

N O T E
SUR LES ESSAIS EN MODELE REDUIT
DES NOUVEAUX AMENAGEMENTS DU SAS DE TANCARVILLE

par M. Jean LAURENT
Docteur ès-sciences
Directeur du Laboratoire Central d'Hydraulique

On sait que la plupart des aménagements réalisés au voisinage de l'estuaire des grands fleuves offrent l'inconvénient de s'envaser de façon parfois très rapide. C'est ce qui se produit, en particulier, pour tous les ouvrages construits en SEINE, depuis les abords de ROUEN jusqu'à la mer. Aussi, doit-on apporter un soin tout particulier dans l'étude des travaux à réaliser dans cette partie du fleuve.

C'est pour cette raison que le PORT AUTONOME DU HAVRE a confié, AU LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE, l'étude des dispositifs à adopter pour restituer au sas de TANCARVILLE son plafond maximum qui se trouvait très notablement rehaussé du fait d'envassements réguliers qui, jusqu'à ce jour, n'avaient été que partiellement et coûteusement réduits par des dragages périodiques.

Le Canal du HAVRE à TANCARVILLE, qui a été construit en 1880 pour faciliter les communications par batellerie entre le Port du HAVRE et la SEINE et éviter aux bateaux de la Navigation intérieure les dangers que présente la traversée de l'estuaire de ce fleuve, prend sa naissance en SEINE, au pied du "nais" de TANCARVILLE, à 96 km en aval de ROUEN. Il comporte, en ce point, une écluse destinée à rachatier les différences de niveau entre le canal dont le plan d'eau est maintenu à une cote toujours fixe et la SEINE qui subit, notablement en cet endroit, l'influence de la marée.

Toutes les fois que, pour l'entrée des bateaux dans le canal, une certaine quantité d'eau de SEINE est introduite dans l'écluse, la vase en suspension dans le fleuve pénètre dans l'ouvrage et s'y dépose. Le PORT AUTONOME DU HAVRE, pour éliminer ces dépôts vaseux, a tout d'abord essayé de procéder à des chasses en profitant du moment où la SEINE, étant au niveau le plus bas, il était possible d'envoyer d'importantes quantités d'eau du canal vers la Seine. Pour cela, les portes de l'écluse côté SEINE étant effacées, on ouvrait en grand les aqueducs de l'écluse côté canal. Il en résultait des chasses de 200 à 300 m³ qui, pensait-on, devaient suffire pour entraîner les vases déposées.

Cependant, l'emploi brutal de ce procédé a montré que, si le sas de l'ouvrage pouvait être, au moins partiellement, nettoyé par les chasses, par contre la vase s'accumulait dans l'ouvrage de la porte d'Ebe ouest de l'écluse; cela a confirmé la nécessité de ...

rechercher des dispositifs spéciaux pour dévaser les débouchés du canal en SEINE.

Les services du PORT AUTONOME prévirent alors un dispositif consistant en deux aqueducs de 3 m. de diamètre, parallèles au sas reliant la partie amont (côté canal) de l'écluse à une chambre d'eau située au droit des ouvrages à dévaser, et pourvue de débouchés situés dans le bajoyer Sud de la chambre de la porte d'Ebe au voisinage de son plafond. L'ensemble de ces dispositifs est destiné à créer des jets transversaux dans la chambre qui, combinés avec les chasses longitudinales faites dans le sas, permettraient l'élimination des vases déposées dans toutes les parties du canal et, en particulier, dans la chambre de la porte d'Ebe.

Nous avons été chargés de vérifier, sur modèle réduit, l'efficacité de ce dispositif et d'en préciser les modalités de réalisation et d'emploi, pour en obtenir les résultats les meilleurs.

On sait les difficultés que rencontrent les techniciens des modèles réduits pour représenter les phénomènes d'envasement; d'une part, la vase ne se présente pas toujours sous la forme d'un matériau identique à lui-même, car, en suspension colloïdale très mobile lors de son introduction dans un ouvrage, elle a tendance à se colmater en plaques très consistantes lorsqu'on lui a laissé le temps de se déposer et de s'agglomérer. D'autre part, la vase, tout au moins sous sa première forme, est un matériau extrêmement léger et mobile, et pour le représenter dans les maquettes, il n'existe pas de matériaux expérimentaux, même artificiels, doués de mobilité similaire.

Cela conduit en premier lieu à utiliser, pour les essais, des maquettes à grande échelle.

En deuxième lieu, cela limite les résultats des expériences à des indications qualitatives alors que, dans de nombreux autres essais, les maquettes peuvent fournir, sur les sédimentations et les érosions, des précisions quantitatives.

Pour mener à bonne fin l'étude qui nous a été confiée, nous avons décidé, d'accord avec le PORT AUTONOME, de construire la maquette de l'écluse de TANCARVILLE à l'échelle 1/20^e, ce qui a conduit à réaliser un ouvrage de près de 25 m. de long sur 3 m. de large (fig. 1). Cette maquette a été disposée dans le grand canal du Laboratoire où il est possible de réaliser, mécaniquement et automatiquement, tous les niveaux amont et aval désirés. Un soin tout particulier a été apporté à la représentation similaire de tous les ouvrages à représenter. C'est ainsi que les aqueducs d'alimentation de l'écluse, leurs débouchés dans les ouvrages, les vannes permettant leur mise en service, ont été réalisés dans nos ateliers de façon très exacte. Il en a été de même de tous les ouvrages de Génie ...

Civil : pérés, bajoyers, etc... et des bateaux-portes constituant les portes de l'écluse.

Faute de pouvoir obtenir le ciment nécessaire à la réalisation de la maquette, celle-ci a été construite à l'aide de briques creuses assemblées au ciment mais enduites de plâtre. L'enduit a été ensuite recouvert, à chaud, de plusieurs couches de peinture bitumineuse de façon à éviter qu'il ne se délite au contact de l'eau. Les canalisations ont été réalisées en tubes d'acier, de façon à leur donner, dans la limite du possible, une rugosité similaire à celle des aqueducs en maçonnerie du réel.

Enfin, les vannes et leurs coulisses ont été prises dans des plaques de laiton; elles présentaient une étanchéité excellente en même temps qu'une concordance parfaite avec les formes des vannes réelles.

La maquette une fois construite, nous avons décidé, suivant la technique en usage au Laboratoire, d'en vérifier le fonctionnement par un étalonnage préliminaire. Celui-ci, comme on le sait, consiste à reproduire, sur le modèle, un phénomène que l'on a pu observer dans la nature. Dans le cas présent, le phénomène-type ayant servi à l'étalonnage a été le remplissage du sas.

Pour cela, d'une part on a déterminé, sur place à TANCOARVILLE, la loi de remplissage de l'écluse en fonction du temps lorsque les quatre aqueducs d'alimentation amont étaient ouverts en grand. Ensuite on a effectué la même opération sur la maquette. On a constaté alors que, du fait de l'influence de la viscosité de l'eau, et surtout de la rugosité de l'ouvrage, la loi de remplissage de la maquette ne correspondait pas absolument avec celle observée dans la nature. Par tâtonnement, on a augmenté la charge de l'écoulement en modifiant légèrement le niveau amont correspondant au plan d'eau du canal pour obtenir une correspondance parfaite des mesures au Laboratoire avec les lois observées dans le réel.

Finalement, la concordance des lois de remplissage étant obtenue, on en a conclu que la maquette se trouvait convenablement tarée.

Ces opérations préliminaires effectuées, on est passé aux essais proprement dits.

Etant donné la quasi-impossibilité rencontrée lors des expériences pour trouver un matériau expérimental d'une mobilité semblable à celle de la vase, il a été décidé d'appliquer une méthode qui ne nécessite pas la reproduction de ce matériau. Pour cela, on a fait la remarque que le fonctionnement optimum des chasses transversales correspondait à la turbulence maximum de l'eau dans l'ouvrage à dévasser, et l'on s'est borné à déceler cette turbulence, par divers procédés, pour apprécier la valeur relative des différents aménagements susceptibles d'être réalisés.

Les procédés de détection de la turbulence employés ont été au nombre de trois. Tout d'abord on a placé, en amont de l'écluse, un appareil distribuant automatiquement dans le courant un sable aussi mobile que possible et, en examinant le long de dépôt du sable, on a observé ainsi l'allure de l'écoulement sur le fond des ouvrages et déterminé les zones où se produisaient les dépôts.

Ensuite, on s'est répandu à la surface du liquide des confettis qui, photographiés selon les principes de la méthode cinématographique, ont permis de déceler la vitesse et la direction des filets dans la partie superficielle de l'écoulement.

Enfin on a procédé, dans les ajutages des chasses transversales, à des injections d'un indicateur coloré, dans le cas particulier, à une solution concentrée de permanganate de potasse, ce qui a caractérisé, par l'allure générale et la direction du jet coloré, les caractéristiques et l'efficacité des chasses aussi bien longitudinales qu' transversales.

C'est en interprétant les résultats de ces divers essais, qui ont nécessité des expériences variées poursuivies pendant plusieurs mois, que l'on est parvenu à déterminer les conditions optimales à réaliser pour obtenir le but recherché.

Pour préciser encore les conditions de travail des chasses, on a mesuré, par la méthode chimique, les débits nécessaires par la création des chasses transversales et, conformément avec ces débits, les pertes de charge correspondantes dans les différentes parties de l'ouvrage.

Finalement, les études ont montré que le projet établi par les Services du PORT AUTONOME DU HAVRE, était susceptible, au prix de modifications de détails peu importantes, de fournir les résultats que l'on attendait; tel a été le premier résultat de nos recherches.

Cependant, les expériences ne se sont pas bornées à ce strict contrôle d'un projet de bureau d'études et elles ont permis une constatation importante et nouvelle sur laquelle nous tenons à insister tout particulièrement en terminant le présent exposé.

En effet, en examinant, sur la maquette, le comportement des chasses, non pas seulement dans l'ouvrage de la porte d'Ebe de l'écluse Ouest, mais encore dans le sas central, on a constaté, ce qui avait jusqu'à présent toujours échappé aux observateurs dans la nature, que, de par la disposition transversale et asymétrique des débou-
chés des aqueducs d'alimentation, il s'établissait dans le sas un important tourbillon tel que, tout le long du bajoyer sud, on rencontrait un contre-courant orienté dans le sens opposé à l'écoulement général. Le fait, signalé aux services compétents, a été aussitôt vérifié dans la nature, ce qui, par parenthèses, prouve le crédit que l'on peut attribuer aux essais sur modèle réduit, et confirme combien la similitude des écoulements entre la nature et la maquette a été

parfaitement réalisée dans le cas particulier des essais dont nous rendons compte ici.

A titre de complément d'essai, il nous a été alors demandé de déterminer quelles dispositions devaient être adoptées pour le débouché des aqueducs de façon à supprimer le contre-courant qui, bien évidemment, était nuisible à l'efficacité des chasses dans le sas.

Pour effectuer ces recherches nous nous sommes alors procédé à la modification du débouché des deux aqueducs S. O. Ouest de façon à envoyer un courant d'eau vive dans la partie qui était le siège du contre-courant, que, par ce procédé, nous pensions annuler. C'est alors que nous avons constaté que la modification réalisée provoquait l'établissement, dans le sas, d'un tourbillon tournant dans le sens opposé à celui qui existait auparavant et tel que le contre-courant, au lieu de s'établir sur le bajoyer sud de l'écluse, s'établissait maintenant sur le bajoyer nord.

Ce phénomène n'est pas sans analogie avec celui relatif aux indéterminations d'écoulement qui a été mis en lumière, pour la première fois, il y a plusieurs années déjà, par des expériences de MM. CANICHEL et ESCANDE au Laboratoire de la Faculté des Sciences de Toulouse. On sait, en effet, que lorsque l'on fait déboucher une veine liquide dans un ouvrage comportant une brusque sur largeur, celle-ci s'oriente de façon tout à fait variable et imprévisible; cependant une circonstance fortuite et d'importance physique minime peut écarter la veine à prendre une direction déterminée quasi fixe. C'est à la lumière des travaux de nos devanciers, qui avaient utilisé seulement comme "catalyseur de direction" des obstacles matériels disposés dans le courant, que nous avons eu l'idée de faire intervenir, comme moyen d'orientation de la veine liquide, un jet transversal susceptible d'être réglé à la demande. Nous avons alors constaté que, en réglant convenablement l'importance de ce jet, il était possible de guider le courant de chasse vers telle ou telle partie désirée du sas. En particulier, pour une certaine valeur du jet, on peut rendre la chasse entièrement uniforme sur toute la largeur du canal (fig. 3).

Comme on le voit, les essais sur modèle réduit dont nous venons de rendre compte ici ont fourni, d'une façon tout à fait typique, tous les résultats que l'on peut attendre de cette sorte d'expériences; en effet, d'une part ils ont permis de contrôler expérimentalement, d'une façon très certaine, et d'améliorer par des perfectionnements de détails, le bon fonctionnement d'un ensemble d'aménagements qui, étudiés au bureau d'études, auraient parfaitement pu ne pas donner les résultats escomptés. Mais d'autre part, ils ont permis de déceler un second et important phénomène qui avait complètement échappé jusqu'alors à l'observation dans la réalité. Ils ont, en outre, permis de trouver une solution élégante à la domestication de ce phénomène qui, de nuisible qu'il était auparavant, a pu être rendu utile pour les dévaloirs, lors des chasses naturelles, du sas de l'écluse.

Ainsi, la solution résultant de nos travaux permet de dominer économiquement un problème qui, s'il n'avait pas été fait appel à la technique des modèles réduits, aurait très certainement nécessité, pour être résolu, des dépenses hors de proportion avec celles que représentent les expériences du Laboratoire. Cela montre que, quelle que soit l'importance des dépenses nécessitées par les essais, celles-ci donnent toujours lieu à des économies notables dans la réalisation en vraie grandeur des aménagements, et ceci indépendamment de toutes les garanties d'un contrôle technique qui ne serait impossible d'obtenir s'il n'était pas procédé à des essais préparatoires sur maquette.