

INTRODUCTION AUX ÉTUDES EXPÉRIMENTALES EFFECTUÉES AU LABORATOIRE DE CONSTRUCTION DE MACHINES DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

par CH. HANOCQ

Professeur à l'Université de Liège

Les expériences que nous avons entreprises en 1909 sur la pompe centrifuge, — et dont les résultats acquis en 1914 firent l'objet d'une étude publiée dans la *Revue Universelle des Mines* ⁽¹⁾, — furent nécessairement interrompues pendant la guerre.

En 1919, lorsque nous pûmes, à nouveau, disposer des installations du Laboratoire de Mécanique, la pompe et son moteur étaient intacts mais tous les accessoires et notamment les appareils de mesures électriques, les roues et diffuseurs de rechange, avaient disparu.

Les attributions nouvelles qui nous avaient été confiées à la reprise des cours ne nous laissaient d'ailleurs aucun loisir pour reprendre immédiatement ces essais, mais nous avons entrevu, dès ce moment, la possibilité de constituer un embryon de laboratoire annexé au cours de Construction des Machines dont nous devenions le titulaire : l'étude théorique de la pompe centrifuge qui avait, de tout temps, fait partie de la matière enseignée dans ce dernier cours, allait ainsi pouvoir se compléter heureusement par l'étude expérimentale et former un tout avec l'étude organique de cette catégorie importante et intéressante de turbo-machines. Comme il ne pouvait être question au lendemain de la guerre d'obtenir un crédit pour l'édification d'un bâtiment nouveau destiné à abriter l'installation de ce laboratoire, la toute première question qui se posait était celle de trouver le local approprié, dans les bâtiments existants.

En transportant les collections de cinématique et de construction des machines dans les couloirs et la salle des pas-perdus de l'Institut de Mécanique, — c'est-à-dire à leur vraie place puisque dès ce moment elles se trouvaient constamment à vue des élèves, — il nous fut possible de rendre libre une salle de 10 m. sur 20 m. dont la moitié pouvait être utilisée pour le laboratoire nouveau, l'autre moitié étant réservée comme salle de dessin pour la section des mécaniciens.

⁽¹⁾ Numéros de janvier et mai 1914, 1^{er} et 15 août 1920.

L'emplacement ainsi trouvé était largement suffisant pour y loger un groupe rotatif de transformation du courant alternatif en courant continu, l'installation complète de la pompe centrifuge ainsi qu'une transmission destinée à l'étude des paliers. Un emplacement fut même réservé pour une turbine hydraulique alimentée directement par une pompe centrifuge à moyenne pression et à grand débit, ainsi que pour un ventilateur centrifuge.

L'aménagement d'un tel laboratoire devait toutefois réclamer un crédit important de l'ordre de 80.000 frs, et une telle somme ne pouvait être mise à notre disposition que par la Commission du Patrimoine universitaire.

Comprenant la nécessité de développer l'esprit de recherche et d'appuyer l'enseignement théorique de la mécanique par des études expérimentales, la Commission à qui nous exprimons ici toute notre gratitude, n'hésita pas à voter les crédits importants que nous fûmes amené à lui réclamer à plusieurs reprises.

Avec l'aide de quelques élèves de la section des mécaniciens, nous étudîâmes tout d'abord l'installation de la pompe avec son bac de jauge, et dès juillet 1920 nous étions à mesure de passer à l'exécution de cette partie du projet.

La photographie fig. 1 montre l'ensemble de l'installation : à droite la pompe avec son moteur, le tableau et le rhéostat de démarrage, les appareils de mesures électriques ; à gauche le bac de jauge et sous celui-ci, la citerne d'alimentation avec les canaux perpendiculaires recouverts de tôles striées, prévus pour l'alimentation de la future pompe centrifuge et de la turbine hydraulique. Courant au-dessus du bac et de la pompe, et dans l'axe de celle-ci, un chemin de roulement pour un appareil de levage destiné à la manipulation des tuyauteries et au démontage de la pompe.

L'installation de la pompe est réalisée de manière à pouvoir exécuter des essais sous hauteur d'aspiration variable, ce que nous n'avions pu envisager lors des expériences antérieures ; pour cela, une disposition de la conduite d'aspiration permet de reprendre directement l'eau au bac situé sous le déversoir (fig. 2.) et un clapet manœuvrable de l'extérieur, au moyen d'un volant, permet d'étrangler l'entrée de façon à augmenter la perte de charge à l'aspiration et à faire croître ainsi la dépression à l'entrée de la pompe. Pour pouvoir obtenir toutefois la sensibilité voulue dans le réglage, nous avons dû munir ultérieurement le clapet d'un bouchon en bois profilé qui assure un écoulement régulier et symétrique des filets fluides à l'entrée, à la condition toutefois de le guider parfaitement dans l'axe du tuyau.

Nous nous proposons de publier prochainement les résultats des essais effectués au moyen de ce dispositif, avec des dépressions croissantes à l'aspiration, et de rechercher la cause du phénomène depuis longtemps observé de la diminution rapide du coefficient manométrique, quand la dépression à l'ouïe dépasse une certaine valeur.

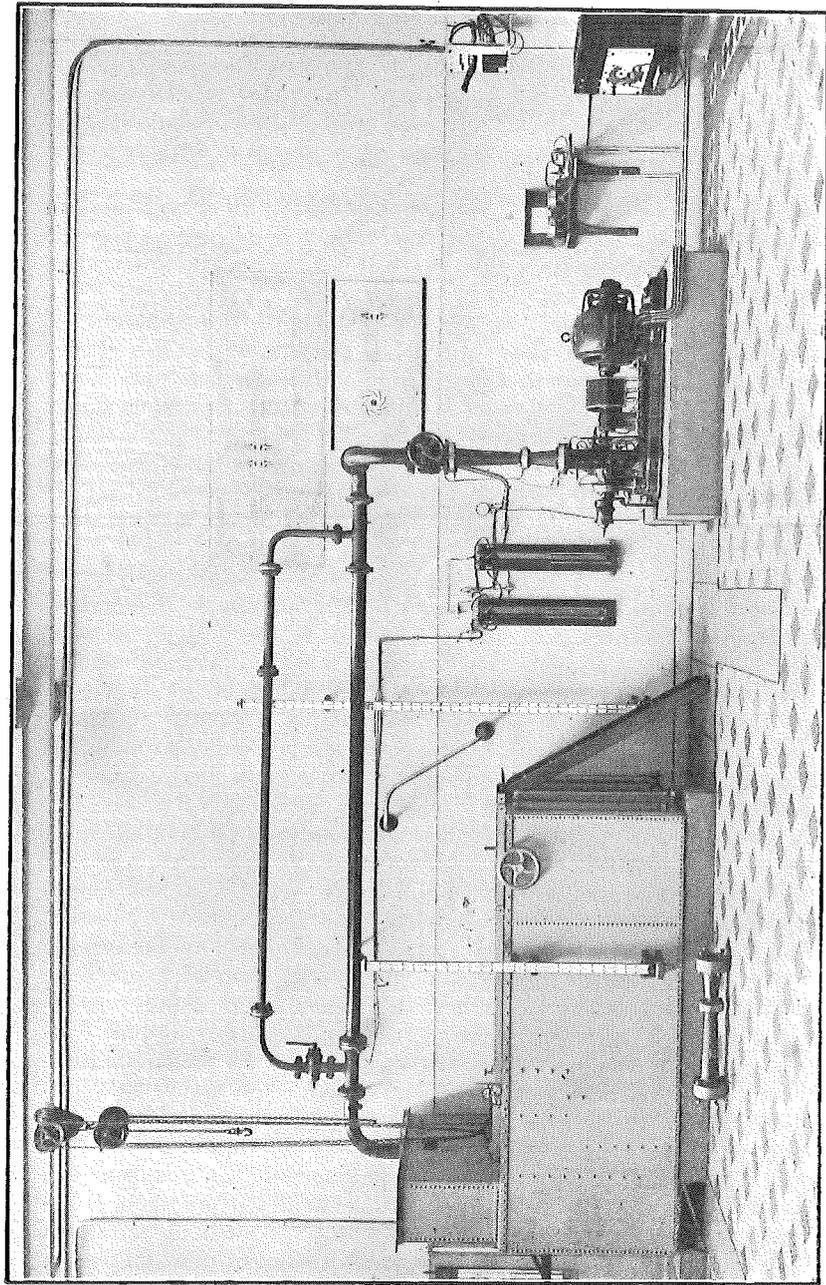


Fig. 1.

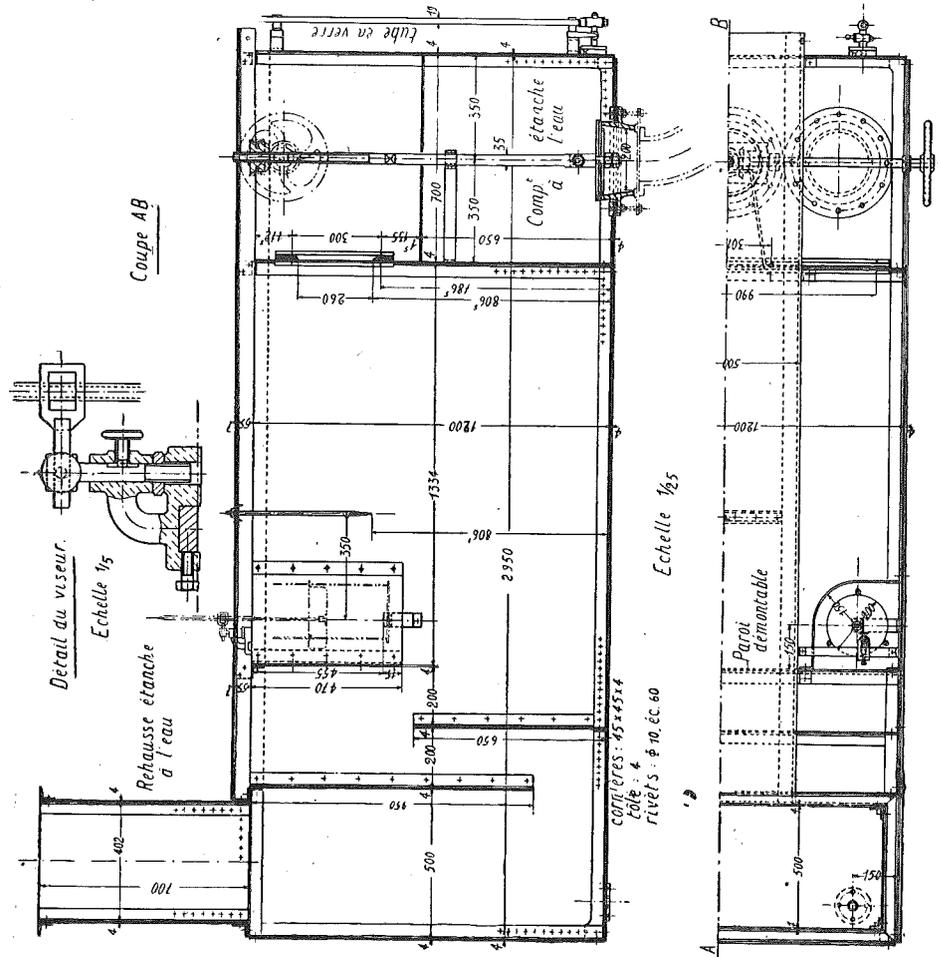


Fig. 2.

Pour le moment nous donnerons une description générale des appareils de mesure des débits et nous indiquerons rapidement les méthodes qui ont été employées pour le tarage de ceux-ci. Cette installation comporte en premier lieu un bac de jauge muni d'un orifice rectangulaire en mince paroi et d'un flotteur permettant de déterminer la hauteur de la nappe au dessus du seuil.

Comme le coefficient propre à un tel déversoir dépend des dimensions du bac qui l'alimente, que pour obtenir des valeurs pratiquement indépendantes de la largeur et de la profondeur il faudrait donner au bac des dimensions inadmissibles par rapport à celles du déversoir, force est de prévoir sur place un moyen de tarage : les nombreux essais effectués jusqu'à ce jour, en vue de déterminer les valeurs du coefficient de contraction en fonction des dimensions du bac, n'ont conduit à aucune formule d'un caractère général et il ne pourrait être question dans des essais scientifiques, de se fier à celles qui ont été proposées.

La fig. 2 montre comment en faisant déverser l'eau de l'orifice dans un bac attenant au premier, et en munissant l'orifice circulaire d'évacuation d'un clapet manœuvrable rapidement, il est possible de tarer l'orifice rectangulaire. Le tuyau d'aspiration de la pompe muni d'un clapet de pied, plonge alors dans la citerne : en régime l'eau puisée dans celle-ci, est refoulée au bac alimentant l'orifice rectangulaire, d'où elle passe au bac de jauge proprement dit, pour faire retour, par l'orifice circulaire, à la citerne. En fermant brusquement le clapet, et en notant le temps nécessaire pour une ascension du niveau de l'eau, indiquée aux deux tubes indicateurs placés latéralement, de 100, 200, 300, 400, 500 mm., il est possible de déterminer le débit, la section du bac de jauge étant connue.

Bien que le bac de jauge fût construit pour fonctionner avec des largeurs d'orifice de 300, 600, 900 mm. de façon à pouvoir réaliser des débits de 900 m³-heure environ, il ne pouvait être question de donner au bac n° 2 des dimensions suffisantes pour pouvoir tarer les déversoirs de 600 et de 900 par empottement, tout au moins au-delà de débits de 150 m³/h., pour fixer les idées. En vue de maintenir un contrôle possible, nous avons muni le fond du bac n° 2 de 3 orifices circulaires identiques pouvant débiter chacun 300 m³ environ. L'orifice en mince paroi ayant été taré préalablement jusqu'à 150 m³/h., il était possible de tracer la courbe du coefficient de contraction de l'orifice circulaire en fonction de la hauteur de charge fournie au tube indicateur, pour des débits allant jusque 150 m³/h. En extrapolant, et cela sans danger car la courbe en fonction de la hauteur de charge pour l'orifice circulaire est une droite à peu près horizontale, on pourra tracer la courbe de l'orifice en mince paroi jusqu'à 300 m³/h., puis jusqu'à 600 en utilisant les deux orifices circulaires, et enfin jusqu'à 900 en utilisant simultanément les trois orifices. En portant l'ouverture d'écoulement à 990 mm. de largeur, tout orifice rectangulaire étant

enlevé, il est possible de maintenir une hauteur de charge sur les trois orifices circulaires assez élevée pour obtenir un débit global de 1200 m³/h. Outre le bac de jauge que nous venons de décrire, nous avons utilisé pour la mesure des débits de la pompe, deux *Venturi* identiques, l'un placé directement sur la volute à un endroit où l'on peut prévoir que des remous existent encore dans le veine fluide, l'autre à l'extrémité de la partie rectiligne de la conduite de refoulement à un endroit où l'on peut admettre que l'écoulement est redevenu normal.

En multipliant les appareils de mesure du débit nous n'avions pas seulement en vue de contrôler l'une par l'autre leurs indications, au cours des expériences sur la pompe centrifuge, et plus tard sur la pompe hélico-centrifuge et la turbine hydraulique, mais encore d'établir tant pour les déversoirs que pour les orifices circulaires et les tuyères convergentes-divergentes utilisables dans la pratique courante, les valeurs du coefficient de contraction propres à chacun d'eux.

Une première tâche s'imposait donc avant de reprendre les essais sur la pompe, celle de tarer les appareils de mesure du débit, et de contrôler la puissance à vide du moteur ainsi que la puissance absorbée par la pompe au débit extérieur nul, afin de s'assurer que les constantes précédemment établies pouvaient être conservées.

Ces essais de tarage très délicats ont été poursuivis avec le plus grand soin par notre chef de travaux, M. *Schlag*, pendant plusieurs mois, et il se trouve en mesure aujourd'hui de publier les résultats obtenus.

Pour ce qui concerne le contrôle de la puissance à vide du moteur et de la pompe, qu'il nous suffise de dire qu'après des tâtonnements nombreux qui nous amenèrent à reconstruire nos appareils de mesures électriques, à faire repolir le collecteur et gratter les feuilles de mica interposées entre les lames, les courbes obtenues s'identifièrent aux courbes de mars et avril 1911 à moins de 2 1/2 % près, c'est-à-dire avec des différences ne dépassant pas 0,03 de cheval-vapeur.

Après les essais effectués sur la pompe avec des dépressions croissantes à l'ouïe, nous nous proposons d'entreprendre des essais pour la détermination des pertes de charge dans les tuyaux en fonte et en fer de petits diamètres, de façon à fixer la forme de la fonction $f\left(d\frac{v_1}{c}\right)$ pour les faibles valeurs de d , dans la formule que nous avons établie en 1922 pour l'évaluation des pertes de charge (voir article du 1^{er} février 1922 dans la R. U. M. et les mémoires du Congrès de 1922).

La fig. 1 montre la disposition adoptée pour mettre en charge la conduite à expérimenter, (parallèle à la conduite de refoulement de la pompe) ; munie aux deux extrémités de collets spéciaux permettant de relever la moyenne des pressions à la périphérie de la section envisagée, elle permet aisément de mesurer la perte de charge au moyen d'un des manomètres différentiels visibles sur la photographie, et cela pour différents débits et partant différentes vitesses de régime.

Pour les faibles différences de pression, l'un des manomètres est inclinable à volonté de façon à accroître autant qu'on le veut, l'écart des niveaux de la colonne de mercure, pour une dépression donnée.

Si nous parvenons à maintenir un régime d'écoulement suffisamment stable à travers la conduite à expérimenter, nous poursuivrons ces essais en utilisant non plus de l'eau mais du mazout, à différentes températures. Nous en profiterons pour établir comment se modifient les courbes caractéristiques de la pompe avec un fluide d'une viscosité beaucoup plus grande que celle de l'eau, et pour rechercher comment il serait possible de passer des premières aux secondes, en tenant compte de la variation du coefficient de viscosité.

Nous ne dirons rien pour le moment des installations que nous avons réalisées en vue des essais d'organes de machines, notamment des paliers de transmission et des arbres tournant à grande vitesse de rotation, les notes qui précèdent étant destinées à servir plus particulièrement d'introduction à l'étude publiée par M. Schlag relativement au tarage des orifices.

Nous donnerons d'ici peu une description de l'installation et les méthodes utilisées pour fixer les caractéristiques des paliers de transmission du commerce.

SOMMAIRE :

Mémoires :

HANOCQ, Ch. — Introduction aux études expérimentales effectuées au laboratoire de construction de machines de l'Université de Liège p. 66

SCHLAG, Alb. — Tarag des appareils de mesure de débits p. 78

Bulletin :

PIFFNER. — Nouveaux appareils de protection contre les surtensions dans les réseaux électriques p. 88

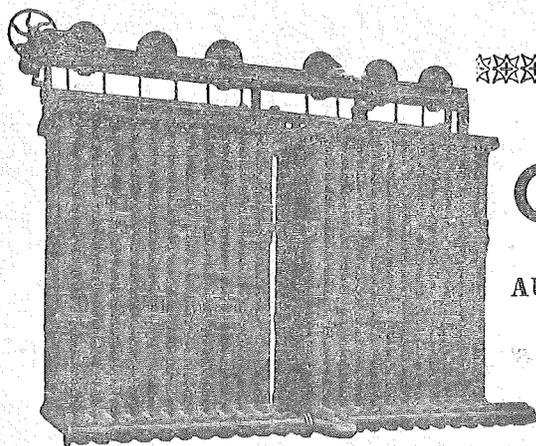
THIBEAU, J. — Au sujet de l'Autogazogène Gérard p. 97

Revue des Périodiques Techniques p. 101

Bibliographie p. 123

Sommaire détaillé p. 1

Sommaire des annonces p. 3



La Compagnie Générale des
**Conduites
 d'Eau**
 AUX VENNES
 LIÈGE
 (BELGIQUE)
 (Société Anonyme au Capital de 20 millions)

FABRIQUE LES

**Economiseurs
 pour Chaudières**

LA COMPAGNIE GÉNÉRALE DES CONDUITES D'EAU
 s'est spécialisée dans la tuyauterie depuis plus de 60 ans.

ELLE POSSÈDE UN

Laboratoire de Contrôle et de Recherche

PARFAITEMENT ORGANISÉ

REVUE UNIVERSELLE DES MINES

DE LA

**MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS
 DES SCIENCES ET DES ARTS APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE**

Annuaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège. (A. I. Lg.)

paraissant le 1^{er} et le 15 de chaque mois

Revue publiée sous la direction du Comité Scientifique de l'A. I. Lg.

Sommaire : Voir 4^{me} page de la couverture

ABONNEMENT } Belgique et Congo Belge : Un an 72 francs
 } Etranger : Un an 80 francs
 Le numéro : 5 francs

Représentant pour la France et ses Colonies
 LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, Société Anonyme
 15, Rue des Saints-Pères, à Paris et 8, rue des Dominicains, à Liège (Belgique)

RÉDACTION ET ADMINISTRATION : 16, Quai des États-Unis, Liège

SOCIÉTÉ ANONYME
D'OUGRÉE-MARIHAYE

Siège social : OUGRÉE (Belgique)

Charbonnages, Hauts-Fourneaux, Fonderies, Aciéries, Laminiers, Ponts et Charpentes.
 Atelier de broyage des « Scories Thomas » Placé sous le contrôle des Laboratoires d'Analyses
 de l'Etat Belge.
 Charbons Spéciaux, Charbons Lavés, Coke, Briquettes Lavées, Goudron, Benzol, Sulfate
 d'Ammoniaque.
 Fabrication de Ciment. Fontes de toutes Nuances.
 Aciers Electriques au Carbone, Nickel, Chrome-Nickel, Silicium, Coudés, Moulages d'Acier
 pour la Construction Automobile.
 Aciers : Bessemer, Basique, Siemens Martin.
 Lingots, Lopins, Blooms, Billettes, Largets, Tôles Fortes, Moyennes et Fines. Tôles pour
 Dynamos.
 Rails, Eclisses, Traverses, Rails de Tramways.
 Bandages, Essieux, Pièces Martelées, Blocs pour Matrices d'Estampage.
 Poutrelles, Barres [L]. Aciers Marchands et Profilés.
 Lames de Ressorts, Acier pour Fleurets de Mine et Canons de Fusils, Acier pour Automobiles.
 Verges pour Tréfileries, Feuillards. Piquets de Clôture, Palplanches, Poutres Rivées, Char-
 pentes et Ponts.