

CONDUITE DE CHAUFFAGE À DISTANCE POUR LE TRANSPORT D'EAU DU LAC LÉMAN À LA TOUR-DE-PEILZ

L'exploitation de la chaleur et du froid des eaux de surface devient de plus en plus intéressante. Notamment, l'utilisation d'immenses réserves d'énergie thermique des grands lacs suisses s'impose. Le projet de réseau de chauffage à distance CAD La Tour-de-Peilz vise à utiliser l'énergie de l'eau du lac Léman pour couvrir les besoins en chauffage et en eau chaude de 3000 foyers environ. La technologie mise en œuvre dans cette installation est une combinaison de stations de pompage, d'un réseau de conduites et de pompes à chaleur individuelles, permettant d'exploiter l'énergie de l'eau du lac Léman.

Vincent Voyame*, vonRoll hydro (suisse) ag

Dans un contexte d'approvisionnement énergétique durable et de réduction des émissions de CO₂, l'exploitation de la chaleur et du froid provenant de l'eau de lacs gagne en popularité. En Suisse, 65% environ de l'énergie utilisée pour le chauffage de bâtiments provient encore de sources fossiles non renouvelables. En raison de la présence d'agglomérations de taille importante sur les grands lacs, tels que le lac de Constance, de Zurich, des Quatre-Cantons ou Léman, l'exploitation du gigantesque potentiel géothermique des lacs profonds connaît une avancée jusqu'en bordure des Alpes. Si certaines installations sont déjà

en service, par ex. à Zurich, Lausanne ou Saint-Moritz, les quantités de chaleur exploitées jusqu'à présent restent modestes. De plus, les pompes à chaleur anciennes procurent souvent un rendement médiocre. Concrètement, cela signifie que la production de chaleur utile nécessite une quantité trop importante d'énergie motrice (le plus souvent de l'électricité, également produite par des moteurs à combustion dans le cas des installations de grande taille).

RÉSEAU DE CHAUFFAGE À DISTANCE «CAD LA TOUR-DE-PEILZ»

Le projet de réseau de chauffage à distance CAD La Tour-de-Peilz vise à utiliser l'énergie de l'eau du lac Léman pour couvrir, dans sa phase finale, les besoins en chauffage et en eau chaude de 3000 foyers environ (fig. 1). La technologie mise en œuvre dans cette installation de chauffage à distance est une combinaison de stations de pompage, d'un réseau de conduites et de pompes à chaleur individuelles (fig. 2 et 3), permettant d'exploiter

ZUSAMMENFASSUNG

FERNWÄRMELEITUNG MIT SEEWASSER AUS DEM GENFERSEE IN LA TOUR-DE-PEILZ

Mit den Anstrengungen hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung und einer Reduktion des CO₂-Ausstosses wird die Nutzung von Wärme oder Kälte aus Seen zunehmend attraktiv. Da sich gerade an den grösseren Schweizer Seen wie Bodensee, Zürich-, Vierwaldstätter- oder Genfersee auch grössere Ortschaften befinden, drängt sich die Nutzung des riesigen Wärmepotenzials der tiefen Seen am Alpenrand auf.

Das Projekt Fernwärmenetz CAD La Tour-de-Peilz hat zum Ziel, mit der Energie von Wasser aus dem Genfersee im Endausbau den Bedarf an Heizwärme und Warmwasser von rund 3000 Haushalten zu decken. Die Technologie dieser Fernheizanlage ist eine Kombination aus Pumpstationen, einem Rohrleitungsnetz und individuellen Wärmepumpen, dank derer die Energie des Wassers aus dem Genfersee genutzt werden kann.

Für den Bau von Fernwärmeleitungen sind hohe Betriebssicherheit, wirtschaftlicher Betrieb und hohe Lebensdauer entscheidende Kriterien bei der Auswahl eines geeigneten Rohrleitungssystems. Das mit Polyurethan ausgekleidete Gussrohr vonRoll DUCPUR erfüllt diese hohen Anforderungen und wurde deshalb von der Projektleitung favorisiert. Dank seiner hydraulisch glatten Polyurethan-Innenbeschichtung ist dieses Rohr prädestiniert für den Pumpbetrieb, bei dem ein hoher energetischer Wirkungsgrad entscheidend ist, da sich dieser direkt auf die Betriebskosten der Anlage auswirkt.



Fig. 1 La Tour-de-Peilz (source: Groupe E SA/Groupe Sollertia SA)

* Contact: vincent.voyame@vonroll-hydro.ch

ter l'énergie de l'eau du lac Léman. L'eau est pompée à 500 mètres des rives du lac et à 70 mètres de profondeur, là où la température est stable (fig. 4). Elle parvient dans le circuit de pompage à une température de 6 °C et y transmet 3 °C au réseau de distribution entre la station de pompage et les bâtiments raccordés. L'alternance de compression et d'expansion permet aux pompes à chaleur hautes performances, chez les consommateurs, d'utiliser l'énergie extraite du lac pour le chauffage et pour la production d'eau chaude sanitaire.

UN POTENTIEL D'EXTENSION ÉLEVÉ

À la fin 2015, environ 15 bâtiments étaient raccordés au CAD La Tour-de-Peilz. Le réseau est conçu de manière à grandir au fil des années au rythme des besoins grandissants de ses clients, afin d'approvisionner plus de 300 bâtiments dans la phase finale.

Lorsque le potentiel sera intégralement exploité, la station de pompage atteindra un débit de 3600 m³ d'eau par heure et permettra ainsi de produire 35 000 000 kWh d'énergie par an, ce qui correspond à la

CARACTÉRISTIQUES DU PROJET «CAD LA TOUR-DE-PEILZ»

Bâtiments raccordés:	env. 300
Longueur du réseau (km)	15
Quantité d'eau de lac (m ³ /h)	3600
Puissance raccordée (kW)	18 500
Énergie produite (kWh/a)	env. 35 000 000
Quantité d'énergie: équivalente en azote (l/a)	env. 3 745 000
Réduction de CO ₂ (t/a)	env. 10 000

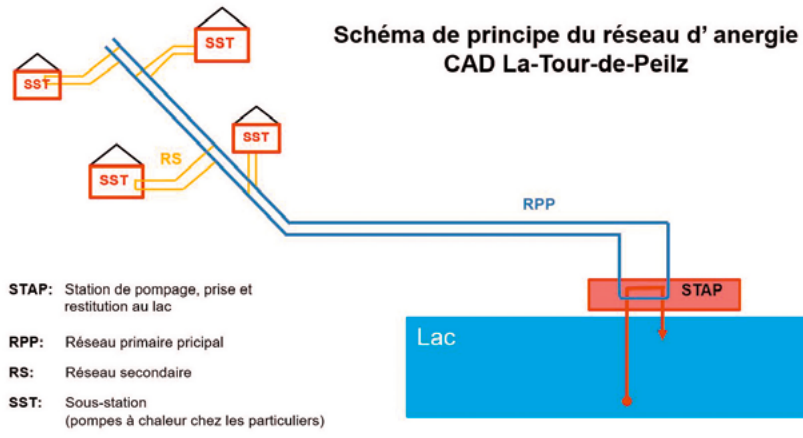


Fig. 2 Schéma de principe du projet «CAD La-Tour-de-Peilz» (source: Groupe E SA/Groupe Sollertia SA) *Prinzipschema des Projekts «CAD La-Tour-de-Peilz»*

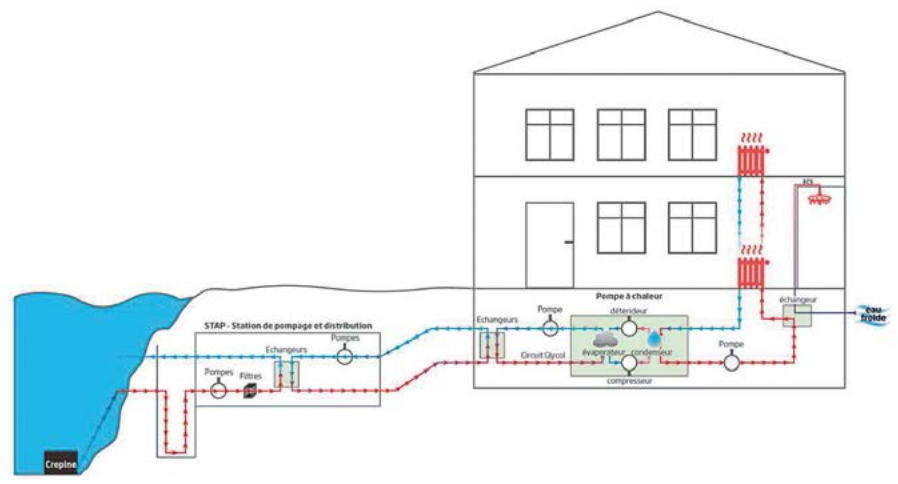


Fig. 3 Principe de l'échangeur de chaleur (source: Groupe E SA/Groupe Sollertia SA) *Prinzip Wärmetauscher*

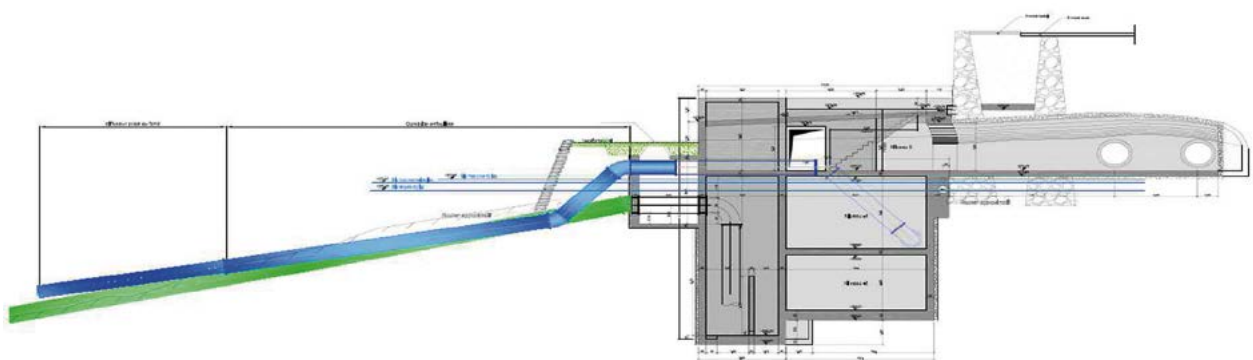


Fig. 4 Prélèvement de l'eau à 500 mètres des rives du lac, à 70 mètres de profondeur (source: Groupe E SA/Groupe Sollertia SA) *Entnahme des Wasser in 500 Meter Distanz vom Seeufer in 70 Meter Tiefe*

consommation moyenne de 3000 foyers. Grâce au recours à des énergies renouvelables, l'installation évitera le rejet de 10 000 tonnes de CO₂ par an. L'investissement dans la première phase du CAD La Tour-de-Peilz s'élève à 23,5 millions de francs, ce qui en fera l'une des plus grandes centrales de chauffage à distance d'Europe faisant appel à cette technologie.

SOLUTION AVEC DES TUYAUX EN FONTE À HAUTE EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Une sécurité de fonctionnement élevée, une exploitation rentable et une longue durée de vie de la conduite constituent des critères déterminants lors de la sélection d'un système approprié pour la construction d'une conduite de chauffage à distance. Le tuyau en fonte *vonRoll DUCPUR* (fig. 5), doté du système de verrouillage *vonRoll HYDROTIGHT* de qualité éprouvée, satisfait à ces exigences élevées et a donc été privilégié par les chefs de projet. Produit selon les normes EN 545 [1] et EN 15655 [2], le tuyau à revêtement intérieur en polyuréthane présente une rugosité de



Fig. 5 Tuyau en fonte ductile *vonRoll* avec revêtement intérieur en polyuréthane

Duktiles Gussrohr *vonRoll DUCPUR* mit Polyurethan-Auskleidung



Fig. 6 Branchements et vanne papillon *vonRoll* DN 400
Abgänge und *vonRoll*-Absperrklappen DN 400



Fig. 7 Conduite double de DN 700 dans le puits (microtunnel en béton)
Doppelleitung DN 700 im Schacht (Microtunnel aus Beton)



Fig. 8 Conduite double de DN 700 avec verrouillage extérieur
Doppelleitung DN 700 mit aussenliegender Schubsicherung

paroi de $k < 0,01$ mm, ce qui le rend hydrauliquement lisse. Une condition indispensable pour réduire au minimum les pertes de charge. Par ailleurs, l'épaisseur du revêtement PUR assure une section hydraulique du tuyau maximale. Ce tuyau est donc idéal pour le pompage. En effet, le rendement énergétique joue un rôle déterminant dans le cas du pompage puisqu'il a un impact direct sur les coûts d'exploitation de l'installation. Des tuyaux d'un diamètre nominal de DN 200 à DN 700 ont été utilisés dans le cadre du projet.

La conduite de chauffage à distance est un système à circuit fermé composé de conduites doubles pour le départ et le retour,

avec des conduites d'arrivée et de sortie vers les échangeurs de chaleur dans les bâtiments. Les entrées tout comme les sorties pour le raccordement dans les bâtiments ont été pourvues de vannes d'arrêt.

Étant donné que la longueur totale du système s'élève à plusieurs kilomètres, des vannes papillon et des vannes à joint souple revêtues par poudre de résine époxy ont également été installées dans les conduites principales (fig. 6).



Fig. 9 Certains des tuyaux en fonte ductile vonRoll ont dû être installés par hélicoptère.

Die duktilen Gussrohre vonRoll DUCPUR mussten zum Teil per Helikopter installiert werden.



Fig. 10 Ensemble pré-monté transporté par hélicoptère
Mit dem Helikopter eingeflogene vormontierte Seitenanschlüsse mit Schieber (Baugruppe)

Le tracé des conduites était très complexe en raison du manque d'espace à certains endroits. Ainsi, il a été nécessaire de recourir au microtunnelage pour franchir en souterrain une voie ferroviaire directement derrière la station de pompage, en aval du point de prélèvement d'eau sur les rives du lac. Les tuyaux DUCPUR de DN 700 verrouillés ont été posés dans les deux tunnels au moyen de galets, dans un puits de 8 mètres de profondeur (fig. 7).

Dans le cadre du procédé d'installation classique à découvert, la largeur de tranchée a été optimisée de manière à permettre l'installation des conduites doubles au moyen d'un outil de montage (fig. 8). En raison de l'accessibilité parfois très restreinte du tracé des conduites, un hélicoptère a été nécessaire au transport ainsi qu'à l'installation des tuyaux et des groupes pré-montés aux endroits particulièrement exposés (fig. 9 et 10).

RISQUE DE COURANTS VAGABONDS AU NIVEAU DU PASSAGE SOUS UNE VOIE FERROVIAIRE

Dans le cadre du projet, la conduite de transport passe au-dessous d'une voie ferroviaire. Or, dans la zone des lignes de chemin de fer à courant continu, les structures métalliques dans la terre sont menacées par des courants vagabonds. Ces courants vagabonds sont dus au courant de retour entre la voiture motrice et le redresseur d'alimentation, qui génère une chute

	Protection extérieur	Protection intérieur	Verrouillage
Système 1	Passive (ECOPUR)	Polyuréthane	Typ 1: extérieur par friction (Fig. 12)
Système 2	Passive (ECOPUR)	Polyuréthane	Typ 2: intérieur par friction (Fig. 13)
Système 3	Active (ECOPUR)	Polyuréthane	Typ 3: intérieur par friction (Fig. 13)
Système 4	Passive (Zinc + Ciment)	Ciment	Typ 4: intérieur par friction
Système 5	Active (Zinc + Ciment)	Ciment	Typ 5: intérieur butée mécanique
Système 6	Active (Zinc-Alu + couche de finition)	Ciment	Typ 6: intérieur par friction
Système 7	Active (Zinc + Ciment)	Ciment	Typ 7: intérieur butée mécanique

Tab. 1 Composition des systèmes testés (tuyaux en fonte de DN 150) (source: [4])
Zusammenstellung der geprüften Systeme (Gussrohre DN 150)

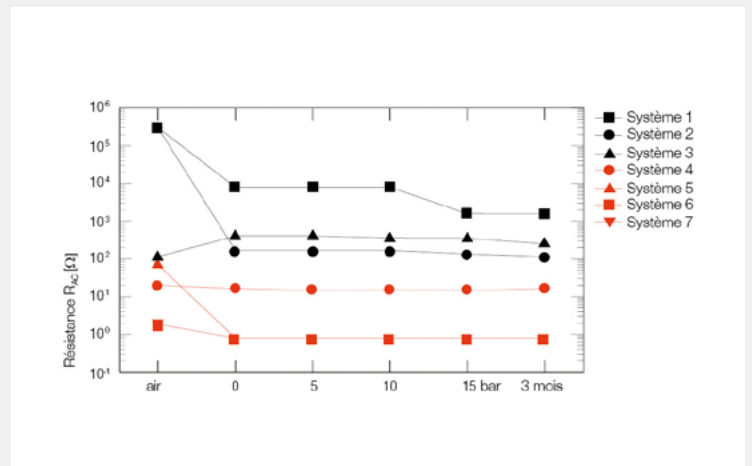


Fig. 11 Résultats des mesures de résistance de courant alternatif (source: [4])
Resultate der Wechselstromwiderstandsmessungen



Fig. 12 Verrouillage vonRoll HYDROTIGHT extérieur avec une résistance électrique élevée pour éviter la conductivité électrique longitudinale

Schubsicherung vonRoll HYDROTIGHT aussenliegend mit hohem elektrischem Widerstand zur Verhinderung der elektrischen Längsleitfähigkeit



Fig. 13 Verrouillage vonRoll HYDROTIGHT intérieur avec une résistance électrique élevée pour éviter la conductivité électrique longitudinale

Schubsicherung vonRoll HYDROTIGHT innenliegend mit hohem elektrischem Widerstand zur Verhinderung der elektrischen Längsleitfähigkeit

de tension longitudinale dans les rails. Les courants vagabonds peuvent représenter un danger considérable pour un système de conduites conducteur dans le sens longitudinal, c'est-à-dire lorsque la résistance électrique d'une liaison entre deux tuyaux est peu élevée. Dans le cas des conduites en fonte ductile, l'interruption fiable de la conductivité électrique longitudinale d'un tuyau à l'autre constitue donc, eu égard à ces contraintes, le critère essentiel pour parvenir à une durée de vie maximale et garantir une protection durable des investissements.

La directive SSIGE W4 pour la distribution de l'eau potable à l'extérieur des bâtiments recommande, dans la partie 3 «Construction, essai» [3], l'interruption de la conductivité longitudinale comme mesure de protection contre la corrosion par courant

vagabond, par ex. en utilisant des tuyaux en fonte ductile avec des manchons d'assemblage électriquement isolants.

Le rapport technique de la Société suisse de protection contre la corrosion SGK publié dans la revue *Aqua & Gas* N° 6/2016 et présentant des concepts de protection anticorrosion pour les conduites d'eau [4] aborde également ce thème. Des différences de potentiel dues aux caractéristiques variables du sol entraînent nécessairement une circulation de courant et, par là même, une accélération de l'érosion par corrosion sur les structures métalliques mal protégées. Le recours à des tuyaux en fonte avec des emboîtements électriquement isolants pour interrompre la conductivité longitudinale permet de réduire fortement le risque de formation d'éléments galvaniques. Une série de tests s'étalant sur 3 mois a été réalisée par la SGK afin de mesurer la conductivité électrique longitudinale de systèmes de tuyauterie en fonte à verrouillage fournis par différents fabricants (tab. 1). Dans le cas de plusieurs systèmes, les très faibles valeurs de résistance ont permis de conclure à la présence d'une liaison métallique directe. Les systèmes de tuyauterie vonRoll ont en revanche obtenu les valeurs de résistance les plus élevées (fig. 11) de la série de mesures, ce qui prouve qu'ils sont électriquement isolants (fig. 12 et 13).

CONCLUSION

Le revêtement intérieur PUR extrêmement lisse et sans pores ainsi que la grande section hydraulique procurent une efficacité hydraulique très élevée pour le transport de l'eau de lac, ce qui permet d'atteindre une réduction significative de la consommation énergétique des pompes utilisées.

En combinaison avec les emboîtements verrouillés vonRoll HYDROTIGHT électriquement isolants, le système de revêtement PUR sans porosité est efficacement protégé de la corrosion galvanique et des courants vagabonds. Un investissement sûr et à long terme.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] EN 545: Tuyaux, raccords et accessoires en fonte ductile et leurs assemblages pour canalisations d'eau - Prescriptions et méthodes d'essai
- [2] EN 15655: Tuyaux, raccords et accessoires en fonte ductile - Revêtement intérieur en polyuréthane des tuyaux et raccords - Prescriptions et méthodes d'essais
- [3] SSIGE W4 (2013): Directive sur la distribution d'eau - Étude, construction, essai, exploitation et maintenance des réseaux d'eau potable à l'extérieur des bâtiments; partie 3: Construction, essai
- [4] Voûte, C.-H.; Joos, D. (2013): Concept de protection contre la corrosion - éléments galvaniques: leurs dangers et les mesures de protection des conduites d'eau. *Aqua & Gas* 6/2016: 30-33

MAÎTRE D'OUVRAGE

Groupe E SA, Granges-Paccot

INSTALLATEUR

Yerly Installations SA, Rossens