

Gare de Lucerne: priorité aux énergies de substitution

Autor(en): **Bringmann, Axel / Nauer, Albert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **113 (1987)**

Heft 22

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76444>

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.

Gare de Lucerne : priorité aux énergies de substitution

par Axel Bringmann, Winterthour, et Albert Nauer, Kriens (Lu)

La conception énergétique du site de la gare de Lucerne ouvre de nouveaux horizons et bannit complètement le mazout : lorsque le projet sera entièrement exécuté, quelque 1,5 million de litres seront économisés annuellement. Au mazout cependant, on ne substituera pas que le gaz, agent énergétique importé ; les deux tiers environ de l'énergie à produire le seront à partir de sources locales renouvelables : eau du lac (pompe à chaleur), bois, électricité (énergie hydraulique).

Les CFF (Chemins de fer fédéraux) et les PTT ont conçu le projet de la gare de Lucerne comme une réalisation d'avant-garde dans le domaine énergétique, qui prévoit l'utilisation de sources d'énergies renouvelables (fig. 1)¹.

La première étape de ce projet exemplaire, au bout de seulement quatorze mois de travaux, s'est terminée à la fin de 1984 : elle comprend la centrale énergétique assurant l'approvisionnement en chaleur et en froid d'un bâtiment postal, d'un immeuble d'habitation avec magasins (*Inselquai*) et de la gare en voie de construction actuellement (y compris les

boutiques prévues), un centre de formation et un immeuble administratif. Simultanément, on produit de l'électricité. Il s'agit d'une installation à énergie totale, dans laquelle l'énergie utilisée est presque totalement convertie en énergie utile.

L'appel d'offres concernant les installations techniques a eu lieu en automne 1979 dans toute la Suisse ; on voulait ainsi s'assurer que la conception énergétique du groupe de bâtiments en cours de construction serait judicieuse et qu'elle répondrait à des critères d'ordre économique, technique et écologique.

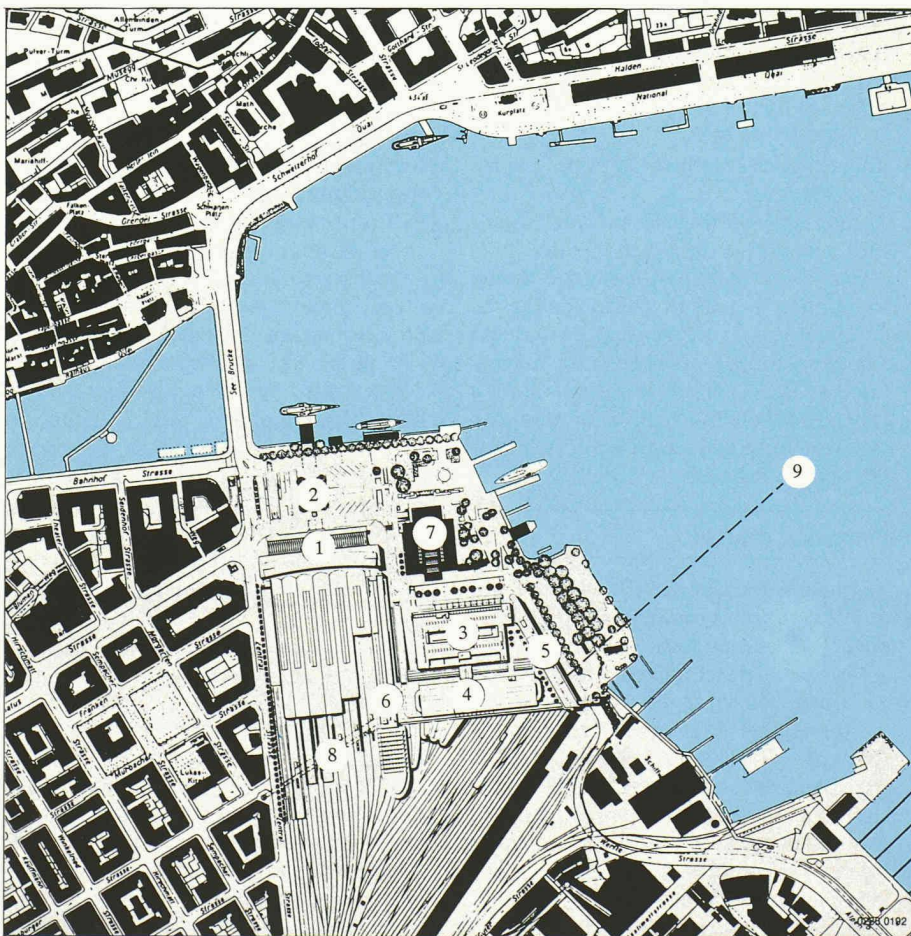


Fig. 1. — Plan du quartier de la gare de Lucerne.

- | | | |
|---|---|--|
| 1. Bâtiment de la gare | 4. Parking | 7. Centre des congrès et de la culture |
| 2. Pl. de la Gare, sous-sol (gal. marchandes) | 5. Bât. « Inselquai » abritant la centrale énerg. | 8. Pass. souterr. à l'usage de la poste et du public |
| 3. Bâtiment de la poste | 6. Centre de formation professionnelle | 9. Conduite de transport de l'eau du lac |

Protection de l'environnement

Les énergies – gaz, électricité, eau du lac – sont considérées comme propres car leur utilisation n'entraîne presque aucune émission polluante. Ne dégageant pas de soufre, le bois présente un avantage, surtout par rapport au mazout : ce n'est qu'en cas de combustion partielle qu'il émet une odeur gênante, ce qui ne se produit pas dans une installation bien surveillée.

Les émissions, 100 mg/m³ de particules de cendres (poussière), sont réduites au maximum et, du fait de la courte durée d'exploitation des pointes, sont d'un ordre de grandeur négligeable.

Aujourd'hui, il apparaît que ce projet tient toutes ses promesses et qu'il répond aux attentes qu'on avait placées en lui. Cela est vrai aussi bien de l'exécution d'un plan avancé que du fonctionnement de l'installation elle-même et de la fiabilité des composants utilisés.

Système

Le système d'approvisionnement énergétique (voir encadré en page suivante) a été élaboré par le groupe formé des sociétés Polke + Ziege AG et Brauchli + Amstein AG.

Trois alternateurs entraînés par moteur à gaz produisent le courant nécessaire aux pompes à chaleur ; celles-ci utilisent l'eau du lac comme source chaude. Les rejets thermiques des moteurs à gaz peuvent être mis à profit pour l'approvisionnement des divers équipements. Des chaudières à copeaux de bois, fonctionnant au gaz en cas d'urgence, couvrent les charges de pointe. Elles ne sont cependant enclenchées qu'en cas de grands froids, sinon les pompes à chaleur et les rejets thermiques des moteurs à gaz sont à même de couvrir la totalité des besoins en chaleur. La température de l'eau de chauffage des bâtiments est de 70/40°C. Les travaux ont été adjugés en 1983 et exécutés en quatorze mois.

Approvisionnement en énergie

Différentes énergies nécessaires au fonctionnement du système sont utilisées alternativement en fonction des impératifs de rentabilité.

1. Electricité

5% environ des besoins énergétiques ; sert à la production d'eau glacée avec une unité de stockage de froid et à la valorisation des rejets thermiques en été ; en hiver, l'eau du lac est utilisée en tant que source de chaleur.

2. Gaz naturel

38% ; sert aux moteurs entraînant les alternateurs, avec utilisation des rejets thermiques des moteurs à des fins de

¹Voir référence bibliographique en fin d'article.

Caractéristiques techniques*Installation de soutirage de l'eau du lac*

Réservoir primaire	100 m ³
Bassin de remise	145 m ³
Débit	720 m ³ /h
Capacité de remise	1100 m ³ /h

Installation de pompes à chaleur

Nombre de pompes à chaleur/ machines frigorifiques	4
Puissance calorifique	4 × 440 kW = 1760 kW
Puissance frigorifique	4 × 320 kW = 1280 kW

*Refroidissement d'eau du lac
accumulateur de glace*

Capacité des bassins	4 × 72 m ³ = 288 m ³
Circulation d'eau	4 × 1000 m ³ /h
Surface d'évaporation	2800 m ²
Echangeur frigorifique séparé	2 × 670 kW = 1340 kW

*Unités de moteur à gaz/alternateur
(installation à énergie totale)*

Nombre d'unités	2
Puissance calorifique	2 × 678 kW = 1356 kW
Puissance électrique active	2 × 374 kW = 748 kW

Chaudière à copeaux

Puissance calorifique	2 × 1600 kW = 3200 kW
Capacité des silos	2 × 300 m ³ = 600 m ³

Remplissage à partir de wagons spéciaux des CFF, d'une capacité unitaire de 60 m³

Système de télégestion centralisée

- 1000 points de collecte de données (environ),
- programme utilisateur, programme d'optimisation, programme gestion commerciale (calcul des frais d'exploitation),
- 5 sous-stations, 2 sous-centrales, 1 mini-ordinateur,
- périphériques: 1 terminal couleur, 1 terminal noir-blanc, 1 imprimante de procès-verbaux, 2 imprimantes d'annonce des perturbations, 1 traceur, 1 dispositif décentralisé de calcul commercial, 1 imprimante décentralisée d'annonce des perturbations destinée au centre d'entretien de l'exploitant.

L'aménagement final prévoit 6 pompes à chaleur et 3 unités moteur à gaz/alternateur.



Fig. 2. — Centrale de pompes à chaleur: les unités à moteur électrique reposent sur des socles en béton, eux-mêmes disposés sur des amortisseurs de vibrations.

chauffage, et à la production de courant électrique pour l'entraînement des pompes à chaleur (en cas d'urgence aussi pour le fonctionnement des chaudières).

3. Eau

41% environ; pour le chauffage, soutirée du lac des Quatre-Cantons, sert de source chaude alimentant les pompes à chaleur à moteur électrique.

4. Copeaux de bois

16% environ; combustible utilisé par les chaudières.

Après l'appel d'offres, les travaux portant sur l'élaboration du projet détaillé, l'exécution de l'installation à énergie totale, les pompes à chaleur et les installations de chauffage et de ventilation ont été adjugés à Sulzer, succursale de Kriens-Lucerne. Les chaudières automatiques à copeaux ont été fournies par Schmid AG et le système d'adduction d'eau du lac par W. Stäubli Ing. AG.

Pompes à chaleur

Les pompes à chaleur (fig. 2) sont des unités compactes montées sur des socles en béton, eux-mêmes reposant sur des amortisseurs de vibrations. L'installation est convertible en ce sens qu'on peut passer du régime d'été au régime d'hiver. Chaleur et froid sont toujours produits simultanément et le système offre la possibilité d'accorder la priorité soit au froid soit au chaud. L'eau du lac est transportée par une conduite spéciale (fig. 3) dans le bassin de stockage de glace (fig. 4).

Dans ce bassin sont disposés les évaporateurs à plaques (source de chaleur) des pompes à chaleur. Leur nettoyage est aisé et l'intrusion de micro-organismes est évitée. C'est dans ce même local que se trouvent les échangeurs de chaleur servant à la production d'eau glacée. En été,

il n'est fait aucune utilisation de l'eau du lac. L'évaporation a lieu en détente humide. En régime d'été, une couche de glace de 2 cm peut se former durant la nuit dans les échangeurs à plaques. Du fait de ce mode de fonctionnement, l'eau passant par les échangeurs fait fondre cette glace progressivement en cours de journée (fig. 5). Les moteurs des pompes étant les seuls dispositifs fonctionnant à l'électricité, la consommation de courant pendant les heures de pointe du jour est fortement réduite. Comme le système frigorifique fonctionne au R12 au lieu du R22, on enregistre des températures de compression plus élevées pour des pressions basses. De même, les températures d'eau chaude dans le condenseur des groupes pompes à chaleur sont plus élevées. L'eau de chauffage est conduite des condenseurs vers les réservoirs d'eau chaude. En régime de chauffage pur, on obtient ainsi une période de pleine charge prolongée et on réduit la fréquence d'enclenchement et de déclenchement des pompes à chaleur et des moteurs à gaz. Cette façon de faire permet d'exploiter rationnellement l'installation.

Couplage chaleur-force : installation à énergie totale

Les alternateurs sont entraînés par des moteurs à gaz; les groupes reposent sur des amortisseurs de vibrations et sont logés dans une cabine insonorisée. Il s'agit de moteurs à quatre temps conçus spécialement pour le fonctionnement au gaz, et à démarrage automatique (fig. 6). La chaleur de l'eau de refroidissement des moteurs et des gaz d'échappement est collectée par les circuits d'eau séparés et est cédée au circuit d'eau de chauffage. La chaleur se dégage des moteurs à gaz à l'intérieur de la cabine insonorisée

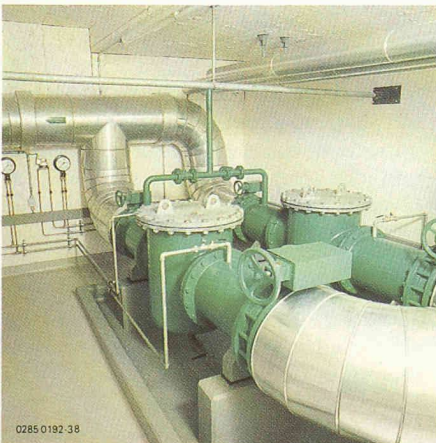


Fig. 3. — Aménée d'eau du lac utilisée comme source de chaleur; station de filtrage.

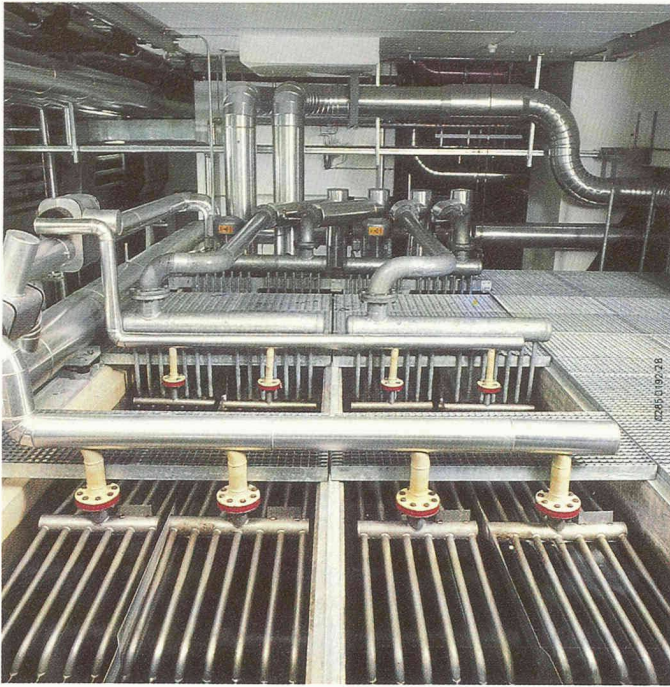


Fig. 4. — Le bassin à glace et les échangeurs à plaques servant à la production d'eau glacée.

sert à relever la température de la source de chaleur et permet d'augmenter encore la température de l'eau de chauffage en aval de la pompe à chaleur. Les pompes à chaleur et les moteurs à gaz utilisent le même circuit d'eau de chauffage. Lorsque toute l'installation sera terminée, ils produiront ensemble 55% de la puissance calorifique requise.

Les alternateurs alimentent directement le réseau basse tension - 380/220 V, 50 Hz - du bâtiment. Par synchronisation, il est possible de faire fonctionner les alternateurs parallèlement au réseau. Si la chaleur produite de la sorte ne couvre pas les besoins, deux chaudières peuvent encore être enclenchées successivement.

Chaudières à copeaux

Deux chaudières (fig. 7 et 8) peuvent être enclenchées successivement afin de couvrir 15% des besoins annuels correspondant à 30 ou 40 jours de grands froids. Le combustible, soit les copeaux, est livré par wagons et déchargé dans deux silos au moyen d'un dispositif d'aspiration mécano-pneumatique. L'air est ensuite purifié par deux filtres à manche avant d'être évacué à l'extérieur. Les deux silos, d'un diamètre de 8 m et d'une capacité totale de 600 m³, contiennent une quantité de bois permettant de couvrir 40% environ des besoins hivernaux, ce qui représente un convoi de 10 wagons. Les parois des silos sont munies de jalousies, ce qui permet d'aérer le bois. Une protection contre les retours de flamme existe sous forme de clapets logés derrière les chaudières. Des vis sans fin assurent le vidage des silos et le transport des copeaux vers un silo intermédiaire. De là, ils sont amenés vers les foyers par une autre vis sans fin. La combustion est

amorcée par une soufflante électrique à air chaud. L'air comburant est fourni par un ventilateur. Ce flux d'air favorise une combustion à faibles émissions. C'est ici que ressort le côté écologique de l'installation car le combustible est exempt de soufre et les durées d'exploitation des chaudières sont courtes. Les valeurs limites de pollution ne sont pas dépassées du fait qu'on n'enregistre que 100 mg de substances solides (cendres volantes) par mètre cube de gaz d'échappement et une teneur en oxygène de 13%. Aucune émanation malodorante n'a été signalée dans les environs. Cependant, il est important que le bois soit de bonne qualité et sec pour obtenir une combustion

propre et intégrale. A cet effet, son achat est assorti de sévères conditions. C'est ainsi que la teneur en eau est limitée à 15% au maximum et qu'il doit se composer de 90% au moins de bois dur, le reste pouvant être du bois tendre. Il doit être livré en copeaux de 10 × 20 × 5 mm. C'est ainsi qu'on obtiendra un pouvoir calorifique inférieur de 16700 kJ/kg. Dans des cas exceptionnels, les chaudières peuvent être converties rapidement au gaz.

Commande et régulation

Un système de télégestion centralisée, assisté par ordinateur performant à commande numérique directe, a été mis en

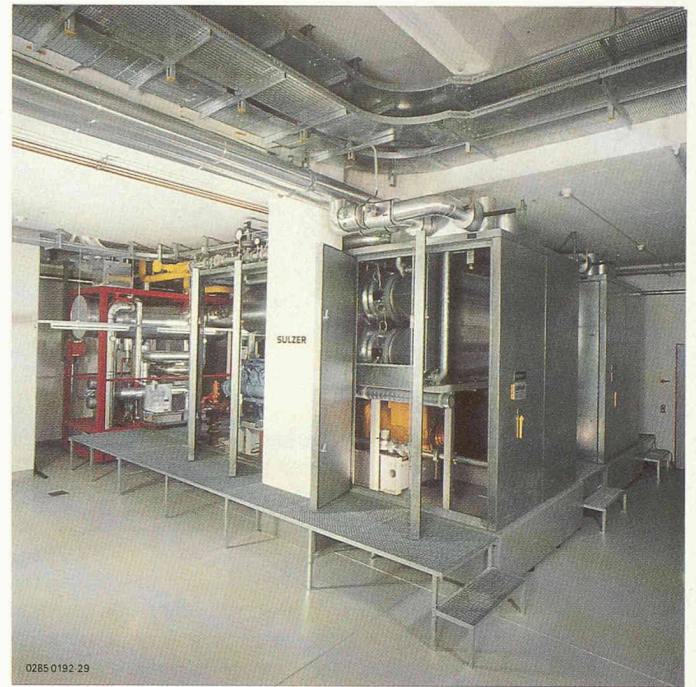


Fig. 6. — Salle des machines comprenant les composants du couplage chaleur-force: alternateurs à moteur à gaz disposés dans la cabine insonorisée dont l'habillage est partiellement démonté; à l'arrière-plan, appareils de récupération des rejets thermiques des gaz d'échappement.

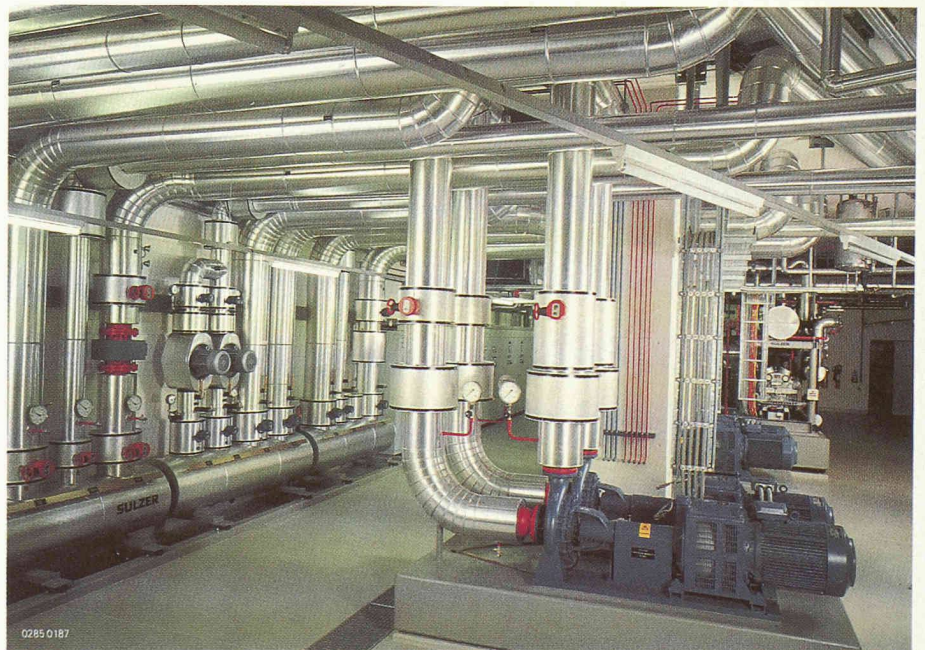


Fig. 5. — Adduction d'eau chaude et pompes Sulzer de transport d'eau.

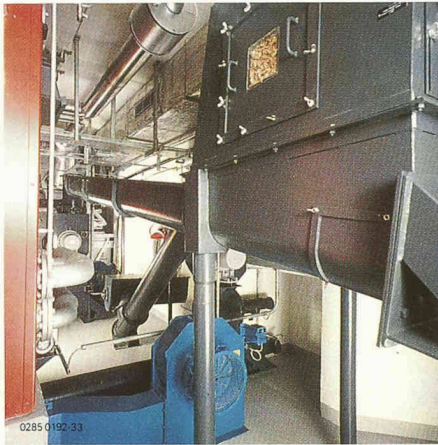


Fig. 7. — Chaudière à copeaux : à droite, système de transport et entreposage intermédiaire ; au premier plan, le ventilateur.

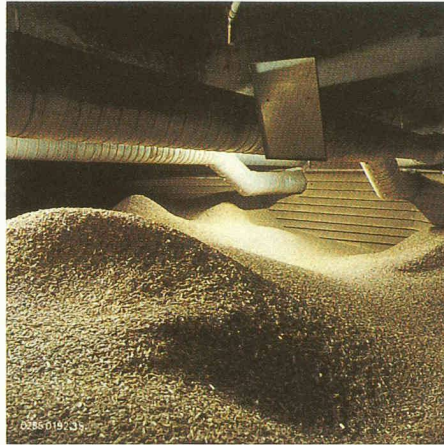


Fig. 8. — Intérieur du silo : on voit sous le plafond les canaux périphériques servant au transport des copeaux.



Fig. 9. — Poste de commande régissant la centrale énergétique, équipé d'un terminal couleur et d'un traceur.

place. L'exploitation peut ainsi être maintenue automatiquement à un régime optimal. Ce système comporte une centrale principale, deux sous-centrales et cinq sous-stations. Un terminal-écran et deux imprimantes (impression de procès-verbaux et de graphiques) permettent de garder en permanence l'ensemble des installations sous contrôle et d'en visualiser le fonctionnement (fig. 9). Si l'ordinateur central tombe en panne, les sous-centrales fonctionnent de manière indépendante.

Le logiciel est conçu de telle façon que l'installation génère de la chaleur le plus économiquement possible, de jour comme de nuit. Ecrans et imprimantes permettent un contrôle en temps réel

des pressions, températures, écart des valeurs de consigne, etc. Le personnel de service a aussi accès aux programmes. Les signaux de perturbation sont affichés automatiquement. Les alarmes sont transmises par téléphone à l'appartement du piquet de garde ou au veilleur de nuit du bâtiment postal voisin.

Les installations fonctionnent toujours de manière optimale étant donné que les 600 points de mesure sont interrogés en continu et que 81 combinaisons permettent de choisir le mode de production d'énergie le plus rationnel. L'ordinateur dispose à cet effet de 16000 pas de programme. Le décompte des frais d'exploitation, également informatisé, s'effectue au moyen de cette installation.

Conclusion

Les ingénieurs ont apporté tous leurs soins à l'étude du projet et au choix de matériaux de qualité destinés à l'ensemble du système ; ce faisant, ils ont

Cet article est paru dans la *Revue Technique Sulzer* 1/87. Nous remercions la société Sulzer Frères à Winterthour de nous avoir autorisés à le publier.

conçu une installation extrêmement performante. Le système (puissance de chauffage totale 6,3 MW) présente un coefficient de performance de 2, comparativement à une chaudière classique ayant un rendement de 80%. Cela signifie que l'installation de Lucerne ne consomme que 50% de l'énergie qu'utiliserait un système classique.

Adresses des auteurs :

Axel Bringmann
Division Chauffage et climatisation
Sulzer Frères SA
8401 Winterthour

Albert Nauer
Chauffage et climatisation
Sulzer Frères SA
6010 Kriens-Lucerne

Bibliographie

ETTERLIN, A. : *Alternative Energieversorgung, Energiezentrale Luzern*. Edité par la Direction d'Arrondissement II des Chemins de fer fédéraux.

