

Fernand CAMPUS
Professeur à l'Université de Liège

Travaux et Recherches préparatoires
du
Laboratoire d'Hydraulique fluviale
et appliquée aux Constructions

Extrait des Travaux du Centre d'Etude des Eaux 1941

LIÈGE
H. VAILLANT-CARMANNE, S. A., IMPR. DE L'ACADÉMIE
4, PLACE ST-MICHEL, 4
1941

13776

Travaux et Recherches préparatoires du Laboratoire d'Hydraulique fluviale et appliquée aux Constructions

par Fernand CAMPUS,
Professeur à l'Université de Liège

Observation. — *Cet article est écrit en raison des vives instances de notre collègue M. Ed. Leclerc. Il ne constitue ni une étude originale ni même une étude documentaire, mais un acte de présence et une information.*

Le laboratoire d'hydraulique fluviale et de constructions hydrauliques a été décrit, dans ses grandes lignes, dans deux articles écrits en collaboration avec les professeurs Alb. Schlag et R. Spronck, dont les installations sont communes ⁽¹⁾. Je renvoie à ces publications pour l'appréciation des moyens dont il dispose, qui n'ont guère changé, mais qui ont été patiemment et soigneusement mis au point. Eu égard au caractère de la présente communication, il n'est pas superflu de préciser encore ses buts qui sont :

1° contribuer à l'efficacité de l'enseignement supérieur, en permettant aux élèves-ingénieurs d'y acquérir des connaissances expérimentales et pratiques d'hydraulique, en complément des leçons théoriques et des exercices de calcul ;

2° permettre au personnel enseignant, aux étudiants et aux chercheurs d'y effectuer des recherches destinées à préciser des éléments de l'enseignement théorique, à élaborer les thèses ori-

⁽¹⁾ Hydraulique générale, hydraulique fluviale, hydrographie et hydrodynamique, *Revue Universelle des Mines*, février 1938.

Les laboratoires d'hydraulique de l'Université de Liège, *Revue générale de l'Hydraulique*, Paris, n° 21, mai-juin 1938.

ginales prescrites pour l'obtention de certains grades académiques, ou simplement à apporter des contributions aux connaissances scientifiques relatives à l'hydraulique fluviale et appliquée aux constructions ;

3° à collaborer à la résolution des questions intéressant l'industrie et les administrations publiques par des recherches à but pratique et utilitaire, tels que des essais sur modèles à échelles réduites, et même des travaux de routine, tels que des tarages, des mesures et jaugeages, des déterminations de coefficients divers, etc...

Le domaine d'action, correspondant à celui des cours d'hydraulique fluviale et de constructions du génie civil, concerne les cours d'eau et canaux, les constructions hydrauliques et maritimes, les voies navigables, les travaux du génie civil des installations d'exploitation de l'énergie hydraulique, enfin les travaux d'hydraulique urbaine et agricole : canalisations d'égouts, réservoirs, distributions d'eau, assèchements, irrigations et drainages, dispositions constructives des stations d'épuration, etc...

Jusqu'à présent, le laboratoire n'a guère eu l'occasion d'effectuer des travaux de collaboration industrielle, répondant au 3° ci-dessus, sauf quelques prestations de peu d'importance. Son activité a été confinée principalement au 1°.

Depuis l'année académique 1937-38, tous les ans, sans exception, les élèves ingénieurs civils des constructions ont procédé au laboratoire à une série de mesures et d'observations, ces dernières confrontées avec certaines théories, par exemple, du mouvement permanent graduellement varié (axes hydrauliques), du ressaut et de l'écoulement par les vannages. En outre, ils ont procédé à un jaugeage au moyen de moulinets dans un bras de la Vesdre.

Quant au 2°, il s'est en grande partie confondu avec le 1°, en ce sens qu'un certain nombre d'étudiants ont accompli au laboratoire le travail final imposé par la loi du 21 mai 1929 pour l'obtention du diplôme final d'ingénieur civil des constructions.

En 1938, M. A. Massart a fait un important travail relatif à la mise au point de deux limnigraphes enregistrant à distance les niveaux de la Meuse, y compris le rattachement des échelles au nivellement officiel de l'Administration des Ponts et Chaussées. Il a ensuite procédé à la graduation volumétrique des réservoirs de tarage du laboratoire et à l'installation ainsi qu'à la graduation des appareils de lecture des volumes d'eau contenus dans ces réservoirs. Il a entrepris le premier tarage des bacs jaugeurs de

500 et 190 mm de largeur (projetés pour des débits maxima de 200 et de 70 litres par seconde), avec déversoirs rectangulaires sans contraction latérale, circulaires et triangulaires (à contraction). Il a également procédé, en première approximation, au calcul des pertes de charge des divers circuits de tuyauteries alimentant le laboratoire à partir des deux réservoirs à niveau constant, conjugué avec des essais des deux pompes de 250 et de 100 litres par seconde.

Les canaux de mesure à section rétrécie, appelés par analogie canaux Venturi, ont fait l'objet de mesures systématiques, commencées en 1938 par M. G. Maréchal, sur des canaux de 1000 mm et 333,33 mm de largeur. Elles ont été poursuivies en 1938-39 par M. M. Lydakis et Polykarpou sur un petit canal de 100 mm de largeur, en 1939 par M. de Ville sur des canaux de 333,33 mm de largeur et 1940 par M. Bruyère sur des canaux de 1000 mm et 333,33 mm de largeur. Au cours de ces expériences, les formes et les proportions très diverses du rétrécissement ont été étudiées. Des résultats en nombre considérable ont été réunis ; leur mise au point et leur synthèse est poursuivie par M. Grignet, assistant du laboratoire.

En 1939, M. Chaudoir a entrepris une première série de recherches sur l'écoulement dans un canal à déversoir latéral, comportant l'étude des lignes d'eau d'amont et d'aval. Cette étude est complexe et est en voie d'être poursuivie d'une manière plus approfondie par M. Grignet.

En 1939 également, M. Flamand a effectué des essais sur un appareil de mesure d'écoulement à travers des milieux poreux perméables. L'appareil employé avait été réalisé quelques années auparavant, à la faveur d'une subvention de la Commission Administrative du Patrimoine de l'Université de Liège, et avait permis déjà à M. le professeur R. Spronck, d'effectuer quelques mesures. En 1940, M. Servais a continué cette étude sur un nouvel appareil plus perfectionné, construit pour figurer à l'Exposition internationale de la Technique de l'Eau à Liège en 1939. Cet appareil a été décrit par M. Grignet la même année, dans une communication à la Session annuelle tenue à Liège de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences ⁽²⁾.

Quelle est la signification de ces travaux ? Au point de vue du but défini dans le 1^o, c'est-à-dire didactique, ils ont mis les futurs

⁽²⁾ Par suite des événements du 10 mai 1940, cette communication n'a pas encore été publiée.

ingénieurs à même de se servir d'instruments souvent très importants, d'effectuer des mesures souvent délicates dans un esprit de rigueur contrôlée, de confronter leurs connaissances théoriques avec des réalités complexes et d'être ainsi confrontés avec de réelles difficultés ; bref, de faire l'épreuve, sous l'œil attentif du personnel enseignant, de leurs connaissances et des moyens qu'elles leur confèrent.

Au point de vue du laboratoire même et de ses moyens d'action, cette activité a été très fructueuse. Elle a constitué l'épreuve des installations et du matériel, étudiés en 1936 par l'auteur avec la collaboration de M. R. Spronck. Cette épreuve a été satisfaisante dans l'ensemble et a montré que l'installation répondait à ce que l'on avait prévu, notamment comme charges et débits, en dépit de conditions assez défavorables provenant de l'exiguïté du laboratoire et des sujétions résultant de son établissement en annexe d'un institut universitaire en respectant son caractère monumental. Elle a permis des perfectionnements de détail d'importance mineure qui ont pourtant réalisé la mise au point d'éléments essentiels. Des aménagements minimes ont amélioré l'arrivée de l'eau au grand réservoir à niveau constant, sans préjudice de la régularité du plan d'eau. Des modifications plus importantes ont été apportées à l'arrivée de l'eau dans les bacs-jaugeurs de 500 et de 190 mm, afin d'assurer une tranquillité d'écoulement satisfaisante jusqu'au débit maximum. Les résultats des essais effectués avant et après transformation ont d'ailleurs montré que l'agitation qui existait parfois primitivement n'avait pas, en réalité, d'effet appréciable. Néanmoins, la commodité des mesures et la rapidité des opérations, par conséquent leur précision, en étaient certes affectées. Les dispositions finalement adoptées doivent être considérées comme tout à fait satisfaisantes et susceptibles de servir d'exemple. Elles sont cependant restées simples.

Ainsi l'outil est bien en main, familier et connu, le personnel formé et informé. Ce résultat est d'autant plus appréciable que cette période de formation n'a pas été caractérisée par une quiétude propice aux travaux.

Dès 1938, c'est-à-dire dès l'origine, on a consacré un grand effort et une partie importante du temps disponible à la préparation de la participation au stand d'hydraulique des universités belges à l'Exposition internationale de la Technique de l'Eau, à Liège, en 1939. Ce stand constituait un vrai laboratoire d'hydraulique en fonctionnement permanent. Le personnel a été occupé pendant plus d'un an pour l'étude, l'installation et le

service. Cette participation a eu le résultat heureux d'enrichir le matériel du laboratoire d'éléments importants :

1° un bac jaugeur de 800 mm, avec déversoir rectangulaire sans contraction latérale, déversoir triangulaire et déversoir circulaire (construit en tenant compte des améliorations précitées apportées au matériel similaire primitif).

2° un grand canal en bois de 1 mètre de largeur et 14 mètres de longueur, avec bac de tranquillisation, vanne levante, et panneaux transparents d'observation ;

3° un petit canal à parois vitrées ;

4° l'appareil de perméabilité déjà cité ;

5° 4 moulinets ordinaires.

Ce matériel, rentré dès la fin de 1939 au laboratoire, a déjà été utilisé par les étudiants en 1940.

Avant le terme prévu pour la fermeture de l'Exposition, dès la fin de l'été de 1939, une partie du personnel a été mobilisée (y compris le Directeur) et l'activité considérablement entravée. Les événements de 1940 n'ont pas amélioré cette situation, mais dès l'été de 1941, l'activité a repris et est actuellement grande ; les perspectives de travail sont pleines d'espérance.

En ce qui concerne le 2° des buts du laboratoire, rien n'a encore été achevé ou publié. En dehors des travaux d'étudiants, qui ont dégrossi certains problèmes ou ont apporté une ample moisson de résultats, qui reste à trier, un seul travail a été entrepris au début de 1940, par un assistant temporaire, M. Fiser, concernant des essais sur modèles de digues en terre perméables. Des résultats en grand nombre et très intéressants ont été recueillis. Mais les événements du 10 mai 1940 ont arrêté le travail, dont l'opérateur a depuis lors disparu. Quelques éléments ont été ajoutés à la fin de 1940, mais les résultats sont aussi à mettre en ordre pour la publication. Il résulte donc, de tout ce travail, une assez ample moisson, engrangée, mais non vannée ni blutée et qui reste à exploiter. C'est ce que l'on se propose de faire dans les temps prochains, si rien ne se met à la traverse.

Si cet article a une signification, qu'il me paraît intéressant de dégager, c'est la suivante. En un peu plus de trois ans d'une époque telle que plus de la moitié de ce temps a été absorbée par d'autres tâches ou rendue inutilisable, un laboratoire d'hydraulique fluviale a été mis au point, de telle sorte que tout y est désormais en main et en état de fonctionnement de régime satisfaisant. Il répond à ses buts didactiques d'une manière complète

et plus développée que dans la plupart des instituts similaires non spécialisés. Il dispose déjà d'un acquit de résultats importants, sinon publiés. Il est en mesure de répondre avec assurance à toute demande de collaboration industrielle. Ces résultats ont été atteints en dépit de moyens médiocres, nettement insuffisants en personnel, dans un domaine où les expériences prennent généralement un caractère important et requièrent des dispositions compliquées, la manutention d'objets pondéreux et encombrants, la mise en mouvement de masses d'eau importantes en même temps que la manipulation d'instruments délicats et l'emploi de méthodes précises, demandant un temps considérable pour l'obtention de régimes stables dans des mesures cependant fréquemment répétées. Cela fait ressortir une méthode qui me paraît inséparable de l'utilisation scientifique d'un tel laboratoire : l'inaltérable patience inséparable d'une scrupuleuse précision et opposée à toute précipitation. C'est cela qui conditionne la valeur des résultats, non leur abondance ni leur précocité. Ce qui suit est bien propre à faire comprendre ce qui vient d'être exprimé. Ce n'est qu'un exemple, succinctement traité, et non une relation détaillée, réservée à une publication plus générale et plus complète ; ce n'est qu'un aperçu, significatif par le contrôle du résultat, d'une partie de l'important travail effectué.

Il a été signalé précédemment qu'un travail d'étudiant a jeté les premières bases du tarage du laboratoire. Ce tarage, qui est la garantie de tous les résultats à venir, a été inlassablement repris et perfectionné, jusqu'à atteindre un état satisfaisant sous réserve de contrôle périodique. Ses éléments sont les suivants.

L'étalon est constitué par une capacité de 50 litres, réalisée en cuivre rouge selon les plans établis ainsi qu'il a été dit. La forme et les dimensions de cet étalon sont indiquées à la figure 1. Cet étalon a été taré par pesée, avec des précautions minutieuses, correction de température, appréciation et discussion des erreurs systématiques et accidentelles. On est arrivé à la conclusion que la mesure de 50 litres d'eau se fait au moyen de cet instrument avec une erreur maximum de 1^o/₁₀₀ environ, mais avec une grande probabilité que l'erreur soit moindre. Cette précision est due essentiellement au col étranglé du récipient, dans l'étendue duquel se trouve le repère, disposé de manière à permettre une appréciation du niveau à 1/2 mm près.

Cet étalon a servi à tarer une capacité secondaire en acier, de 500 litres. L'analyse de l'opération et sa répétition indiquent que l'erreur de mesure sur 500 litres est inférieure à environ 2^o/₁₀₀ et très probablement moindre. La figure 2 représente les dispo-

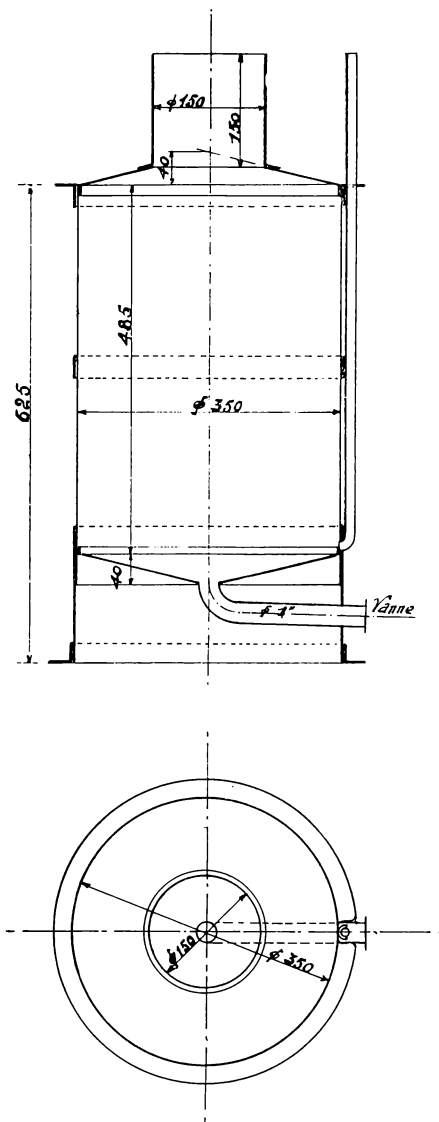


Fig. 1. — Capacité de 50 litres.

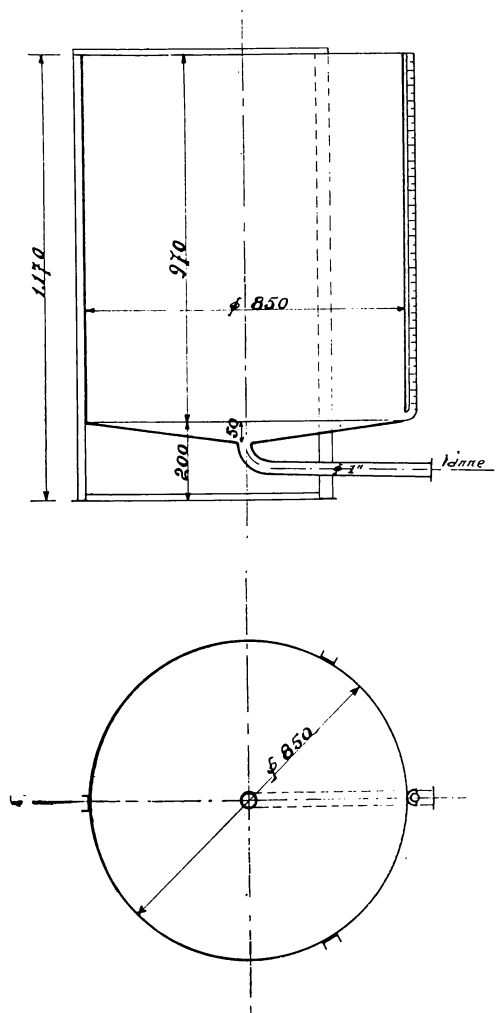


Fig. 2. — Capacité de 500 litres.

sitions de ce récipient. Il a été rempli par fractions de 50 litres et son tube hydrométrique a été gradué de 10 en 10 litres. Il peut dès lors servir de capacité d'empotement pour la mesure de petits

débits. Il faut avoir soin, pour les deux capacités, d'opérer après mouillage préalable et complet des parois.

La mesure de 500 litres a servi au tarage des cuves de jaugeage en béton armé, qui sont au nombre de trois et de 8 m^3 de capacité utile chacune. Des tubes hydromètres avec règles graduées et curseurs ont été adaptés à chacune d'elle. L'erreur du remplissage complet à paroi mouillée est inférieure à environ $2,5\text{‰}$ et probablement moindre. Cette précision est très utile pour l'exactitude finale des mesures de débits, dont l'erreur limite est affectée en raison des nombreux facteurs et opérations qui y interviennent et est d'un ordre de grandeur plus grand, ainsi qu'il est exposé plus loin. La figure 3 représente la disposition des bacs de jaugeage en béton armé et de leur dispositif de mesure.

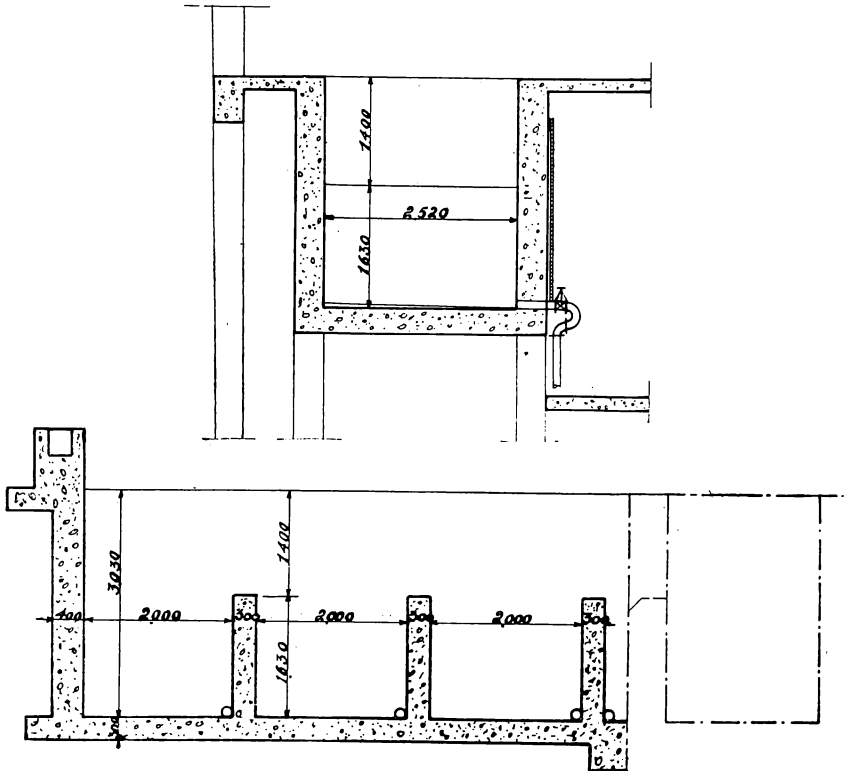


Fig. 3. — Bacs de jaugeage en béton armé. Capacité $3 \times 8 \text{ m}^3$.

Au moyen de ces éléments et de canaux divers, par des dispositifs qui ne seront point décrits dans cet article, il a été procédé au tarage des bacs jaugeurs de 190 mm, de 500 mm (avant et après transformation de l'arrivée d'eau) et de 800 mm. Ces opérations ont été effectuées sur déversoirs rectangulaires sans contraction, sur déversoirs triangulaires de Thomson et sur déversoirs circulaires (de 150, 450 et 600 mm de diamètre). Nous nous bornerons à l'exposé des résultats obtenus pour les déversoirs rectangulaires.

Chaque bac-jaugeur comporte :

1° Une cuve amortisseuse d'arrivée d'eau, consistant en un approfondissement du bac contenant un assez grand volume d'eau. La conduite d'arrivée d'eau est noyée dans la partie profonde, dans laquelle l'eau remonte ensuite. Ce dispositif suffit à assurer une tranquillisation complète de l'écoulement, sans autres accessoires tels que claies, grilles, nids d'abeilles, qui ont été reconnus plus propres à troubler la stabilité du régime qu'à l'améliorer.

2° Le canal d'écoulement rectangulaire bien calibré. Ses éléments importants sont sa longueur et sa profondeur relatives. Elles sont indiquées au tableau suivant :

Largeur du canal (mm)	190	500	800
Rapport de la longueur à la largeur ..	10,5	6	3,75
Rapport de la profondeur sous la crête déversante à la largeur	2,1	0,92	0,75

Le plafond du canal est bien horizontal.

3° Le déversoir fixé à l'extrémité d'aval du canal. Les déversoirs sont en laiton. La figure 4 représente les profils des arêtes et les épaisseurs de 3 déversoirs. Ils sont fixés par boulons à des flasques terminales extérieures du canal, avec joints étanches. La paroi intérieure du déversoir est parfaitement plane et lisse. Il faut veiller qu'elle soit parfaitement verticale et l'arête du déversoir bien horizontale. Cette arête est naturellement usinée avec précision au point de vue de la rectitude et du profil. Avant les mesures, elle est nettoyée et dégraissée à l'alcool, de manière à assurer sa propreté et son parfait mouillage par l'eau. La nappe déversante est libre, l'air ayant accès par dessous.

4° Le dispositif de mesure, qui est multiple. Un puits latéral, communiquant avec le canal, mais soustrait au mouvement de

l'eau et à l'agitation éventuelle de surface permet une lecture du niveau par flotteur (en cas d'enregistrement sur un limnimètre enregistreur), par hydromètre à tube et échelle graduée (à curseur ou non) ou par limnimètre à pointeau. La distance de ce puits au déversoir est égale à un multiple de la largeur égale à

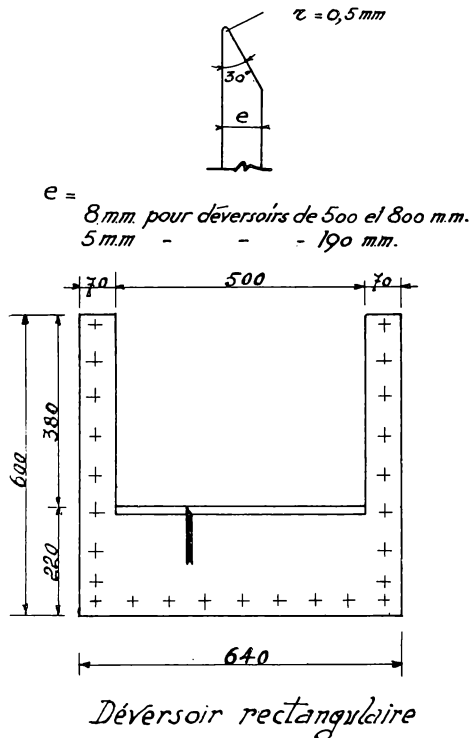


Fig. 4. — Profil des déversoirs.

6,3 pour le bac jaugeur de 190 mm, 3,6 pour celui de 500 mm et 2,7 pour celui de 800 mm.

Une traverse rigide disposée transversalement sur les bords supérieurs du canal permet de relever le niveau de l'eau dans l'axe du canal, par un limnimètre à pointeau, à une distance du déversoir égale à un multiple de la largeur, égal respectivement à 5,3, 3 et 2,7 pour les trois bacs définis. Les limnimètres sont du type

de la Société d'Optique de Gand (O. I. P.). Ils comportent une tige coulissante rigide permettant la lecture des niveaux par vernier au 1/10^e de mm. L'extrémité inférieure de la tige permet d'y adapter un pointeau droit ou recourbé. On se sert d'un pointeau recourbé pour repérer le niveau de l'arête du déversoir au moyen d'une règle rigide droite et d'un niveau. Ensuite, le bac étant rempli d'eau à l'état de repos à un niveau inférieur à l'arête, le report du niveau de celle-ci peut s'effectuer à un limnimètre de mesure à pointeau droit, plus commode pour les lectures. (On a confectionné au laboratoire divers limnimètres à pointeau, plus simples et moins précis, mais très commodes et économiques).

Il importe de relever le niveau en amont de la zone du courant déprimée par le déversement, dont la limite est distante de la crête d'une longueur en relation avec la charge sur l'arête déversante. Les épaisseurs maxima de cette lame sont les suivantes:

Largeur du canal et du déversoir (mm)	190	500	800
Débit maximum pratique (l/sec)	70	200	300
Charge maximum sur l'arête déversante (mm)	324	345	333
Rapport minimum de la distance de l'appareil de mesure à l'arête du déversoir à la charge sur l'arête déversante.			
a) Au point de mesure	3,7	5,2	6,45
b) Au limnimètre sur traverse	3,1	4,35	6,45
Rapport minimum de la longueur du canal à la charge	6,2	8,55	9,00
Rapport minimum de la profondeur du canal à la charge	1,23	1,33	1,8

Ces dispositions sont favorables. Les « Normes de jaugeage de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes » recommandent :

$$\frac{\text{Longueur du canal}}{\text{Charge maximum}} \geq 5 \qquad \frac{\text{distance de mesure}}{\text{Charge maximum}} \geq 3$$

Le professeur Rehbock préconise ⁽³⁾ de réaliser une distance de mesure égale à quatre fois la charge maximum h_0 max. ou à 2 ($p + h_0$ max.). p étant la hauteur du déversoir. Ces conditions

⁽³⁾ Wassermessungen mit scharfkantigen Ueberfallwehren, Z. V. d. I. 15 juin 1929.

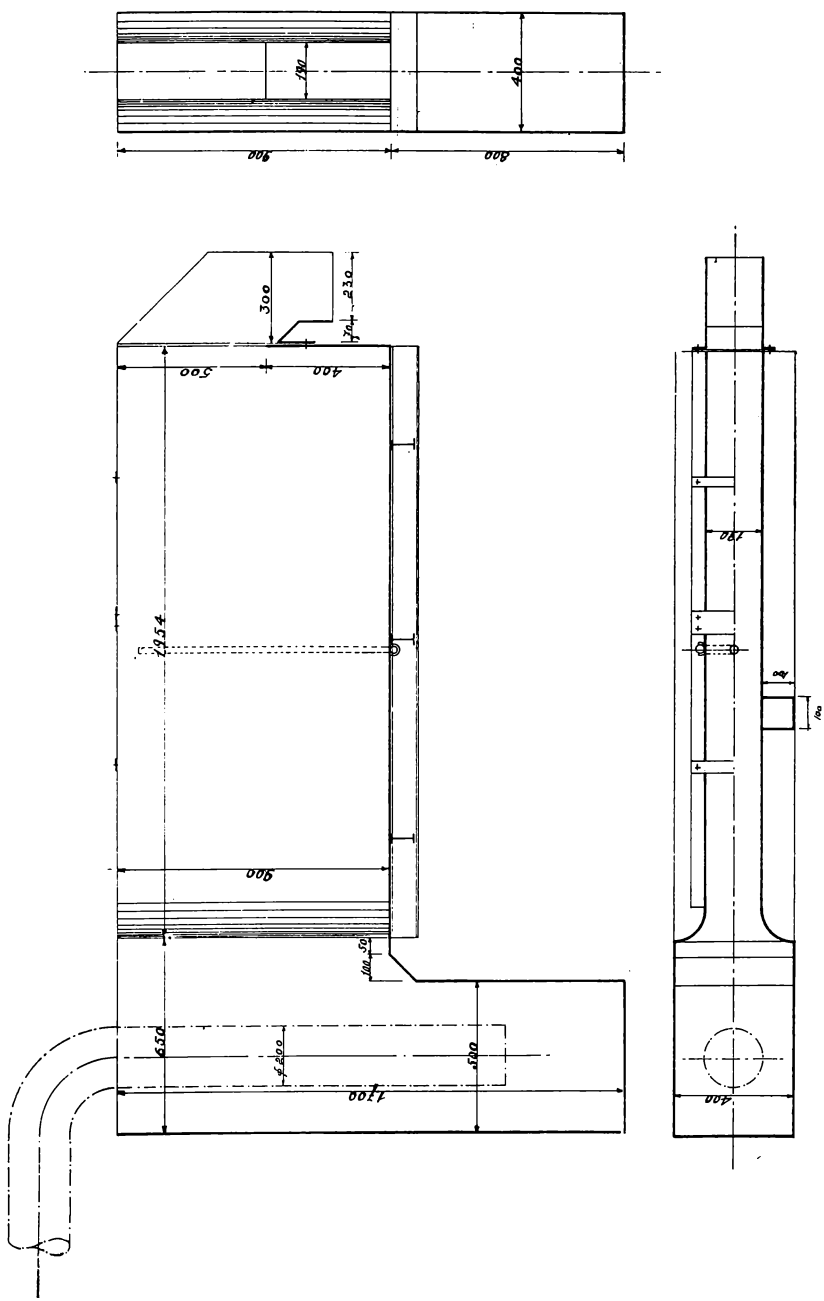


Fig. 5. — Bac jaugeur de 590 mm.

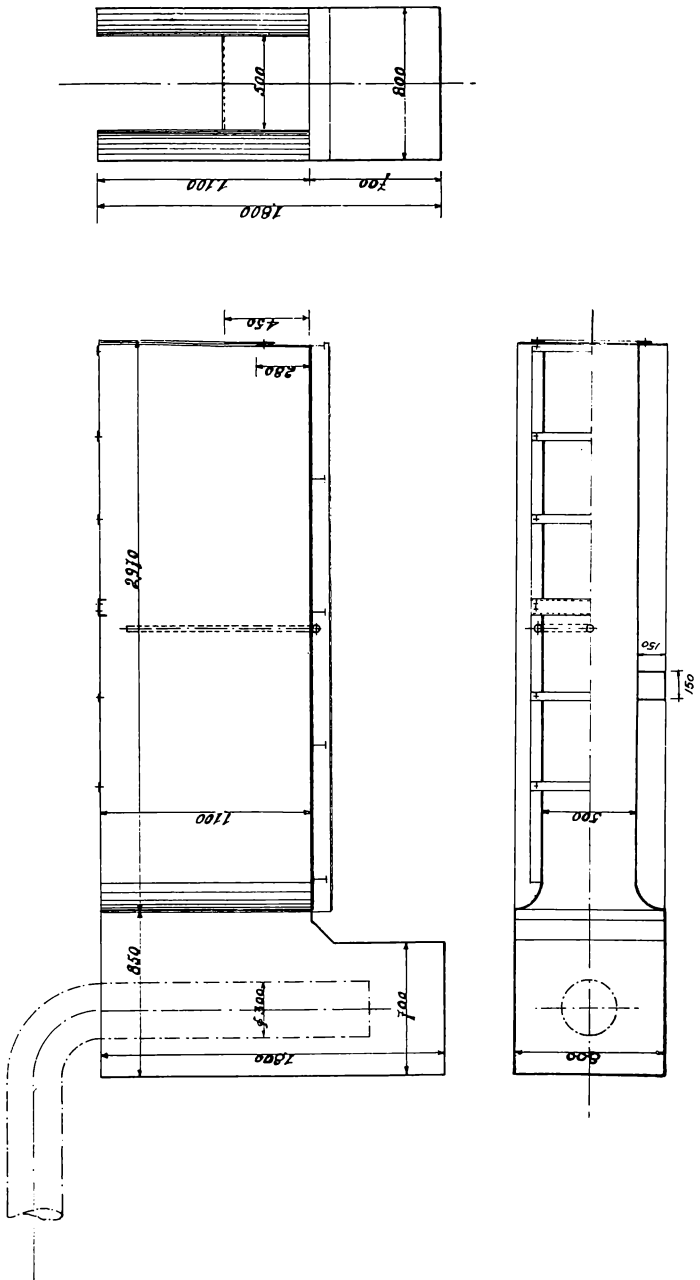


Fig. 6. — Bac jaugeur de 500 mm.

ne sont pas satisfaites pour le bac jaugeur de 190 mm ; elles le sont suffisamment pour celui de 500. Cet auteur conseille d'éviter les fortes variations de vitesse dans le canal, ce que nous jugeons aussi important pour des mesures précises. Les oscillations du niveau aval doivent être évitées ; ce phénomène a été hors cause dans nos expériences. Mais nous avons constaté de petites oscillations du niveau amont dans les bacs de 190 et de 500 mm dans leur disposition primitive ; elles ont disparu après la modification. Les figures 5, 6 et 7 reproduisent les dispositions et dimensions

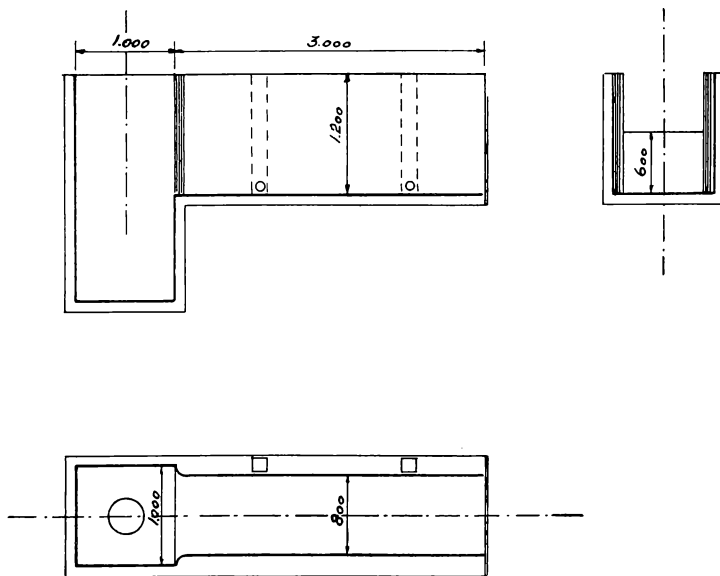


Fig. 7. — Bac jaugeur de 800 mm.

essentielles des 3 bacs jaugeurs. La figure 8 montre le dispositif expérimental important pour les grands débits dans le bac jaugeur de 800 mm. La capacité des réservoirs de tarage en béton armé est à peine suffisante pour donner une bonne précision au delà d'un débit de 175 l/sec. Pour les débits supérieurs dans le bac jaugeur de 800 mm, on opère par tarage en cascade, en alimentant au moyen des bacs jaugeurs tarés de 190 et de 500 mm, en disposant alors des claies d'amortissement dans un long canal disposé dans le prolongement amont du bac de 800 mm. On opère dans la zone de grande précision de ces bacs et on obtient une exac-

titude résultante satisfaisante. Cela provient des nombreux éléments qui influent de manière relative variable sur la précision du tarage des déversoirs. Aux très faibles débits, en raison des petites charges, l'erreur relative limite sur la mesure de celle-ci est grande et la précision limite est médiocre, en dépit de la mesure précise par empottement ($\pm 97\%$). La précision limite augmente avec le débit, jusqu'à dépasser 99% dans les conditions d'emploi

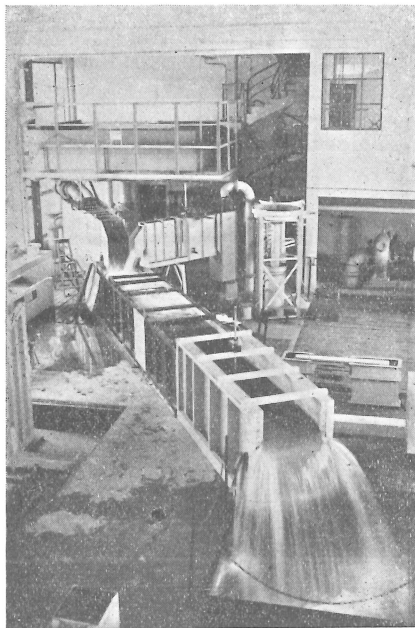


Fig. 8. — Vue du dispositif de tarage du déversoir rectangulaire de 800 mm.

optimum. Mais au delà d'un certain débit, qui dépend de la capacité maximum d'empottement (24 m^3 au laboratoire), l'erreur relative sur la mesure du temps d'empottement, qui devient court, augmente et fait à son tour diminuer la précision. Les déversoirs de 190 et de 500 mm de largeur débitent avec une très bonne précision dans le domaine de capacité moyenne à maximum, il en est de même du déversoir de 800 mm. Les petits débits de ce déversoir peuvent être déterminés avec bonne précision par empottement ou cascade, jusqu'aux débits moyens. Les débits supérieurs, jusqu'au

maximum, sont mesurés avec bonne précision aussi par cascade. L'erreur limite est de l'ordre de 1% :

dans le déversoir de 190 mm, pour les débits de 2 à 70 l/sec.

dans le déversoir de 500 mm, pour les débits de 5 à 130 l/sec.

dans le déversoir de 800 mm, pour les débits de 5 à 200 l/sec.

Les figures 9, 10 et 11 reproduisent les courbes de tarage des trois déversoirs à la température ordinaire (13 à 20°). Sur ces

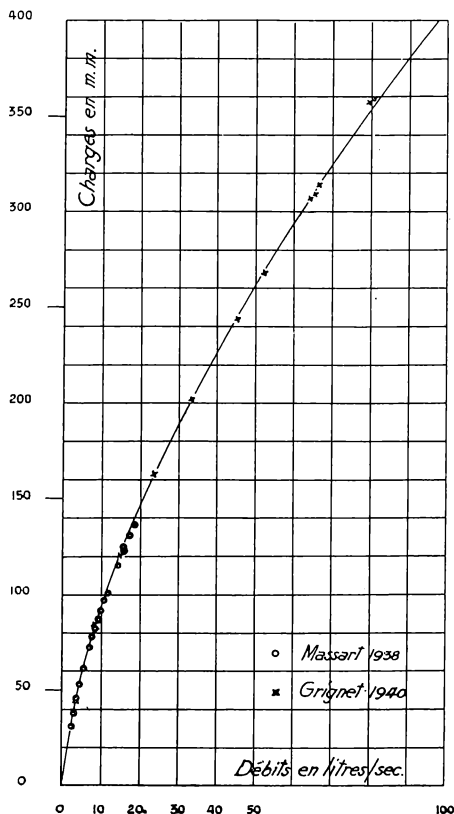


Fig. 9. — Courbe de tarage du déversoir rectangulaire de 190 mm.

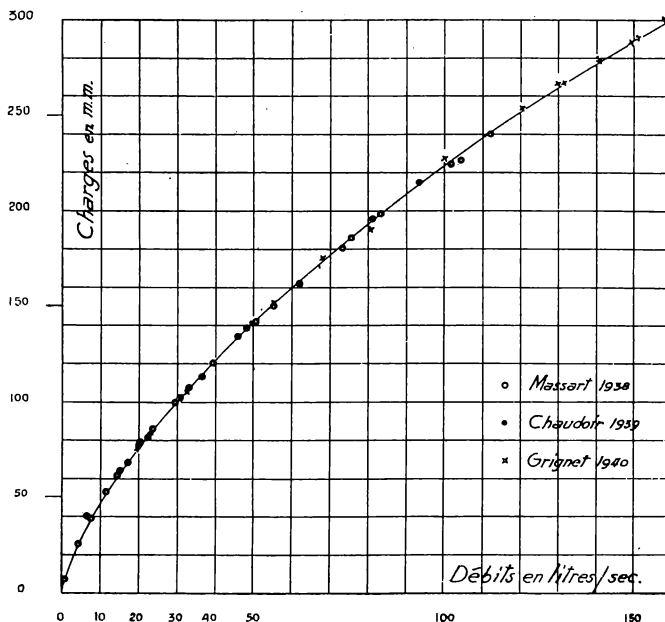


Fig. 10. — Courbe de tarage du déversoir rectangulaire de 500 mm.

trois figures, on a reproduit aussi les courbes définies par la formule de 1929 du professeur Rehbock ⁽³⁾ :

$$Q = \left(1,782 + 0,24 \frac{he}{p} \right) l he^{3/2} \text{ (m}^3\text{/sec)}$$

l = largeur en m

p = hauteur du déversoir sur le fond (en m)

he = charge mesurée + 0,0011 (en m).

Cette formule ne tient pas compte de l'effet de la vitesse d'amenée d'une manière en accord avec l'analyse dimensionnelle ⁽⁴⁾ Elle considère l'effet de la tension superficielle, qui a peu d'influence si la charge est supérieure à 0,20 m. On constate que les courbes de tarage du laboratoire coïncident avec celle de la for-

⁽⁴⁾ A. Jorissen. — Sur le coefficient de débit des déversoirs en mince paroi. Association française pour l'avancement des sciences, 63^e session, 1939.

mule de Rehbock dans la limite des erreurs relatives des expériences. Cette limite ressort de la faible dispersion par rapport aux courbes des points expérimentaux, établis au cours de plusieurs séries d'essais, à des époques différentes, par des expérimentateurs et des opérateurs divers dont les derniers opéraient pour ainsi dire en routine.

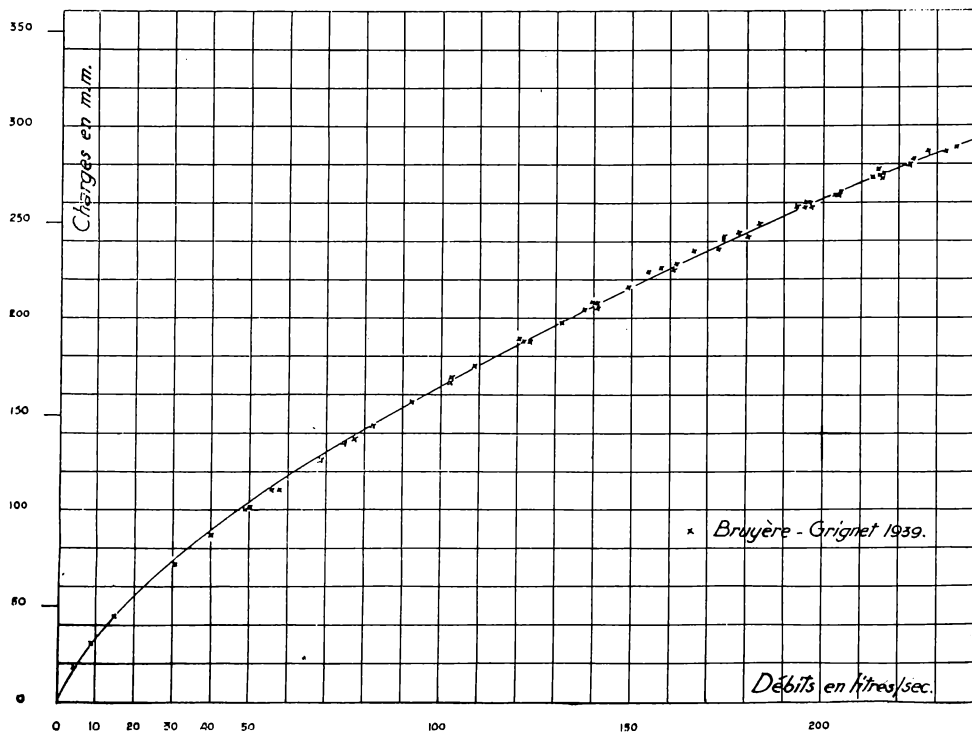


Fig. 11. — Courbe de tarage du déversoir rectangulaire de 800 mm.

On peut en conclure à la pertinence de la formule de Rehbock. Nous ne le contesterons pas, mais cette formule nous intéresse plutôt en tant qu'enregistrement patiemment perfectionné de nombreuses années de mesures (cf. *op. cit.* 3) qui permet de rattacher nos résultats à ceux d'expériences décalées dans le temps et dans l'espace, dont nous ne connaissons rien d'autre qui soit

concret, mais dont les résultats diffèrent de la formule, selon Rehbock, de $\pm 0,5\%$ (3).

Le fait d'obtenir une si parfaite concordance avec les résultats d'un expérimentateur autorisé établit, nous semble-t-il, un contrôle de nos résultats. Ceci nous permet de croire que nous disposons d'instruments de mesure qui, par leurs courbes de tarage précises, nous permettent d'assurer la précision fondamentale de tout travail expérimental d'hydraulique ; ensuite de recommander sans risque l'emploi de nos dispositifs et de leurs courbes de tarage à quiconque voudra s'en servir dans les mêmes conditions de bonne pratique. Il faut veiller notamment à un écoulement calme et régulier, ce qui exige une longueur suffisante du canal et une alimentation convenable.

Ce n'est point là un résultat scientifique original, c'est un résultat pratique intéressant et susceptible d'être utile, mais c'est en outre la base indispensable du travail scientifique du laboratoire dans les années à venir, qui justifie et fait comprendre la méthode qui a été définie et l'esprit de rigueur qui l'inspire. S'il est exact qu'un phénomène devient objet de science lorsqu'il est susceptible de mesure, dès lors la qualité de la science dépend de la qualité des mesures. Il est certain que beaucoup de progrès scientifiques sont nés du perfectionnement de la technique des mesures, qui a établi le caractère d'approximation imparfaite de certaines lois générales anciennes et montré le caractère souvent complexe des phénomènes. Il est certain aussi que la science toute moderne de l'électricité doit son rapide développement et son étonnante efficacité dans les sciences physiques, chimiques et naturelles à la précision et la commodité des mesures des grandeurs électriques. Nous croyons donc que ce n'est point perdre de temps dans un laboratoire d'hydraulique appliquée tel que le nôtre d'établir d'abord consciencieusement des moyens de mesure aussi précis que possible ; cela conditionne la valeur de tout ce qui peut suivre. La question est, en fait, capitale, car nous avons procédé déjà à assez d'essais inédits pour constater des divergences notables de coefficients avec d'autres expérimentateurs, dont nous nous attacherons à rechercher les causes.

En terminant cet article, nous devons remercier notre assistant, M. Grignet, pour le soin apporté aux travaux du laboratoire et à la mise en ordre des résultats, dont un aperçu vient d'être donné.