

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 22 (1896)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Le pavillon Raoul Pictet  
**Autor:** Peyrot, Adrien  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-19358>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.01.2026

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

## BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

## DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT A LAUSANNE 8 FOIS PAR AN

Administration : Place de la Louve.

(GEORGES BRIDEL & C<sup>e</sup> éditeurs.)

Rédaction : Rue Pépinet, 1.

(M. A. VAN MUYDEN, ing.)

**Sommaire :** Exposition nationale suisse, Genève 1896. Le pavillon Raoul Pictet. (II). L'installation frigorifique, par M. Sengeisen. Planche N° 50. — Achèvement du pont canal métallique de Briare, par J. Gaudard, professeur à l'école d'ingénieurs à Lausanne. — Essai d'une machine à vapeur de 2000 chevaux. — Revision de la loi sur la police des constructions. — Bibliothèque. — Communications diverses.

*Exposition nationale suisse, Genève 1896.*

## LE PAVILLON RAOUL PICTET

II. L'installation frigorifique<sup>1</sup>.

D'après des notes obligeamment communiquées à la rédaction par M. SENGEISEN, assistant en chef de M. le professeur Raoul Pictet.

Planche N° 50.

L'usine frigorifique modèle dont on lira ci-dessous la description, avait pour but de *fixer l'histoire expérimentale de la théorie mécanique de la chaleur*.

Les nombreuses personnes qui ont visité cette exposition, unique en son genre, ont pu apprécier les progrès considérables apportés depuis quelques années dans la construction des machines frigorifiques et se rendre compte de la mise en œuvre du *procédé des refroidissements successifs*, imaginé par M. Raoul Pictet et appliqué par lui pour la première fois en public lors de ses retentissantes expériences de l'année 1877 sur la liquéfaction et la solidification des gaz permanents.

On a admiré l'agencement des divers organes, la perfection et la docilité du puissant outillage, commandé par huit électromoteurs représentant une force mécanique de 180 chevaux et mettant en jeu des températures fantastiques et des pressions formidables.

L'éminent professeur disposait dans cette enceinte de moyens opératoires exceptionnels et il a pu renouveler ses expériences sur une vaste échelle, en présence de savants captivés par la sûreté de sa méthode et l'élégance incomparable de ses démonstrations.

Avant de décrire le fonctionnement des divers appareils, rappelons tout d'abord le principe de la machine frigorifique type.

L'évaporation des liquides volatils absorbant une quantité de chaleur considérable, on utilise cette propriété physique pour la production du froid.

Les organes essentiels d'une machine frigorifique sont :

<sup>1</sup> La première partie, intitulée : *Le Bâtiment*, a été publiée dans la livraison précédente (N° 7) du Bulletin.

Un réfrigérant,  
Une pompe de compression,  
Un condenseur.

La pompe aspire les vapeurs émises par le liquide volatil dans le réfrigérant et les refoule dans le condenseur, où elles se liquéfient. Un tuyautage de retour ramène le liquide du condenseur au réfrigérant, où il est évaporé de nouveau. L'opération est continue. Chaque coup de piston détermine un cycle complet.

La quantité de chaleur soustraite au réfrigérant par le changement d'état et la détente est exactement équivalente à la quantité de chaleur restituée au condenseur ; les températures des deux milieux et les pressions sont seules différentes.

Dans le cas de l'application industrielle la plus connue, celle du générateur à glace, le serpentin du réfrigérant est noyé dans un bain d'eau salée, qu'il a pour fonction de porter à une température comprise entre  $-5^{\circ}$  à  $-10^{\circ}$  ; les moules d'eau à congeler sont plongés dans ce bain. Le serpentin du condenseur, de son côté, est noyé dans un courant continu d'eau fraîche, qui absorbe et entraîne la chaleur latente de liquéfaction et la chaleur due à la compression du gaz.

Pour abaisser la température à  $-213^{\circ}$ , M. Raoul Pictet parcourt trois étapes formant trois cycles successifs ; chaque cycle utilise un liquide différent, de plus en plus volatil, suivant la température à atteindre.

Le *premier cycle* fonctionne avec un liquide volatil mixte (liquide Pictet), composé d'acide sulfureux et d'acide carbonique. L'appareil exposé comprend six réfrigérants CDE (planche 50).

Le réfrigérant D est une cuve cylindrique, disposée horizontalement, de trois mètres de profondeur et de deux mètres de diamètre, constituant un véritable laboratoire frigorifique, où l'on peut faire à  $-110^{\circ}$  des expériences en grand.

Les deux réfrigérants E ont la forme de puits et sont destinés au traitement des malades par la méthode frigothérapeutique.

Les deux petits réfrigérants C servent à la rectification des parfums et à la congélation des cognacs.

Ces divers réfrigérants sont reliés entre eux par un système de tuyauterie. Un premier compresseur A aspire directement les vapeurs émises par le liquide sulfureux-carbonique et les refoule, sous une pression de trois kilogrammes, dans un condenseur M formé par quatre serpentins noyés dans un courant d'eau fraîche. Après la liquéfaction, le liquide retourne au réfrigérant.

On peut ainsi abaisser la température jusqu'à  $-70^{\circ}$  environ ; mais, à cette température, la tension des vapeurs est faible, le volume de vapeur engendré par coup de piston n'absorbe plus pour son changement d'état qu'une quantité de chaleur égale à celle fournie par le rayonnement et un état d'équilibre stable s'établit. Pour abaisser la température de  $-70^{\circ}$  à  $-110^{\circ}$ , M. Raoul Pictet a adjoint à ce compresseur un système de deux pompes jumelles auxiliaires à vide  $BB_1$ , qui aspirent par coup de piston et refoulent dans le premier compresseur un volume de vapeur sensiblement double du volume engendré directement par le compresseur A.

La marche de chacun des appareils est indiquée par des manomètres. L'un des manomètres remplit indirectement la fonction de thermomètre ; il est à remarquer que les variations de tension des vapeurs correspondant à de faibles différences de température déterminent sur l'échelle manométrique des différences beaucoup plus sensibles à l'œil que ne le ferait, dans les mêmes conditions, l'échelle d'un thermomètre à liquide quelconque.

*Second cycle.* En profitant du premier abaissement de température créé par le premier cycle, il est possible de liquéfier un gaz plus difficilement condensable que l'acide sulfureux-carbonique. Le gaz employé par M. Raoul Pictet dans son second cycle est le protoxyde d'azote. Ce gaz est préparé sur place en décomposant par la chaleur le nitrate d'ammoniaque dans des cornues en fer ; le gaz est ensuite purifié par des laveurs et recueilli dans le gazomètre V. Le compresseur F aspire le gaz et le refoule dans un condenseur formé par un serpentins noyé dans l'un des deux réfrigérants E du premier cycle. (Le réfrigérant E du premier cycle remplit donc, pour le second cycle, la fonction attribuée à l'appareil M pour le premier cycle.)

Refroidi à la température de  $-80^{\circ}$  à  $-90^{\circ}$  et comprimé à 7 à 8 kg., le gaz protoxyde de l'azote se liquéfie et se rend aux réfrigérants C et H du second cycle ; dès lors le second cycle suit une marche parallèle au premier.

Les deux pompes à vide jumelles  $GG_1$  remplissent ici pour le second cycle la même fonction auxiliaire que les pompes  $BB_1$  pour le premier cycle. Dans ces conditions, on obtient une température d'environ  $-165^{\circ}$ .

*Troisième cycle.* Le gaz employé par M. Raoul Pictet pour le troisième cycle est l'air atmosphérique. Le système comporte un compresseur de disposition spéciale, à trois cylindres groupés en tension, qui comprime l'air atmosphérique à une pression pouvant atteindre 300 atmosphères. L'air y est refoulé dans un serpentins débouchant dans une bouteille en tôle d'acier capable de résister à cette haute pression ; ce condenseur est noyé dans le réfrigérant du second cycle. A la température de  $-142^{\circ}$  et sous la pression de 300 atmosphères, l'air se liqué-

fie. On obtient ainsi un troisième liquide, l'un des plus volatils connus, dont l'évaporation dans le vide permet d'atteindre la température de  $-213^{\circ}$ .

Nous mentionnerons, sans nous y arrêter, le générateur à glace P, système Linde, où le liquide Pictet est remplacé par l'ammoniaque liquide.

Ce générateur est remarquable par ses proportions considérables ; sa production est de 1000 kg. de glace à l'heure. La disposition adoptée pour la manutention est ingénieuse et pratique. Une grue roulante électrique, commandée par une simple manette, permet d'enlever et de plonger dans la cuve à congélation et de transporter en diverses directions un groupe de moules renfermant un poids utile de 300 kg.

Des pompes centrifuges puisent l'eau salée froide dans la cuve à congélation et alimentent un réseau frigorifique à circulation continue. La machine alimente en outre le serpentins de la fontaine glacée du bar.

La pompe pneumatique en cascade Z mérite une mention spéciale. Cette pompe est destinée à faire le vide dans les divers appareils avant d'y introduire le liquide volatil. La disposition adoptée pour le jeu des tiroirs et des pistons permet d'obtenir un vide à peu près absolu dans des autoclaves de grande dimension. La première pompe de cette espèce a été construite il y a quelques années sur les indications précises données à ce sujet par M. Raoul Pictet.

À côté de cette pompe se trouve un compresseur en cascade L, qui sert à la liquéfaction de l'acétylène ; ce gaz, qui est endothermique, demande à être manipulé avec des précautions minutieuses au moment de sa liquéfaction et de son emmagasinement dans des bouteilles en métal.

Nous dirons encore quelques mots du nouveau système de ventilation mécanique appliqué à l'amphithéâtre, dont il a été déjà question dans la première partie de cet article. (*Bull.* N° 7).

Le ventilateur est à hélice ; son diamètre est de 1<sup>m</sup>50, il est calculé pour refouler 54 000 mètres cubes d'air par heure, à raison de 400 tours à la minute et demande, dans ces conditions, une force motrice de 3 HP.

L'ancien procédé de refroidissement injectait de l'eau pulvérisée dans le courant d'air et abaissait de quelques degrés sa température par l'effet de l'évaporation de l'eau. Il avait pour inconvénient d'introduire de l'air saturé de vapeur d'eau dans le milieu, nécessairement déjà humide, d'une salle occupée par un nombreux auditoire.

Le nouveau procédé *condense*, au contraire, la vapeur en dissolution dans l'air, par le contact des toiles humectées d'eau salée maintenue à une température inférieure à zéro ; l'air, refroidi par rayonnement et desséché par la condensation, est envoyé dans le milieu qu'il s'agit de renouveler.

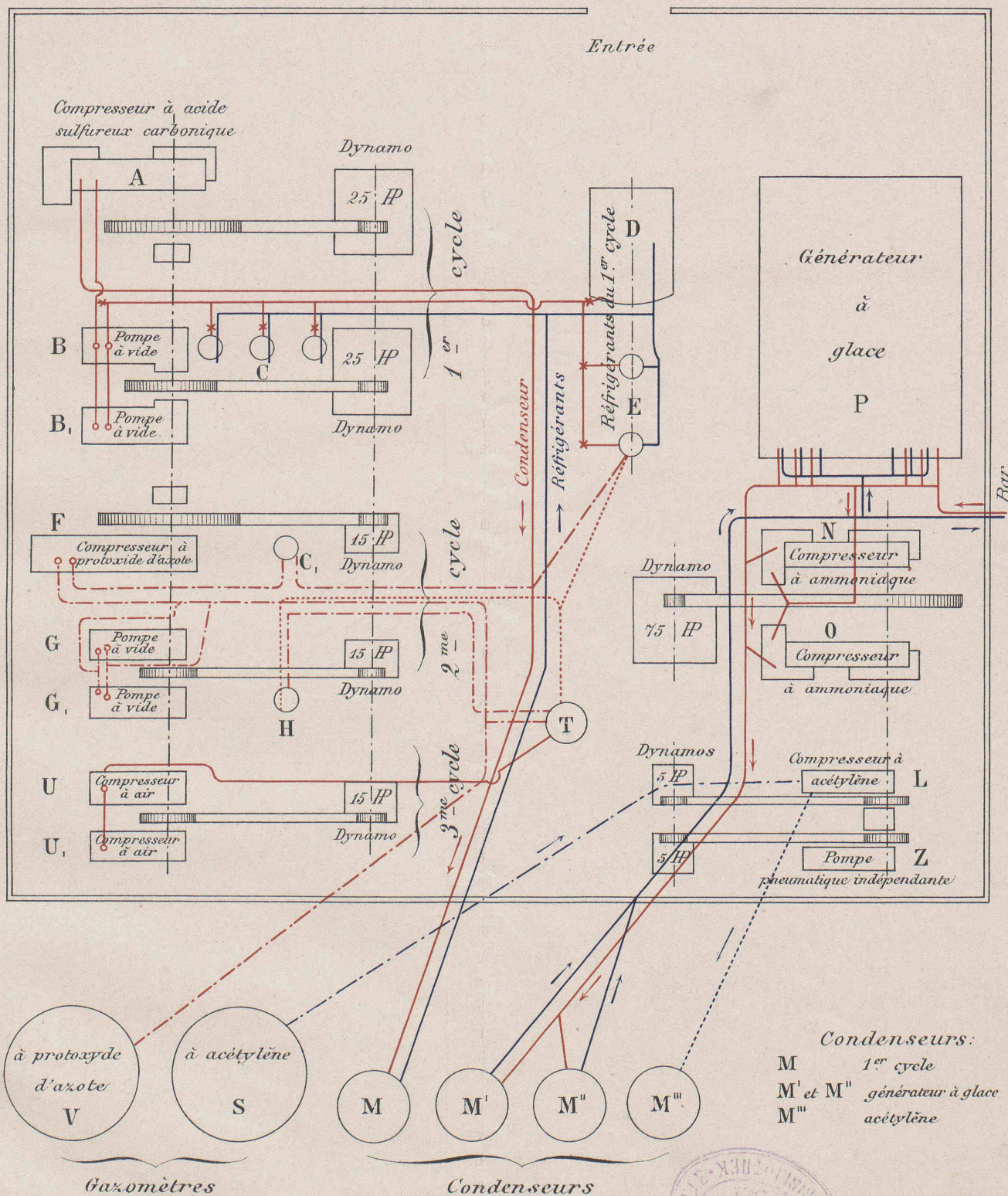
On conçoit que cette nouvelle solution du problème soit à la fois plus élastique et plus complète que la précédente.



## EXPOSITION NATIONALE DE GENÈVE 1896.

## LE PAVILLON RAOUL PICTET

## SCHÉMA GÉNÉRAL DE L'INSTALLATION FRIGORIFIQUE





Seite / page

leer / vide /  
blank

Voici l'énumération des maisons de construction de machines qui ont fourni le matériel spécial du Pavillon :

*Sulzer frères*, à Winterthour : appareils du premier cycle (à l'exception des deux pompes auxiliaires à vide) ; générateur à glace produisant 1000 kg. à l'heure et ses accessoires ; fontaine réfrigérante du bar ; ventilateur de l'amphithéâtre.

*Escher, Wyss & C<sup>ie</sup>*, à Zurich : appareils du second et du troisième cycle (à l'exception des pompes auxiliaires à vide) ; petite machine à glace du bar.

*Burckhardt* à Bâle : pompes à vide auxiliaires des trois cycles ; pompe pneumatique indépendante ; compresseur à acétylène.

*Compagnie de l'industrie électrique*, à Genève : les huit électromoteurs, avec régulateurs Thury.

Cette installation, si complexe dans ses moindres détails, a été montée dans l'espace de quelques semaines et a admirablement fonctionné pendant toute la durée de l'Exposition nationale, sans qu'aucun accident soit venu interrompre la marche. Il faut en féliciter M. Pictet et ses nombreux collaborateurs, notamment M. Paul Galopin, qui a secondé l'auteur dans les longues et laborieuses études préliminaires, dirigé l'entreprise et contribué pour une large part à présenter au public l'œuvre du grand physicien genevois.

## ACHÈVEMENT DU PONT-CANAL MÉTALLIQUE

DE BRIARE.

par J. GAUDARD,

professeur à l'école d'ingénieurs de Lausanne.

Dans le *Bulletin* de notre Société, année 1895, p. 226, nous avons dit quelques mots du grand pont-canal de Briare, sur la Loire, et donné (pl. 38, fig. 35), la coupe transversale de la bache métallique et de ses chemins de halage en encorbellement. Par lettre du 6 novembre dernier, M. l'ingénieur en chef, Mazoyer, nous informe que cet ouvrage a été ouvert à la circulation le 16 septembre 1896, ainsi que le bief neuf construit à un niveau très élevé aux abords. L'exploitation se fait régulièrement, et plus de 1300 bateaux avaient déjà traversé le pont.

En même temps que sa lettre, M. Mazoyer a eu l'obligeance de nous envoyer cinq grandes photographies, que nous avons l'avantage de remettre à la bibliothèque de notre Société. Elles représentent :

I. Le pont rempli et prêt à recevoir les premiers bateaux.

II. Le pont au moment de sa visite par l'Ecole des Ponts et Chaussées de France (instantané).

III. Un des pilastres porte-lumière de l'éclairage électrique, la force motrice étant empruntée au canal lui-même.

IV. La vue des grands remblais aux abords du pont.

V. Une autre vue du bief neuf du canal, avec ses perrés de revêtement, qui ont été l'objet d'études particulièrement attentives au point de vue de leur stabilité.

Donnons encore ci-après quelques indications générales.

La construction, commencée en 1892 par les fondations à l'air comprimé des piles en pierre, a été dirigée par MM. Mazoyer ingénieur en chef des Ponts et Chaussées et Sigault, ingénieur ordinaire. La superstructure métallique n'a pas moins de quinze travées solidaires de 40 mètres chacune. La longueur des poutres s'élève ainsi à 602<sup>m</sup>78 ; leur âme pleine de 3<sup>m</sup>40 de hauteur, étant utilisée comme paroi de la bache, a dû être fortement raidie pour résister à la pression de l'eau. La largeur totale entre garde-corps s'élève à 11<sup>m</sup>50 ; la distance d'axe en axe des deux poutres maîtresses est de 7<sup>m</sup>25, laissant 6<sup>m</sup>20 de passage aux bateaux entre les bordures de guidage en bois. Les trottoirs de halage, en encorbellement, ont 2<sup>m</sup>50 de largeur chacun. Avec une profondeur d'eau de 2<sup>m</sup>20, des bateaux de 5 mètres de large et de 1<sup>m</sup>80 de tirant d'eau occupent les 0,58 de la section mouillée, ce qui est loin d'être trop réduit pour assurer l'aisance du mouvement dans une cuvette de pareille longueur.

Les poutres se trouvant calées fixement sur l'une des piles centrales, le mouvement de dilatation à leurs extrémités sur les culées a été prévu pouvoir s'élever à 0<sup>m</sup>13, pour un écart maximum de 70° entre les températures extrêmes du métal. Il y est paré par un emboîtement à presse-étoupes placé en arrière des rouleaux-segments d'appui. Des pièces démontables permettent de renouveler et resserrer les étoupes.

En arrière de la culée, côté Briare, se trouve le bief des Combles, franchi par une courte travée de 8<sup>m</sup>20 d'ouverture libre. Ici, le mouvement de dilatation n'étant que de quelques millimètres, on a pu se contenter d'une jointure élastique à bande de caoutchouc, intercalée entre l'about soutenu de la bache et une petite allonge terminale scellée à la maçonnerie.

En y comprenant cette courte travée indépendante, ainsi que les espaces occupés par les culées, la longueur totale de l'ouvrage s'élève à 662<sup>m</sup>70.

On a fait en acier doux les poutres et entretoises, en acier extra-doux les consoles et longerons, la bache, les tôles embouties des chaussées et les rivets. Le métal travaille au maximum à 10 kg. par millimètre carré sous une charge, par mètre courant de pont, se montant à :

Ossature métallique . . .	4 270 kg.
Bois et chaussée . . .	2 680 »
Eau . . .	15 600 »
	<hr/>
	22 550 kg.

On voit que l'eau, qui représente ici la surcharge (avec ou sans bateaux) dépasse, à elle seule, le double de deux trains lourds qui se croiseraient sur un pont-rails à double voie. De plus, cette charge d'eau subsiste en permanence, à part les cas de vidange momentanée, en vue desquels des aqueducs sont ménagés dans les culées.

Les couvre-joints de la bache métallique sont à doubles rangs de rivets, afin d'assurer une complète étanchéité.