

L'utilisation de la pompe à chaleur

Autor(en): **Peter, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **65 (1939)**

Heft 10

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-49995>

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.

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

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^{ie}, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

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*, par R. PETER. — *Urbanisme lausannois (suite et fin) : La zone Bellerive-Ouchy*, par MARC PICCARD, architecte. — *Union d'entreprises suisses de transports*. — *Congrès international de l'U. I. T. en Suisse*. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION.

L'utilisation de la pompe à chaleur,

par R. PETER¹.

Les bases physiques du système dit « pompe à chaleur » sont principalement la première et la deuxième loi fondamentale de la thermodynamique que nous résumons, à titre d'introduction à cet article, de la façon suivante :

Etant donné un système subissant une certaine transformation par apport ou retrait de travail mécanique ou de chaleur, la première loi fondamentale dit que la différence de l'énergie enlevée ou apportée au système sous forme de chaleur est équivalente à la différence de l'énergie apportée ou enlevée sous forme mécanique.

Cette première loi fondamentale n'est pas suffisante pour déterminer l'évolution d'un système.

Une condition nécessaire est donnée par la deuxième loi fondamentale qui dit que l'entropie totale s'accroît.

Considérons maintenant un fluide parcourant un cycle composé d'une compression adiabatique, une compression à température constante T_1 , donc avec soustraction de chaleur Q_1 , une détente adiabatique, une détente à température constante T_2 , donc avec apport de chaleur Q_2 . Soit L le travail fourni de l'extérieur.

Par la première loi adiabatique $L = Q_1 - Q_2$.

La deuxième loi permet de déterminer que $\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$.

Il en résulte le rapport $\frac{Q_1}{L} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$.

¹ Etude parue dans *Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik* et dont nous sommes redevables de la traduction française et des clichés à l'obligeance de la S. A. des Ateliers de constructions mécaniques Escher Wyss, à Zurich. — Réd.

Le cycle envisagé peut être considéré comme une pompe à chaleur et le rapport $\frac{Q}{L}$ indique, dans le cas de l'application

au chauffage, quelle chaleur peut être distribuée par kWh de puissance mécanique fournie.

Le principe de la pompe à chaleur indique que l'on peut, selon l'expression employée, pomper de la chaleur d'une température inférieure à une température supérieure, grâce à des procédés physiques appropriés.

Le résultat extrêmement intéressant pour l'avenir montre la possibilité d'obtenir, en pompant, une plus grande quantité de chaleur que n'en fournit l'équivalent calorifique de l'énergie fournie. C'est-à-dire que, dans une installation de froid, de chauffage, ou autre processus semblable, un kWh représente, si l'on peut dire, non plus seulement 860 calories, mais un multiple, par exemple 2000, 5000 calories ou même plus.

La pompe à chaleur est ainsi susceptible de possibilités intéressantes d'utilisation économique de l'énergie dans les cycles thermiques.

En utilisant des combustibles comme le charbon et l'huile qui sont employés dans la majorité des cas pour produire de la chaleur, nous vivons sur notre capital. L'énergie hydraulique serait comme un revenu constant. La pompe à chaleur permet d'épargner le capital et de mieux utiliser le revenu. Elle ne saurait, pour cette raison, disparaître du développement technique et économique et joue forcément un rôle de plus en plus grand.

Comparativement à l'histoire de la technique moderne, la pompe à chaleur est relativement ancienne. Pour autant que nous le savons, son application remonte à une centaine d'années. Depuis lors, elle a été employée dans les buts les plus différents. Elle fonctionne actuellement dans des

milliers d'installations, surtout pour la création du froid, aussi dans des systèmes d'évaporation, etc.

Parmi ses applications nouvelles, connus auparavant seulement d'un petit nombre de spécialistes, nous trouvons aujourd'hui des pompes à chaleur pour le chauffage de bâtiments, de bains, etc. L'installation de chauffage de l'Hôtel de Ville de Zurich, avec une pompe à chaleur, présente un intérêt tout à fait sensationnel qui renforce de façon évidente ce que nous venons d'affirmer. L'application au chauffage est en effet l'utilisation classique de la pompe à chaleur et, sans aucun doute, celle qui, dans un prochain avenir, aura le plus puissant développement.

Il y a là moyen d'obtenir des quantités de chaleur considérables pour le chauffage avec diminution du combustible et utilisation d'énergie à l'état latent.

Le développement initial dans la construction et dans l'utilisation de la pompe à chaleur a suivi forcément les progrès et les possibilités de la technique. Les problèmes de chauffage ont pu être réalisés seulement ces toutes dernières années.

Dans les exécutions qui vont suivre, les schémas et les figures sont appelés à concrétiser ce développement. L'utilisation actuelle de la pompe à chaleur se divise en :

- Création du froid
- Conditionnement d'air
- Evaporation
- Chauffage.

La création du froid est la plus ancienne et les installations sont innombrables. Réalisée par le moyen de la pompe à chaleur, elle consiste à créer une température en dessous du niveau normal. Le froid est, comme on le sait, très important pour conserver les denrées périssables.

Le schéma de la figure 1 donne, par exemple, le principe d'une installation simple. En 1, la chambre froide isolée dans laquelle est bâti l'évaporateur 2. La chaleur qui subsiste dans la chambre évapore l'agent refroidisseur sous une faible pression et une température d'évaporation basse. Le compresseur 3 aspire cette vapeur et la comprime dans un condenseur 4. La chaleur est ainsi soustraite et on obtient le niveau de température cherché, si l'on choisit une température d'évaporation appropriée. Si la pression est assez élevée, la tempé-

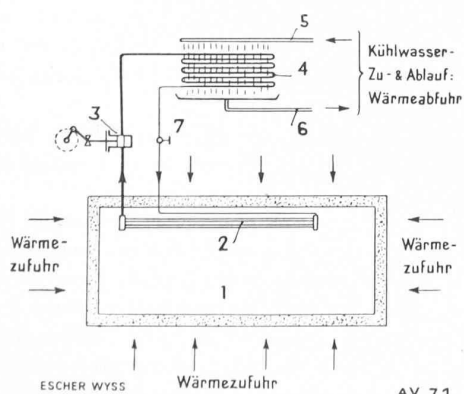


Fig. 1. — Schéma d'une installation de froid avec pompe à chaleur.

Wärmezufuhr = apport de chaleur.
 Kühlwasser Zu- & Ablauf = arrivée et départ d'eau de réfrigération.
 Wärmeabfuhr = soustraction de chaleur.

ture de condensation de la vapeur monte assez haut pour que son retour à l'état liquide dans le condenseur 4 soit rendu possible avec de l'eau froide.

La chaleur de condensation, respectivement la chaleur d'évaporation, et l'équivalent calorifique du travail de compression, vont dans l'eau de refroidissement. La chaleur enlevée dans la chambre 1 à basse température est évacuée par l'eau de refroidissement, dans le condenseur, à un niveau plus élevé.

Par la vanne de laminage, l'agent refroidisseur retourne de nouveau dans l'évaporateur et le cycle recommence.

Il faut remarquer déjà que, à côté du refroidissement obtenu dans la chambre 1, on a dans le condenseur 4 un réchauffage ; l'utilisation de ce réchauffage conduit, nous le verrons, à l'adaptation de la pompe à chaleur dans le seul but du chauffage.

L'installation schématique fig. 1 remplit son but. La température de la chambre 1 peut être maintenue en dessous du niveau normal. Suivant la hauteur de ce niveau et du froid à atteindre, on peut créer, respectivement pomper, 3000-5000 Cal. par kilowattheure. On construit des installations qui fournissent depuis quelques centaines jusqu'à plusieurs millions de frigories à l'heure.

La figure 2 montre des pompes de grandes puissances pour une grosse installation de pompe à chaleur. Ce sont, dans ce cas, des machines à piston.

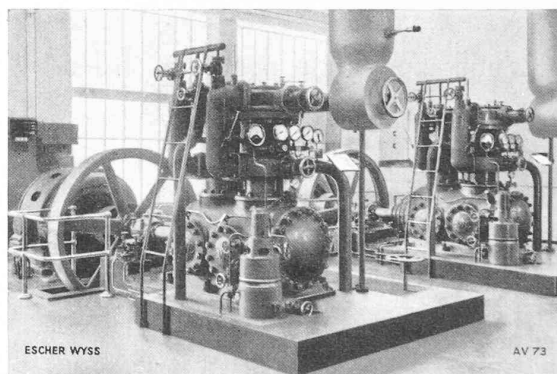


Fig. 2. — Machines à froid de 1400 000 frigories à l'heure. (Compresseurs à piston.)

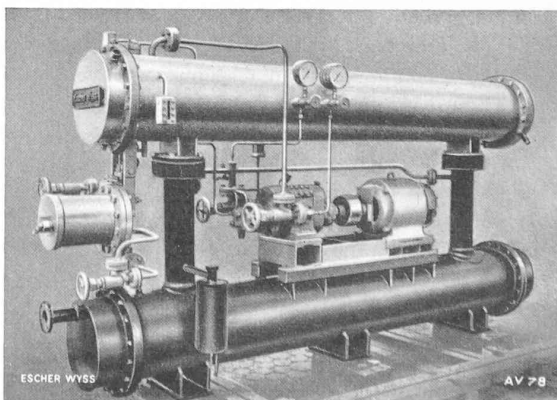


Fig. 3. — Appareil à froid avec pompe à chaleur.

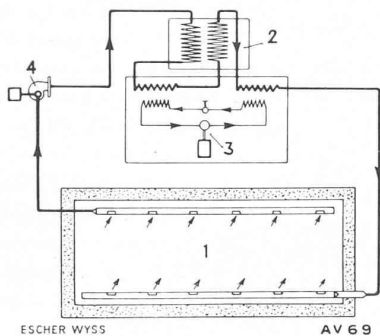


Fig. 4. — Schéma d'une installation de conditionnement d'air.

La figure 3 représente une machine à froid dont la construction reproduit presque exactement le schéma figure 1. Le corps cylindrique inférieur est l'évaporateur. La pompe est placée dessus, et plus haut, le condenseur, lui aussi, de forme cylindrique. La pompe est ici un compresseur rotatif moderne. Les différents appareils que l'on voit encore sur la figure servent au réglage.

Les installations de conditionnement sont d'une application tout à fait récente. On les emploie pour conserver des denrées périssables et pour assécher et rafraîchir l'air de locaux habités.

Dans le schéma figure 4, nous avons, par exemple, une installation de conditionnement représentée en principe. Un courant d'air circule à travers la chambre 1, qui doit être conditionnée, et dans les appareils 2 et 3. L'air, en traversant la chambre 1 change de température et d'humidité. L'échangeur de chaleur 2 et la pompe à chaleur 3 ramènent l'air à l'état initial. L'exemple précédent procède tout d'abord par refroidissement de l'air, une condensation partielle abaisse le degré d'humidité, ensuite l'air est réchauffé. Pour refroidir et pour réchauffer, il est avantageux de brancher sur l'installation un échangeur de chaleur 2, à contre-courant. Le système de pompe à chaleur 3 produit le refroidissement de l'air dans l'évaporateur et le réchauffage dans le condenseur. La pompe à chaleur restitue la chaleur libérée par le refroidissement au niveau de température désiré. C'est le même système de

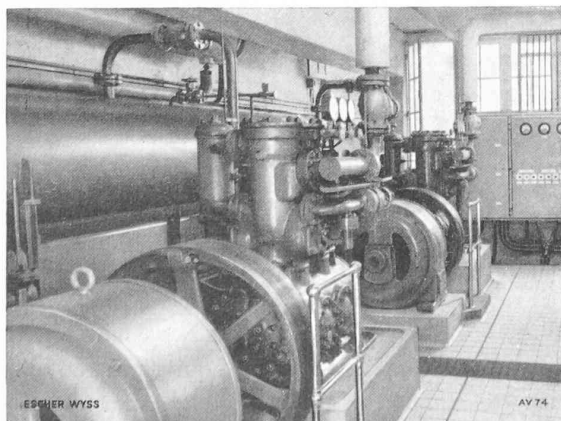


Fig. 5. — Pompes à chaleur d'une installation de conditionnement.

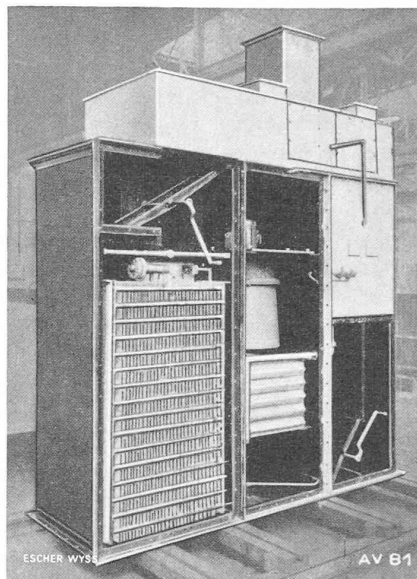
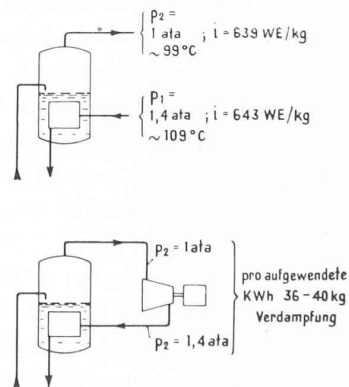


Fig. 6. — Petite installation de conditionnement, de construction compacte.

pompe à chaleur que celui décrit dans la rubrique « Machine à froid ». De telles installations donnent quelques milliers de Cal/h par kilowattheure.

La figure 5 montre une exécution de pompe à chaleur. A gauche, se trouvent les deux installations de compression. On aperçoit le condenseur au fond. Il s'agit d'une installation de conditionnement pour le séchage de la viande par courant d'air. La figure 6 montre une petite installation à peu près complète. La construction de telles installations demande aussi une connaissance approfondie des échanges de chaleur



Einzupf. Lösung:	leicht	mittel	schwer
kg Verdpfg./KWh	> 35	> 20	> 12
WE Dpf./WE Energie	> 22	> 12	> 7
ESCHER WYSS			AV 70

Fig. 7. — Schéma d'une installation d'évaporation avec pompe à chaleur. (Evaporation par thermo-compression.)

1 ata = 1 at. abs.
 WE/kg = Cal/kg.
 36 à 40 kg évaporés par kWh.
 Solution à évaporer : facile moyenne difficile
 kg d'évaporation par kWh >35 >20 >12
 Cal. vapeur / Cal. énergie >22 >12 >7

pour être bon marché et rentable. Les quantités de chaleur considérables qui entrent en jeu doivent être transmises avec de faibles différences de température et de bons coefficients d'échange et la construction doit être claire et simple.

La concentration des solutions est un domaine où la pompe à chaleur trouve de nombreuses applications. Dans l'industrie chimique et les usines qui s'y apparentent, il arrive souvent que l'on ait à concentrer des solutions qui sortent diluées du cycle des opérations. Il s'agit, en enlevant le dissolvant, l'eau par exemple, d'enrichir la solution. On procède presque exclusivement, de façon économique, en évaporant le dissolvant. La séparation exige, par conséquent, l'emploi d'un cycle thermique d'évaporation. La pompe à chaleur s'applique ici de façon remarquable; pour créer et entretenir ce cycle, on n'emploie que fort peu ou même pas de chaleur de l'extérieur¹.

La figure 7 montre, dans le schéma supérieur, un évaporateur dans lequel bout une solution aqueuse à la pression atmosphérique; à l'intérieur, un récipient de chauffage où l'on envoie de la vapeur à 1,4 at. abs. La condensation de 1 kg de vapeur de chauffage, à 643 Cal/kg, engendre, dans

¹ On nous permettra de relever que les premières installations de ce genre aménagées en Suisse le furent par M. Paul Picard, ex-président du Comité de patronage du *Bulletin technique*, aux Salines de Bex, en collaboration avec la Maison Weibel et Briquet, vers 1870. — *Réd.*

la solution, un kilo de vapeur à 639 Cal/kg. La chaleur introduite dans le récipient de chauffage correspond donc presque exactement à la chaleur emmenée par les vapeurs.

En s'efforçant de mieux utiliser la chaleur, on arrive à l'idée d'employer ces vapeurs pour le chauffage de l'évaporateur.

Il est nécessaire d'amener ces vapeurs à 1,4 at. abs., pour qu'elles puissent livrer leur énergie d'évaporation. On arrive à la solution préconisée en plaçant un compresseur entre le récipient de chauffage et la chambre d'évaporation. — Voir le schéma figure 7, en bas. — Grâce à ce nouveau dispositif, le cycle d'évaporation peut être maintenu aussi longtemps que l'on veut sans ou avec fort peu d'apport de chaleur extérieure. Pour entraîner le compresseur, on a, bien entendu, recours à l'énergie extérieure. Dans une installation industrielle de quelque mille kilos de vapeur par heure, on emploierait environ 1 kWh pour l'évaporation de 36 à 40 kg. Cette quantité exprime pratiquement la puissance d'évaporation par kWh.

Le petit tableau au bas de la figure 7 donne les puissances d'évaporation par kWh employées pour des solutions plus ou moins difficiles à concentrer. Il donne, d'autre part, la chaleur — en calories — livrée par unité de chaleur sous forme d'énergie (1 kWh = 860 cal.).

(A suivre.)

URBANISME LAUSANNOIS

(Suite et fin.)¹

La zone Bellerive-Ouchy.

L'étude ci-après ne prétend pas être un projet d'exécution rapide². Elle veut suggérer et représenter graphiquement le parti que l'on pourrait tirer de cette zone, presque indemne, pour établir dans la suite un plan directeur susceptible d'éviter, sous le régime de la nouvelle loi cantonale, la construction « au petit bonheur », procédé qui peut définitivement gâter l'aspect d'une ville et, par voie de conséquence, compromettre les intérêts économiques au sens le plus large.

Le futur plan directeur permettrait de bâtir et d'aménager la zone Bellerive-Ouchy par étapes, ces étapes faisant partie d'un ensemble préalablement bien défini. Ainsi, la première étape, la construction du port de petite batellerie, pourrait être conçue en tenant compte de tous les facteurs directement ou indirectement intéressés à l'ensemble de cette réalisation.

La présente étude comprend, d'une part, le nouveau quai proprement dit, qui englobe le port de plaisance et, d'autre part, un plan de lotissement.

¹ Voir *Bulletin technique* du 25 mars 1939, page 73. *Réd.*

² Cette étude, qui correspond à un avant-projet demandé à M. Piccard, n'a, bien entendu, aucun caractère officiel. Une délégation de la Sous-Commission d'urbanisme de la Direction des Travaux de la Ville de Lausanne, comme c'est le cas pour les principaux problèmes d'urbanisme lausannois, est chargée de l'examen de cette importante question. *Réd.*

Le quai.

Il est possible de créer en ce site splendide du littoral l'un des plus imposants quais d'Europe, en utilisant les richesses naturelles et sans investir de gros capitaux. C'est là une perspective dont l'intérêt ne saurait échapper à personne.

S'il a fallu du courage pour construire, il y a une trentaine d'années, le quai actuel d'Ouchy, de 1000 m de long, attrait considérable pour une ville relativement petite, il paraît non seulement logique de développer maintenant les quais proportionnellement à l'extension de la cité, mais si Lausanne est en passe d'atteindre le chiffre de 100 000 habitants, elle se doit encore de ne pas sacrifier son caractère de ville d'agrément et de centre de tourisme.

De prime abord, il semble nécessaire de prévoir de nouveaux emplacements pour le port marchand et les chantiers de navigation. En effet, la combinaison quai-port-chantiers de navigation ne saurait jamais donner un résultat satisfaisant, d'autant plus que la cote maximale que peut avoir le quai est 375, tandis que la cote minimale que devraient avoir les digues du port est également 375. Cela revient à dire que le premier plan, le port (sans parler des chantiers de la C. G. N.) compromettrait presque entièrement la vue du lac qui serait coupée sur plusieurs centaines de mètres par un mur dépassant de 2,50 m les hautes eaux et de 3,30 m les basses eaux! C'est là, semble-t-il, une erreur qu'il serait bon d'éviter. Ajoutons à cela que la splendide campagne de Bellerive,