

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 65 (1939)  
**Heft:** 11

**Artikel:** L'utilisation de la pompe à chaleur  
**Autor:** Peter, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-49997>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 09.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

**ABONNEMENTS :**  
 Suisse : 1 an, 12 francs  
 Etranger : 14 francs  
 Pour sociétaires :  
 Suisse : 1 an, 10 francs  
 Etranger : 12 francs  
 —  
 Prix du numéro :  
 75 centimes.  
 —  
 Pour les abonnements  
 s'adresser à la librairie  
 F. Rouge & C<sup>ie</sup>, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. —

**COMITÉ DE PATRONAGE.** — Président: R. NEESER, ingénieur, à Genève; Vice-président: M. IMER, à Genève; secrétaire: J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres: *Fribourg*: MM. L. HERTLING, architecte; A. ROSSIER, ingénieur; *Vaud*: MM. F. CHENAUX, ingénieur; E. ELSKES, ingénieur; EPITAUX, architecte; E. JOST, architecte; A. PARIS, ingénieur; CH. THÉVENAZ, architecte; *Genève*: MM. L. ARCHINARD, ingénieur; E. ODIER, architecte; CH. WEIBEL, architecte; *Neuchâtel*: MM. J. BÉGUIN, architecte; R. GUYE, ingénieur; A. MÉAN, ingénieur cantonal; *Valais*: M. J. DUBUIS, ingénieur, à Sion.

RÉDACTION: H. DEMIERRE, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires, LA TOUR-DE-PEILZ.

### ANNONCES

Le millimètre sur 1 colonne, largeur 47 mm :  
 20 centimes.

Rabais pour annonces répétées.

Tarif spécial pour fractions de pages.

Fermage des annonces :  
 Annonces Suisses S. A.  
 8, Rue Centrale (Pl. Pépinet)  
 Lausanne

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE  
 A. DOMMER, ingénieur, président; G. EPITAUX, architecte; M. IMER; A. STUCKY, ingénieur.

SOMMAIRE : *L'utilisation de la pompe à chaleur (suite et fin)*, par R. PETER. — *Un nouveau pont au Château de Chillon*. — *II<sup>e</sup> congrès de l'industrie et de l'artisanat des poêles en faïence*. — *Inauguration du pavillon de l'aluminium à l'Exposition nationale suisse*. — *De l'honnêteté dans le commerce de la chaleur*. — *Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne et Société vaudoise des ingénieurs et des architectes*. — *BIBLIOGRAPHIE*. — *SERVICE DE PLACEMENT*. — *CARNET DES CONCOURS*. — *DOCUMENTATION*.

### L'utilisation de la pompe à chaleur,

par R. PETER.

(Suite et fin.)<sup>1</sup>

Le principe de la pompe à chaleur pour l'évaporation a amené, surtout dans les pays où l'énergie hydroélectrique est bon marché, à de nombreuses installations d'évaporation fonctionnant de cette manière. La figure 8 montre, par exemple, un groupe turbo-compresseur, qui fonctionne comme pompe à chaleur, entraîné par un moteur électrique. C'est une des plus grosses installations de thermocompression pour l'évaporation. Les 4 groupes de pompes installés pour cette usine donnent ensemble plus de 80 tonnes d'évaporation par heure, c'est-à-dire que la chaleur pompée est d'environ 50 000 000 cal. par

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 20 mai 1939, page 125.

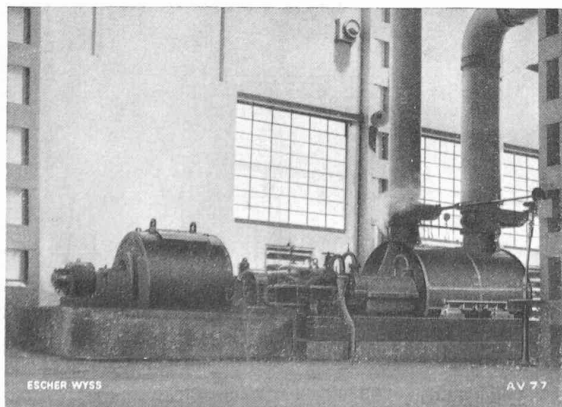


Fig. 8. — Pompe à chaleur pour l'évaporation de 12 000 000 Cal/h. compression de 20 000 kg/h. de vapeur d'eau. (Turbo-compresseur pour la vapeur d'eau avec moteur électrique.

heure et l'évaporation spécifique par kWh est de plus de 20 kg.

La figure 9 montre les appareils d'évaporation travaillant en liaison avec les compresseurs. Une solution alcaline est concentrée constamment dans ces appareils jusqu'à 40° Bé (1,38 poids spécifique). Les cylindres verticaux sont les évaporateurs avec leur corps de chauffage placés devant. Afin d'augmenter le coefficient d'échange de chaleur dans la mesure du possible et pour rendre les conditions d'ébullition plus avantageuses, on assure la circulation au moyen d'une puissante hélice entraînée par un moteur placé sur l'appareil d'évaporation.

La figure 10 montre un petit groupe moto-compresseur, aussi pour une installation d'évaporation. On distingue bien les roues centrifuges du compresseur dont la bêche est soulevée.

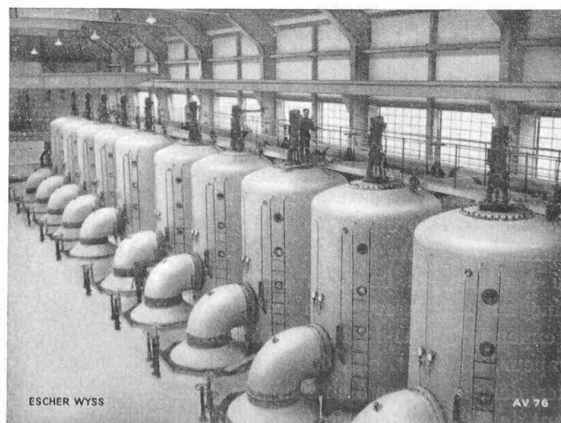


Fig. 9. — Appareils d'évaporation prévus pour évaporer 80 000 kg par heure.

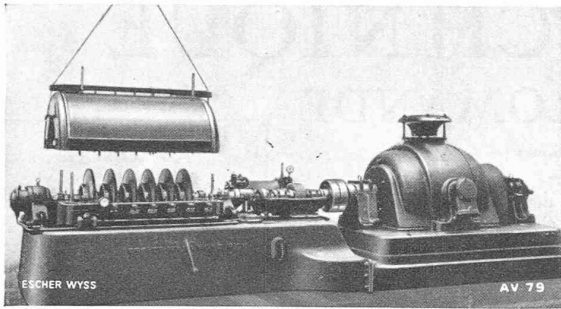


Fig. 10. — Pompe à chaleur pour une installation d'évaporation.

La pompe à chaleur ne trouve pas seulement son emploi dans l'utilisation de l'énergie hydro-électrique. Elle peut aussi, en connexion avec des machines à vapeur, travailler comme transformateur de pression de vapeur, en particulier avec les turbines à contre-pression.

Les courbes de la figure 11 donnent quelques éclaircissements sur les données du transformateur de pression de

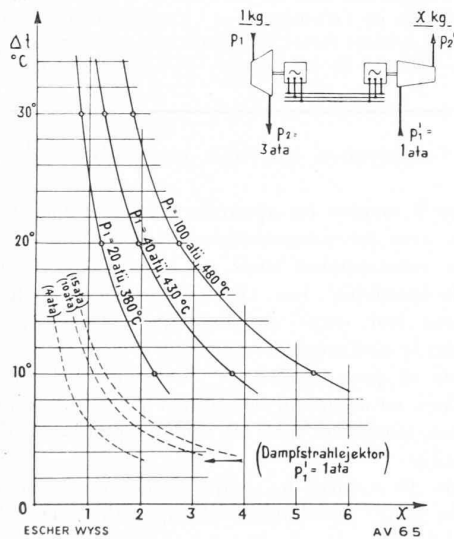


Fig. 11. — Comparaison de groupes turbo-compresseur pour formation de vapeur.  
 ata = at. abs.  
 atu = at. eff.  
 Dampfstrahlejektor = éjecteur de vapeur.

vapeur (vapeur d'eau). Pour différentes pressions de la turbine à contre-pression et pour 1 kilo de vapeur on a reporté, au lieu des pressions, les degrés centésimaux correspondant à la saturation, en fonction des quantités de vapeur transformées; la contre-pression de la turbine est admise constante à 3 at. abs. Séparément, on a représenté à droite, en haut, la transmission électrique de la turbine au compresseur. On voit, par exemple, que, avec une expansion dans la turbine à contre-pression, de 1 kg de vapeur, de 40 at. eff., 430° C. à 3 at. abs. on peut comprimer, dans la pompe à chaleur par exemple, 3 kg de vapeur élevant de 13° C. la température de la saturation. Cette chute est déjà très suffisante pour une installation d'évaporation. Les courbes donnent des valeurs pour des installations industrielles. On a tenu compte, dans les calculs, que les

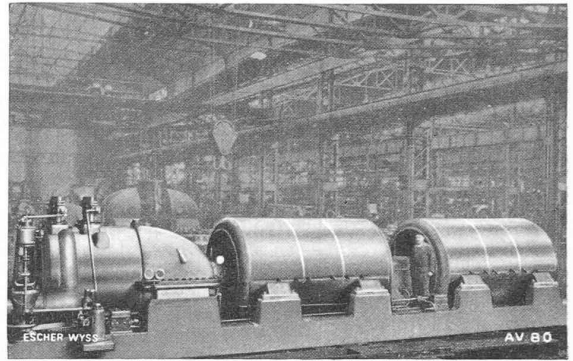


Fig. 12. — Groupes turbo-compresseurs de transformation de vapeur, 20 000 000 Cal/h., 40 000 kg de vapeur comprimés par heure.

hautes pressions étaient destinées aux grosses installations, tandis que les basses pressions étaient prévues pour des installations plus modestes. Les courbes en pointillé permettent de faire la comparaison entre les turbo-transformateurs et les éjecteurs de vapeur que l'on emploie dans des buts semblables. La récupération du travail de la vapeur est plus mauvaise pour l'éjecteur, car on a à faire à un très petit nombre de tuyères successives, voir même une seule.

Le système de turbo-transformateur de pression a déjà trouvé des applications pour de très grosses pompes à chaleur.

La figure 12 montre un transformateur pour l'évaporation d'environ 40 000 kg/h respectivement plus de 20 000 000 cal. Ce groupe est monté dans une grande industrie chimique avec six autres groupes de construction identique ou semblable. Ils ne sont pas entraînés par des turbines à contre-pression pures, les turbines ont chacune une partie à condensation qui ne fonctionne qu'exceptionnellement et ne travaille que pour faire le pont lors d'un déséquilibre entre le réseau à haute et celui à basse pression.

L'utilisation de la pompe à chaleur pour le chauffage des bâtiments et des bains a déjà été citée au début de cet exposé. En gros, il s'agit d'utiliser dans ce système un principe tout

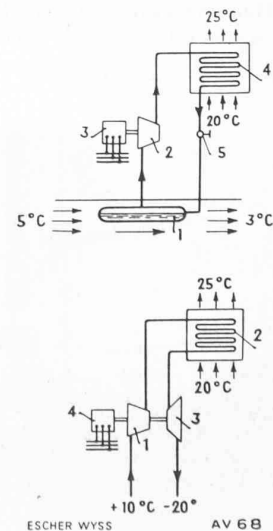


Fig. 13. — Schéma d'installation de chauffage par pompe à chaleur.

à fait semblable au principe exposé plus haut pour les installations à froid. La différence réside dans le fait qu'on utilise, le réchauffage au lieu du refroidissement. Dans la figure 13 on a représenté, par exemple, deux modes d'exécution. Dans l'installation suivant le schéma supérieur, l'agent refroidisseur est évaporé dans l'appareil 1 par réchauffage au moyen d'eau de rivière à 5° C.

On a donc extrait de la chaleur à l'eau qui s'est refroidie à 3° C. La vapeur ainsi créée, qui contient la chaleur prise à l'eau est pompée dans le condenseur 4, où, donnant sa chaleur de vaporisation, elle se condense en réchauffant, de 20 à 25°, par exemple, un courant d'air pour un chauffage par ventilation. La chaleur de la rivière a donc été utilisée pour le chauffage. Le processus est le même qu'à la figure 1; l'agent refroidisseur retourne dans l'évaporateur à travers la soupape de laminage 5. Le schéma inférieur montre, en très simplifié, un chauffage par pompe à chaleur avec l'air comme agent transporteur. On a admis, par exemple, comme sur le schéma, l'air à 10° C. que l'on comprime dans le compresseur 1. La chaleur due à la compression de cet air est prise dans l'échangeur 2, par un courant d'air qui s'échauffe de 20 à 25° C. On fait travailler l'air comprimé refroidi dans une machine à expansion 3. Il s'y refroidit en conséquence, jusqu'à, par exemple, -20° C. et la puissance fournie décharge d'autant le moteur 4 qui entraîne le compresseur. On a donc extrait la chaleur de l'air pour le chauffage, car il entre à +10° dans le système et en ressort à -20° C. L'exécution d'une telle sorte de chauffage ne va pas sans autre, car une expansion en dessous de 0° peut facilement conduire à la formation de glace qui rend difficile ou même impossible le fonctionnement de la machine à expansion 3.

Le même montage peut se faire dans des installations ayant pour but le refroidissement de l'air. Des installations de cette sorte ont été construites de différentes manières.

La pompe à chaleur pour le chauffage de bâtiments a trouvé son application d'abord en Amérique et récemment dans l'installation de l'Hôtel de Ville de Zurich<sup>1</sup>. On doit la construction de cette dernière installation à l'esprit entreprenant du gouvernement zurichois et de ses différents services.

La mise en place de ce chauffage a marqué une étape dans le développement de la pompe à chaleur. Avec chaque kWh employé, on peut, dans cette installation, mettre en valeur 2000 calories et plus.

Le schéma de chauffage de l'Hôtel de Ville (fig. 14) montre comment une telle installation peut être disposée en principe. La pompe 2 refoule l'eau de la Limmat à travers l'évaporateur 1. La pompe 3 aspire les vapeurs qui se dégagent de l'évaporateur 1 et les comprime dans le condenseur 4. De là, la chaleur est livrée au système de chauffage. Il comprend: les canalisations 5, la pompe de circulation 8, les radiateurs 6 et le réchauffeur d'air. L'agent retourne à l'évaporateur par la soupape de laminage 9 après avoir livré sa chaleur. Pour les pointes vraiment trop fortes que la pompe à chaleur ne peut pas bien supporter, ou seulement d'une façon peu rentable, on a équipé l'installation avec un accumulateur d'eau chaude qui est automatiquement adjoint au système de chauffage quand arrivent les pointes. Le chauffage se compose de 3 circulations, à savoir: celle de l'eau de la Limmat, celle de l'agent réfrigérant et celle du courant d'eau chaude. L'installation commandée par 6 vannes (11) peut passer de façon fort avantageuse du chauffage en hiver à la réfrigération en été. Dans ce cas, l'eau de la Limmat est réchauffée. Le «condenseur» devient l'évaporateur.

<sup>1</sup> Voir la description de cette installation à la page 178 du *Bulletin technique* du 18 juin 1938. — Réd.

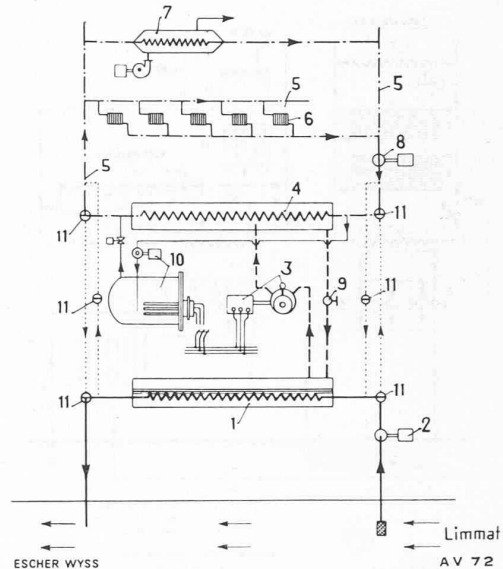


Fig. 14. — Schéma de l'installation de chauffage de l'Hôtel de Ville de Zurich, par pompe à chaleur.

L'appareil de pompage de chaleur comprenant: moteur, pompe rotative, pompe élévatrice pour l'eau de la Limmat et l'eau de chauffage, est visible dans la figure 15. L'appareil est monté sur l'évaporateur cylindrique. L'installation de l'Hôtel de Ville de Zurich vient de faire preuve de maniabilité dans une marche d'essai de plusieurs mois. L'installation travaille automatiquement et ses principaux avantages sont: l'absence totale de fumée et d'odeur, la suppression des approvisionnements périodiques en combustible et le faible encombrement.

L'installation de la Maison de Ville a déjà conduit à de nouvelles études pour des chauffages semblables. La figure 16 montre un projet en voie de réalisation. Il s'agit du chauffage de la nouvelle piscine de Zurich. Le système de pompe à chaleur est employé pour le chauffage du bâtiment lui-même exactement comme le chauffage de la Maison de Ville et pour le chauffage des bains et des douches. Chacune des deux parties de l'installation comporte 2 à 3 pompes à chaleur afin de remplir son but de la façon la plus favorable techniquement et économiquement, en tenant compte des fortes variations dans le chauffage au cours d'une année. Le schéma et la légende ci-joints donnent une idée des principaux appareils et du fonctionnement de principe de l'installation. Les évaporateurs 1 seront exécutés différemment en tenant compte des expériences et pour des raisons de construction et de fonctionnement. Il est intéressant de noter

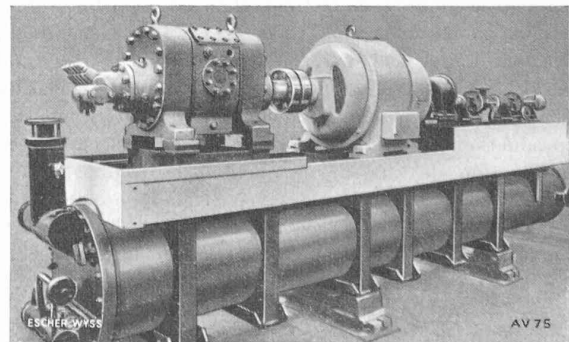


Fig. 15. — Pompe à chaleur de l'Hôtel de Ville de Zurich.

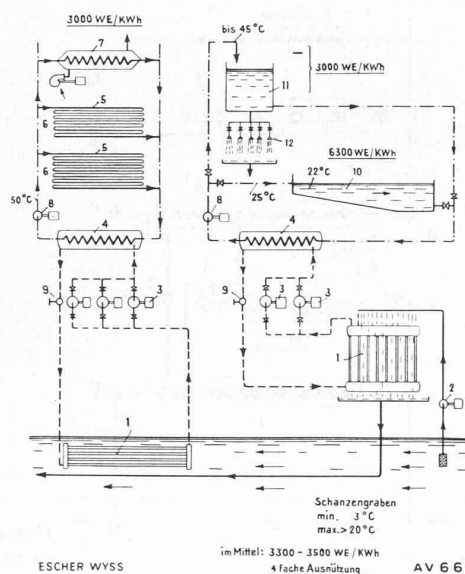


Fig. 16. — Schéma de l'installation de chauffage de la nouvelle piscine de Zurich : 1, évaporateur, 2, pompes d'aspiration de l'eau du fleuve, 3, pompes à chaleur, 4, condenseurs, 5, chauffage par le plafond, 6, circuit de circulation d'eau chaude, 7, chauffage par ventilation, 8, pompe de circulation d'eau chaude, 9, vanne de laminage pour le retour du fluide vaporisateur, 10, piscine, 11, réservoir pour l'eau des douches (chauffée pendant la nuit), 12, douches.

WE/KWh = Cal/kWh.  
 bis 45° = max. 45°.  
 en moyenne 3300-3500 Cal/kWh.  
 rapport d'utilisation : 4.

que, pour le chauffage, on peut mettre à disposition environ 3000 Cal. et pour les bains 6000 Cal. par kilowattheure comme moyenne annuelle. La différence considérable réside dans les écarts de chaleur très différents que la pompe doit vaincre dans un cas et dans l'autre. Le chauffage du bassin de natation est très favorable à l'emploi de la pompe à chaleur en raison des petites différences de température, c'est-à-dire des faibles quantités d'énergie exigées.

Le rendement de la pompe à chaleur pour les emplois que nous avons présentés ne peut pas se juger d'une seule et même façon. Il faut faire une différence entre son emploi comme machine frigorifique ou installation de conditionnement et son utilisation dans le but de chauffage et d'évaporation. Les installations frigorifiques basées sur le principe de la pompe à chaleur sont le plus souvent les seules techniques possibles et sont donc des systèmes sans concurrence pour la production du froid. Il en est de même, quoique de façon moins marquée, pour le conditionnement d'air. Grâce à la pompe à chaleur, ces problèmes sont déjà résolus. Il en est tout autrement pour l'évaporation et le chauffage. Ici, la pompe à chaleur entre en concurrence avec les méthodes de production de chaleur déjà appliquées en général, soit : la production de chaleur au moyen de combustible. Les considérations sur l'économie se restreignent au domaine de l'évaporation et du chauffage. Les conditions déterminant un fonctionnement économique sont : d'une part, le prix de l'énergie et du combustible, d'autre part, l'amortissement des installations avec ou sans pompe à chaleur.

Comparons les conditions pour deux installations de chauffage ou d'évaporation. L'une avec consommation de

combustible, l'autre avec consommation d'énergie, c'est-à-dire avec une pompe à chaleur prises toutes deux dans les conditions les plus favorables. L'installation d'évaporation donne pour 1 kilowattheure un équivalent d'environ 3500 à 7000 Cal. tandis que pour une installation de bain, nous avons à peu près 3500 à 6000 Cal. et pour le chauffage de locaux, de 1800 à 3500 Cal. Avec ces valeurs, on peut calculer, dans chaque cas, le prix équivalent du kilowattheure, c'est-à-dire son pouvoir calorifique et son prix au lieu d'utilisation en tenant compte du rendement du chauffage. Par exemple, pour une installation d'évaporation dans laquelle 1 kWh correspond à 6000 Cal., le charbon donnant 6500 Cal./kg au prix de Fr. 40.— la tonne et le rendement du générateur de vapeur étant 80 %, on arrive à un prix équivalent de plus de 4 centimes par kWh. Ce prix devrait être diminué pour tenir compte des frais d'amortissement plus grands de l'installation de la pompe à chaleur. Pour fixer les idées : les valeurs se rapprochent la plupart de 0, à 0,5 centime pour l'évaporation et de 1 centime et plus pour les bains et le chauffage.

Ces remarques et ces chiffres sur le rendement de la pompe à chaleur montrent clairement pourquoi on a exécuté les pompes à chaleur en premier lieu pour créer le froid ensuite pour l'évaporation et que c'est seulement ces derniers temps qu'elles sont appliquées au chauffage de bâtiments.

La rentabilité d'une installation de chauffage n'est réalisée que lorsque le courant et le combustible sont à des prix favorables, c'est-à-dire que le courant n'est pas trop cher et le combustible pas trop bon marché. Ensuite, ce mode de chauffage exige, afin de réduire les frais d'amortissement, la disposition la plus économique possible. Cette disposition dépend, de son côté, de la complète utilisation des avantages techniques, comme aussi des méthodes de chauffage. Par exemple, le chauffage par le plafond, qui n'exige que de faibles températures, est avantageux. Un facteur important, c'est la construction du compresseur qui doit être en même temps capable de supporter de fortes charges et d'un prix modéré. Notons aussi les évaporateurs et les condenseurs qui doivent remplir ces conditions.

À l'encontre du chauffage avec pompe à chaleur, les installations d'évaporation se présentent souvent dans des conditions exceptionnellement favorables ; c'est le cas, par exemple, de l'installation des figures 9 et 10 dont le prix de revient n'est pas plus élevé que celui d'une installation, à base de combustible. Le prix de la pompe à chaleur et des accessoires est compensé par l'absence de grosses chaudières et de système de circulation d'eau froide.

On peut dire, en général, que la rentabilité de n'importe quelle installation de pompe à chaleur sera maximum et la plus facile à obtenir quand on pourra installer un dispositif neuf, en toute liberté d'action et non pas adapter des installations existantes encore utilisables qui ne permettent que d'appliquer des compromis qui nuisent à la rentabilité.

En résumé, on peut dire que la pompe à chaleur est, d'une part, un procédé certainement très intéressant et parfaitement utilisable. D'autre part que, la technique est tout à fait outillée pour s'attaquer au problème en question et qu'elle possède des bases solides pour l'application de la pompe à chaleur au chauffage. Le prochain développement de la pompe à chaleur nécessitera encore beaucoup de projets et de calculs arides. Mais le chemin semble clairement tracé. Il vaut la peine de travailler à fond, de créer et d'adapter les possibilités actuelles de la technique, que ce soit en chauffage, construction de machines ou appareils d'échange de chaleur. En Suisse, pays de grandes réserves d'énergie hydraulique, où l'industrie mécanique est très développée, l'extension de la

pompe à chaleur peut être particulièrement intéressante. Le problème est posé à notre industrie qui a toujours su s'adapter et n'a jamais manqué de savoir ni d'entrain au travail.

### Un nouveau pont au Château de Chillon.

Cet intéressant ouvrage est dû à M. Otto Schmid, architecte du Château de Chillon.

Les travaux d'élargissement de la route cantonale (1933-1934) avaient fait disparaître les bancs en bordure du trottoir à l'arrêt de la ligne du tramway à l'usage des visiteurs du châ-

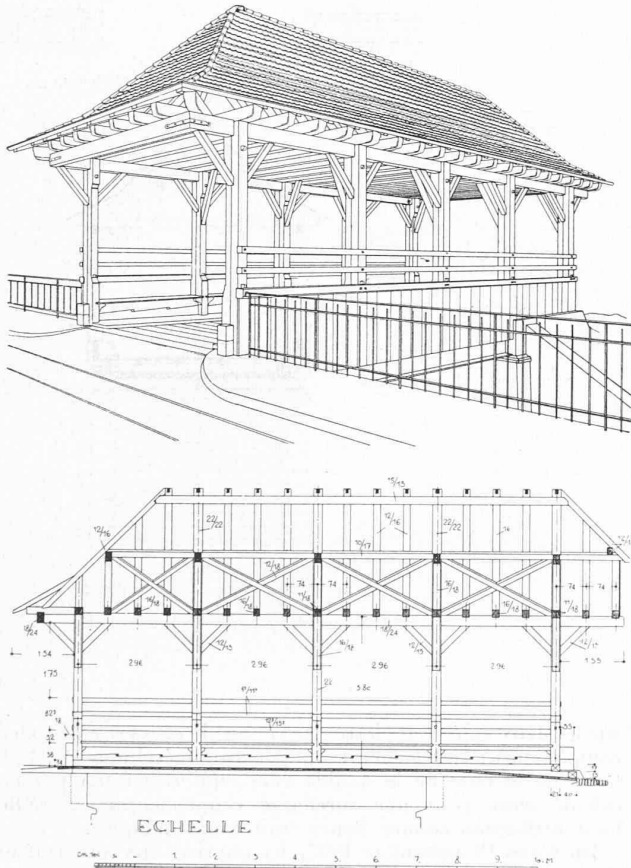


Fig. 1. — Perspective et coupe en long.

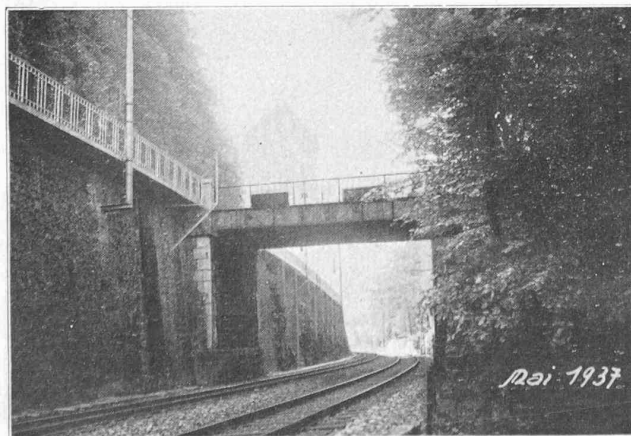


Fig. 3. — L'ancien ponceau métallique du Château de Chillon.

teau et du public en général. Le nouvel état des lieux ne permettant plus le remplacement desdits, il se posait la question de la création d'une sorte de refuge. L'architecte du château fut chargé de l'étude. Il a présenté un projet au Comité de Chillon sous forme d'un couvert en bois posé sur le ponceau métallique existant, franchissant la ligne de chemin de fer Lausanne-Simplon.

Le projet, inspiré par nos pittoresques vieux ponts en bois, comme il en existe encore en grand nombre dans nos cantons suisses, a eu l'heur de plaire au Comité qui a décidé son exécution.

On emploia avant tout les vieux bois de construction provenant de la démolition du hangar de la Cour (H) et d'autres pièces de notre réserve de vieux bois.

Il y a des belles pièces de mélèze provenant des montagnes de Corbeyrier et d'Yvorne et du chêne qu'on a trouvé à Noville et à Rennaz.

Comme travaux préliminaires, précédant la construction proprement dite, les charpentiers ont monté un plancher-épure dans le parc du château et confectionné et placé des gabarits sur le ponceau des C. F. F., à l'intention de la Commission technique qui est venue les examiner, discuter et approuver.

On passe à la taille des pièces sur épure, d'après les plans et dessins d'exécution élaborés par le bureau de l'architecte de Chillon (voir figures 1 à 2).

Le nouveau pont a 12,06 m de long, 5,55 m de large entre poteaux et 4,50 m de largeur utile pour le trafic des véhicules, entre les deux marchepieds. La hauteur libre entre le radier en plateaux et les solives, formant entrain à chaque chevron,

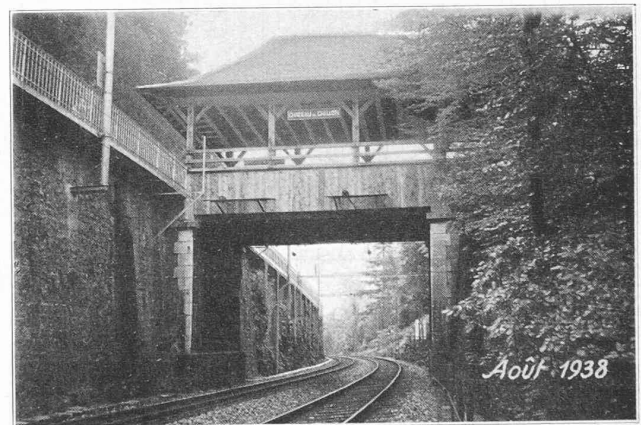


Fig. 4. — Le nouveau couvert en bois du château de Chillon.



Fig. 5. — Le nouveau couvert en bois du Château de Chillon.