

Les Laboratoires d'hydraulique fluviale dans les Universités de Liège et de Gand

par

L. J. TISON,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITE DE GAND

Al'heure actuelle, l'utilité des laboratoires d'hydraulique n'est plus guère discutée. Après s'être développés particulièrement en Allemagne dès le début de ce siècle, ils ont gagné, dans l'intervalle entre les deux guerres, la plupart des pays d'Europe, prenant des formes tout particulièrement réussies en Hollande et en Suisse, se développant en nombre et en puissance en U.R.S.S. et aux Etats-Unis. La France, tout d'abord hésitante semble vouloir regagner le temps perdu et nous constaterons avec satisfaction que notre pays comprit rapidement le rôle essentiel de ces laboratoires en équipant, à côté du laboratoire des Ponts et Chaussées à Anvers, les deux Instituts de Liège et de Gand annexés aux Universités de ce nom.

Signalons d'ailleurs avec un certain sentiment de nationale fierté les travaux de certains précurseurs belges en matière de laboratoires d'hydraulique. A l'Université de Gand, Boudin, après avoir mis au point sa théorie des axes hydrauliques voulut en étudier expérimentalement les propriétés et la génération. A cet effet, il fit réaliser, vers 1880, entre les laboratoires de mécanique appliquée de l'époque (rue Pirenne) et la Pécherie, un canal voûté long de plusieurs centaines de mètres. La mort l'empêcha malheureusement de publier les résultats de ses observations. Un peu plus tard, un de ses élèves, Keelhof, constituait un embryon de laboratoire hydraulique et, le premier, mettait en évidence l'existence d'un ressaut dénaturé ou noyé.

Un peu plus tard, l'ingénieur des Ponts et Chaussées Denil établit dans les locaux de l'Administration à Bruxelles un vrai laboratoire d'hydraulique où il travailla durant de longues années sans malheureusement publier beaucoup sur les nombreuses recherches qu'il effectua.

Mais il fallut attendre 1930 pour qu'on put passer aux véritables réalisations. L'Université Libre de Bruxelles pouvait présenter quelques réalisations assez réduites avant cette date, mais à ce moment naquirent quasi simultanément le laboratoire des Ponts et Chaussées à Anvers dont on parlera d'autre part et les laboratoires des Universités de Liège et de Gand dont il sera question dans la présente note. Ces deux derniers instituts ont été conçus dans le triple but de soutenir l'enseignement de l'Hydraulique à l'Université, de procéder à des recher-

ches scientifiques et de résoudre certains problèmes pratiques.

A. — Le laboratoire de Liège.

Il occupe un bâtiment de trois étages comprenant :
au sous-sol : une salle de $24 \times 7,45 \times 4$ m.;
au rez-de-chaussée : une salle de $28 \times 12,5 \times 6,5$ m.;
à l'étage : une salle de $24 \times 12,5 \times 3,5$ m.

Ces divers locaux n'ont pas de supports intermédiaires. La réserve d'eau du laboratoire est emmagasinée dans un grand réservoir dénommé canal de retour, long de 25 m., large de 2 m. et profond de 3 m., situé en contrebas du rez-de-chaussée. Il est séparé du puisard des pompes par un barrage dont la retenue peut être réglée entre 2 m. et 2,5 m. par des poutrelles en bois amovibles. Deux groupes moto-pompes y puisent l'eau : l'un d'un débit nominal de 100 l/sec pour une hauteur manométrique de 15 m. la refoule dans un réservoir à haute pression situé à 11,30 m. au-dessus du niveau du rez-de-chaussée; l'autre capable d'un débit nominal de 250 l/sec pour une hauteur manométrique de 7,50 m. envoie l'eau dans un second réservoir dit à basse pression situé à 3,95 m. au-dessus du niveau du rez-de-chaussée. Le débit de la première pompe peut d'ailleurs être dirigé dans le réservoir de basse pression.

Les deux réservoirs dont il vient d'être question sont du type à rigoles-déversoirs multiples pour réaliser l'invariabilité pratique de la charge sur une prise d'eau quelconque.

Le réservoir supérieur alimente deux canalisations de 200 mm. de diamètre formant boucle dans le premier étage ainsi qu'une canalisation de 150 mm. de diamètre alimentant le rez-de-chaussée et le sous-sol.

Quant au réservoir de basse pression, il alimente deux conduites de 300 mm. de diamètre qui forment boucle au plafond du sous-sol et dont les six prises fournissent de l'eau au rez-de-chaussée ou au sous-sol.

Les débits utilisés sont renvoyés au canal de retour.

Pour la mesure des débits dans les canaux découverts, on se sert de bacs jaugeurs munis de déversoirs en mince paroi, tandis que le débit des conduites sont déterminés soit par les mêmes bacs, soit par des tuyères, des diaphragmes et des Venturimètres. Le tarage et le contrôle de ces dispositifs de mesure se font par empottement.

Les installations générales du laboratoire permettent donc d'y procéder à tous les essais désirés, soit sur les conduites, soit sur les ouvrages à écoulement découvert. Les surfaces libres du rez-de-chaussée et de l'étage permettent d'y aménager tout modèle réduit d'ouvrages tels que aménagement de cours d'eau, écluses, barrages, etc., et de procéder à leur étude complète. Le laboratoire possède aussi divers appareils permettant l'étude de la perméabilité des massifs filtrants : l'un d'eux est destiné à la mesure du coefficient de perméabilité des matériaux sableux, tandis qu'un autre, à parois vitrées, est destiné à l'étude à échelle réduite des nappes filtrantes en régime variable.

D'autre part, le laboratoire est muni d'installations permanentes d'enregistrement du niveau de la Meuse (un limnigraph Amsler et un limnigraph Askania). Ces appareils enregistrent le niveau dans un puits mis en communication avec le fleuve par une conduite de 100 mm. de diamètre.

Enfin, le laboratoire possède une série d'appareils de démonstration et notamment des appareils de types divers permettant de visualiser les filets liquides et d'étudier ainsi les divers régimes d'écoulement (à travers les coudes ou les changements de section, à l'arrière d'obstacles, etc.).

Le laboratoire a malheureusement beaucoup souffert des circonstances de guerre. Lors de sa remise en état après la guerre, il a spécialement été équipé pour les essais d'hydraulique fluviale; le laboratoire d'hydraulique générale a été, cette fois, installé dans un autre hall.

Le laboratoire primitif dépendait des professeurs Campus, Schlag et Spronck.

Le laboratoire actuel d'hydraulique fluviale est placé sous la direction du professeur Campus.

Les principales recherches effectuées pour l'extérieur dans ce dernier laboratoire ont été les suivantes :

- étude des dispositifs destinés à empêcher les affouillements du lit de la Meuse en aval du barrage de l'île Monsin (pour le compte de la C¹e Internationale des Pieux armés Frankignoul);
- étude des dispositifs destinés à empêcher l'érosion du lit du ruisseau de la Rochette en aval du déversoir d'un réservoir régulateur de crues (pour le compte de l'A.I.D.C.A.L.).

B. — Le laboratoire de Gand.

L'Institut d'Hydraulique de l'Université de Gand occupe une superficie d'environ 1000 m². Le laboratoire proprement dit comprend le grand hall d'essais long de 48 m., large de 14 m., haut de 6,75 m., sans soutiens intermédiaires. La cave sous cette salle (les dimensions de la cave sont cependant plus réduites que celle du hall par suite de la pente du terrain) comme atelier et magasins. Les annexes sont groupées au Nord et comprennent les bureaux, une salle de préparation des exercices, une salle pour les appareils, une chambre noire, etc.

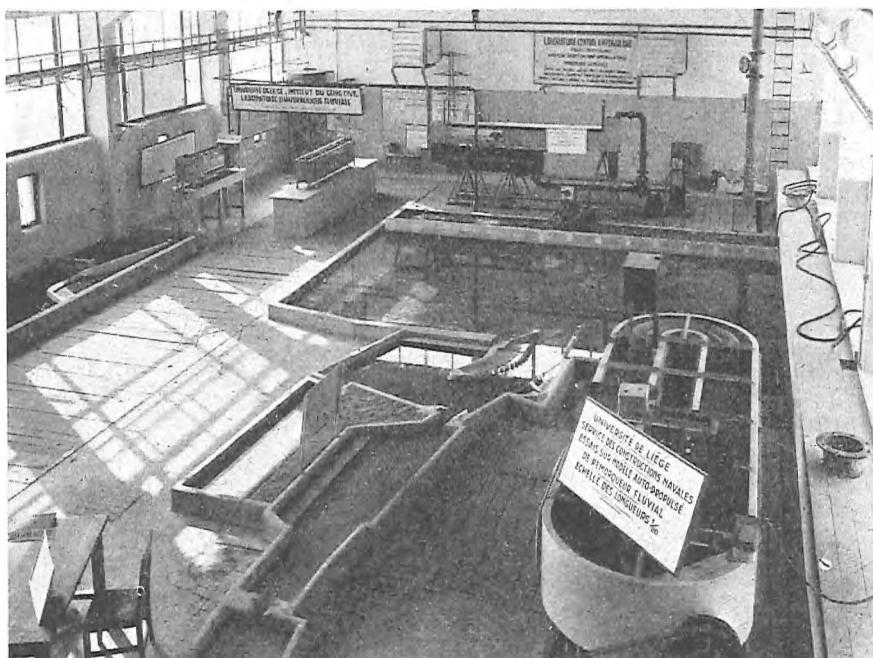
Equipement du laboratoire.

1) *Circulation de l'eau.* — L'eau parcourt un circuit fermé. Elle est aspirée dans un réservoir inférieur aménagé dans la cave, réservoir qui peut emmagasiner environ 175 m³ d'eau. Les pompes la refoulent dans un réservoir supérieur d'environ 40 m³ de capacité, muni du système habituel de rigoles-déversoirs qui permettent d'assurer la constance pratique de la charge. Cinq prises d'eau de 300 mm. de diamètre permettent d'envoyer l'eau de ce réservoir supérieur dans les diverses parties du laboratoire.

Les trois pompes peuvent envoyer respectivement 30, 30, 150 et 300 l/s dans le réservoir supérieur pour une hauteur manométrique de 9 m. Ces pompes se trouvent exactement sous le réservoir supérieur. Comme leur tuyau d'aspiration ne peut être muni d'un clapet de pied par suite de la quasi certitude d'entraînement de matières solides, une petite pompe à vide permet l'amorçage des diverses pompes. Un déprimostat permet l'arrêt de cette pompe à vide quand la dépression nécessaire à l'amorçage des pompes à eau est atteinte.

Quant à l'eau utilisée dans le laboratoire, elle est ramenée au réservoir inférieur par un long canal longitudinal établi sur toute la longueur du grand hall d'essais et présentant pour des raisons que nous exposerons plus loin une section rectangulaire de 1 m. de largeur sur 1,50 m. de hauteur: ce canal reçoit d'ailleurs un canal transversal de même section qui coupe le laboratoire en deux parties sensiblement égales.

En fait, le réservoir inférieur n'est pas simple comme nous l'avons laissé supposer plus haut, mais il est con-



Le Laboratoire d'Hydraulique fluviale de l'Université de Liège.

stitué par deux compartiments séparés par une paroi pleine en béton armé, mais réunis par deux siphons. Les pompes aspirent leur eau dans ce que nous appellerons le second compartiment, alors que le canal ramenant les eaux utilisées dans le laboratoire débouche dans le premier. En régime normal de fonctionnement, les siphons sont amorcés (par la pompe à vide), établissant ainsi la continuité du circuit de l'eau. Mais lorsqu'il est nécessaire de faire une mesure de débit, les siphons sont brusquement désamorcés et l'eau utilisée s'accumule dans le premier compartiment. Or, la variation de la capacité de compartiment en fonction de la hauteur d'eau a été préalablement déterminée de façon précise en y introduisant des volumes d'eau soigneusement pesée.

2) *Les tanks.* — Un premier grand tank vitré d'une longueur totale de 20 m. et d'une section de 0,70 sur 0,70 m. permet

l'étude des écoulements à surface libre, avec ou sans mouvement des matériaux constitués du fond. Il se prête particulièrement bien à l'étude de parties de constructions hydrauliques : piles de ponts, parties de barrages, épis, etc. La partie vitrée est longue de 12 m. Elle est précédée d'un dispositif de jaugeage par déversoir rectangulaire. Ce déversoir étant placé dans une seconde partie vitrée

se prête très bien à l'étude des nappes déversantes. Les charges sur le déversoir sont lues à l'aide d'un limnimètre dans un récipient vitré accolé au tank. D'autre part, un clapet placé à l'extrémité du canal permet d'y régler les hauteurs d'eau à l'aval du déversoir.

Un second tank vitré de 0,60 sur 0,60 m. de section a été suffisamment raidi inférieurement pour qu'il soit possible d'en modifier la pente à volonté à l'aide d'une crémaillère. Il peut être utilisé aux mêmes fins que le tank précédent, mais il est spécialement disposé pour l'étude des mouvements de matières entraînées et du débit solide.

Le tank voisin n'a qu'une section de 0,50 sur 0,50 m. avec une longueur de 12 m., mais il est muni, tant à l'aval qu'à l'amont, de deux têtes de 1,50 sur 1,50 sur 1,00 m. qui peuvent être séparées du canal proprement dit par des vannes manœuvrées par crémaillère et

volant. Ces deux dispositifs d'amont et d'aval permettent une réalisation aisée de l'étude expérimentale des axes hydrauliques avec leurs diverses particularités : ressauts de toutes espèces, détermination de la rugosité, etc. L'étude de déversoirs spéciaux y est très aisée.

Le tank pour essais généraux d'hydraulique fluviale est constitué d'éléments rectangulaires de 2,00 m. de longueur, présentant la même largeur et 0,60 m. de hauteur entre lesquels peuvent s'intercaler des éléments triangulaires en plan. Cette interposition permet de modifier à volonté la force de ce tank et notamment de lui permettre de suivre, du moins dans leurs grandes lignes, les sinuosités des cours d'eau à étudier. L'étanchéité entre les divers éléments est réalisée par des joints en caoutchouc. Un coordiographe courant sur deux rails parfaitement de niveau placés sur les rebords

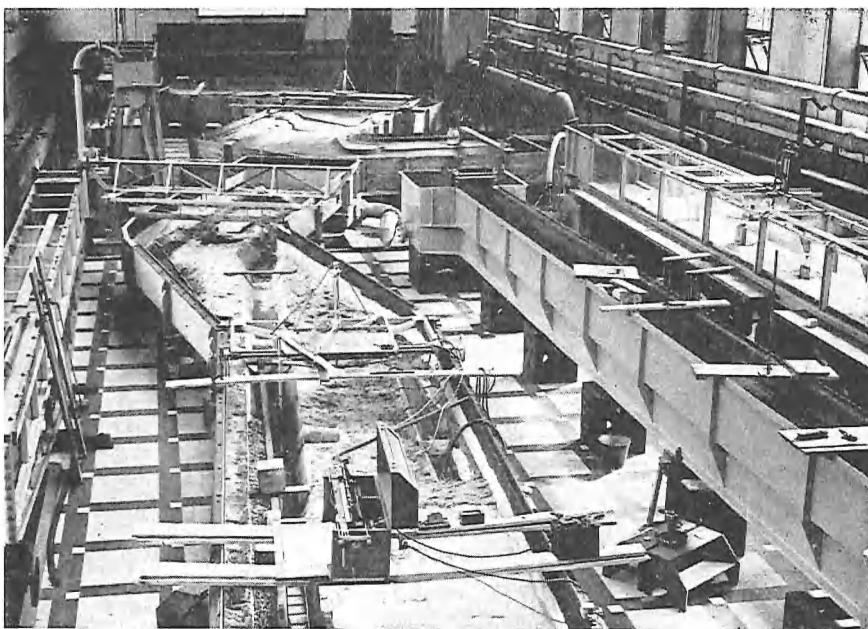
du tank permet de déterminer avec précision la situation en longueur, largeur et profondeur de tout point du modèle. Un stéréopantographe installé sur les mêmes rails permet le tracé de lignes de niveau, à l'échelle choisie. La plupart des problèmes de l'hydraulique fluviale et des côtes peuvent être étudiés dans le tank en question.

**

Nous avons rapidement décrit ci-

dessus l'utilisation du réservoir inférieur pour la détermination des débits par empottement. Cette méthode très précise exige malheureusement beaucoup de temps. Aussi avons-nous déjà signalé que le grand tank vitré est muni d'un déversoir rectangulaire en mince paroi, taré par la méthode par empottement, mais qui donne le débit par une simple lecture de limnimètre. Les autres tanks ne reçoivent pas directement leur eau du réservoir supérieur, mais elle n'arrive qu'après être passée dans un tank mesurleur, muni d'un déversoir circulaire pour les grands débits et d'un déversoir triangulaire pour les petits débits et dans lequel une disposition analogue à celle de la tête du premier tank vitré permet de déterminer le débit par une simple lecture au limnimètre.

Un second tank mesurleur du même type permet d'alimenter les grands modèles amovibles dont il sera question plus loin.



*Le Laboratoire de l'Institut d'Hydraulique de l'Université de Gand :
le grand Hall d'essais.*

Le laboratoire dispose encore d'un petit tank vitré de 0,60 sur 0,60 m. de section et long de 8,60 m. Il est alimenté par l'intermédiaire d'un autre tank mesureur à déversoir triangulaire. Il est particulièrement utilisé pour l'étude des phénomènes de filtration.

3) L'espace pour modèles amovibles.

Les tanks dont il vient d'être question n'occupent que la première moitié du laboratoire. La seconde partie au delà du canal transversal est l'emplacement des grands modèles amovibles. L'eau y est amenée par trois canalisations en fonte, en acier et en éternit qui sont d'ailleurs spécialement prévues pour l'étude du mouvement dans les conduites, avec rétrécissements, élargissements, bifurcations, joints de diverses espèces, etc. Elles portent également des diaphragmes, des tuyères, des Venturimètres, etc., tarés par la méthode par empottement déjà décrite. Des manomètres différentiels à toluol ou à sulfure de carbone, des micromanomètres permettent de déterminer les pertes de charges entre deux endroits quelconques des canalisations.

L'évacuation des modèles se fait vers les canaux de retour.

Les mesures sur les modèles se font par des coordiographes, stéréopantographes déjà décrits, ainsi que par des cathétomètres et niveaux très précis. Les vitesses sont déterminées par des tubes de Pitot et même de petits moulinets, des pendues, par la méthode chronophotographique de Camichel, etc.

4) Installation réduite.

Une installation présentant les mêmes dispositions générales que la grande installation du laboratoire (réservoir inférieur, pompe de 5 l/sec., réservoir supérieur avec dispositif de régularisation des charges), mais à échelle très réduite permet d'alimenter un petit tank vitré de 3 m. de longueur et de 0,10 sur 0,10 m. de section. Il est utilisé pour les essais avec liquides de fortes viscosités et certaines études hydrodynamiques.

5) Grand canal de retour.

Ses dimensions ont été données plus haut. Elles dépassent, comme on l'a déjà dit, ce qui est nécessaire pour l'écoulement de l'eau utilisée vers le réservoir inférieur. Ce canal a, en effet, été aménagé pour permettre le tarage des moulinets. A cet effet, un chariot est remorqué par câbles à une vitesse constante au-dessus du canal: l'appareil à tarer qui est suspendu au chariot se déplace par conséquent avec la même vitesse constante dans une eau qui reste au repos.

La commande du câble est assurée par un système Ward-Leonard avec interposition d'une boîte de vitesse. Les vitesses du chariot peuvent varier de 2 mm/s à 6 ou 7 mm/s et rester constantes sur une longueur d'au

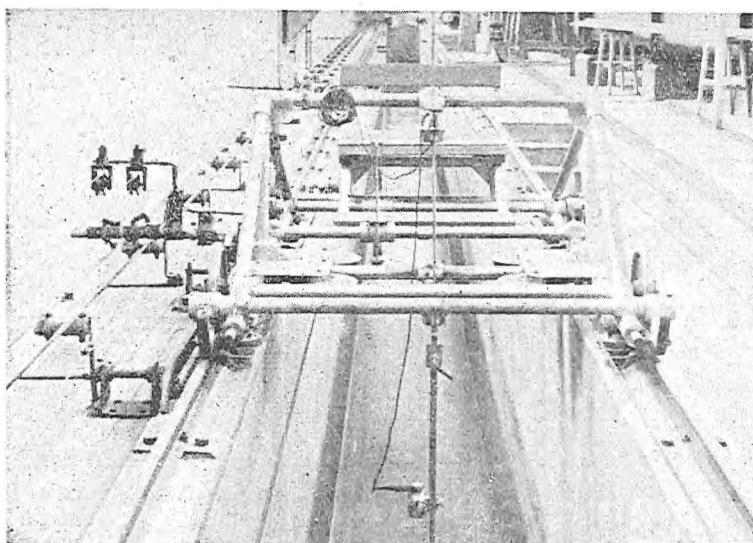
moins 25 m., même dans le cas des plus grandes vitesses. Toutes les indications nécessaires au tarage sont enregistrées par un chronographe. Les indications relatives au temps y sont transmises par une horloge à contact, celles de la vitesse du chariot par des lignes avec interrupteurs de contact sur lesquelles glissent les balais du chariot et celles du moulinet par leur compteur de tour qui produit un contact après un nombre donné de révolutions.

Le même canal, dont la section a été calibrée avec une très grande précision peut aussi être utilisé pour la mesure de la vitesse moyenne par la méthode de l'écran suspendu au chariot libéré de ses câbles de traction.

Enfin, l'existence de quatre fenêtres dans les parois de ce canal permet de l'utiliser pour des recherches analogues à celles des tanks vitrés avec l'avantage de pouvoir utiliser des hauteurs d'eau et des débits bien plus considérables.

Signalons enfin les recherches suivantes effectuées pour l'extérieur:

- détermination de l'emplacement le plus favorable de la seconde écluse du Kruisschans pour réduire l'envasement et recherche des dispositifs capables de réduire cet envasement dans l'écluse existante;
- étude du nouveau port de la Fibranne à Zwijnaarde;
- étude de la nouvelle entrée du port d'Eecloo;
- étude de l'entraînement des matériaux solides par l'eau dans les canalisations.



Le chariot modèle et son appareil de tarage.

De Waterloopkundige Laboratoria aan de Universiteiten te Luik en te Gent.

Bij de ontwikkeling der waterloopkundige laboratoria tijdens de laatste twee decennia in verschillende landen van Europa en Amerika, kon ook met voldoening worden vastgesteld, hoe in eigen land de noodzakelijkheid hiervan werd ingezien door de inrichting van een Hydraulisch Instituut aan de Technische Scholen der Luikse en Gentse Universiteit, benevens het waterloopkundig laboratorium van Bruggen en Wegen. Ze beogen een driedubbel doel: illustratie van het College in de Hydraulica aan de Universiteit, het wetenschappelijk onderzoek en het oplossen van zekere praktische problemen uit het gebied der waterbouwkunde.

De uitrusting van het Laboratorium te Luik bevat een hoog- en laagdrukreservoir met constant niveau; hierop staan verschillende leidingen geschakeld welke de drie verdiepingen van het gebouw kunnen voorzien van de nodige waterhoeveelheden. De afvoer in de open kanalen wordt bepaald in meettanks voorzien van overlaten in dunne wand; in de leidingen door meetflenzen, tuiten, Venturimeters, enz. In de vrije ruimten van het gelijk-

vloers en de verdieping kunnen de nodige modellen worden opgesteld; verschillende toestellen zijn speciaal opgevat voor didactische doeleinden

De uitrusting te Gent bevat eveneens een watercirculatie met gesloten kringloop; de capaciteit der pompinstallatie is 500 l/sec. Een uitgebreid buizennet verdeeld het water in de zaal en is voorzien van de nodige inrichtingen voor het bepalen van drukverliezen en debieten in de leidingen. In de afdeling voor speurwerk staan opgesteld: een grote glasgoot voor hydraulisch onderzoek, een kleinere speciaal uitgerust voor vast materiaaltransport, een tank voor de studie der verhanglijnen, een tank voor rivierbouw, een glazen proefgoot voor filtratieverschijnselen, een retourkanaal speciaal uitgerust als sleeptank voor het ijken van hydraulische meetapparaten. Een afzonderlijk circuit laat toe voor bijzondere doeleinden speurwerk uit te voeren met behulp van vloeistoffen met grote viscositeit. Ten slotte beschikt het laboratorium over een volledig instrumentarium voor het meten of registreren van waterhoogten, tijden, drukverschillen, stroomsnelheden, slibgehalten, enz.

