

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 82 (1956)
Heft: 17

Artikel: Les nouveaux groupes de pompage du laboratoire de machines hydrauliques de l'École polytechnique de l'Université de Lausanne
Autor: Tschumy, Adrien
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-62079>

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: 04.05.2025

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

autres ponts en béton précontraint examinés dernièrement par le laboratoire.

Coût de l'ouvrage

La construction de ce pont a exigé les quantités suivantes de matériaux :

Béton P. 325	200,0 m ³
Acier normal lisse	1,2 t
Acier étiré à froid par torsion	9,3 t
Fil d'acier étiré pour la précontrainte ($\varnothing$ 5)	5,0 t

Le coût de l'ouvrage, comprenant les frais d'étude et de direction des travaux (mais sans les essais de charge), est de 118 000 fr., ce qui correspond au prix de 342 fr. par mètre carré de surface couverte.

Etudes et exécution

Les études et la direction des travaux ont été assurées par l'auteur, en particulier avec la collaboration de M. W. Schalecher, ingénieur, et de M. J.-D. Pochon, ingénieur, qui a exécuté les calculs statiques de détail.

Les travaux ont été exécutés par l'entreprise A. Spaltenstein à Zurich. Le béton, P. 325, est brut de décof-

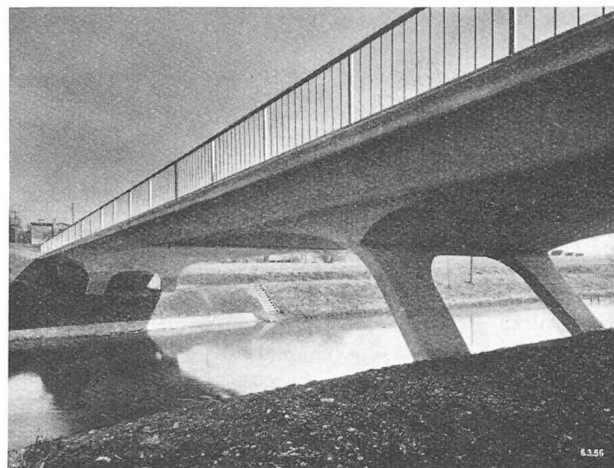


Fig. 10. — Détail des piliers.

frage et n'a reçu aucune adjonction ; seules les fondations ont été bétonnées avec du Plastiment. Les travaux ont duré cinq mois depuis le début des fouilles jusqu'à l'injection des câbles de précontrainte.

LES NOUVEAUX GROUPES DE POMPAGE DU LABORATOIRE DE MACHINES HYDRAULIQUES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE

par ADRIEN TSCHUMY, ingénieur E.P.U.L., assistant-chef de travaux au L.M.H.

1. Introduction

Le centenaire de l'E.P.U.L., en 1953, avait été pour l'industrie de notre pays l'occasion de témoigner à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne l'attachement qu'elle mérite. Pour sa part, le Laboratoire de machines hydrauliques (L.M.H.) a reçu à cette occasion deux machines dont l'installation dans ses locaux vient de se terminer. Il s'agit d'une pompe radiale à moyenne pression offerte par la Maison Emile Egger, à Cressier (Neuchâtel), et une pompe radiale haute pression, à trois étages, offerte par la Maison Sulzer Frères, à Winterthur. L'installation de ces deux machines représente un enrichissement du Laboratoire et crée, en plus des deux stands d'essais des turbines Kaplan et Pelton, un stand d'essais de pompes.

L'idée qui présida à l'élaboration des plans d'installation et au choix de l'appareillage de ces deux groupes fut de créer aussi bien un instrument didactique à l'usage des étudiants qu'un instrument de travail scientifique. Cependant, les deux pompes sont de caractéristiques si différentes que, d'emblée, il a fallu renoncer à la marche en série ou en parallèle des deux pompes. Toutefois quelques appareils de mesures et une partie du circuit ont pu être prévus communs aux deux pompes.

2. Description sommaire

Le groupe Egger comprend la pompe (1), l'accouplement (2), le moteur électrique (3) et la plaque de fonda-

tion (4) ; le groupe Sulzer : la pompe (5), l'accouplement (6), le moteur électrique (7) et la plaque de fondation (8). Les deux groupes de pompage aspirent l'eau du même bassin d'aspiration (9) au moyen de deux conduites d'aspiration (10) et (11) munies à leurs extrémités de crépines et de clapets de retenue (12) et (13).

Les deux conduites de refoulement (14) et (15), séparées au départ, se rejoignent ensuite pour débiter dans l'un ou l'autre des deux tronçons horizontaux (16) et (17) comprenant chacun un appareil déprimogène (18) et (19), de diamètres différents pour la détermination du débit. Ce sont des venturi-tuyères caractérisés par le fait que le convergent a le même profil que la tuyère

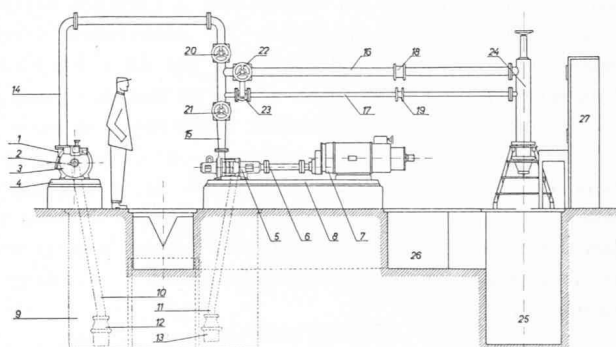


Fig. 1. — Vue en élévation de l'installation.

normale. Un jeu de vannes (20), (21), (22) et (23) permet d'exécuter toutes les manœuvres nécessaires pour diriger l'eau provenant de l'une ou l'autre des pompes vers l'un ou l'autre des venturi-tuyères suivant l'importance du débit à mesurer et l'exactitude désirée. Un dernier tronçon vertical (24), dans lequel aboutissent les deux tronçons venturi-tuyères, se termine par un injecteur avec pointeau permettant de régler le débit à volonté.

L'énergie du jet est détruite dans une fosse (25) d'où l'eau regagne au moyen du canal de fuite (26) le bassin principal (9); le canal de fuite comprend, à son extrémité aval, un déversoir triangulaire en mince paroi, pour la mesure du débit.

Tous les appareils de commande et les indicateurs de mesure sont centralisés dans un tableau (27).

3. Entraînement des pompes

En vue d'étendre dans la mesure du possible le domaine des recherches sur le comportement des pompes, il a été décidé d'entraîner chacune des pompes au moyen d'un moteur électrique à vitesse variable, permettant de faire varier la vitesse d'une façon progressive dans le rapport de 1 à 4. Ainsi, pour la pompe Egger, la bande des vitesses s'étale de 550 t/min. à 2200 t/min. et pour la pompe Sulzer de 900 t/min. à 3600 t/min.

Ces valeurs ont été choisies de manière à encadrer le mieux possible la valeur de la vitesse nominale des pompes, qui est respectivement de 1450 t/min. et de 2900 t/min. Cette exigence a conduit à deux moteurs électriques de puissances élevées et de dimensions imposantes. Ce sont des moteurs triphasés shunt à collecteur, dont la vitesse peut être réglée par déplacement circulaire des balais sur le collecteur. Chacun de ces moteurs est muni d'une protection thermique.

4. Commande électrique des groupes

Après mûres réflexions, il a été décidé de placer tous les appareils de commande et les instruments de mesure, aussi bien de la partie hydraulique que de la partie électrique, sur le même tableau.

Ce tableau comporte notamment l'interrupteur principal, le commutateur pour le choix du groupe et deux jeux de quatre boutons-poussoirs, pour la commande des deux moteurs électriques. Chacun de ces jeux comprend les boutons pouvant effectuer les opérations suivantes: enclenchement, accélération, ralentissement, déclenchement. Le tableau ne comprend que les circuits de commande; les coffrets contacteurs, de dimensions importantes, vu la puissance en jeu, sont montés séparément contre le mur du laboratoire, à l'arrivée de la ligne électrique d'alimentation. Le mouvement des balais est commandé à distance. Il est dû à l'action d'un servo-moteur monophasé adossé au moteur. Toutefois la commande peut également s'effectuer à la main, au moyen d'un volant. Les moteurs sont équipés d'un dispositif permettant, lors d'un arrêt de la machine tournant à un régime quelconque, de replacer les balais dans leur position de départ qui est d'ailleurs la position de démarrage du moteur, correspondant à sa vitesse minimum.

5. Mesures électriques

Le tableau comprend un wattmètre donnant l'indication de la puissance absorbée par le moteur électrique.

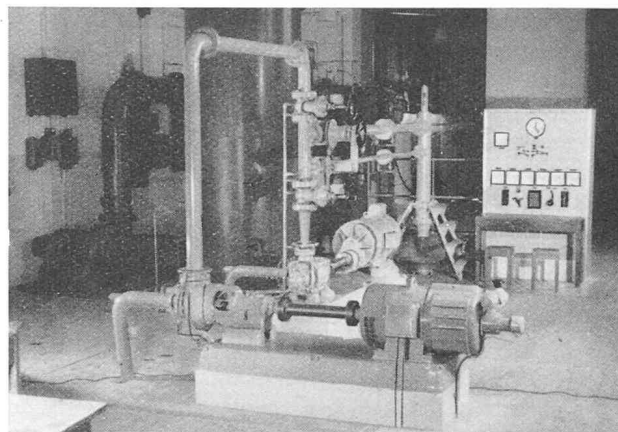


Fig. 2. — Vue générale de l'installation.

Au premier plan, le groupe Egger, au deuxième plan le groupe Sulzer, plus en arrière, l'injecteur et le tableau de commande et de mesure.

Il s'agit d'un wattmètre ferrodynamique pour courant triphasé à phases non équilibrées, sans neutre. L'équipement de mesure de la puissance électrique comprend, en plus, deux transformateurs d'intensité avec isolement dans l'air disposés à côté des coffrets contacteurs des moteurs électriques.

La mesure de la vitesse de rotation des pompes se fait également électriquement. Les groupes sont équipés d'un seul indicateur de vitesse à distance. Le problème à résoudre fut assez particulier puisque sur l'un des groupes, le groupe Sulzer, la vitesse enregistrée en bout d'arbre du moteur n'est pas celle de l'arbre correspondant; en effet, le groupe Sulzer possède un multiplicateur de vitesse adossé au moteur, qui transforme la vitesse du moteur de 550 à 2200 t/min. en celle de la pompe de 900 à 3600 t/min., alors que pour le groupe Egger le moteur entraîne directement la pompe. Chacun des moteurs possède en bout d'arbre un transmetteur relié, au moyen de deux lignes séparées, à l'indicateur de vitesse commun, placé sur le tableau. Le transmetteur est composé d'un aimant permanent en guise de rotor qui produit un courant triphasé dans l'enroule-

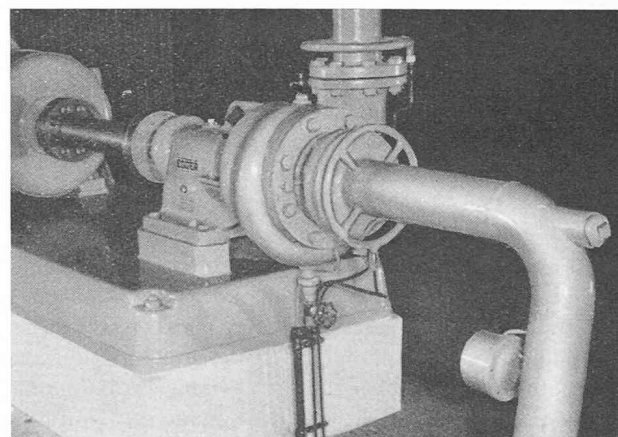


Fig. 3. — Vue de la pompe Egger.

Au premier plan la conduite d'aspiration et le pressostat servant à détecter la pression de la conduite d'aspiration et à indiquer, par conséquent, si la pompe est désamorçée. On remarque les prises de pression faites en 4 endroits, sur les conduites d'aspiration et de refoulement.

ment statorique. L'amplitude et la fréquence de ce courant varient suivant le nombre de tours par minute du rotor. Le produit de l'intensité et de la fréquence du champ tournant est enregistré, à l'endroit du récepteur, par un système à courant de Foucault et traduit par un mouvement d'aiguille, lisible sur le cadran de l'indicateur. Afin de tenir compte du multiplicateur dans le groupe Sulzer, il a fallu placer des résistances additionnelles sur l'une des deux lignes de raccordement. Ainsi conçu, le dispositif de mesure s'est montré très simple et très sûr.

6. Mesures hydrauliques

La mesure de la pression et du débit se fait hydrauliquement.

Les pressions se mesurent au moyen de manomètres de précision. Chaque groupe est équipé d'un vacuomètre branché sur la conduite d'aspiration et d'un manomètre sur la conduite de refoulement. En plus il est prévu sur la pompe Sulzer deux prises de pression, l'une à la sortie du premier étage, l'autre à la sortie du deuxième étage, avec manomètres correspondants. Cette disposition permet donc de mesurer la pression après chaque étage. Les prises de pression sur les conduites d'aspiration et de refoulement sont réalisées au moyen de quatre trous placés dans un même plan à 90° les uns par rapport aux autres. Ainsi des tubes en acier inoxydable, avec trous calibrés aux dimensions fixées par les règles en vigueur, sont soudés perpendiculairement à la surface du tuyau. Ils sont réunis ensemble par un tube annulaire et reliés au manomètre au moyen d'une tuyauterie en cuivre.

Le débit peut être mesuré au moyen de quatre appareils : venturi-tuyère, injecteur, déversoir triangulaire, bassin de jaugeage. Sur la partie rectiligne des conduites de refoulement sont montés deux venturi-tuyères dont l'emplacement est dicté par les règles en vigueur. Chacun de ces venturi-tuyères a deux prises de pression, en amont et en aval de la tuyère, qui sont reliées aux deux extrémités d'un manomètre différentiel à colonne de mercure. Ces appareils de mesure permettent de lire avec précision des débits allant pour l'un de 0 à 17 l/sec. et pour l'autre de 0 à 65 l/sec. Les manomètres et leurs échelles sont mobiles dans le plan vertical et le niveau du mercure, projeté optiquement, apparaît sur un verre dépoli situé à la hauteur des yeux de l'opérateur. Le débit se déduit de la hauteur de mercure au moyen de la relation :

$$Q = \frac{S_1 \cdot S_2}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h \cdot \frac{(\gamma_{Hg} - \gamma_{H^2O})}{\gamma_{H^2O}}}$$

- Q = Débit à déterminer (en l/sec.).
 S_1 = Section en amont de la tuyère (en dm²).
 S_2 = Section minimum de la tuyère (en dm²).
 Δh = Différence de niveau du mercure mesurée au manomètre différentiel (en dm).
 γ_{Hg} = Poids spécifique du mercure (en kg/dm³).
 γ_{H^2O} = Poids spécifique de l'eau (en kg/dm³).
 g = Accélération terrestre (en dm/sec²).

Cette relation résulte de l'application, à la tuyère de l'équation de Bernoulli et de l'équation de continuité.

L'injecteur, qui est du même type que celui employé

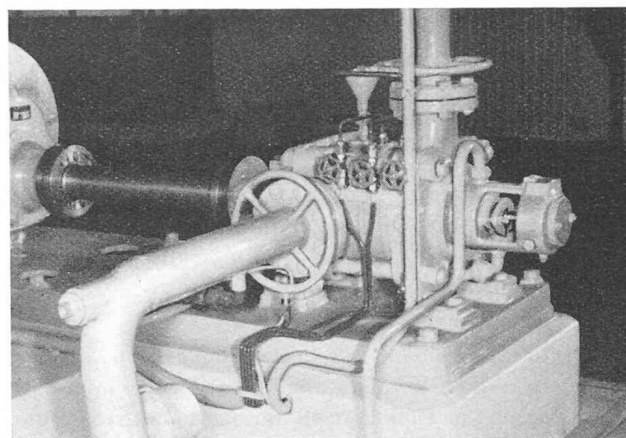


Fig. 4. — Vue de la pompe Sulzer.

On distingue le palier classique avec le presse-étoupe et les robinets de réglage de la stabilité des manomètres mesurant la pression de refoulement.

dans les turbines Pelton, permet également de déterminer le débit, mais cette fois au moyen de la mesure de course du pointeau.

Enfin le déversoir triangulaire en mince paroi, placé immédiatement avant le bassin d'aspiration, permet également de déterminer le débit au moyen de la mesure de la hauteur de la lame déversante. En effet, il existe la relation suivante entre ces deux grandeurs :

$$Q = \mu \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right) h^2 \sqrt{2gh}$$

Q = Débit à déterminer (en l/sec.).

μ = Coefficient de débit.

α = Angle d'ouverture du déversoir.

h = Hauteur de la lame déversante à mesurer (en dm).

g = Accélération terrestre (en dm/sec²).

Ces trois appareils de mesure peuvent être étalonnés avec précision, au moyen du bassin de jaugeage. Un dispositif mécanique à glissière permet de récolter l'eau du déversoir et d'en mesurer le volume dans le bassin de jaugeage.

7. Mesure de la puissance absorbée par la pompe

Pour la détermination du rendement de la pompe, il faut, entre autres, connaître la puissance absorbée par celle-ci. Cette puissance peut être déduite de celle absorbée par le moteur, à condition de connaître les pertes du moteur et du multiplicateur pour les différents régimes. Ce procédé est peu précis et

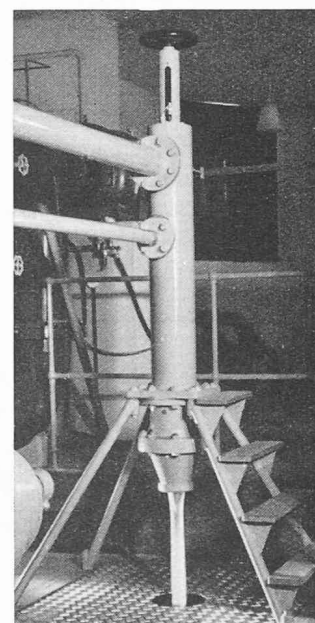


Fig. 5. — Vue de l'injecteur en fonctionnement.

n'a été adopté, dans le cas particulier, qu'à titre provisoire.

En effet un torsiomètre, placé entre les plateaux d'accouplement des arbres du moteur et de la pompe, est à l'étude et permettra la mesure du couple transmis du moteur à la pompe. En mesurant, en plus, la vitesse de rotation de la pompe, on peut en déduire la puissance absorbée. Pour le moment, un arbre auxiliaire relie rigidement ensemble les deux plateaux d'accouplement.

8. Dispositifs de sécurité

Le tableau de commande a été conçu de manière à permettre n'importe quelle manipulation des appareils de commande, en signalant ou annulant toutefois toute fausse manœuvre. Il comprend un schéma lumineux de l'installation qui indique à l'expérimentateur toutes les manœuvres qu'il devra réaliser par avance pour assurer une mise en marche correcte d'un groupe et la lecture exacte des grandeurs à mesurer. Si l'une quelconque des conditions de mise en marche n'est pas remplie, le groupe ne peut démarrer et un dispositif avertisseur entre en action. Il en est de même lors d'une fausse manœuvre au cours des manipulations. Le groupe est alors immédiatement arrêté et cela automatiquement. Toutes ces sécurités sont réalisées électriquement au moyen de relais à basse tension.

Il a fallu, par exemple, protéger la pompe à moyenne pression contre d'éventuelles surpressions, pouvant provenir de la pompe à haute pression. Cette protection est réalisée au moyen de vannes placées dans le circuit, permettant d'isoler le tronçon de la pompe à basse pression de celui de la pompe à haute pression. Des contacts électriques indiquant la position des vannes et reliés aux relais à basse tension excluent tout risque d'une fausse manœuvre.

Ainsi, grâce à ces organes de sécurité, l'installation complète peut être confiée à n'importe qui, voire même à des étudiants, sans avoir à craindre, en cas d'erreur de manœuvre, des dégâts causés aux différents éléments de machines et appareils de mesure.

9. Possibilités de travail

L'installation décrite permet d'entreprendre toutes les mesures concernant les caractéristiques des pompes installées. On peut notamment agir sur les deux variables : le débit et la vitesse de rotation, en gardant successivement une de ces variables constante. Les essais de rendement sont faits à tous les régimes de marche possibles, et l'on peut exprimer les différentes

grandeurs en fonction des valeurs du nombre de tours ramené à l'unité.

Le circuit, lui-même, permet de vérifier les lois des pertes de charge. L'injecteur pourra se prêter à des essais systématiques en faisant varier la forme de la tuyère et du pointeau.

En outre, l'une ou l'autre des pompes pourra servir d'élément moteur pour un éventuel circuit d'essais de turbine Pelton.

10. Conclusion

Les premières études concernant cette installation ont débuté au printemps 1954. Les pièces mécaniques, sauf celles qui dépassaient en dimensions les possibilités de travail, le tableau de commande, les tuyauteries et le montage ont été exécutés par l'Atelier de l'E.P.U.L.

Ainsi, grâce à la générosité de l'industrie, le Laboratoire de machines hydrauliques de l'E.P.U.L. s'est enrichi d'une belle installation. Dans les années à venir, il espère pouvoir lui rendre cette marque de sympathie en contribuant à la formation de futurs ingénieurs-mécaniciens, en mettant à disposition de l'industrie un stand d'essais de groupes de pompage et en contribuant à résoudre les problèmes posés par de telles machines.

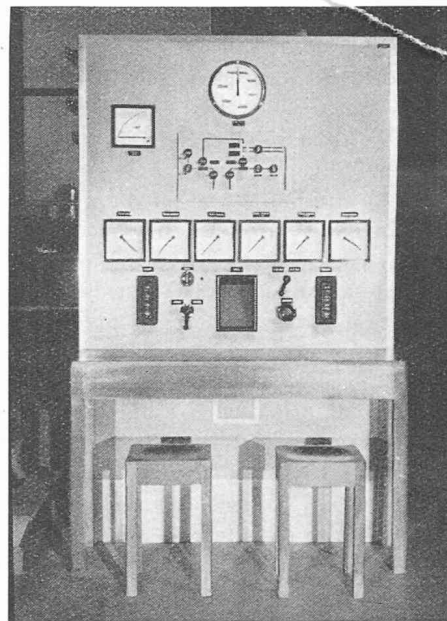


Fig. 6. — Vue du tableau avec les organes de commande et de mesure.

(Photos E.P.U.L.)

ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE

Rapport du Comité sur l'exercice 1955

présenté à l'assemblée générale ordinaire du 2 juin 1956, à Lausanne

Issu de l'assemblée générale du 4 juin 1955, le comité de l'Association suisse s'est constitué de la façon suivante : président : *René Lambert*, promotion 1939 ; vice-président : *Jean Schneider*, promotion 1925 ; secré-

taire : *Alfred Vallotton*, promotion 1938 ; caissier : *Maurice Cosandey*, promotion 1940 ; membres : *Alfred Stucky*, directeur de l'E.P.U.L., *Emile Matthey*, promotion 1938, et *Marcel Dufour*, promotion 1941.