

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 68 (1942)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Le chauffage industriel à l'aide de la pompe thermique  
**Autor:** Dusseiller, Paul  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-51796>

### **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:** 22.01.2025

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

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

### ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 13.50 francs

Etranger : 16 francs

#### Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 11 francs

Etranger : 13.50 francs

#### Prix du numéro :

75 centimes.

Pour les abonnements  
s'adresser à la librairie  
F. Rouge & C<sup>ie</sup>, 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 ; *Valais* : M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

RÉDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

### Publicité : TARIF DES ANNONCES

Le millimètre  
(larg. 47 mm.) 20 cts.  
Tarif spécial pour fractions  
de pages.

Rabais pour annonces  
répétées.



ANNONCES-SUISSES s.a.

5, Rue Centrale,  
LAUSANNE  
& Succursales.

### CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE

A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; M. IMER.

SOMMAIRE : *Le chauffage industriel à l'aide de la pompe thermique*, par PAUL DUSSEILLER, ingénieur. — *Construction d'un abri sanitaire de défense aérienne à Genève*, par MARCEL HUMBERT, ingénieur E. P. Z. — *DIVERS* : *La production d'énergie électrique au cours de l'hiver 1941-1942*. — *Société suisse des ingénieurs et des architectes: Restrictions dans la consommation du ciment; Création d'occasions de travail*. — *Les lubrifiants et huiles isolantes, leur importance économique et les mesures prises pour régler leur emploi*. — *Nécrologie* : Max Amiet, ingénieur. — *BIBLIOGRAPHIE*. — *SERVICE DE PLACEMENT*. — *DOCUMENTATION*.

## Le chauffage industriel à l'aide de la pompe thermique<sup>1</sup>

par PAUL DUSSEILLER, ingénieur.

### Introduction.

Il n'entre pas dans le cadre de la présente étude d'exposer à nouveau en détail le principe de la pompe thermique. Celui-ci n'est d'ailleurs aucunement nouveau en lui-même bien que son utilisation pratique dans le domaine du chauffage soit toute récente. Les nombreux articles parus ces dernières années dans la plupart de nos revues techniques ont permis au lecteur de se faire une idée précise du côté théorique de la question et montré sa logique subordination aux lois fondamentales de la thermodynamique<sup>2</sup>. Il semble toutefois indiqué, pour éviter toute confusion, de mentionner en deux mots ce qu'on entend par pompe thermique.

On désigne sous ce nom toute installation permettant d'élever une quantité de chaleur d'un niveau de température inférieur à un niveau supérieur à l'aide d'un appoint plus ou moins considérable d'énergie mécanique.

On peut subdiviser les réalisations pratiques du principe de la pompe thermique en trois catégories :

<sup>1</sup> M. le professeur, Dr B. Bauer, directeur de la Centrale de chauffage à distance de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich, a publié, dans le bulletin technique de la *Neue Zürcher Zeitung*, le 10 décembre 1941, une étude intitulée « Brennstoffeinsparung in der Industrie mit der Wärmepumpe ». Un de ses collaborateurs traite ici le même sujet à l'intention des lecteurs du *Bulletin technique de la Suisse romande*. (Réd.)

<sup>2</sup> Voir : a) B. BAUER et B. BOLOMEY, dans *l'Electrique*, 1939-40, n°s 9-10 ; b) R. PETER, *Bulletin technique de la Suisse romande*, 1939, n°s 10-11.

a) *L'évaporation par thermocompression*, application industrielle réalisée depuis déjà un certain nombre d'années, qui permet, en comprimant les vapeurs du liquide évaporé, d'élever celles-ci à une température plus élevée et d'utiliser ainsi la chaleur d'évaporation qu'elles contiennent, au chauffage du liquide à évaporer.

b) *La machine frigorifique à agent réfrigérant spécial* qui utilise la propriété que possèdent certains corps, tels que l'ammoniaque et le fréon, de s'évaporer à des températures relativement basses. La chaleur d'évaporation peut donc être prise dans une source de chaleur de faible niveau de température, telle que par exemple l'eau d'un lac ou d'une rivière. En comprimant la vapeur ainsi obtenue, cette chaleur se trouve transportée à un niveau de température sensiblement plus élevé et il est alors possible de la transmettre à un réseau de chauffage, par condensation de la vapeur sous pression. Il faut toutefois ici remarquer que cette propriété de la machine frigorifique a été négligée jusqu'à ces dernières années, celle-ci n'étant jusqu'alors employée que pour le refroidissement d'un milieu, par évaporation de l'agent réfrigérant sous faible pression, sans chercher à tirer usage de la chaleur prélevée ainsi à ce milieu. Bien au contraire, cette chaleur est la plupart du temps transmise à un courant d'eau dit de refroidissement qui est dirigé vers l'égout. Les réalisations récentes des Ateliers Escher-Wyss à l'Hôtel de Ville et à la Piscine de Zurich peuvent être considérées comme les premières applications pratiques de la machine frigorifique au chauffage, la température demandée par celui-ci étant obtenue par le choix adéquat de l'agent réfrigérant et de la pression.

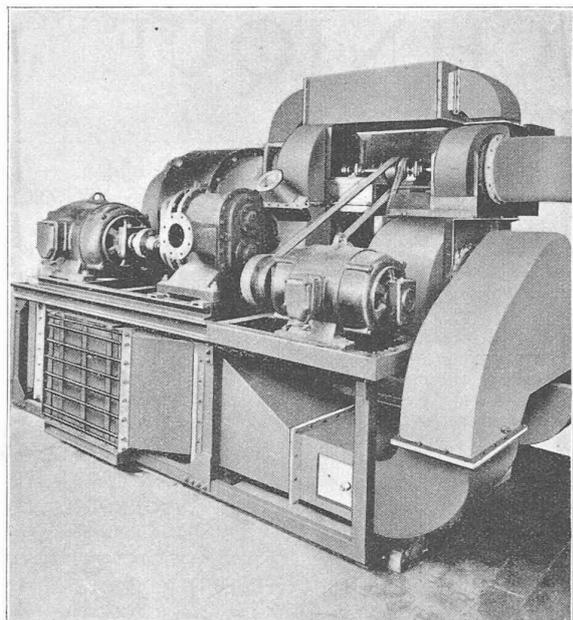


Fig. 1. — Vue de la pompe thermique à air installée au Palais des Congrès à Zurich.

Puissance thermique 50 000 kcal/h.  
Puissance frigorifique 27 000 kcal/h. — Consommation 24 kW.

c) *La pompe thermique à air*, qui présente une certaine analogie avec la machine frigorifique sans toutefois nécessiter l'emploi d'un agent réfrigérant. C'est en comprimant directement l'air que s'opère ici l'élévation de température de la chaleur de faible niveau. Cette solution est particulièrement favorable lorsque la source de chaleur de faible niveau se présente sous la forme d'un courant d'air vicié s'échappant par exemple d'un local ventilé ou d'un séchoir. Cet air, comprimé, peut alors transmettre sa chaleur à l'air frais destiné au chauffage. Une installation de ce genre (fig. 1) a été installée en 1939 au Palais des

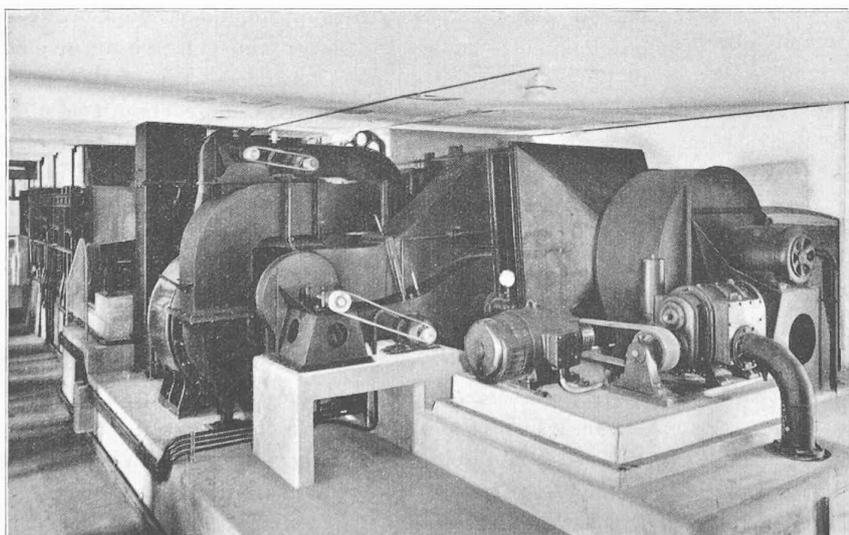


Fig. 2. — Vue de la pompe thermique à air installée à la Fabrique de papier de Landquart.

Puissance thermique 110 000 kcal/h. — Consommation 50 kW.

Congrès de Zurich pour le conditionnement de l'air de ventilation d'une grande salle, grâce à l'initiative de la Centrale de Chauffage de l'Ecole polytechnique fédérale en collaboration avec la maison Sulzer Frères à Winterthour et sur la base des brevets de l'ingénieur Lèbre. Bien qu'il s'agisse d'un procédé nouveau, l'installation donne depuis lors entière satisfaction. Elle permet une économie annuelle d'environ 20 t de charbon pour une consommation d'électricité de 50 à 70 % inférieure à celle d'un chauffage électrique direct de même puissance. Il ne s'agit là cependant que d'une première réalisation et les essais poursuivis par la Centrale de Chauffage de l'Ecole polytechnique fédérale permettent de prévoir un rendement sensiblement meilleur. En collaboration avec la maison Brown, Boveri à Baden, une nouvelle installation vient d'être réalisée à la Fabrique de papier de Landquart (fig. 2). Sa puissance est double de celle du Palais des Congrès (110 000 kcal/h). Combinée avec un récupérateur de chaleur de la maison Sulzer Frères, elle permet la réutilisation de la chaleur contenue dans l'air chaud et les buées s'échappant de la calandre à papier. Cette installation assurera, pour la pompe thermique seule, une économie annuelle d'environ 180 t de charbon. Il importe de reconnaître la juste valeur d'une telle initiative dans le domaine industriel. La Fabrique de papier de Landquart collabore ainsi à l'effort national pour le maintien et l'amélioration du rendement de notre industrie en général.

#### I. Chaleur industrielle et énergie hydro-électrique.

Il aurait été fort intéressant de poursuivre le développement de la pompe thermique à air en continuant les essais de laboratoire. Il nous a paru cependant beaucoup plus urgent de collaborer à la solution rapide des nouveaux problèmes posés actuellement par le ravitaillement précaire de notre pays en combustible et nous avons résolu de mettre les connaissances et les expériences de notre institut entièrement au service de ce domaine important de notre économie nationale.

De quelle manière peut-on réaliser des économies de combustible importantes, dans un bref délai, sans rationner exagérément les industries vitales de notre pays ? La richesse de nos forces hydrauliques naturelles est connue, mais il est indispensable de se faire une idée précise des conditions physiques permettant d'ordonner les divers domaines où cette source d'énergie nationale peut compenser le manque de combustible. Il est de toute importance d'électrifier en premier lieu les domaines de l'industrie exigeant un niveau de température très élevé et permettant de ce fait une économie maximum de combustible par kWh.

(Fonderies, industrie métallurgique et céramique, production de vapeur à haute pression, processus de cuisson, etc.) Dans ces cas, on obtient même souvent encore une amélioration de la qualité des produits. Dans les domaines n'employant la chaleur qu'à une température inférieure (production d'eau chaude ou d'air chaud) il est rare d'obtenir un chiffre très élevé d'économie de combustible par kWh employé. En principe, l'emploi de l'électricité n'est ici indiqué qu'une fois l'électrification du premier groupe de consommation terminée. L'accumulation massive d'énergie hydro-électrique estivale, sous forme de chaleur destinée en hiver au chauffage des locaux, doit être considérée à ce même point de vue aujourd'hui comme prématurée et même erronée. L'économie de l'énergie exige au contraire que l'excédent de la production de nos usines électriques, en été, soit dirigé vers les bassins d'accumulation où, contrairement à l'accumulation sous forme de chaleur, l'énergie conserve toute sa valeur d'utilisation. Il ne faut d'autre part aucunement oublier l'accumulation de l'énergie estivale sous forme de combustible économisé par l'emploi de la chaudière électrique dans l'industrie. Le combustible économisé ainsi en été devient disponible l'hiver suivant pour le chauffage des locaux.

Les statistiques constatent qu'un très gros pourcentage de la consommation industrielle de combustible est utilisé à la production de chaleur de température inférieure. Seule la pompe thermique en permet l'électrification rationnelle sans bouleverser l'ordre établi plus haut, à condition toutefois de concentrer l'effort sur les entreprises ayant une forte consommation de chaleur, été comme hiver. Dans ce cas seulement on peut envisager l'installation d'une station de pompage thermique dont la capacité de remplacement de combustible pourra atteindre quelques milliers de tonnes par an sans disproportion avec le capital à investir. Le coût de l'installation par unité de puissance calorifique est alors beaucoup plus faible que pour les pompes thermiques de moindre puissance. L'utilisation de l'installation pendant toute l'année garantit un prix de revient de la chaleur inférieur à celui des installations de pompage thermique pour le chauffage des locaux avec leur emploi presque exclusivement hivernal. Le fournisseur de l'énergie électrique a également le plus grand intérêt à une consommation constante et continue toute l'année. Pour ces différentes raisons, il est permis d'entrevoir une réalisation prochaine de ce genre d'électrification.

La construction et l'exploitation d'une station de pompage thermique de grande puissance pose toutefois une série de problèmes. Une source de chaleur de faible niveau de température doit être trouvée, soit sous forme de chaleur de déchet provenant de l'exploitation, soit sous forme de chaleur ambiante contenue dans l'eau d'un lac, d'une rivière ou d'une nappe souterraine. L'emplacement de la station doit être choisi en tenant compte du lieu de prélèvement de cette chaleur et de l'emplacement des points de consommation de la chaleur. Le choix de la

température de l'agent de transport de la chaleur (eau chaude) est d'une importance primordiale pour le fonctionnement économique de l'installation. Les appareils qui jusqu'alors étaient chauffés à la vapeur ou avec de l'air très chaud (bains chimiques, séchoirs, générateurs d'eau chaude) doivent être adaptés à la température réduite de l'agent transporteur de la chaleur, sans entraver la bonne marche du processus de fabrication. Elle ne doit pas dépasser, à notre avis, 60 à 70° Celsius. On peut atteindre 80° en prévoyant un appoint de chaleur complémentaire sous forme de vapeur ou d'électricité. Au delà de cette limite, il est indiqué de conserver le mode de chauffage existant, à moins que la température de retour de l'agent de transport se laisse utilement abaisser.

Une station de pompage thermique industrielle exige en général, pour être rentable, des groupes thermopompe d'une puissance unitaire de 1,5 à 2 millions de kcal à l'heure au minimum. La pompe thermique à air n'est actuellement pas encore au point pour de telles puissances et, hors le domaine de l'évaporation par thermocompression, seule la pompe thermique avec circuit d'agent réfrigérant entre en ligne de compte. Le choix de l'agent réfrigérant n'est pas sans importance. Le compresseur à pistons, particulièrement favorable aux agents de faible volume spécifique ( $NH^3$ ), exige pour atteindre les températures mentionnées, des pressions relativement élevées. Pour des groupes à grande puissance, le compresseur rotatif à grande vitesse (turbocompresseur) présente de grands avantages en permettant, dans des conditions par ailleurs identiques, l'emploi d'agents réfrigérants n'exigeant que des pressions sensiblement plus faibles. La puissance et le rendement de l'installation dépendent, en outre, très fortement de la température de la source de chaleur de bas niveau mise à contribution, d'où l'importance et la complexité du problème du réglage de la puissance calorifique et de la température de l'agent de transport.

Nos travaux d'ordre général dans ce domaine nous ont amenés à une première réalisation dans une fabrique importante située sur la rive suisse du lac de Constance. Cette entreprise a décidé l'installation d'une station de pompage thermique d'une puissance de 3 millions de kcal/h. Le projet a été établi en collaboration avec la maison Brown, Boveri à Baden et la mise en service aura lieu dans quelques mois. Une courte description en est donnée en fin du présent article. L'économie de combustible réalisable avec un premier groupe de 1,5 millions de kcal/h est d'environ 2100 t. Bien que l'entreprise en question se soit assurée par convention toutes les conditions de sécurité et de garantie indispensables, sa décision n'en représente pas moins, du fait de la nouveauté de ce genre d'installation et en considération de sa signification pour notre économie nationale, un geste de courageuse initiative méritant la reconnaissance et l'approbation de tous.

Dans le même ordre d'idée et afin de rendre son exploitation moins dépendante du marché des charbons étrangers, la Centrale de chauffage à distance de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich envisage la réalisation pro-

chaîne d'une station de pompage thermique de 4 millions de kcal/h destinée à alimenter en chaleur une importante partie de son réseau de chauffage urbain. Cette installation permettra, en temps normal, d'économiser environ 2500 t de charbon par hiver en utilisant la chaleur de faible niveau contenue dans les eaux de la Limmat.

## II. La rentabilité des installations de pompage thermique.

Il s'agit d'abord de se mettre d'accord sur ce qu'on entend par rentabilité. Lorsqu'un industriel veut comparer une installation de chauffage électrique entrant en compétition avec une installation de production de chaleur à base de combustible solide ou liquide, il établit, sur la base des frais d'exploitation de chacun des deux systèmes, le prix du kWh qu'il est disposé à payer ; ou bien, sur la base d'une offre pour le prix du kWh, il calcule ce que lui rapporte le capital qu'il devra investir pour l'électrification de sa production de chaleur.

Ce contrôle de la rentabilité est bien souvent considéré à tort comme un critère *absolu* pour le choix ou l'abandon de l'installation projetée. On oublie en face de ces considérations d'ordre strictement privé, le domaine général de l'économie. En ce qui concerne la pompe thermique, il importe de considérer l'avantage de l'emploi d'énergie hydroélectrique indigène à la place du charbon importé de l'étranger. Chacun se représente facilement la valeur d'un tel argument pour l'indépendance de notre industrie. Il faut en outre tenir compte du fait que par opposition à la production directe de la chaleur (à l'aide d'une chaudière électrique par exemple), la pompe thermique utilise pour la majeure partie, les calories accumulées sur place dans des réservoirs naturels de faible température ; de ce fait les installations de production et de transport de l'énergie électrique sont mises beaucoup moins fortement à contribution et restent disponibles pour une distribution rationnelle et économique de l'énergie électrique dans l'ensemble du pays.

Il est indispensable de tenir compte de ces facteurs lorsque l'on veut se faire une idée juste de la rentabilité réelle d'un nouveau procédé technique bien que, ne pouvant être exprimés en chiffres, on ne puisse les faire intervenir dans le calcul strict de la rentabilité tel qu'il est décrit plus haut. Celui-ci conserve aujourd'hui toute sa signification, mais il n'est pas permis de le prendre comme unique critère, sans tenir compte des intérêts communs à l'ensemble du pays. Tout industriel conscient de l'avenir de son entreprise sait d'ailleurs qu'à longue échéance les intérêts privés viennent se confondre avec les intérêts de la communauté.

En ce qui concerne la rentabilité des installations industrielles de pompage thermique, il est clair que la nouvelle installation doit garantir un avantage privé, mesurable au revenu effectif du capital investi. Si cette garantie ne peut être assurée, on ne peut conseiller à l'industrie d'investir des sommes à perte tant qu'elle possède le choix entre la pompe thermique et la chaufferie au charbon. La

rentabilité calculée doit permettre un amortissement raisonnable des frais d'installation. Nous considérons par contre comme absolument erroné le principe qui veut que de telles installations soient destinées uniquement à permettre de traverser avantageusement les temps difficiles actuels et exigeant leur amortissement complet en quelques années. C'est nuire à l'économie générale de notre pays que de s'appuyer sur ce principe traduisant une prudence exagérée pour refuser de collaborer à l'effort commun destiné à assouplir *la rigide dépendance de notre industrie du marché étranger des charbons*.

Même après la présente guerre, on ne peut nullement envisager une baisse des prix avant de longues années ; il faut même s'attendre encore à une nouvelle hausse due au manque de matières premières en général. Les entreprises seront, du fait des suites de la guerre, lourdement mises à contribution par le fisc et les nécessités sociales ; il n'est guère possible d'envisager un retour rapide aux prix d'avant-guerre. En ce qui concerne le charbon, il faut en outre considérer les progrès considérables réalisés par la technique moderne pour l'utilisation rationnelle de celui-ci, en quantités considérables, dans les divers processus synthétiques, ce qui donne désormais au charbon industriel une valeur comparative sensiblement plus élevée. Le consommateur de charbon en Suisse doit se préparer pour l'avenir à un maintien prolongé des prix élevés et d'un sévère contingentement.

L'électrification de la production de chaleur dans l'industrie ne doit pas être considérée comme un moyen transitoire ; c'est la base d'une adaptation nécessaire de la production de chaleur aux conditions futures. Il ne s'agit pas, bien entendu, de supprimer entièrement le chauffage au charbon. La station de pompage thermique apparaît toutefois, non plus comme une nécessité de guerre coûteuse et devant être rapidement amortie, mais comme le mode de production de chaleur de l'avenir qui permettra, selon l'offre et la demande sur le marché du charbon et de l'énergie électrique, de couvrir une partie plus ou moins considérable des besoins de chaleur de l'industrie par l'emploi rationnel de l'énergie hydroélectrique du pays. Elle peut et doit donc être traitée comme devant faire partie intégralement des installations industrielles et au même titre que celles-ci.

## III. La pénurie actuelle d'énergie électrique et la pompe thermique.

Il ne serait certes pas logique de restreindre encore la consommation de lumière et de force motrice afin de produire en hiver de la chaleur de température inférieure, même en utilisant la pompe thermique. On peut toutefois prévoir que la situation précaire actuelle de la production d'énergie électrique restera limitée aux mois d'hiver et, dès la fonte des neiges, on peut s'attendre comme les années précédentes à des disponibilités pour la production de chaleur dans l'industrie. La pompe thermique permettrait à ce moment une utilisation de cette énergie beaucoup plus rationnelle que la chaudière électrique. L'im-

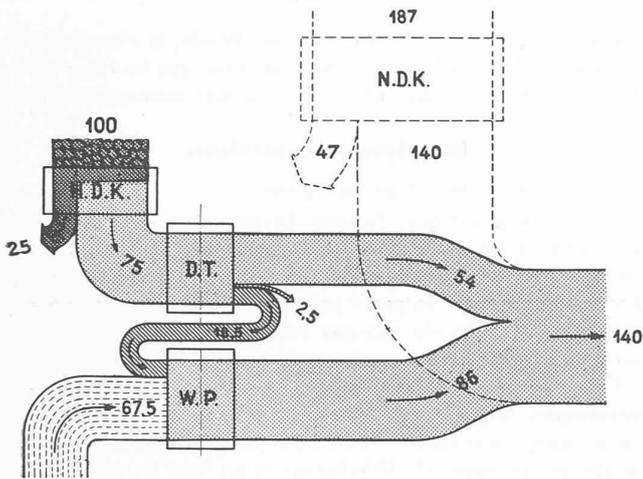


Fig. 3. — Bilan énergétique d'une centrale de chauffage avec groupe turbo-thermopompe.

H.D.K. = Chaudière à vapeur haute pression. — N.D.K. = Chaudière à basse pression. — DT = Turbine à vapeur. — WP = Pompe thermique.

portance de la pompe thermique pour notre économie nationale ne se trouve nullement diminuée du fait que l'énergie électrique nécessaire à alimenter les installations de ce genre ne peut être garantie pour le prochain hiver. Il vient d'être démontré qu'il s'agit là, non pas d'une solution provisoire mais d'un moyen précieux pour la stabilisation des besoins industriels de charbon, après la guerre.

En outre, les entreprises disposant d'installations pour la production thermique d'énergie électrique en contre-pression, ont la possibilité de produire elles-mêmes l'énergie nécessaire à une installation de pompage thermique. Cette solution prévue comme éventualité pour la station de pompage thermique industrielle dont il est parlé plus haut, constitue d'autre part le point de départ du projet actuellement à l'étude pour une station de pompage thermique combinée avec la Centrale de chauffage à distance de l'Ecole polytechnique fédérale. La production de chaleur de cette dernière étant essentiellement hivernale, il serait peu indiqué de prévoir son alimentation exclusivement avec de l'énergie hydro-électrique. Cette dernière ne peut remplacer la production autonome d'énergie thermo-électrique que pour autant que nos usines électriques en disposent.

Des études sont actuellement en cours, en collaboration avec la maison Brown, Boveri et C<sup>ie</sup>, pour la réalisation de centrales de chauffage avec pompe thermique *sans consommation d'énergie électrique*. Cette solution est spécialement prévue pour les industries et les chauffages urbains dans des régions dépourvues d'énergie hydro-électrique. Le compresseur de la pompe thermique est accouplé directement avec une turbine à vapeur dont le condenseur, prévu pour température et pression variables, fournit lui-même un appoint de chaleur au réseau de chauffage. Le groupe *chaudière à vapeur — turbine — pompe thermique* forme un bloc homogène présentant de multiples avantages tant au point de vue fabrication qu'au point de vue fonctionnement. La figure 3 représente schématiquement le bilan énergétique d'un tel

groupe utilisé pour l'alimentation d'un réseau de chauffage. Sur 100 kcal brutes absorbées par la chaudière sous forme de charbon, une moyenne de 75 kcal est transmise au groupe turbo-compresseur; 18,5 kcal, sous forme d'énergie mécanique, font mouvoir le compresseur tandis que les 54 kcal restantes sont récupérées sous forme de chaleur dans le condenseur de la turbine à vapeur. La pompe thermique prend dans un bassin de chaleur de faible température (lac ou rivière) 67,5 kcal qu'elle élève à la température du réseau de chauffage auquel elle fournit, y compris l'énergie mécanique transformée, un total de 86 kcal. Un tel système permet donc de produire avec 100 kcal brutes fournies à la chaudière un débit de 140 kcal dans le réseau de chauffage. Ce rendement de 140 % semble de prime abord paradoxal. La même figure montre cependant clairement qu'une chaudière ordinaire nécessiterait pour la production d'une même quantité de chaleur 187 kcal brutes (partie en pointillé), soit un supplément de 87 %.

On se demandera peut-être quelles sont les raisons pour lesquelles le principe décrit ci-dessus, qui n'est en lui-même qu'une combinaison d'éléments connus, n'a pas été depuis longtemps utilisé pour la production rationnelle de la chaleur dans l'industrie et pour le chauffage des immeubles. Une telle réalisation ne s'impose pourtant que lorsque, comme actuellement, la valeur marchande du combustible s'accroît dans des proportions considérables. L'économiste avisé réalise bien vite que ce magnifique rendement, comme dans chaque processus de transformation de l'énergie, ne peut être obtenu que grâce à une augmentation sensible du coût des installations. A la diminution des frais d'exploitation correspond une augmentation du capital investi. Même si cette diminution ne permet qu'un amortissement lent du supplément de capital nécessaire, il n'en résulte pas moins un immense avantage pour l'économie nationale; une partie des sommes énormes qui chaque année sont absorbées pour l'importation du charbon deviennent libres pour être investies à l'intérieur du pays.

(A suivre.)

## Construction d'un abri sanitaire de défense aérienne à Genève

par MARCEL HUMBERT, ingénieur E. P. Z.

### Introduction.

En dehors des abris publics de défense aérienne (D. A.), dont l'un peut recevoir 1400 personnes, et de nombreux abris privés, Genève compte à ce jour, grâce à l'active collaboration du Service cantonal D. A. et de la Ville, un certain nombre de postes sanitaires.

La présente description donne un aperçu du dernier en date de ces abris spéciaux — il vient d'être terminé — appelés, en cas de bombardements aériens, à fonctionner comme de véritables petits hôpitaux.

La construction et l'aménagement de cet abri sanitaire répond aux « Directives techniques » établies par le Départe-