

Le nouveau laboratoire de constructions hydrauliques et d'hydraulique appliquée

1. — *Introduction*

Au moment où viennent d'être rendues à l'activité les installations rénovées du Laboratoire de Constructions hydrauliques et d'Hydraulique appliquée, nous sommes heureux de pouvoir exposer succinctement les grandes lignes de la conception et de la réalisation de cet ensemble. Nous remercions l'Association des Amis de l'Université de Liège de nous en offrir l'occasion et de nous permettre ainsi d'éclairer les lecteurs de ce Bulletin sur les objectifs de ce service. Ce Laboratoire, actuellement agrandi et rééquipé, est en mesure de reprendre des travaux qui furent dans le passé fortement contrariés par les événements. Son activité ne pourra que bénéficier à la région liégeoise et à ses voisines.

2. — *Historique succinct*

La construction d'un laboratoire d'hydraulique dans le cadre de l'Institut du Génie Civil de l'Université de Liège a été proposée par le titulaire du cours d'hydraulique fluviale et maritime dès 1927, et un plan schématique en a été présenté dès cette époque. Les études en vue de sa réalisation furent commencées en 1931. Les travaux en furent entamés en 1932 sous la direction du Service technique des Bâtiments universitaires du Val-Benoît. Ce laboratoire comprenait les installations du service conjoint d'hydraulique générale dont l'enseignement est dispensé à toutes les sections d'ingénieurs. Les dimensions primitives étaient restées étriquées, par raison d'économie.

Le Laboratoire était entièrement terminé et équipé lors de l'inauguration des nouveaux Instituts de la Faculté des Sciences appliquées au Val-Benoît en 1937. Les opérations de tarage furent effectuées avec soin en 1937-1938, et dès lors de nombreux étudiants de la section des constructions y effectuèrent leur travail de fin d'études, de même que quelques ingénieurs civils des constructions inscrits à l'épreuve complémentaire du grade d'ingénieur des constructions hydrauliques et hydrographe.

Feu A. Jorissen, à l'époque chef de travaux du service d'Hydraulique générale, et qui, lors de son décès prématuré en 1958, était

chef du département d'Hydraulique à l'Université Cornell à Ithaca, N. Y., y poursuivit les travaux qu'il a publiés sur les déversoirs circulaires en mince paroi.

Feu P. Grignet, qui fut le premier assistant au Laboratoire, y entreprit une étude sur modèle des orifices circulaires horizontaux commandés par vannes cylindriques verticales. Sa fin prématurée en 1946, quelques semaines après sa nomination de conservateur, l'empêcha de terminer ce travail et de le présenter comme thèse de doctorat en sciences appliquées.

Les principaux sujets qui ont encore donné lieu à des recherches au Laboratoire à cette époque sont les suivants : étude des déversoirs rectilignes en mince paroi sans contraction latérale (dits de Rehbock), étude du déversoir triangulaire en mince paroi (dit de Thomson), passage du déversoir circulaire à l'orifice vertical circulaire en mince paroi, lois de similitude des écoulements dans les canaux Venturi, étude des déversoirs rectilignes latéraux en mince paroi, étude de la perméabilité des milieux filtrants, essais sur modèles de digues filtrantes, etc...

Ces travaux furent interrompus par des bombardements aériens massifs en mai 1944. Le Laboratoire fut atteint de plusieurs bombes. Il fut réparé en 1946-1947 aux dimensions primitives, sous la direction du Service provincial des Bâtiments du Ministère des Travaux Publics. Les travaux de restauration, visant au plus pressé, ne purent être accompagnés d'une extension cependant demandée.

Les Instituts restaurés du Val-Benoît furent inaugurés en août 1947 à la faveur du Salon international de la Recherche scientifique et du Contrôle industriel, réalisé à l'occasion de la célébration du centenaire de l'Association des Ingénieurs A. I. Lg. A cette occasion divers modèles furent présentés en fonctionnement dans le Laboratoire d'hydraulique, notamment par le Laboratoire Central d'hydraulique de Maison-Alfort (France).

Malheureusement la pénurie d'assistants ne permit pas à cette époque de pourvoir au remplacement de P. Grignet, et l'exécution de travaux de fin d'études ne fut pas reprise.

Quelques essais sur modèles pour compte d'organismes étrangers à l'Université ont été effectués à diverses époques, au sujet des affouillements du lit de la Meuse en aval du barrage mobile de Monsin, au sujet d'un barrage déversant dans le lit du ruisseau de la Rochette à Yvoz-Ramet, au sujet des vagues créées par le passage des bateaux à grande vitesse dans une section du Canal Albert et des effets de ces vagues sur les bateaux amarrés à un quai usinier.

En 1953, M. l'Administrateur-Inspecteur P. Horion prit la décision de faire procéder aux agrandissements réclamés depuis longtemps, et notamment de doubler la longueur du hall principal du Laboratoire. Les travaux d'agrandissement débutèrent en 1954 et furent exécutés sous la direction du Service provincial des Bâtiments du Ministère des Travaux Publics. Ils ont duré jusqu'au printemps de 1962.

Pendant que se succédaient les entreprises d'exécution, des fondations, des charpentes, du gros œuvre, des équipements hydrauliques, des installations électriques, du chauffage, des parachèvements, etc..., toute activité au Laboratoire resta impossible. Il importe à présent que le Laboratoire puisse disposer du personnel et des moyens nécessaires à son activité.

3. — Description générale du Laboratoire

Le Laboratoire est situé dans l'aile Sud-Ouest de l'Institut du Génie Civil, parallèle à la Meuse (fig. 1).

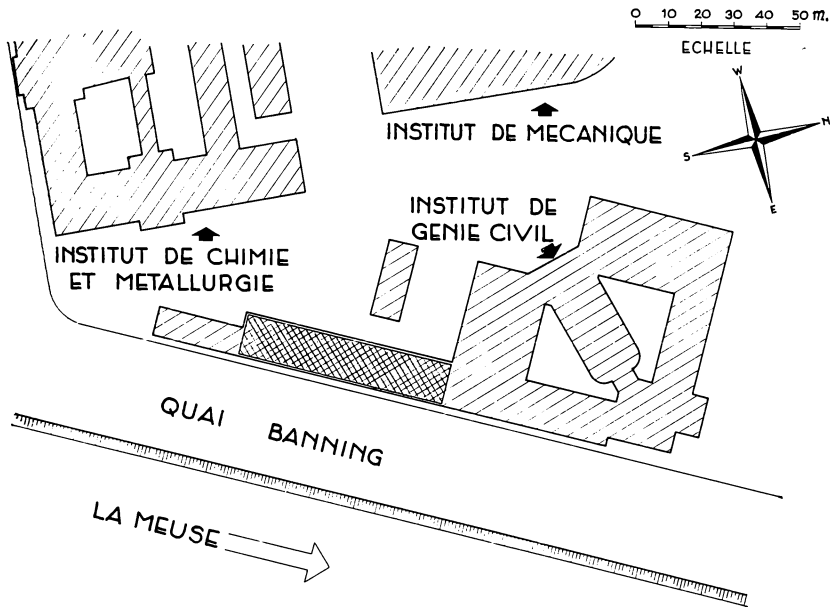


FIG. 1. — Plan de situation.

Le sous-sol de cette aile, situé au niveau du parc, est réservé au Laboratoire de Géotechnique et aux garages des services des Constructions du Génie Civil, des Procédés généraux de Constructions et d'Hydraulique appliquée.

Le Laboratoire dans son état actuel est le résultat de l'agrandissement des locaux primitifs. Dans ce qui suit les adjectifs « ancien » et « nouveau » s'appliquent respectivement à l'ancienne et à la nouvelle installation.

Le Laboratoire compte trois planchers de travail :

- a) le rez-de-chaussée à la cote 67,30 m. du nivellement général du Royaume, où le Laboratoire occupe un local de 59 m. de longueur, 12,50 m. de largeur et 6 m. de hauteur.

- b) le 1^{er} étage, à la cote 73,80 m., où le Laboratoire occupe un local de 36 m. de longueur, 12,50 m. de largeur et 2,80 m. de hauteur.
- c) le 2^e étage, à la cote 77,30 m. où se trouve encore un local de 20 m. de longueur et 7,50 m. de largeur.

Plusieurs petits locaux attenants sont situés à des cotes diverses.

L'eau nécessaire à l'alimentation des modèles et appareils du Laboratoire est emmagasinée dans un réservoir inférieur dont la partie principale, de 47 m. de longueur utile, 2 m. de largeur et 3 m. de profondeur sert en même temps de canal de retour. Dans une branche perpendiculaire à ce canal plongent les aspirations des pompes destinées à refouler l'eau dans des réservoirs situés à divers niveaux et destinés à maintenir pratiquement constants les niveaux des surfaces libres surplombant les réseaux de conduites d'alimentation des deux étages du Laboratoire.

L'eau en usage actuellement en circuit fermé, est de l'eau de la distribution de la Ville de Liège. Un puits tubé, foré à partir du sous-sol dans le gravier de la Meuse permettra de recourir éventuellement aussi à l'eau de la nappe souterraine.

Sur les réseaux d'alimentation sont branchées les diverses prises d'eau qui permettent d'obtenir localement les débits nécessaires aux expériences. Après usage, l'eau retourne au réservoir inférieur, soit directement, soit par des fosses d'évacuation (fig. 2).

La branche principale du réservoir inférieur, ou canal de retour, est en outre destinée à la réalisation d'essais de remorquage de modèles de carènes ou de corps immergés, à l'étude sur modèles de propulseurs et à l'étalonnage d'instruments de mesure des vitesses des courants liquides.

A cet effet, elle est équipée d'un chariot roulant sur des rails disposés sur ses deux rives. Ce chariot est mis en mouvement par un treuil commandé électriquement et un câble télédynamique (fig. 3). Le chariot peut porter les appareils à étalonner, ou bien entraîner les modèles à remorquer, par l'intermédiaire d'un dynamomètre enregistreur. La vitesse est contrôlée avec une grande précision grâce à un appareillage électronique.

On voit que le Laboratoire présente de larges possibilités d'expérimentation et de recherche. Son équipement en appareils de mesures hydrométriques permet à son personnel de réaliser également des mesures hydrographiques en campagne.

Si sa principale raison d'être réside dans les nécessités de l'enseignement pratique dans les domaines des Constructions hydrauliques, de l'Hydraulique appliquée et de la Théorie du navire, il est destiné également à la poursuite de travaux de recherche dans de nombreux domaines, ainsi qu'à la réalisation d'essais sur modèles à échelle réduite en vue de l'étude de problèmes d'aménagements hydrauliques et industriels et de navigation intérieure.

Le Laboratoire fait partie de l'organisation des laboratoires d'essais des Constructions du Génie Civil. Dans le cadre de l'article 63 de la

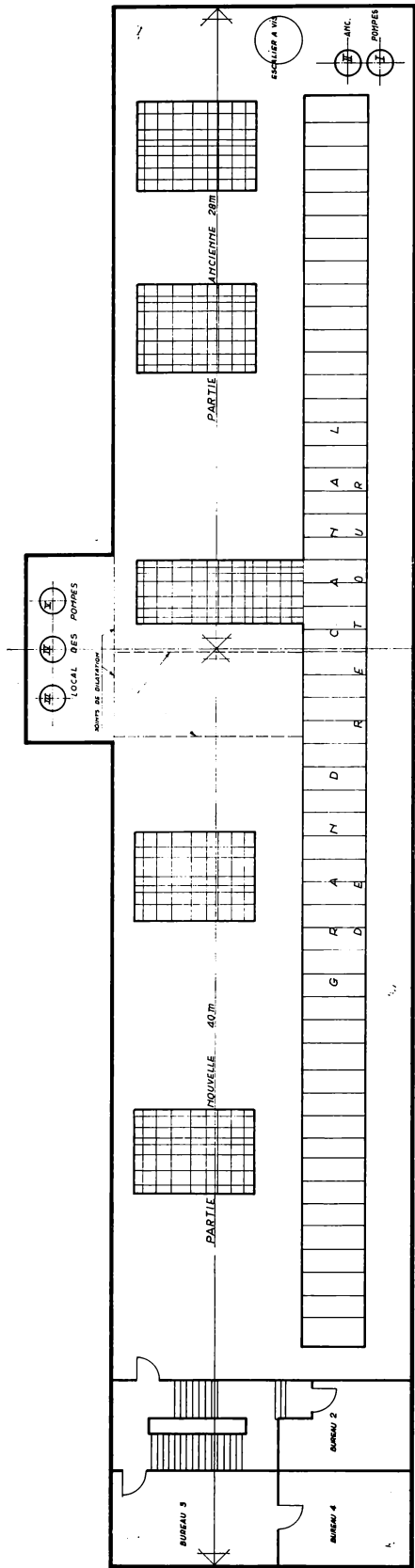


FIG. 2. — Vue en plan du Laboratoire.

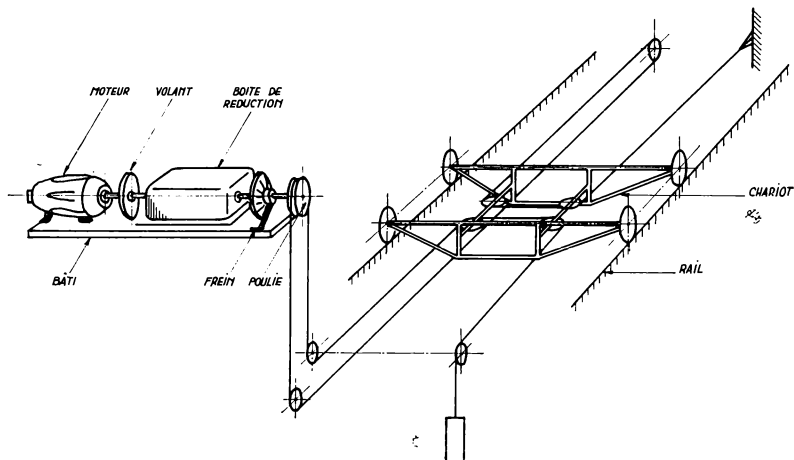


FIG. 3. — Installation de traction.
Schéma des transmissions de mouvement au chariot.

loi du 28 avril 1953 et de l'Arrêté Royal du 28 octobre 1955, pris en exécution de cette loi, il est autorisé à fournir des prestations extérieures rémunérées, sous le contrôle de la Commission administrative du Patrimoine de l'Université.

Si de telles prestations ont été fournies occasionnellement dans le passé, comme cela a été indiqué plus haut, il est vrai qu'elles n'ont pas été très nombreuses.

Dans l'exécution de tels travaux, les divers laboratoires autorisés ne poursuivent bien entendu aucun but lucratif et les professeurs assument la direction des travaux en cause à titre bénévole.

4. — Organisation des services intéressés

Un ensemble d'enseignements constitue l'objet des divers services intéressés aux installations ci-dessus décrites.

Ces enseignements font partie des enseignements fondamentaux de la section des ingénieurs civils des constructions, de la sous-section des ingénieurs des constructions hydrauliques et hydrographe, de la section des ingénieurs des constructions navales et de la section des conducteurs civils. Ils sont énumérés ci-après et les matières de chacun d'eux sont successivement passées en revue.

a) Cours d'Hydraulique fluviale (titulaire J. Lamoën).

Fondé en 1926 et destiné à la section des ingénieurs civils des constructions, ce cours comporte les parties suivantes : notions d'hydrologie (eaux de surface et eaux souterraines), mouvements des eaux dans les canaux découverts et dans les cours d'eau naturels, mouvements permanents uniformes et variés, crues, formes des lits

des cours d'eau naturels et leur variation, notions d'hydrographie et d'hydrométrie, méthodes et travaux d'aménagements des cours supérieurs et moyens des rivières, notions d'hydraulique maritime (mouvements ondulatoires périodiques, marées), notions sur les cours d'eau à marée et les estuaires.

b) *Cours de Constructions du Génie Civil (2^e partie)* (titulaire F. Campus).

Fondé en 1926 en même temps que la première partie, le cours de Procédés généraux de constructions et le cours d'Hydraulique fluviale, et également destiné à la section des ingénieurs civils des constructions, ce cours concerne toutes les constructions hydrauliques et contient les procédés généraux de constructions qui y sont relatifs. Il comporte les parties suivantes : fondations hydrauliques (souterrains sous-fluviaux), fondations des ouvrages de retenue, béton précontraint, barrages fixes de hauteur modérée, grands barrages de réservoirs (barrages-poids en béton, barrages en arc et à voûtes multiples, barrage en terre et en enrochements), barrages mobiles et déversoirs réglables (divers types de bouchures, construction et manœuvre), écluses de navigation à sas (stabilité, construction des portes, sassement, manœuvre, etc...), ouvrages du génie civil des aménagements hydrauliques (usines de basse, de moyenne et de haute chute), voies navigables (canaux, rivières canalisées, ports fluviaux), ouvrages maritimes.

c) *Compléments de constructions hydrauliques* (titulaire F. Campus).

Cet enseignement, essentiellement pratique, est destiné au grade complémentaire d'ingénieur des constructions hydrauliques et hydrographe. Il repose sur des travaux graphiques et des travaux de laboratoire et permet aux intéressés d'approfondir des questions relatives à des projets de constructions hydrauliques.

d) *Cours d'Hydrographie, hydrométrie, marée, etc...* (titulaire R. Spronck).

Ce cours, fondé en 1934, est destiné principalement au grade complémentaire d'ingénieur des constructions hydrauliques et hydrographe. Il comporte les parties suivantes : étude approfondie des phases successives du cycle de l'eau et des phénomènes connexes, technique des levés hydrographiques fluviaux et maritimes (technique des sondages, relèvement et réduction des sondes), mesures hydrométriques, coordination, représentation et synthèse des résultats d'observations, étude des marées, prédiction des marées, ajustement des statistiques hydrographiques, études des crues, éléments de navigation maritime.

e) *Cours d'Hydrodynamique (Eléments et Compléments)* (titulaire R. Spronck).

Ces cours s'adressent pour une partie à la section des ingénieurs-mécaniciens et dans une plus large mesure aux sections des constructions navales et des constructions hydrauliques. Ils comportent les parties suivantes : cinématique des fluides incompressibles en

variables lagrangiennes et eulériennes, étude des champs d'écoulements irrotationnels plans et méridiens, applications de la représentation conforme, étude des écoulements avec discontinuités et cavités, théorie des tourbillons, dynamique des fluides incompressibles non visqueux, principaux résultats expérimentaux relatifs à la résistance des fluides, étude des écoulements des fluides visqueux newtoniens, lois de similitude, couches limites, étude de la turbulence, résistance à l'avancement des corps immergés et flottants, mouvements à surfaces libres, théorie de l'hélice propulsive.

f) *Cours de Théorie du navire (1^{re} et 2^e parties)* (titulaire R. Spronck).

Ce cours, fondé en 1936, est destiné principalement à la section des ingénieurs civils des constructions navales. Il est divisé en deux parties relatives à la statique et à la dynamique du navire et comprend les parties principales suivantes : géométrie des carènes, équilibre et stabilité des flotteurs, étude des carènes intérieures, mouvements d'oscillation des flotteurs en eau primitivement calme, résistance à l'avancement, translations obliques et girations du navire, étude de la propulsion et de la gouverne, manœuvrabilité, maniabilité et tenue à la mer.

g) *Cours de Constructions du Génie Civil urbain et tropical* (titulaire F. Campus).

Ce cours est destiné principalement aux épreuves complémentaires des grades d'ingénieur-urbaniste et de conducteur civil des travaux urbains, et au certificat d'études complémentaires en génie sanitaire. Il traite des sujets suivants : captage de l'eau, adduction des eaux, élévation de l'eau, emmagasinement de l'eau, distributions d'eau urbaines et rurales, évacuation des eaux usées, égouts, hydraulique agricole, irrigations et drainages, notions sur les constructions tropicales.

h) *Cours d'Eléments d'hydraulique fluviale* (titulaire J. Lamoën).

Ce cours s'adresse à la section des conducteurs civils. On y envisage successivement : les eaux météoriques et de surface, les eaux de ruissellement, les mouvements des eaux souterraines, les mouvements des eaux dans les canaux découverts (mouvement uniforme et lignes d'eau, crues des rivières, rivières à marées), l'étude du régime des cours d'eau, les travaux hydrographiques et hydrométriques.

Le personnel dont disposent les titulaires précités pour le service du Laboratoire est réparti comme suit :

a) Professeur F. Campus.

Un agrégé : M. N. Dehousse, ingénieur civil des constructions, master of science, ingénieur des constructions hydrauliques et hydrographe, agrégé de l'enseignement supérieur.

Deux assistants, MM. R. Arnould et Warnotte, ingénieurs civils des constructions.

Deux préparateurs : MM. J. Simon et J. B. Istace.

Un aide de laboratoire : M. J. Houppesse.

b) Professeur R. Spronck.

Un assistant : M. J. Willems, ingénieur civil des constructions navales.

Un préparateur technicien : M. J. Detilleux.

Un aide de laboratoire : M. J. Jacquemin.

c) Professeur J. Lamoën.

un assistant : M. B. Gallez, ingénieur civil des constructions.

5. — Installations du Laboratoire

a) Canal de retour.

Ce canal, de 3 m. de profondeur et de 2 m. de largeur, a en plan la forme d'un T dont la branche longitudinale a 57 m. de longueur et la branche transversale 7,50 m. de longueur.

Il est construit en béton armé et repose sur des pieux indépendants des fondations du Laboratoire. Le remplissage du canal se fait par une canalisation de 2^o branchée sur le réseau de distribution d'eau de la ville de Liège. Il pourra aussi être alimenté éventuellement par un puits foncé dans le gravier de la Meuse.

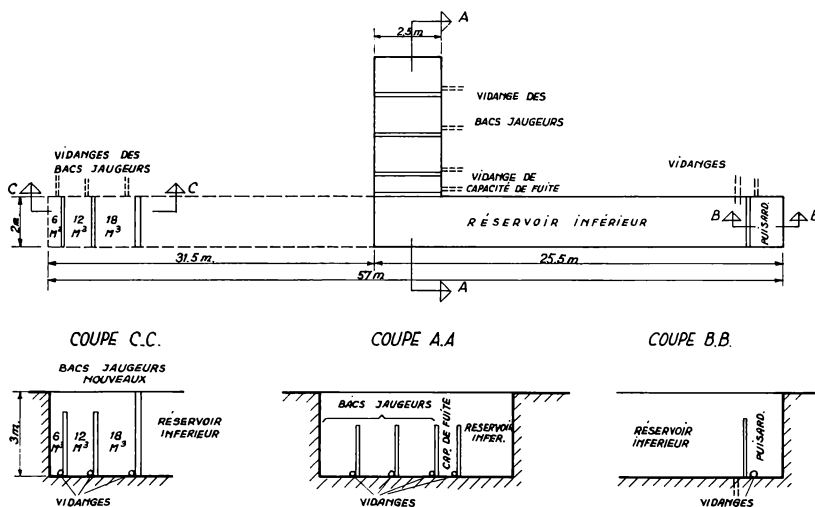


FIG. 4. — Détails du réservoir inférieur ou canal de retour.

La figure 4 permet de comprendre comment le canal actuel a été dérivé de l'ancien canal. Celui-ci avait la forme indiquée en traits forts, il avait une longueur totale de 25,50 m. et comportait un puisard pour les conduites d'aspiration des anciennes pompes, puisard isolé par une paroi de hauteur réglable, et il pouvait commu-

niquer avec une branche transversale de 2,50 m. de largeur, divisée par des murets en béton armé en 3 réservoirs jaugeurs destinés à la mesure des débits liquides par empotement.

Un joint étanche constitue actuellement une liaison élastique entre l'ancienne partie du canal et la nouvelle.

A proximité de l'ancien puisard se trouve une vanne de vidange du canal, vanne de 150 mm. de diamètre. Une autre vanne de 100 mm. de diamètre permet de vider le puisard.

Les transformations apportées au canal lors des travaux d'agrandissement ont été les suivantes :

1. prolongement de la branche longitudinale pour atteindre une longueur hors-tout de 57 mètres,
2. établissement, en bout de la nouvelle partie, de trois nouveaux réservoirs jaugeurs de capacités respectives de 4, 8 et 12 m³,
3. suppression dans la branche transversale, des quatre murets en béton, d'où disparition des trois anciens réservoirs de tarage et de la capacité de fuite prévue entre ces réservoirs et le canal de retour, la branche transversale jouant à présent le rôle de puisard, dans lequel plongent les conduites d'aspiration des trois nouvelles pompes,
4. les parois et le fond du canal ont été cimentées, puis recouvertes de deux couches de résine époxy. Ces couches de peinture étant trop minces et l'étanchéité du canal n'étant pas parfaite, on a procédé, après meulage, au revêtement des parois par deux nouvelles couches de résine époxy plus épaisses, armées par un tissu de laine de verre.

b) *Groupes moto-pompes* (fig. 5).

L'ancienne installation comportait deux pompes, on en a ajouté trois nouvelles. Elles sont toutes du type centrifuge et sont entraînées par des moteurs asynchrones. Leurs conduites d'aspiration sont munies de crépines combinées avec des clapets de pieds. Elles refoulent dans les divers réservoirs à niveaux constants. Chaque pompe est équipée d'un manomètre pour la mesure de la dépression à l'aspiration et d'un manomètre pour la mesure de la pression au refoulement.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques de chacun des cinq groupes :

No de la pompe		Puissance du moteur (CV)	Hauteur manométrique (m.)	Débit maximum (l./sec.)	Diamètre conduite d'aspiration (mm.)	Diamètre conduite de refoulement (mm.)
I	} anciennes	40	7,85	250	400	350
II		32	15	100	250	225
III		55	11,15	250	350	300
IV	} nouvelles	34	12	150	250	250
V		34	17	100	225	200

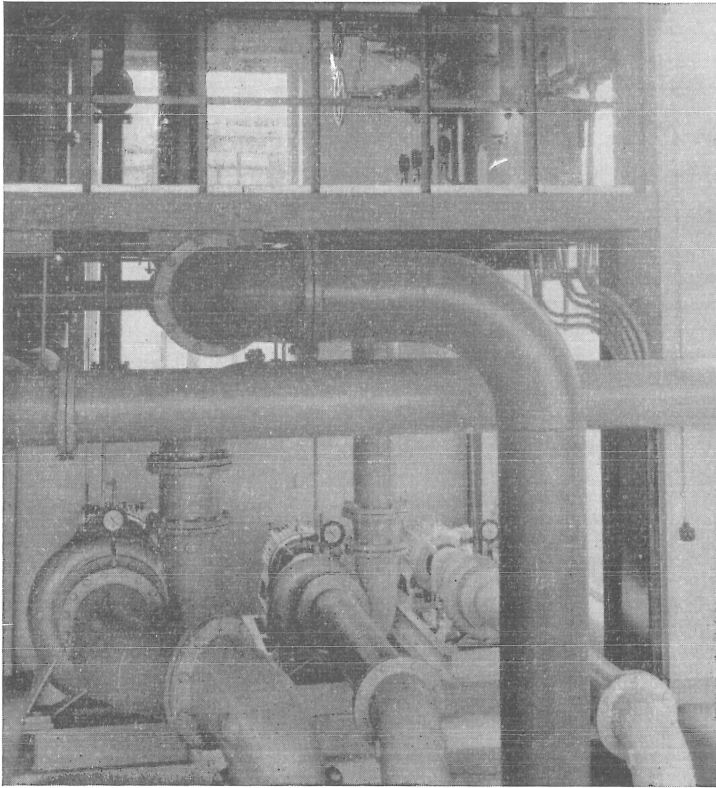


FIG. 5. — Groupes moto-pompes.

c) Réservoirs supérieurs à niveaux constants.

Le Laboratoire compte quatre réservoirs supérieurs à niveaux constants : les deux anciens sont numérotés I et II sur la figure 6 et les deux nouveaux sont numérotés III et IV.

Il importe que la charge sur une prise d'eau quelconque ne soit pas sensiblement influencée par la manœuvre des vannes de refoulement, ou par celle des vannes d'alimentation d'autres prises. De plus, la mise en train d'un essai en régime permanent exige, pour être rapide, que la charge ne dépende pas sensiblement du débit.

A cet effet, dans chaque réservoir supérieur, de longues rigoles-déversoirs réglables constituées par des auges en tôle évacuent l'excès de débit dans des conduites de trop-plein et permettent de maintenir les plans d'eau des réservoirs sensiblement constants pour toutes les variations de débits d'entrée et de sortie possibles, étant entendu que les pompes fournissent dans tous les cas un débit supérieur à celui qui est exigé par l'essai en cours.

Le tableau ci-dessous fournit quelques données numériques au sujet des réservoirs supérieurs.

N° du Réservoir	Dimensions intérieures (m.)	Cotes des surfaces libres (m.)	Longueurs développées des rigoles (m.)	Diamètres des conduites de trop-plein (mm.)
I	3,80 × 4,10	71,27	64	300
II	2,40 × 4,10	78,50	32	150
III	8,00 × 3,20	74,15	87	350
IV	3,80 × 3,20	78,50	33	200

d) *Circuits hydrauliques d'alimentation* (fig. 6).

Le Laboratoire compte cinq circuits d'alimentation des divers planchers de travail :

1. *Boucle inférieure ancienne.* — De chacun des réservoirs I et III descendent des conduites de 300 mm. de diamètre munies de vannes, et qui forment une boucle munie d'un by-pass au niveau du sous-sol. Cette boucle peut donc être alimentée par chacun des réservoirs I et III. Elle compte six prises d'eau de diamètre 300 mm. au rez-de-chaussée, et six prises d'eau de diamètre 200 mm. au plafond du sous-sol.

2. *Boucle inférieure nouvelle.* — Cette boucle de 300 mm. de diamètre peut être indifféremment alimentée par les réservoirs I et III grâce au by-pass la reliant à la boucle inférieure ancienne. Elle compte trois prises d'eau de 300 mm. de diamètre, et cinq prises d'eau de 200 mm. de diamètre.

3. *Boucle supérieure.* — Cette boucle située au plafond du 1^{er} étage comporte deux by-pass ce qui lui permet d'être alimentée par l'un ou l'autre des réservoirs II et IV.

4. *Conduite expérimentale ancienne.* — Une conduite de 150 mm. de diamètre descend du réservoir n° II et fournit au rez-de-chaussée et au sous-sol deux prises d'eau de 150 mm. sous forte charge. Elle peut d'ailleurs aussi être alimentée par le réservoir I.

5. *Conduite expérimentale nouvelle.* — Une conduite de 150 mm. de diamètre descend du réservoir IV et fournit au rez-de-chaussée deux prises d'eau de 150 mm. de diamètre.

Le Laboratoire dispose d'un équipement étendu de conduites, coudes, tés, réductions servant à relier les prises d'eau aux modèles et appareils de mesures.

e) *Evacuation.*

Après leur passage dans un modèle ou un appareil de mesure, les eaux sont renvoyées dans le canal de retour soit directement, soit

par les hottes d'évacuation, normalement couvertes de grilles métalliques.

Au premier étage, une conduite de 150 mm. de diamètre peut recueillir les eaux dans deux prises et les renvoyer dans le réservoir inférieur par l'intermédiaire de la conduite de trop-plein du réservoir III.

f) *Installation de traction* (fig. 7).

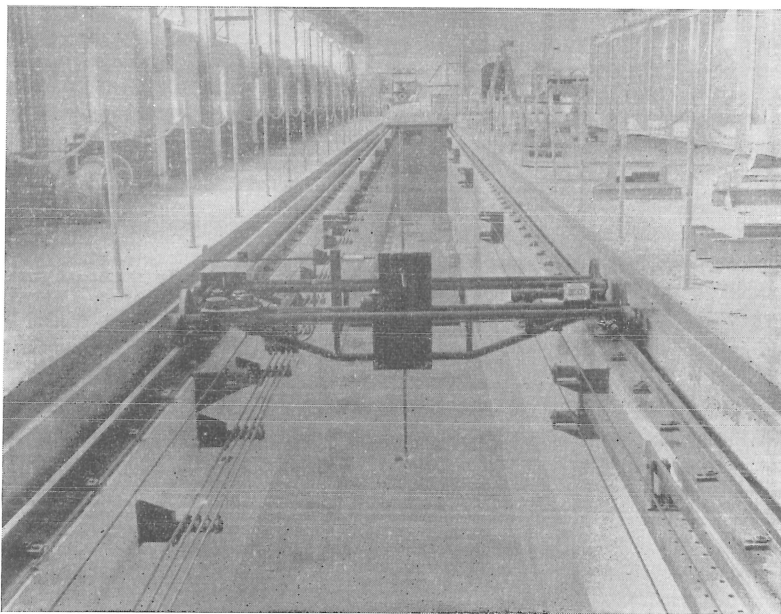


FIG. 7. — Canal de retour et installation de traction.

En vue d'utiliser la branche principale du canal de retour aux essais mentionnés plus haut de remorquage et d'étalonnage, cette branche du canal de 45 mètres de longueur utile est munie de deux files de rails posés sur ses deux rives, en tronçons de 5 mètres sur des supports réglables. Le chariot qui roule sur ces rails a une charpente légère réalisée en tubes d'acier. Il porte des galets de guidage qui assurent une translation parfaitement rectiligne, et quatre poulies à gorges à axes verticaux sur lesquelles passe le câble métallique d'entraînement.

Ce câble, dont une extrémité est fixée à la paroi terminale du canal, est tendu par un contrepoids et s'enroule sur le tambour du treuil, installé dans un petit local surplombant les anciennes pompes du Laboratoire à une extrémité du canal. Un moteur à courant continu de 6 chevaux de puissance maximum, muni d'un volant régulateur,

commande le treuil par l'intermédiaire d'un jeu d'engrenages droits à trois étages de vitesses et d'un embrayage à friction (fig. 3).

Un appareillage électronique à thyatron agit sur la tension appliquée aux bornes de l'induit du moteur, la tension d'excitation restant constante, et assure la constance de la vitesse du moteur pour chaque réglage. On peut ainsi, en manœuvrant un potentiomètre, régler d'une manière continue et avec une très grande précision entre 0,01 m. et 6,50 m. par seconde la vitesse de translation du chariot et des appareils ou des modèles entraînés par celui-ci. Ce réglage n'agit toutefois que sur la course utile du chariot. La course de retour s'effectue à vitesse constante.

La mise en route et le freinage du chariot sont manuels, avec dispositif de sécurité.

Trois barres de cuivre isolées, éventuellement alimentées en courant triphasé sous 24 volts, et sur lesquelles glissent des trolley, permettent d'alimenter des appareils portés par le chariot. Une quatrième barre transmet l'enregistrement des distances parcourues. L'ensemble permet de relier électriquement le chariot à un chronographe enregistreur.

L'étalonnage d'un moulinet hydrométrique exige une série de traînages en eau calme à des vitesses différentes.

Dans le cas d'essais sur modèles de carènes, on choisit l'échelle des vitesses égale à la racine carrée de l'échelle des dimensions linéaires. On n'atteint ainsi qu'une similitude mécanique approximative, dont l'interprétation reste délicate.

Dans le cas d'essais sur modèles d'hélices en eau libre, on est moins gêné par les conditions de similitude.

Dans les essais de modèles auto-propulsés, en eau primitivement calme ou en eau agitée, les difficultés sont les plus grandes.

6. — *Équipement du Laboratoire*

a) *Mesures de niveaux.*

Le Laboratoire dispose de treize limnimètres O. I. P. dont les courses sont respectivement 1220, 810 et 500 mm., d'un limnimètre Ott à contact électrique de 800 mm. de course, d'un limnimètre De Man électronique de 800 mm. de course, d'un limnimètre Ott. à flotteur, et d'une sonde Ott. à signal optique.

b) *Mesures de pressions.*

Le Laboratoire dispose de manomètres pour la mesure de pressions et dépressions de 0 à 50, 100 et 150 mm. de mercure, de manomètres à tubes uniques pour la mesure des pressions et dépressions de 0 à 100, 250, 500 et 1000 mm. de mercure, d'un manoscope Debroy pour la lecture de pressions et dépressions de 0 à 800 mm. de mercure avec une précision de lecture de 0,1 mm. de mercure. Il dispose encore de tableaux manométriques à eau équipant divers canaux.

c) *Mesures de vitesses.*

Le Laboratoire dispose d'un micro-moulinet Ott., de deux micro-moulinets type Beauvert et de deux compteurs d'impulsions Neyrpic, d'un moulinet « Neise » (Ott.), de 12 moulinets « Orégon » (Ott.), de six hélices composantes Ott. pour courants inclinés sur la normale à la section de mesure, et d'un moulinet « Moldau » (Ott.) à entraînement magnétique avec dispositif de jaugeage en rivière (treuil à tambour Neva et régulateur de descente).

d) *Appareils de mesure des débits solides en suspension et sur le fond.*

Le Laboratoire dispose d'un appareil à couloir horizontal à fermeture instantanée du type « Van Veen », d'un appareil à tube cylindrique à fermeture instantanée du type « Tait-Binckley », d'un appareil à tamis du type « Arnhem » et d'un appareil à volets du type « Lüders ».

e) *Mesures de débits.*

Pour les mesures par empotement, le Laboratoire dispose d'une balance de précision Dalimier de charge maximum 100 kg., de deux capacités tarées de 50 litres, d'une capacité tarée de 500 litres, d'un réservoir de 500 litres avec vanne de fond pour vidange rapide, et des trois réservoirs jaugeurs en béton armé, disposés comme indiqué plus haut, de 4, 8 et 12 m³.

Les vannes de vidange de ces trois réservoirs sont télé-commandées depuis le niveau du rez-de-chaussée. Une caméra de télévision à transistors enregistre la montée de l'eau dans trois tubes en plexiglas reliés aux conduites de vidange au sous-sol et la transmet à un écran situé au rez-de-chaussée.

Des réservoirs en mince paroi, en bronze et en acier inoxydable, de formes rectangulaires, circulaires et triangulaires peuvent être montés dans les canaux jaugeurs dont il sera question plus loin (fig. 8).

Deux tubes Venturi peuvent s'adapter à des conduites de 100 et 150 mm. de diamètre. Ils permettent de mesurer des débits maxima de 75 et 150 litres par seconde, sous des différences de pression maxima de 2 kg./cm².

Quatre diaphragmes peuvent s'adapter à des conduites de 100, 150, 200 et 300 mm. Leur rapport de réduction est 1/2.

f) *Canaux d'expérimentation.*

Le Laboratoire dispose des divers canaux d'expérimentation suivants :

- un canal jaugeur en acier de 190 mm. de largeur avec tranquillisateur d'amont,
- un canal jaugeur en acier de 500 mm. de largeur avec tranquillisateur d'amont, (c'est sur ces canaux que peuvent être montés les déversoirs en mince paroi cités plus haut),



FIG. 8. — Ecoulement sur déversoir rectangulaire en mince paroi.

- un canal en acier à parois vitrées de 200 mm. de largeur et 21 mètres de longueur équipé d'un tranquillisateur d'amont. Il est principalement destiné à l'étude des lignes d'eau,
- deux petits canaux en acier à parois vitrées pour l'observation de modèles de digues, équipés de tableaux manométriques reliés à des prises d'eau pratiquées dans l'une des parois verticales,
- un canal métallique de retour de 6,30 m. \times 1,00 m. \times 0,70 m.,
- un canal en bois de 20 m. \times 1 m. \times 1 m., comportant un large panneau vitré avec tranquillisateur d'amont. Il permet l'étude de la ligne d'eau dans un canal Venturi, ainsi que celle d'autres phénomènes d'écoulements.

g) Appareils de manutention.

La manipulation des pièces lourdes se fait : au rez-de-chaussée, au moyen d'un pont roulant de 1500 kg. de charge maximum, cou-

vrant toute la surface utile du Laboratoire; au 1^{er} étage, au moyen d'un monorail circulant sur une poutre longitudinale couvrant toute la longueur du local.

b) *Équipement de l'installation de traction. Mesure et enregistrement des vitesses de translation et de rotation et des efforts de remorquage.*

Les vitesses de translation du chariot peuvent être lues sur le potentiomètre de contrôle du variateur de vitesse du moteur, moyennant tarage préalable.

Elles peuvent d'ailleurs être contrôlées, directement ou réciproquement par des mesures de temps et d'espaces parcourus, mesures réalisables actuellement avec grande précision. L'enregistrement de ces mesures peut se faire électriquement sur un tambour entraîné par le mouvement du chariot.

Les vitesses de rotation de moulinets hydrométriques ou de modèles d'hélices propulsives s'obtiennent par comptage simultané de fractions de secondes et de nombres de tours. L'enregistrement peut également être réalisé électriquement.

Les dispositifs dynamométriques utilisés pour mesurer les efforts horizontaux de remorquage de modèles de carènes peuvent être mécaniques, pneumatiques, hydrauliques ou électriques. Il faut concilier à leur sujet des exigences de précision et de stabilité. L'enregistrement des résultats n'offre aucune difficulté. Dans le cas d'emploi de balances automatiques, les efforts en jeu sont équilibrés en partie par des poids, en partie par des ressorts tarés. La difficulté provient de la petitesse relative des résistances à mesurer et de l'importance de l'inertie du chariot, du modèle et de l'eau entraînée.

Le contrôle des vitesses réelles des modèles par rapport à l'eau peut s'effectuer au moyen d'appareils de mesure des vitesses de courants, eux-mêmes entraînés par le chariot.

7. — *Activités scientifiques et contacts extérieurs*

Les travaux poursuivis au Laboratoire depuis sa fondation suffisent à donner une idée de la diversité et de l'ampleur de son activité.

L'Association Internationale de Recherches hydrauliques a publié dans son bulletin la liste des travaux poursuivis jusqu'en 1954 au Laboratoire.

Les travaux d'extension du Laboratoire ont malheureusement interrompu cette activité pendant les dernières années. Cette activité a actuellement repris. Des essais ont été récemment effectués sur un collecteur pour machine de papeterie en vraie grandeur. Un essai sur modèle est en cours au sujet de l'aménagement de la Dérivation de la Meuse à Liège. Des essais sur modèles de bateaux rapides sont en cours (coques planantes et coques à ailerons).

Le Laboratoire est en rapport avec de nombreux organismes, administrations et associations belges et étrangères qui s'occupent

des problèmes en cause : citons entre autres : l'administration des Ponts et Chaussées, les administrations communales, le Laboratoire d'hydraulique de l'Université de Gand, l'Association Internationale de Recherches hydrauliques, le Centre Belge de Recherches Navales, la Conférence Internationale des directeurs de Bassins de carènes.

Les services intéressés sont activement représentés au sein des organismes scientifiques précités et échangent des publications avec eux.

Au terme de cette présentation, exprimons l'espoir de voir des moyens suffisants en matériel et en personnel mis à la disposition du Laboratoire pour lui permettre de poursuivre et d'accroître ses activités.

8. — Bibliographie

1. F. CAMPUS, A. SCHLAG et R. SPRONCK. — Hydraulique générale, hydraulique fluviale, hydrographie et hydrodynamique (*Revue Universelle des Mines*, numéro du Centenaire de l'Ecole des Mines de Liège, février 1938).
2. P. CAMPUS, A. SCHLAG et R. SPRONCK. — Les Laboratoires d'hydraulique de l'Université de Liège (*Revue Générale de l'Hydraulique*, Paris, n° 26, mai-juin 1938).
3. F. CAMPUS et R. SPRONCK. — L'Hydraulique dans ses relations avec l'épuration des eaux (*Revue Universelle des Mines*, décembre 1939).
4. F. CAMPUS. — Travaux de recherches préparatoires du Laboratoire d'hydraulique fluviale et appliquée aux constructions (*Travaux du Centre d'Etudes des Eaux*, vol. I, Liège, 1941).
5. A. JORISSEN. — Contribution à l'étude du déversoir circulaire en mince paroi (*Revue Générale de l'Hydraulique*, janvier-février 1943).
6. P. GRIGNET. — Appareils pour la détermination des lois et coefficients de perméabilité des milieux pulvérulents (*Travaux du Centre d'Etudes des Eaux*, vol. II, Liège, 1943).
7. J. LAMOEN et R. SPRONCK. — Les Laboratoires d'hydraulique fluviale en Belgique et à l'étranger (*Mémoires du Congrès du Centenaire de l'A. I. Lg.*, Section Génie Civil 1947).
8. F. CAMPUS. — Génie Civil et Hydraulique appliquée (*Revue Universelle des Mines*, numéro spécial du Centenaire de l'A. I. Lg. et du Salon international de la Recherche scientifique et du Contrôle industriel, janvier 1948).
9. A. SCHLAG et A. JORISSEN. — Essais sur modèles (*Revue Universelle des Mines*, numéro spécial du Centenaire de l'A. I. Lg. et du Salon international de la Recherche scientifique et du Contrôle industriel, janvier 1948).
10. F. CAMPUS. — Deux études de dispositions destinées à prévenir ou à réduire l'érosion en aval des barrages (*Compte rendu de la deuxième réunion de l'Association Internationale de Recherches pour travaux hydrauliques*, Stockholm, 1948).
11. R. SPRONCK. — Similitude des écoulements sur les déversoirs en mince paroi aux faibles charges (*Revue Universelle des Mines*, mars 1953).
12. F. CAMPUS et R. SPRONCK. — Développement actuel des techniques de mesure des débits liquides et des débits solides dans les rivières (*Bulletin du Centre Belge d'Etude et de Documentation des eaux*, n° 26, 1954).
13. N. M. DEHOUSSE. — Etude théorique approximative des pressions agissant sur une vanne de barrage mobile (*Bulletin du Centre d'Etudes, de Recherches et d'Essais Scientifiques du Génie Civil*, Liège, tome X, 1959).

14. J. GOFFINET. — Etude de l'écoulement au travers des pentuis d'un barrage à vannes levantes doubles du type M. A. N. (*Bulletin du Centre d'Études, de Recherches et d'Essais Scientifiques du Génie Civil*, Liège, tome XI, 1960).

J. LAMOEN

F. CAMPUS

R. SPRONCK

PROFESSEURS A L'UNIVERSITÉ