planète. La principale raison ayant conduit à la décision de construire un nouveau bâtiment pour l'OMM est l'augmentation régulière du nombre de ses collaborateurs, ainsi que l'accueil, dans un avenir proche, de divers programmes internationaux relatifs au climat et à l'environnement.

Concrètement, le mandat confié aux architectes Brodbeck et Roulet et au bureau d'ingénieurs ERTE (pour la partie CVCE¹) signifiait que le nouveau siège de l'OMM devait rester aménageable et actuel pendant au moins vingt ans après sa mise en service. Il devait se prêter aux nouvelles formes de travail qui impliquent toujours plus de mobilité et d'adaptation, sans transformations lourdes et coûteuses. D'autre part, son impact sur l'environnement devait rester minimal. Enfin, s'agissant du siège du gardien du climat mondial, il va de soi qu'il devait consommer un minimum d'énergie non renouvelable sans que le confort ne s'y trouve réduit pour autant.

Ajoutons qu'outre ces contraintes techniques, il importait de laisser les architectes s'exprimer aussi librement que possible. En bref, il s'agissait de construire un phare international pour l'énergie qui ait vingt ans d'avance sur son temps.

¹ Chauffage, ventilation, climatisation, électricité

L'immeuble

S'élevant sur quatorze niveaux et occupant un peu plus de 20 000 m², le bâtiment (fig. 1) abrite, outre la centrale de ventilation, soit le «poumon» de l'OMM aux 3^{ème} et 2^{ème} sous-sols, des installations techniques, parkings, salles de conférences, bureaux, et un restaurant au dernier niveau.

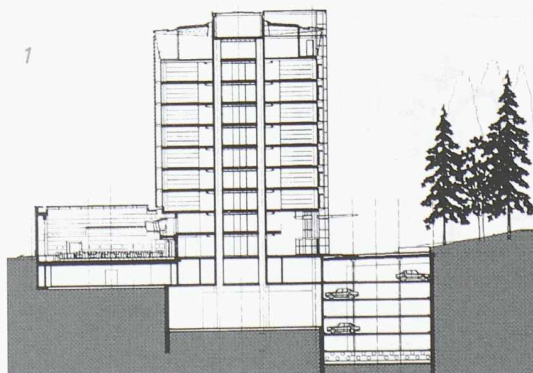
Concept énergétique

La multifonctionnalité omniprésente

Par définition, une installation ou un élément de construction dit multifonctionnel cumule plusieurs fonctions. Alliée à la planification intégrale, la multifonctionnalité permet de réaliser des synergies et des économies. L'exemple le plus frappant est celui du système de ventilation: il regroupe le chauffage, la ventilation, le rafraîchissement et l'humidification des locaux. La ventilation est presque entièrement intégrée à la structure porteuse verticale et horizontale du bâtiment. Cela permet de supprimer faux planchers et faux plafonds et de récupérer l'équivalent du prix d'un étage, à savoir près de dix millions de francs. Autre conséquence: la masse thermique du bâtiment augmente et le plancher peut être exploité pour le chauffage et le rafraîchissement du sol par l'air, pour l'installation du câblage informatique et pour la circulation du courant fort.

Esthétique

Toutes les installations de chauffage, ventilation, électricité et sprinkler étant incorporées dans les dalles, piliers et chapes, elles sont donc invisibles malgré l'absence de faux



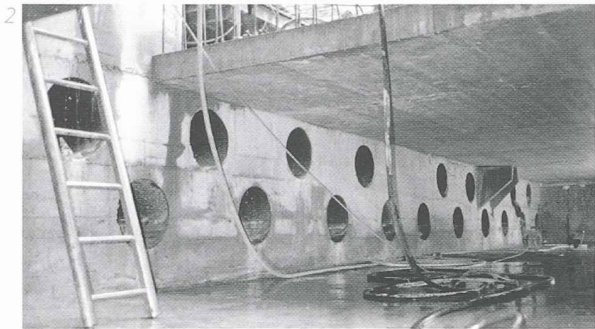


Fig. 1: Coupe générale de l'immeuble (Document Brodbeck & Roulet)

Fig. 2: Le plus grand puits canadien de Suisse est constitué d'un ensemble de tuyaux enterrés horizontalement dans les fondations du parking souterrain (Photo ERTE).

plafonds et de faux plafonds. Le volume intérieur des locaux peut donc être mieux exploité pour contribuer au confort visuel et à un aménagement totalement libre.

Rafraîchissement naturel

Selon le cahier des charges, la température ne doit pas dépasser les 28°C pendant le jour en été. Cette condition est obtenue par la ventilation naturelle, le puits canadien, la ventilation mécanique des batteries de froid (à titre de sécurité).

Rafraîchissement passif

Grâce à plus de 1200 impostes motorisées, 10 millions de m³ d'air (plus de cent fois le volume du bâtiment) traversent chaque nuit d'été tout le bâtiment évacuant ainsi 3 à 4°C de la chaleur accumulée pendant la journée. Toute la masse thermique du bâtiment se refroidit durant la nuit et crée la fraîcheur nécessaire à une nouvelle journée de travail agréable. Cette «climatisation» naturelle équivaut au travail d'une machine frigorifique d'une puissance excédant le MW qui fonctionnerait dix heures par jour. Quant aux fenêtres, les utilisateurs sont libres de les manipuler à leur guise.

Les trois escaliers de secours contribuent aussi au rafraîchissement du bâtiment. Hauts chacun de quarante mètres et munis de clapets motorisés, ils se muent durant la nuit en d'immenses cheminées d'air naturel. Entrant par les trente-six ouvertures latérales réparties à chaque étage pour s'échapper tout en haut par de grandes ouvertures, l'air atteint une vitesse de 50 km/h au huitième étage.

Ventilation mécanique

Lorsque c'est nécessaire, la régulation enclenche automatiquement la ventilation mécanique afin d'emmagasiner la fraîcheur de la nuit dans les dalles et dans le puits canadien. De plus, le dispositif d'extraction de l'air vicié des bureaux retire directement l'air réchauffé par les luminaires, pour éviter ainsi que ceux-ci ne contribuent à surchauffer les locaux en été.

Le plus grand puits canadien de Suisse

Climatiseur naturel par excellence, le puits canadien est enfoui dans les fondations épaisses du parking (fig. 2) pour préchauffer et pré-rafraîchir tout le bâtiment avec une puissance de l'ordre de 250 à 350 kW. Malgré un été 2000 particulièrement chaud (avec des pointes à 35°C) et nonobstant les inconnues subsistant encore quant aux réactions thermiques du puits, il n'a pas été nécessaire d'enclencher les batteries de froid durant la journée: tirant parti de la masse thermique du sol, le dispositif a en effet suffi à supprimer ces pointes.

Salles de conférence et cabines d'interprètes climatisées

Pour satisfaire aux exigences de l'Association Internationale des Interprètes (AIIC), les salles de conférence et cabines de traduction doivent être climatisées. Afin d'économiser de l'énergie, le pré-rafraîchissement s'effectue via le puits canadien. Une machine de production de froid par absorption couvre le reste des besoins en utilisant le couplage chaleur-force comme source. Cette configuration permet de garantir de longues heures de fonctionnement été comme hiver, le meilleur degré de préparation de l'alimentation de secours et une production de rejets polluants minimale du couplage chaleur-force. D'après les indications des responsables, les utilisateurs des salles de conférence et des cabines d'interprètes sont très satisfaits du confort obtenu grâce à ce concept.

Les bureaux tempèrent les parkings

Hiver comme été, c'est l'air vicié extrait du bâtiment principal qui assure le renouvellement de l'air du parking souterrain, repoussant l'air vicié du parking à l'extérieur. En hiver, cet air arrive réchauffé par le bâtiment.

Comme le puits canadien se trouve enseveli sous le parking, lui-même en bonne partie enterré dans le terrain, l'air circulant dans le garage influence la température de celui qui passe dans le puits. Par conséquent, en récupérant la chaleur de l'air vicié chaud arrivant en hiver dans le parking depuis le bâtiment, le puits canadien préchauffe l'air frais qui va y être pulsé à 35°C par les batteries monobloc. En été, pendant la journée, l'air neuf entre et perd une dizaine de degrés en passant par le puits. Il est pulsé à travers l'immeuble par les batteries de monoblocs à 22°C, renouvelle l'air des bureaux et du garage tout en abaissant la température de l'ensemble. La nuit, l'aération naturelle rafraîchit l'ensemble et «recharge» le garage en froid, c'est à dire qu'elle évacue une partie de la chaleur du garage et donc du puits canadien, accumulée durant le jour. Globalement, l'utilisation de l'ensemble parking + puits canadien comme régulateur thermique participe aussi au confort des usagers du garage, puisque ce dernier est constamment tempéré, sans aucune installation ou dépense d'énergie supplémentaire.

L'air du garage pour la tour de refroidissement

La tour de refroidissement reçoit de l'air «froid» du garage. L'air du parking souterrain, soit l'air vicié extrait de l'immeuble, n'est pas seulement expulsé vers l'extérieur. Avant cela, il est exploité une dernière fois dans la tour de refroidissement, dont les dimensions ont ainsi pu être réduites, ce qui induit des économies d'énergie et de frais d'exploitation non négligeables au cours des années.

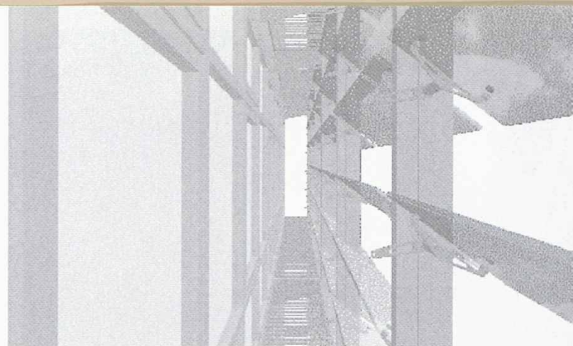
Fig. 3: Principe de fonctionnement du puits canadien en hiver et en été (Document ERTE).

Fig. 4: La coursive périphérique, située entre deux parois vitrées, isole le bâtiment selon le principe du «thermos». Les lames brise-soleil orientables s'ouvrent l'été, permettant un rafraîchissement naturel (Document Brodbeck & Roulet).

Fig. 5: Espace de travail modulaire (Photo ASIG).

Fig. 6: Le couplage chaleur-force, produit de la chaleur, du froid, de l'électricité, sert de groupe de secours et réduit les puissances énergétiques de pointe (Photo Lucien Duren).

Fig. 7: Le fluide utilisé, l'air, ventile, chauffe et rafraîchit tout le bâtiment. Se passant de réseau spécifique, il emprunte les piliers creux en acier de la structure porteuse (Photo ERTE).



Une façade dynamique qui s'adapte au climat

Pour exploiter au maximum la lumière naturelle, le bâtiment est entièrement vitré. Ses façades ont été étudiées selon une conception énergétique particulière exploitant l'effet «thermos»: elles sont constituées de plusieurs couches isolantes et forment une double peau (ou double façade). Pour réduire les infiltrations de la bise hivernale bien connue des Genevois (vent du nord), une paroi vitrée fixe précède la façade nord et forme un bouclier. Pour lutter contre la chaleur estivale sans faire appel à la climatisation, la façade sud est composée de brise-soleil mobiles (fig. 4). En hiver, ces derniers se ferment et forment avec le bouclier nord un véritable manteau de protection.

Un éclairage intelligent sans interrupteurs

Selon des statistiques, 60% des utilisateurs ne se préoccupent pas d'éteindre la lumière lorsqu'ils quittent un local. Pour éviter ce gaspillage coûteux, un système de régulation intelligente polyvalent a été installé.

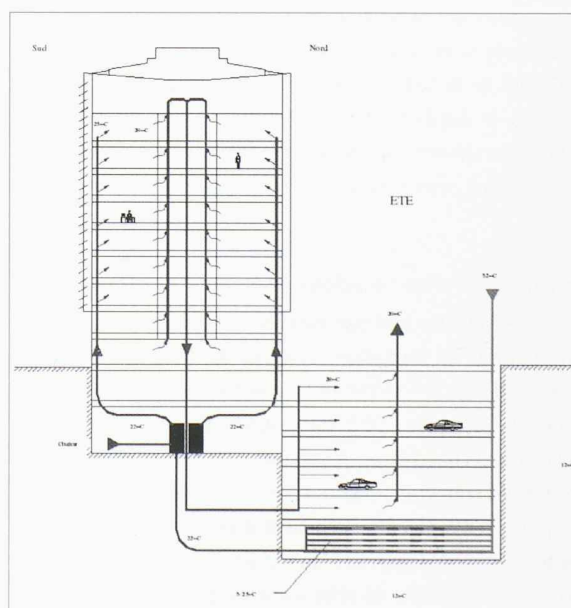
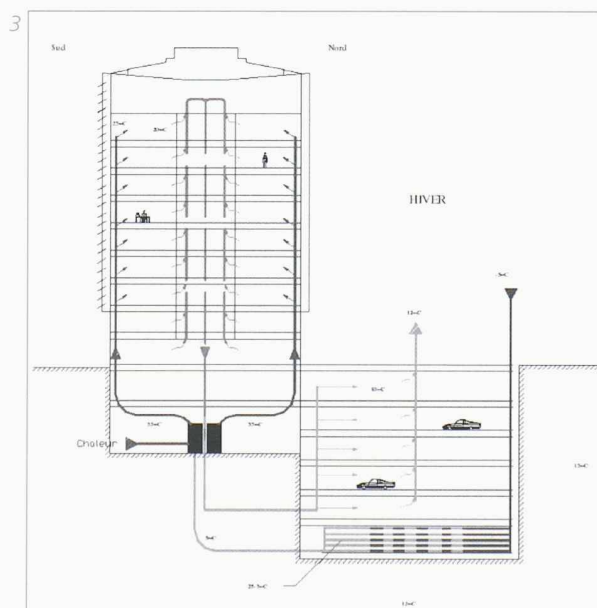
- **Sondes de luminosité:** la luminosité est constamment mesurée grâce à des sondes réparties dans tout le bâtiment. Lorsque la valeur limite prédéfinie est atteinte, les luminaires s'enclenchent automatiquement. Ces mêmes sondes agissent aussi sur l'intensité de la lumière.
- **Détecteurs de présence:** des détecteurs de présence infrarouges pilotent l'éclairage des locaux en fonction de leur occupation. L'arrivée d'une personne dans un local est repérée et communiquée aux luminaires reliés à la sonde, qui fonctionnent donc uniquement en cas de besoin réel.

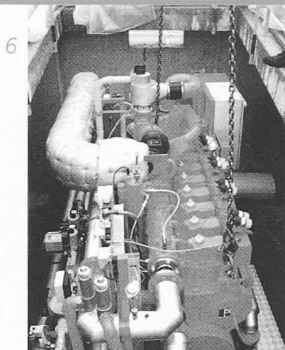
- **Le téléphone est utilisé comme interrupteur:** il n'y a aucun interrupteur sur les parois des bureaux. L'intensité lumineuse de l'éclairage électrique est modulée par le biais des touches du téléphone fixe. Ce concept, inédit et mis au point par ERTE, évite la pose de milliers d'interrupteurs sur les parois, ce qui est essentiel dans le concept de modularité des bureaux. A l'avenir, ce sont des téléphones mobiles qui serviront d'interrupteurs.

Structure modulaire - actuelle et adaptable pendant vingt ans

L'absence de faux plafonds favorise un maillage serré de possibilités de cloisonnement (tous les 90 cm). Chaque module dispose des éléments de ventilation, d'éclairage, d'alimentation électrique et de transmission de données (fig.5). Comme toutes les installations de chauffage / ventilation sont incorporées dans les dalles et les chapes et parce qu'aucun câblage électrique n'est intégré aux parois de séparation des locaux, il est possible de transformer les bureaux et donc leurs dimensions, tout en préservant leur confort, par déplacement des parois au gré des besoins. Les installations de ventilation, de courant fort, de téléphone ou d'éclairage ne bougent pas. Seule une reprogrammation du BUS LON (Lonmark) pour l'éclairage est nécessaire. En quarante-huit heures, il est ainsi possible de réaménager un groupe de cinq à six bureaux sans difficulté et sans frais techniques.

Preuve de l'efficacité de cette modularité: depuis l'inauguration du bâtiment en mai 1999, vingt bureaux ont déjà été modifiés en un temps record et sans autres frais que quelques retouches de peinture.





Chauffage

Selon le cahier des charges, la température minimale doit être de 21°C pendant le jour en hiver. Cette condition est assurée par l'isolation thermique, la récupération de la chaleur contenue dans l'air vicié, le puits canadien et le chauffage au moyen d'un couplage chaleur-force de 630 kW et d'une chaudière de sécurité de 470 kW, les deux fonctionnant au gaz (fig.6).

Le chauffage est géré par zone de manière automatique. Le bâtiment et les étages ont été découpés en sept zones, définies selon l'orientation géographique. L'exemple suivant illustre la manière dont les facteurs mentionnés ci-dessus contribuent à un chauffage efficace. L'hiver 1999-2000 a connu au moins une période de température inférieure à -10°C. Or malgré une panne du couplage chaleur-force à ce moment-là, la petite chaudière de secours a suffi à maintenir la température minimale, celle des locaux inoccupés ayant momentanément été abaissée au profit des espaces utilisés.

Centrale météorologique complète

Placée sur le toit, une centrale météorologique complète relève constamment les paramètres pertinents (température, vitesse et orientation du vent, ensoleillement, pluviométrie, etc.) et les transmet à l'ordinateur central qui gère les installations de façon optimale.

Les piliers-gaines

A la fois piliers du bâtiment et gaines de ventilation, les piliers-gaines furent initialement conçus comme des éléments creux ou en béton plein, d'un diamètre de 22 cm. Après de nombreux calculs et plusieurs études, les architectes et les ingénieurs civils ont finalement accepté de les agrandir pour laisser passer l'air destiné à alimenter les distributeurs à chaque étage (fig. 7). De ces distributeurs, l'air transite par des tubes souples jusqu'aux grilles de pulsion (ou bouches d'air) en façade, dans chaque élément, pour arriver finalement dans les bureaux qu'il ventile, chauffe ou refroidit.

Premiers résultats

Les tests et observations effectués pour prouver la faisabilité d'un bâtiment 100% vitré ont montré que:

- une façade double peau - fixe au nord pour protéger le bâtiment des vents froids et mobile au sud pour s'adapter aux saisons - est indispensable;
- la protection solaire est obligatoire et elle doit se trouver complètement à l'extérieur du bâtiment;
- l'écartement des deux parois vitrées formant «thermos» doit être de 60 à 80 cm pour éviter l'effet de serre;

- le bâtiment lui-même – soit la structure porteuse verticale et horizontale – doit être thermiquement actif et participer au chauffage et au rafraîchissement des bureaux (multifonctionnalité); il importe avant tout de ne pas isoler les dalles «actives» par des faux-planchers ou des faux-plafonds, afin de profiter pleinement de leur effet de régulateur ou de stockage thermique;
- la multifonctionnalité permet d'abaisser les coûts de construction de façon surprenante, tout en améliorant le confort thermique des occupants, notamment en été;
- la multifonctionnalité et la planification intégrale permettent des concepts énergétiques aussi évolués et perfectionnés que celui de l'OMM;
- la planification intégrale fait éclater les hiérarchies verticales habituelles en favorisant le travail horizontal entre mandataires et corps de métier;
- les solutions écologiques ne sont pas forcément plus chères ou moins confortables que les autres.

Bilan de dix-huit mois de fonctionnement

Si l'absence, à ce jour, de mesures réalisées après l'entrée en fonction du bâtiment exclut les conclusions définitives, on peut en revanche affirmer que l'installation de chauffage, climatisation et ventilation (naturelle ou mécanique) fonctionne bien (voir encadré page suivante).

De manière générale, le nouveau siège de l'OMM est certainement un bâtiment qui s'est distingué par le très faible nombre de «problèmes de jeunesse» posés au bureau d'ingénieurs. Et les difficultés ne sont pas apparues où l'on aurait pu s'y attendre en priorité: bien qu'aucune référence technique n'existe sur les piliers-gaines par exemple, ils fonctionnent comme prévu, alors que le couplage chaleur-force (technique pourtant largement répandue) a présenté bien davantage de défaillances.

Conclusions

Une première leçon porte sur la manière d'aborder la construction. Le nouveau siège de l'OMM, particulièrement économique et faible consommateur d'énergie, n'a pu voir le jour que parce qu'il résulte de la mise en œuvre de formules comprises et adaptées et non pas de l'application systématique de recettes toutes faites. L'une de ces recettes, qui confine au phénomène de mode, aurait consisté à réaliser des plafonds froids/chauds. Une solution dont les résultats sont garantis, certes, mais au prix d'une installation supplémentaire, en l'occurrence un dispositif de ventilation séparée! Il ne faut pas se leurrer: trouver de nouvelles solutions pour réaliser des bâtiments moins chers et moins polluants exige du

FONCTIONNEMENT DU Puits CANADIEN

Le puits canadien est un échangeur de chaleur géothermique constitué d'une série de tubes horizontaux enfouis dans le sol dans lesquels l'air neuf transite avant d'être aspiré par le bâtiment. Il permet de préchauffer l'air neuf en hiver et de le rafraîchir en été. Le puits canadien de l'OMM a été disposé dans les fondations du parking souterrain, en profitant de l'excavation nécessaire pour ce dernier. Il est constitué de deux réseaux de tubes PE en parallèle, disposés dans un remblai de béton maigre à 15 m sous la dalle du garage. L'air est aspiré par deux bouches au-dessus du garage et, après un passage dans les tubes, il est conduit à l'entrée du monobloc d'aspiration, puis de l'échangeur avec un débit nominal de 220 000 m³/h.

Pendant l'été, la fraîcheur du sol entourant les tubes sert à refroidir les bureaux. A la fin de la belle saison, cette masse thermique atteint 25°C environ et permet de préchauffer l'air froid extérieur pour l'hiver. Au printemps, cette masse a cédé sa chaleur à l'air et s'est refroidie à environ 3°C. Remarquons que plus les écarts de température sont grands, plus la performance du puits canadien est élevée. Pendant l'été, la température moyenne du terrain au centre du puits canadien suit d'assez près les réchauffements de la température moyenne extérieure, avec un décalage de quelques semaines. On peut donc considérer que la durée de vie caractéristique du stockage est de cet ordre de grandeur, ce qui permet de gagner de l'air frais de climatisation essentiellement en début d'été. Cette période d'utilisation en rafraîchissement pourra être allongée si la régulation prend la précaution de régénérer le stock en utilisant l'air frais nocturne chaque fois que sa température est inférieure à celle du terrain. Cette fonction a été prévue pour l'OMM.

Par contre, la période d'hiver est caractérisée par une stagnation de la température du terrain entre 3 et 5°C, nettement au-dessus de la température moyenne journalière. Il est probable que la chaleur extraite est régénérée par la chaleur du terrain provenant des couches plus profondes, avec un déphasage de quelques semaines à quelques mois.

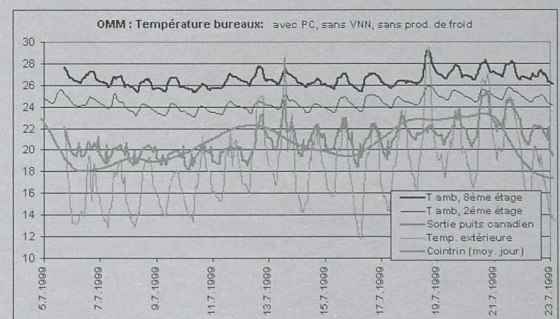
Notre expérience des puits canadiens permet de formuler les conclusions suivantes.

- L'énergie thermique gagnée est importante, alors que l'électricité consommée spécifiquement pour transporter l'air à travers le puits canadien est très faible. Le facteur d'amplification électrothermique varie de 10 à 50 en fonction de la saison, de la température, de l'intensité de l'utilisation, des débits d'air, ainsi que du nombre et du diamètre des tubes. Par comparaison, ce facteur d'amplification varie de 3 à 5 pour une pompe à chaleur et de 8 à 15 pour une ventilation à double flux.
- L'économie d'énergie réalisable en hiver n'est pas totalement cumulable avec d'autres systèmes de récupération d'énergie sur l'air.
- Le potentiel estival le plus intéressant réside surtout dans les bâtiments administratifs en raison de leur forte charge thermique interne.
- L'exploitation d'un puits canadien est compatible avec le standard MINERGIE.
- La recherche en matière de puits canadiens s'oriente actuellement vers des systèmes faisant appel à de l'eau à la place de l'air, car ils nécessitent moins de surface à rendement égal.

Caractéristiques techniques du puits canadien de l'OMM:

Caractéristiques	Valeur
Nombre de tubes:	2 x 22
Longueur de chaque tube:	48 m
Longueur totale des tubes: en PE de 500 mm de diamètre:	2 x 22 x 48 = 2 112 m
Débit d'air (total pour les 2 monoblocs):	220 000 m ³ /heure
Nombre de monoblocs de pulsion d'air:	15
Puissance de chauffage:	140 à 210 kW
Puissance de refroidissement:	210 à 350 kW
Masse thermique active:	6 000 m ³

Courbes de températures (fig. 7)



Mesurées à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment, ces courbes des températures montrent comment les locaux sont tempérés grâce à la seule inertie thermique. Celle-ci agit à travers le puits canadien et les dalles de l'immeuble.

temps, notamment pour vérifier les nouveaux concepts. L'erreur à ce niveau peut se révéler coûteuse, puisqu'en matière de construction, le prototype est souvent le bâtiment final.

Une deuxième conclusion concerne la fiabilité des systèmes: les plus sûrs sont les systèmes dits «passifs», soit ceux qui ne comportent que peu ou pas du tout de pièces mécaniques, ou alors ceux dont la structure est simple, même si leur conception est récente. En d'autres termes, plus un système mécanique est complexe, moins il est fiable, même s'il a été éprouvé des années durant. Quant aux problèmes rencontrés, ils ont la plupart du temps une origine humaine, qu'il

s'agisse d'une gestion inadéquate des installations, de négligence lors de l'exécution ou de laxisme au niveau des réglages, de la finition et de l'entretien.

Les techniques traditionnelles ne rivalisent donc plus aussi facilement avec de nouveaux concepts, et si elles ne sont pas encore condamnées au nom de la protection de l'environnement, ce sera très probablement le cas dans un avenir proche. Aujourd'hui, priorité peut être donnée aux solutions écologiques et surtout économiques, car celles-ci ne relèvent plus du domaine de l'utopie. Elles existent, elles sont bien là, fiables, durables et exemptes de risques non calculés.