

Dock Midfield, terminal de l'aéroport de Zürich

Pieux énergétiques

Concept

Le Dock Midfield, un terminal pour 26 avions, a été construit dans le cadre de la 5^{ème} étape de construction de l'aéroport de Zürich. Situé dans le triangle des pistes, ce bâtiment a une longueur de 500 m pour une largeur de 30 m. En raison de la mauvaise portance de la couche de terrain superficielle, les charges du bâtiment sont reprises par 350 pieux en béton de gros diamètres (90 à 150 cm). Fichés dans la couche de moraine située à environ 30 mètres de profondeur, les pieux ont été forés et construits sur place (béton). Environ 300 pieux ont été convertis en pieux énergétiques, c'est-à-dire qu'ils sont équipés de tubes en U (comme les sondes géothermiques) pour transférer de l'énergie thermique avec le terrain. Ils sont couplés à une pompe à chaleur en hiver pour couvrir une fraction significative des besoins de chaleur et permettent, en été, d'évacuer une partie des charges thermiques du bâtiment par refroidissement direct, c'est-à-dire en couplant le circuit des pieux à la distribution de refroidissement par le biais d'un échangeur de chaleur (geocooling).



Fig. 1 : Dock Midfield de l'aéroport de Zürich.

Etudes réalisées

- Deux tests de réponses géothermiques pour déterminer in situ la conductivité thermique moyenne du terrain et sa température initiale (Pahud et al., 1998).
- Simulations dynamiques du système de chauffage et de refroidissement lié aux pieux énergétiques effectuées pour le dimensionnement et pour établir ses performances thermiques (Pahud et al., 1999).

Données techniques

Les données techniques données ici sont celles qui correspondent au dimensionnement.

Bâtiment :

- Surface de référence énergétique : 58'000 m²
85'000 m² ¹⁾

Chauffage :

- Système bivalent sur les pieux, appoint avec chauffage à distance
- Puissance de chauffage nominale : 4'000 kW
- Energie annuelle de chauffage : 2'700 MWh/an
- Puissance nominale de la PAC couplée sur les pieux : 630 kW
- Energie annuelle de chauffage délivrée par la PAC : 2'300 MWh/an

¹ avec correction de hauteur selon la norme SIA 380/1 (2001)

Refroidissement :

- Système bivalent sur les pieux
- Refroidissement direct (geocooling) sur les pieux et appoint avec du refroidissement actif en utilisant la PAC couplée sur des tours de refroidissement
- Puissance de refroidissement nominale : 500 kW
- Energie annuelle de refroidissement : 1'240 MWh/an

Pieux énergétiques :

- 306 pieux énergétiques sous la base du bâtiment
- Température minimum du fluide circulant dans les pieux : 0 °C
- Longueur active moyenne des pieux : 27 m
- 5 tubes en U par pieu
- Diamètre des pieux : de 90 à 150 cm
- Espacement moyen entre les pieux : 9 m environ

Géologie :

- Terrain : ancien fond lacustre de 30 m d'épaisseur, composé essentiellement de sable fin, limon et argile
- Pas d'écoulement significatif de l'eau souterraine n'est attendu
- Conductivité thermique moyenne du terrain : 1.8 W/(mK) ²⁾
- Capacité thermique volumétrique moyenne du terrain : 2.2 MJ/(m3K)
- Température moyenne initiale du terrain en surface : 10 °C

Schéma de principe du système

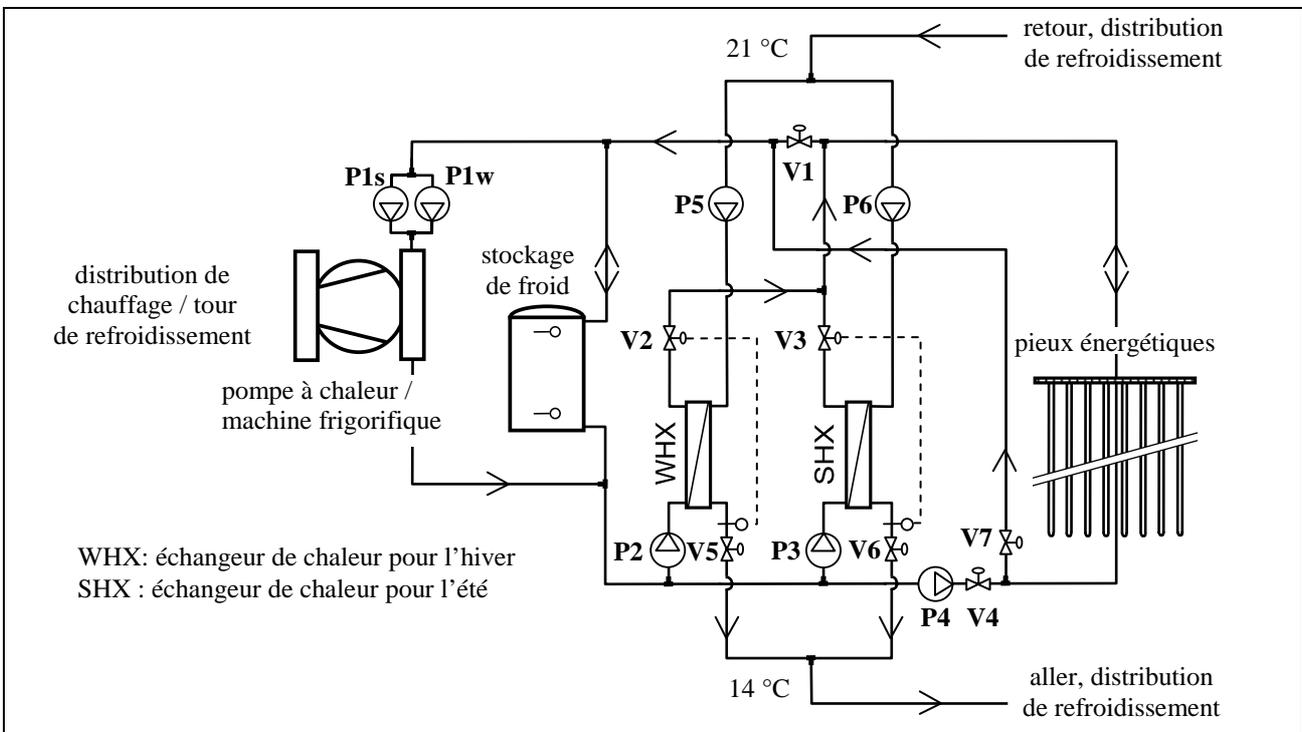


Fig. 2 : Représentation du schéma de principe du système de chauffage et de refroidissement couplés aux pieux énergétiques du Dock Midfield.

²⁾ deux tests de réponse géothermique ont été exécutés pour déterminer in situ la conductivité thermique moyenne du terrain et sa température moyenne initiale (Pahud et al., 1998).

Les vannes V2 et V3 permettent de varier le débit dans le circuit primaire des échangeurs de chaleur (WHX et SHX), pour régler la température de sortie du circuit secondaire à 14 °C (température de consigne « aller » dans la distribution de froid). Comme le débit ne peut pas être réduit au-dessous d'une certaine limite, deux échangeurs de chaleur sont utilisés pour délivrer l'énergie de refroidissement dans la distribution de froid. Un de petite taille pour couvrir les faibles puissances qui ont normalement lieu en hiver et un de grande taille pour les puissances estivales. Un seul échangeur fonctionne à la fois. Les vannes 2-voies « tout ou rien » V1, V4 et V7 permettent d'utiliser les pieux énergétiques selon un des trois modes de fonctionnement possibles : extraction de chaleur, repos, ou injection de chaleur. Lorsque le refroidissement direct offert par les pieux ne suffit pas à couvrir la demande de refroidissement, la pompe à chaleur fonctionne en machine frigorifique et les rejets thermiques sont évacués dans l'air ambiant par des tours de refroidissement placées sur le toit du bâtiment.

Bilan énergétique du système et caractéristiques de dimensionnement

Dans la figure 3, le bilan énergétique simulé du système est montré.

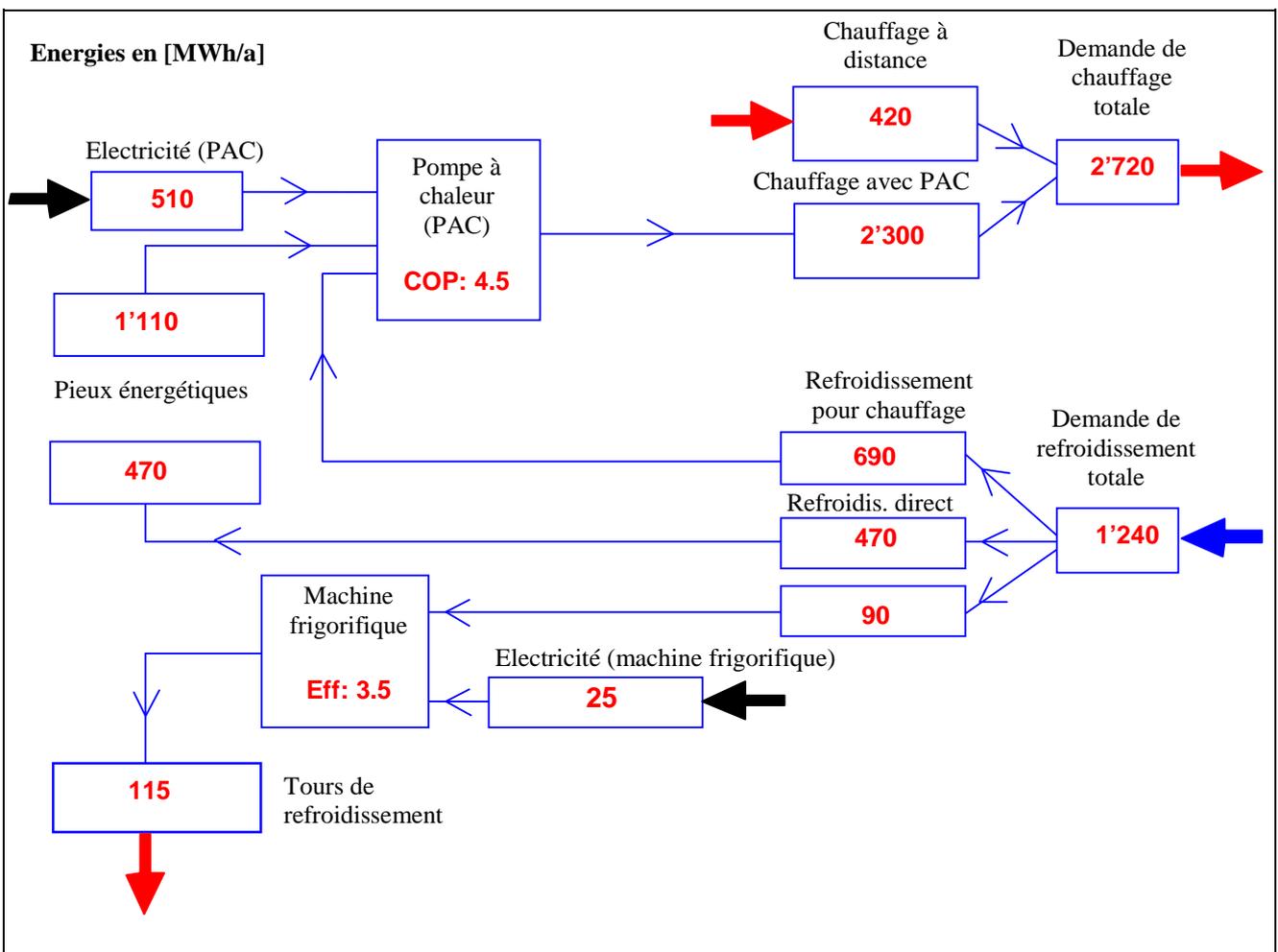


Fig. 3 : Bilan énergétique du système simulé avec un modèle TRNSYS de du système pour la 10^{ième} année de fonctionnement (Pahud et al., 1999).

Chauffage	
Extraction de chaleur par mètre de pieu énergétique :	135 kWh/(m an) 49 W/m
Refroidissement	
Injection de chaleur par refroidissement direct par mètre de pieu énergétique :	58 kWh/(m an) pointe: 40 W/m moyenne : 17 W/m
Ratio injecté sur extrait	0.43

Projet

Maître d'ouvrage : Unique, Zürich Flughafen AG.

Architecte: Martin Spühler, Zürich and agps Ltd (Angélil, Graham, Pfenninger, Scholl), Zürich and Los Angeles

Concept énergétique et dimensionnement : Amstein + Walthert AG, Zürich, avec soutien projet OFEN (D. Pahud, LEEE-DACD-SUPSI)

Références

- Norme SIA 380/1 (2001) *L'énergie thermique dans le bâtiment*. Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, Suisse
- Pahud D., Fromentin A. und Hubbuch M. (1998) *Response - Test für die Energiepfahlanlage Dock Midfield, Zürich Flughafen. Messung der Bodenleitfähigkeit in situ*. Bundesamt für Energie, Bern, Switzerland.
- Pahud D., Fromentin A. and Hubbuch M. (1999) *Heat Exchanger Pile System of the Dock Midfield at the Zürich Airport. Detailed Simulation and Optimisation of the Installation*. Rapport final. Office Fédéral de l'Energie, Berne, Suisse.