LE COIN DU LABORATOIRE

Quelques perfectionnements à la capacité jaugée

English text p. 369

GÉNÉRALITÉS SUR LES CAPACITÉS JAUGÉES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

La capacité jaugée, en tant qu'organe de mesure de débit, présente sur les autres appareils tels que déversoirs, venturi, moulinets, des avantages certains, car elle permet des mesures plus précises et plus fidèles. Elle se ramène en effet à la mesure directe d'un volume qui est connu avec une très grande précision, et elle est d'ailleurs pratiquement seule utilisée comme moyen d'étalement des autres procédés.

Par contre, elle présente certains inconvénients car elle ne permet pas une mesure instantanée et nécessite l'établissement d'un régime permanent très stable. Mais cette condition doit de toutes façons être remplie dans les essais hydrauliques demandant une précision élevée (cas des machines hydrauliques en particulier). Son inconvénient majeur est la longueur du temps nécessaire à la stabilisation du niveau après remplissage ou vidange, ce qui conduit souvent à des retards prohibitifs.

DESCRIPTION DE L'INSTALLATION DU LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE

Les perfectionnements apportés à la capacité jaugée du Laboratoire ont pour objet d'en faire un appareil de mesure aussi commode et rapide que les autres procédés habituels, sans diminuer en rien sa précision et sa fidélité. Ce résultat a été obtenu grâce à un système d'alimentation particulièrement étudié. Cette alimentation se fait par le centre, au fond de la capacité, à l'aide d'un dispositif qui pourrait être représenté schématiquement par la figure 1.

Le débit à mesurer est dirigé dans un divergent (1) qui débite au fond de la capacité. On a ainsi une alimentation répartie qui évite les seiches et le clapotis. Toutefois, le niveau de mise en charge du divergent s'établit à une cote (2)

qui est variable avec le débit et le niveau du plan d'eau (3) dans la capacité. Il en résulte un entraînement d'air qui peut devenir important si la

FIG. 1. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA DISPOSITION ADOPTÉE
FIG. 1. — DIAGRAMMATICAL LAY-OUT

capacité est initialement très peu remplie. Cet entraînement d'air provoque un régime instable (balancement du niveau dans le cône et la capacité) et un éclatement des bulles en surface qui crée des rides.

On a donc été amené à chercher un système de dissipation d'énergie basé sur le principe précédent mais s'adaptant automatiquement à des niveaux variables et évitant l'entraînement d'air.

Le dispositif comprend (voir fig. 2) une bache spirale de forme appropriée (1) prolongée par un divergent (2) qui plonge dans la capacité.

Ce divergent se termine par un anneau horizontal (3) muni à sa partie inférieure de nervures radiales (4) destinées à la fois à arrêter la rotation de l'eau et à supporter l'ensemble qui repose ainsi sur le fond.

La nappe engendrée par la bache spirale à la sortie de la buse (7) serait, en l'absence du cône, un hyperboloïde de révolution, mais par

FIG. 2. — SCHÉMA DE L'INSTALLATION RÉALISÉE
FIG. 2. — ACTUAL LAY-OUT

suite de la présence de ce dernier, elle colle à ses parois et prend la forme d'un cône creux animé d'une vitesse de rotation élevée. Cette rotation présente l'avantage de favoriser le dégazage de l'eau, l'air ainsi dégagé étant éliminé à l'extérieur par un orifice circulaire (5) pratiqué à la partie supérieure de la bache.

Une directrice (voir fig. 3) placée à l'intérieur de la bache permet de faire un réglage grossier et d'obtenir un écoulement optimum pour un débit donné. On obtient ainsi une alimentation en eau totalement dégazée et dirigée radialement à la sortie. La dissipation d'énergie est encore améliorée par des tranquillisateurs en grillage (6) (fig. 2), disposés autour de l'anneau (3). Cette disposition donne entière satisfaction et permet la lecture du niveau dans d'excellentes conditions quelques minutes seulement après la coupure du débit.

FIG. 3. — SCHÉMA DE LA BACHE SPIRALE

FIG. 4. — VUE DE LA BACHE SPIRALE
FIG. 4. — VIEW OF SPIRAL CASING

FIG. 5. — LES SIPHONS DE VIDANGE
FIG. 5. — EMPTYING SIPHONS

VIDANGE

Lorsqu'après plusieurs points de mesure consécutifs, la capacité a atteint un certain niveau, il devient nécessaire de la vider. La vidange, elle aussi, pose des problèmes car il importe, d'une part, de ne pas perturber le plan d'eau, l'attente d'un retour au calme pouvant retarder des opérations ultérieures, d'autre part d'éviter les fuites à travers les organes de vidange.

Ce double problème a été résolu par l'emploi de trois siphons placés verticalement le long d'une des parois de la capacité et aspirant dans trois caniveaux à section rectangulaire disposés dans le fond (fig. 5). Ces trois caniveaux sont recouverts par des plaques en « éternit » dans lesquelles sont pratiquées des ouvertures de sections variables, les plus grandes étant les plus éloignées du point d'aspiration des siphons. La loi de variation de section en fonction de la distance aux siphons a été établie de manière à avoir un débit constant à travers toutes les ouvertures. On évite ainsi les seiches tant au moment de la vidange qu'au moment du désamorçage, où l'eau contenue dans les siphons retombe dans la capacité.

L'amorçage des siphons peut être obtenu à l'aide d'une pompe à vide; il se produit automatiquement lorsque le niveau atteint leur cote d'amorçage. Notons à ce sujet que les siphons enjambent un des murs de la capacité et que leur cote d'amorçage est inférieure à la cote maximum du plan d'eau. On évite ainsi les débordements dans le cas d'un surremplissage (cas d'une fausse manœuvre par exemple). La vidange peut être stoppée à un niveau quelconque en ouvrant une prise d'air sur les siphons.

Notons enfin que la vidange par siphon élimine toutes possibilités de fuites alors qu'il n'en est pas de même pour les autres systèmes (clapets disposés au fond par exemple).

OUVERTURE ET COUPURE DU DÉBIT

Le débit à mesurer est dirigé sur la capacité ou envoyé vers une évacuation à l'aide d'un partiteur de débit inspiré des partiteurs d'irrigation brevetés par Neyrpic.

L'appareil (fig. 6) comprend un puits d'alimentation (1) recevant le débit à mesurer. Ce puits déverse ensuite sur un seuil (2) qui crée un écoulement torrentiel. Un volet (3), commandé par 2 servo-moteurs à air comprimé et à simple effet permet de diriger l'eau soit sur la capacité, soit sur une évacuation. En fait ce partiteur ne diffère des partiteurs d'irrigation habituels que par la présence d'un joint en caoutchouc qui le rend étanche en fin de course.

FIG. 7. — VUE GÉNÉRALE DE L'INSTALLATION

1. — Pipette d'étalonnage;	7. — Pointe cathodique
2. — Vers la capacité jaugée;	de mesure des niveaux.
3. — Vers l'évacuation;	8. — Bâche spirale;
4. — Volet du partiteur;	9. — Servo-moteur de
5. — Alimentation;	commande du partiteur.
6. — Siphons de vidange;	

FIG. 7. — GENERAL VIEW OF INSTALLATION

1. — Graded container;	7. — Cathodic eye
2. — Towards tank;	measuring point;
3. — Evacuated water;	8. — Spiral casing;
4. — Divider vane;	9. — Servo-motor
5. — Water supply;	controlling divider vane
6. — Emptying siphons;	

Cet appareil présente l'intérêt de provoquer un bref passage de l'écoulement au type torrentiel qui suffit à éviter toutes répercussions à l'amont (donc sur le débit à mesurer) des conditions d'écoulement à l'aval.

Cet appareil est caractérisé par une autre propriété particulièrement intéressante : les débits sont partagés suivant une fonction linéaire de la position angulaire du volet. A alimentation constante, sa loi « débit ouverture » est donc parfaitement connue et extrêmement simple. Nous verrons plus loin combien cette particularité s'avère précieuse dans l'exploitation de l'installation.

MESURE DES TEMPS DE REMPLISSAGE

Les temps de remplissage sont obtenus à partir des lectures données par un appareil enregistreur portant deux plumes : la première est reliée à un chronomètre de grande précision et donne un top toutes les secondes; la seconde est reliée

au volet du partiteur et enregistre sa course et par suite sa rotation angulaire α . L'enregistrement correspondant au relevé d'un débit à l'allure de la figure 8. La branche AB de la courbe $\alpha(t)$ correspond à l'ouverture du débit, la branche BC au remplissage de la capacité et la branche CD à la coupure du débit.

Or, comme nous l'avons vu plus haut, le dé-

FIG. 8. — COURBE D'ENREGISTREMENT DE LA COURSE EN FONCTION DU TEMPS

FIG. 8. — TIME/TRAVEL CURVE

bit q envoyé dans la capacité jaugée est proportionnel à l'ouverture z du partiteur; donc :

$$q = kz$$

Au facteur constant k près, d'ailleurs indéterminé, la courbe de la figure 5 représente donc la fonction $q(t)$. Le volume total V_0 emmagasiné dans la capacité au cours de la manœuvre complète (du temps t_0 au temps t_1) est donné par la relation :

$$V_0 = \int_{t_0}^{t_1} q dt = k \int_{t_0}^{t_1} z dt$$

$\int_{t_0}^{t_1} z dt$ n'est autre que la surface S_0 limitée par la courbe d'enregistrement et l'axe des t , par conséquent :

$$V_0 = kS_0.$$

Or V_0 est connu d'autre part avec précision grâce à la mesure du niveau final.

Le facteur k est donc maintenant bien déterminé ($k = \frac{V_0}{S_0}$) et l'on peut sans difficulté passer de la surface du graphique au volume

d'eau écoulé. Il suffit ensuite de planimétrer l'aire S' limitée par l'arc BC de la courbe et correspondant à un intervalle de temps T pour avoir le volume correspondant $V' = kS'$ et par suite le débit par la formule :

$$Q = \frac{V'}{T}.$$

Ce calcul, qui s'applique dans le cas général d'une loi de manœuvre quelconque, peut être évité dans le cas du partiteur Neyrpic qui est symétrique et qui a la même loi de manœuvre dans les deux sens. En effet, les deux servo-moteurs de commande sont à simple effet et identiques (fig. 9). L'enregistrement relatif à un point de mesure est alors tel que l'aire A soit égale à l'aire B (fig. 10).

On peut donc admettre que l'eau a coulé avec un débit constant Q pendant le temps T séparant le début de deux manœuvres consécutives d'ouverture et de fermeture. Le débit est alors donné par $Q = \frac{V}{T}$, V étant le volume mesuré à la capacité.

FIG. 9. — LES SERVO-MOTEURS DE COMMANDE DU PARTITEUR
FIG. 9. — SERVO-MOTEUR CONTROLLING DIVIDER VANE

FIG. 10. — UTILISATION DES COURBES D'ENREGISTREMENT
Courbe du débit en fonction du temps.

FIG. 10. — TIME/DISCHARGE CURVE

MESURE DES NIVEAUX

Les niveaux sont mesurés à l'aide d'une pointe de mesure à œil cathodique brevetée par Neyrpic. La description de cette pointe débordait le cadre de cette note; nous nous contenterons de préciser qu'elle permet de lire les niveaux avec une erreur absolue ne dépassant pas le $1/10^{\circ}$ de millimètre (fig. 11).

ÉTALONNAGE DE LA CAPACITÉ

L'étalonnage initial de la capacité se fait avec une pipette de 300 litres environ, dont le volume

FIG. 11. — LA PIPETTE D'ÉTALONNAGE ET, AU PREMIER PLAN, LA POINTE À ŒIL CATHODIQUE POUR LA MESURE DES NIVEAUX

FIG. 11. — GRADED CONTAINER FOR CALIBRATION;
FOREGROUND, CATHODIC EYE MEASURING POINT.

est connu à $1/10.000^{\circ}$ près par pesée (fig. 11). L'étalonnage se fait par vidanges successives de la pipette dans la capacité et les niveaux correspondants sont notés. La pipette d'étalonnage pourra d'ailleurs faire l'objet d'une communication ultérieure.

CARACTÉRISTIQUES NUMÉRIQUES DE LA CAPACITÉ

La capacité est sensiblement carrée et ses dimensions sont :

Longueur	4,220 m
Largeur	4,055 m
Profondeur	1,965 m
Surface du plan d'eau....	17,20 m ²
Volume maximum.....	30 m ³ environ
Volume utile.....	24 m ³

Chacun des trois siphons de vidange a une section rectangulaire de 120×240 mm. La capacité étant initialement remplie jusqu'à leur cote d'amorçage, ils assurent la vidange complète en trois minutes environ.

Notons enfin que la capacité et son système d'alimentation ont été dimensionnés pour des débits maximum de l'ordre de 300 l/sec.

PRÉCISION DES MESURES

Elle est évidemment variable avec le débit à mesurer et le temps de remplissage. Nous allons prendre à titre d'exemple le cas d'un débit de 100 l/sec., le temps de mesure étant de 50 sec.

L'erreur absolue sur le volume correspondant à un niveau donné est de 1,72 litres puisque le plan d'eau mesure 17,2 m² et que la pointe permet des lectures au $1/10^{\circ}$ de mm. Cette erreur doit être doublée puisqu'il y a deux lectures.

Sur le temps l'erreur absolue est d'environ $1/40^{\circ}$ de seconde. En effet, sur la bande de l'appareil enregistreur 1 seconde représente environ 20 mm et il est facile d'apprécier le demi-millimètre.

De la relation $Q = \frac{V}{T}$ on tire :

$$\frac{\Delta Q}{Q} \leq \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta T}{T}$$

et par suite :

$$\frac{\Delta Q}{Q} \leq \frac{1,72 \times 2}{100 \times 50} + \frac{1}{40 \times 50} \approx \frac{1}{1.000}$$

$$\frac{\Delta Q}{Q} \leq \frac{1}{1.000}$$

On voit donc que l'erreur est au maximum de l'ordre de 1 ‰. Comme elle n'est fonction que du débit et du temps de mesure, on pourra toujours, dans les limites d'utilisation de la capacité, choisir le temps de remplissage de manière à conserver une précision supérieure à 1 ‰.

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE,
Grenoble.

LABORATORY PRATICE

Some improvements made to measuring tanks

Texte français p. 363

See French text p. 363 for illustrations

GENERAL ASPECTS OF MEASURING TANKS ADVANTAGES AND DRAWBACKS

As a discharge measuring means, the measuring tank has definite advantages over other apparatus, such as measuring weirs, venturi meters and current meters, since it is possible to obtain measurements of greater accuracy and faithfulness. It gives the direct measurement of a volume which is known with a great degree of accuracy, and is, moreover, practically the only process used for the calibration of other methods.

On the other hand, this method is not without drawbacks, as it does not enable instantaneous measurements to be made, and a very stable permanent regime must be first obtained. However, this condition has to be satisfied anyway for any hydraulic tests requiring high accuracy (in particular in the case of hydraulic machinery). The main drawback lies in the length of time required for the water-level to become stable after filling or emptying, this often resulting in unacceptable loss of time.

DESCRIPTION OF THE NEYRPIC INSTALLATION

The object of the improvements made to the Neyrpic Laboratory measuring tank is to turn the latter into as convenient and as rapid a

measuring apparatus as the other usual processes, without this having the slightest detrimental effect on its accuracy and faithfulness. This aim was realised by means of a water supply system to which particular attention had been given. This is carried out at the center and near the bottom of the tank by a device based on the principle illustrated in fig. 1.

The discharge to be measured flows into a cone-shaped pipe (1) and thence into the tank close to its floor. In this way, a correctly distributed supply is obtained, thus avoiding seiches and clapotis. However, the water headed up in the cone attains a level (2) which varies with the discharge and the level of the water surface (3) in the tank. This results in an air emulsion which can become considerable if the initial amount of water in the tank is small. The effect of such an emulsion is to cause an unstable regime (seiches in the cone and in the tank), as well as causing the air-bubbles to rise to the surface and break, this forming ripples.

It therefore became necessary to find a method for the dissipation of energy based on the above principle but which would adapt itself automatically to variable water-levels and avoid the formation of air emulsions.

The device (see fig. 2) consists of a correctly shaped spiral casing which ends in a cone (2) descending into the tank.

Around the bottom of this cone is a horizontal ring (3) with a series of ribs (4) on its lower surface; the object of these ribs is to stop the rotation of the water and, at the same time, to support the apparatus, which thus rests on the bottom of the tank.

The nappe generated by the spiral casing at the outlet (7) would, in the absence of the cone, be a hyperboloid of revolution, but, as a result of the latter, the nappe sticks to its walls, thus assuming the shape of a hollow cone with a high velocity of rotation. The advantage of this rotation is that it helps free the water from the air, which then leaves the casing through a circular hole (5) in the upper part of the latter.

A vane (see fig. 3) placed inside the casing enables a rough regulation to be made and the optimum flow to be obtained for a given discharge. In this way, it is possible to obtain a supply of water containing no air whatsoever and flowing outward radially. The dissipation of energy is further improved by stilling grids (6) (fig. 3) placed around the ring (5). This arrangement is entirely satisfactory, and enables water-level readings to be taken under excellent conditions only a few minutes after the discharge has been cut off (fig. 4).

EMPTYING

After several consecutive measurements have been made, the water in the tank attains a certain level, and emptying becomes necessary. This action poses certain problems as well since, on the one hand, it is important not to disturb the surface of the water, as this may cause a long wait before further measurements can be made, and, on the other, the water must be prevented from leaking out through the emptying apparatus.

This double problem was solved by the use of three siphons placed vertically along one of the walls of the tank and drawing up the water from three rectangular cross-section troughs in the bottom of the tank (fig. 5). These three troughs are covered with sheets of an asbestos-type material ("Eternit") in which openings of different sizes have been made, the largest of these being the furthest away from the suction point of the siphons. The law of the variation of the cross-sections as a function of the distance from the siphons was established in such a way as to have a constant discharge through all the openings. It is thus possible to avoid seiches, which could occur either during

emptying of unpriming, when the water in the siphons falls back into the tank.

The siphons can be primed by means of a vacuum pump, but they are primed automatically when the water reaches their priming level. On this subject, it should be noted that the siphons pass through the tank's wall, and that their priming level is lower than the maximum water-level; thus any overflow of the tank, due to an incorrect manoeuvre for example, is avoided. The emptying operation can be stopped at any required level by opening an air inlet on the siphons.

Finally, attention is called to the fact that siphon emptying avoids any possibility of leaks occurring, this not being the case when other systems are used (e.g., valves in the tank bottom).

THE OPENING AND CLOSING OF THE DISCHARGE

The apparatus (fig. 6) includes a supply reservoir (1) into which flows the discharge to be measured. The water then flows from this reservoir on to a sill (2) which creates a torrential flow. A system, inspired by the Neyrpic patented irrigation flow dividers, and consisting of a vane (3), controlled by two compressed air, single acting servo-motors, enables the flow of water to be sent either into the tank or to be evacuated. Indeed, the only difference between this divider and the normal irrigation dividers is that it has a rubber seal ensuring watertightness at both ends of its travel.

This apparatus has the advantage of changing the flow to the torrential type over a short distance, this causing a break and thus avoiding the occurrence upstream of any repercussions due to downstream flow conditions.

The apparatus is characterized by a further point of particular interest: the discharges are divided according to a linear function of the angle of the vane's position. At constant supply its "opening discharge" law is therefore accurately known and is extremely simple. It will be seen later to what extent this peculiarity proves valuable in the operation of the installation.

MEASUREMENT OF FILLING TIME

The filling time is obtained from readings given by a recording apparatus having two pens: one of these pens is connected to a high-precision

chronometer and marks a point every second; the other is connected to the divider vane, recording its travel and, consequently, its angle of rotation α . The recording corresponding to the reading of a discharge is similar to fig. 8. The AB section of the curve $\alpha(t)$ corresponds to the opening of the discharge, the BC section to the filling of the tank, and the CD section to the closing of the discharge.

However, as has been seen above, the discharge q flowing into the tank is proportional to the opening α of the divider; thus :

$$q = k\alpha$$

Therefore, to a constant factor k , which is, moreover, undetermined, the curve in fig. 5 represents the function $q(t)$. The total volume V_0 entering the tank during the entire operation (from time t_0 to time t_1) is given by the relationship :

$$V_0 = \int_{t_0}^{t_1} q dt = k \int_{t_0}^{t_1} \alpha dt$$

$\int_{t_0}^{t_1} \alpha dt$ is the area S_0 limited by the recording curve and the axis of t .

Whence :

$$V_0 = kS_0.$$

V_0 is known accurately by means of the final measurement.

The factor k is now therefore determined $\left(k = \frac{V_0}{S_0}\right)$ and it is possible, without difficulty, to pass from the graph area to the volume of water which has flowed into the tank. It then suffices to integrate the area S' limited by the BC section of the curve and corresponding to a time interval T , in order to obtain the corresponding volume $V' = kS'$ and, consequently, the discharge by means of the formula :

$$Q = \frac{V'}{T}.$$

This calculation, which is applied in the usual case of any manœuvre law, can be avoided in the case of the Neyrpic divider, since the latter is symmetrical and the same manœuvre law can be applied for both directions. The two

servo-motors are single acting and identical (fig. 9). The recording relative to a measurement is therefore such that the area A equals the area B (fig. 10).

It can thus be seen that the water flows at a constant discharge Q during the time T separating the consecutive opening and closing manœuvres. The discharge is thus given by $Q = \frac{V}{T}$, V being the volume measured in the tank.

LEVEL MEASUREMENTS

The levels are measured by means of a cathodic eye measuring point patented by Neyrpic, the description of which would be out of the object of this paper. It should be recalled, however, that this point enables measurements to be read with a maximum absolute error of 1/10th mm (fig. 11).

CALIBRATING THE TANK

The initial calibrating of the tank is made with a graded container (some 300 litres capacity), the volume being determined by weighing to within 1/10,000. The calibration is carried out by emptying the container into the tank several times, and noting down the corresponding levels. This calibrating container may, moreover, form the object of a later article.

NUMERICAL CHARACTERISTICS OF THE TANK

The tank is approximately square, its dimensions being :

length.....	4.220 m (13'10")
width.....	4.055 m (13'4")
depth.....	1.965 m (6'6")
area of water surface.	17.20 m ² (185 sq. ft.)
maximum capacity..	about 30 m ³ (1,060 cu. ft.)
useful capacity.....	24 m ³ (850 cu. ft.)

Each of the three emptying siphons has a rectangular cross-section of 120 × 240 mm (4.72" × 9.45"). The tank being first of all filled up to their priming level, they ensure complete emptying in some 3 minutes.

Finally, it should be noted that the dimensions

of the tank and its supply system were designed for a maximum discharge of the order of 300 l/sec. (10.6 cu.secs).

ACCURACY OF MEASUREMENTS

This is, of course, variable with the discharge to be measured and the time required for filling. An example is the case of a 100 l/sec. discharge, the measuring time being 50 sec.

The absolute error in the volume corresponding to a given level is 1.72 litres, since the water surface area is 17,2 m² and the measuring point enables readings to be taken to 1/10 mm. This error should be doubled, as two readings are taken.

The absolute error on the time curve is about 1/40 of a second, and, since one second is represented by about 20 mm on the paper roll of the recording apparatus, it is not difficult to check the measurement to 1/2 mm.

From the relationship $Q = \frac{V}{T}$ is deduced :

$$\frac{\Delta Q}{Q} \leq \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta T}{T}$$

and consequently :

$$\frac{\Delta Q}{Q} \leq \frac{1.72 \times 2}{100 \times 50} + \frac{1}{40 \times 50} \approx \frac{1}{1,000}$$

$$\frac{\Delta Q}{Q} \leq \frac{1}{1,000}$$

It can thus be seen that the error is, at the most, of the order of. 1 %. Since it is a function of only the discharge and the time required for the measurement, it is always possible to choose the time required for filling in such a way as to keep the accuracy above. 1 %, taking into account the maximum discharge which can be measured and the dimensions of the tank.

LABORATOIRE DAUPHINOIS D'HYDRAULIQUE,
Grenoble.