LA HOUILLE BLANCHE

J. REY, Éditeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France... 36 francs /
Étranger . 46 francs } Le Numéro : 6 francs

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

SOMMAIRE

LES FORCES HYDRAULIQUES. — Les Grands Aménagements Hydrauliques Transalpins (4^e étude) : L'Aménagement général de la Scoltena, par J. BOUDET, Ingénieur A. et M., membre de la Société des Ingénieurs civils de France et ed l'« Associazione Elettrotecnica Italiana » (sez. de Torino). — L'Aménagement du Rhin, de Bâle à Strasbourg et à Lauterbourg, par L. MAHL, ingénieur.

HYDRAULIQUE. — Calcul des Canaux alimentés par déversoirs longitudinaux, par A. HAEGELEN, ingénieur des Ponts-et-Chaussées.

ÉLECTRICITÉ. — Rôle du Chauffage électrique par accumulation dans l'Electrification générale de la France (*suite et fin*), par Charles BOILEAU.

LÉGISLATION. — Les Sociétés Coopératives et les Groupements Coopératifs en présence des lois fiscales de toutes catégories, par Paul BOUGAULT, avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

DOCUMENTATION.

BIBLIOGRAPHIE.

LES FORCES HYDRAULIQUES

Les Grands Aménagements Hydrauliques Transalpins

4^e ETUDE - 7^e ARTICLE

L'AMÉNAGEMENT GÉNÉRAL DE LA SCOLTENA

Par J. BOUDET, Ingénieur A. & M., Membre de la Société des Ingénieurs civils de France et de l'« Associazione Elettrotecnica Italiana » (Sez. di Torino).

Poursuivant, dans ces colonnes, l'exposé du magnifique essor donné depuis la guerre, par nos amis italiens, à l'exploitation intensive de leurs ressources hydrauliques, nous avons déjà analysé, ici-même, (1) la conception de divers aménagements et installations, fort intéressants, à différents titres (importance, difficultés de réalisation, caractéristiques constructives spéciales) et pleins d'enseignements utiles pour nos techniciens français, dont l'œuvre est très en retard par rapport à celle de nos amis d'outre-monts.

La présente monographie a pour objet d'exposer celle de l'aménagement de la Scoltenna, dont la réalisation, à cheval sur la période d'armistices, fit partie du vaste programme national italien « Impianti Idroelettrici di Guerra » et qui comporte de nombreux ouvrages d'art intéressants, en particulier le barrage-accumulateur, du type à arches multiples, et un magnifique pont-canal traversant la Borra di Ronca, sur l'étude desquels nous nous étendrons quelque peu en raison de leur magnifique comportement durant le tremblement de terre de 1920, qui affecta particulièrement la région.

I.— Situation des Installations — Hydrographie

Tributaire du Panaro, dans la province de Modena, la Scoltenna descend des importants chaînons des Apennins qui forment partage des eaux entre la vallée de ce fleuve et celle du Serchio. En dehors du col de l'Abetone (1.338 mètres) toute la ceinture du bassin versant est à plus de 1.800 mètres d'altitude moyenne, avec des émergences dépassant 2.000 mètres (vetta del Cimone, 2.163 mètres, la plus haute cime de l'Apennin Emilien).

L'hydrographie de la région atteste une pluviosité très élevée, et, malgré le caractère torrentiel du cours d'eau, inhérent à sa situation en haute montagne, le boisement des pentes, encore presque vierges, et dont la végétation constitue un important réservoir naturel, autant que la présence, dans le haut bassin, de petits lacs, formant régulateurs, contribuent, à maintenir un important débit-pérenne qui, dans les calculs préliminaires, a été estimé à 40-50 litres par kilomètre carré de bassin versant.

L'utilisation de ce débit, fort intéressante pour une production d'énergie électrique, était envisagée depuis une dizaine d'années déjà lorsque survint la guerre. Nombreux étaient, à cette époque, malgré l'intervention du décret de concession, les avant-projets

(1) Voir *La Houille Blanche*, nos 80 à 96.

et même les projets définitifs encombrant les cartons verts. Sous l'empire des nécessités nées du cataclysme universel, et l'active impulsion qu'y donna M. le Commandeur A. MAGNOCALVALLO, Administrateur délégué de la « Società Emiliana Esercizi Elettrici », l'un d'entre eux put enfin être mis à exécution, sur la fin de la guerre, malgré de sérieuses difficultés — dont les moindres n'étaient pas celles d'ordre financier — pour appro-

La première de ces installations utilise, en une chute unique, sous 250 mètres, les eaux réunies du Taglione, du Pozze et du Sant' Anna (fig. 1), avec un débit partiellement régularisé par l'aménagement des petits lacs de la haute vallée ;

La deuxième, établie sur la rive droite du torrent, utilise une dérivation partant d'un réservoir régulateur de 1.500.000 mc.

Fig. 1. — Carte générale du Bassin versant de la Scoltenna, montrant les dispositions prévues pour son aménagement hydraulique en amont du confluent du Vesale.

visionner en énergie électrique l'industrielle région émilienne, qui en manquait déplorablement.

Le projet d'ensemble, dont les travaux, récemment achevés, ne constituent qu'une première étape, comporte 4 installations, établies en série sur les cours supérieur et moyen de la Scoltenna entre les altitudes 1.000 et 1.380 mètres.

Les superficies des bassins versants au droit des prises de ces différentes installations, et sur la base desquelles ont été calculés les débits caractéristiques, sont les suivantes :

Chute N° 1 : 65 km² (Qm = 2 m³ 600) ; chute N° 2 : 130 km² (Qm = 5 m³ 800).

Chute N° 3 : 162 km² (Qm = 8 m³ 000) ; chute N° 4 : 212 km² (Qm = 11 m³ 000).

de capacité, sis sous Pievepelago, et travaille sous 70^m de chute moyenne ;

La troisième, — qui est celle d'achèvement récent — reprend les eaux à la fuite de l'usine n° 2, sous le village de Riolutato et les utilise, dérivées en rive gauche, sous 112^m de chute, dans la Centrale du Ponte-Strettara, entre cet ouvrage et celui de Prugnetto, près du pont de même nom ;

Elle a été réalisée par la création — au moyen d'un barrage de 20 mètres — d'un réservoir de 600.000 mètres cubes de capacité (1) dont 200.000 seulement sont utilisés pour la compensation journalière des débits.

B) Caractéristiques techniques — Ouvrages d'art

L'installation comporte essentiellement le barrage dont il vient

Fig. 2. — Barrage de Riolutato : Elévation générale du parement amont

Enfin, à la sortie de cette Centrale, une nouvelle dérivation de 6.600 km. de longueur, établie en R.D. entre les ponts de Strettara et de Prugnetto, permet d'utiliser le cours inférieur du torrent en une quatrième centrale, sise près du confluent du Vesale (fig. 1) et travaillant sous 155 mètres de chute.

d'être parlé, qui comporte, en rive droite, les ouvrages de prise d'eau, avec la maison de garde et, au pied, un bassin-amortisseur du déversement ; un canal de dérivation, d'une longueur totale de 5.478 mètres, dont 4.134 en galerie et le reste à ciel ouvert, partant de la prise et aboutissant au bassin

Fig. 3. — Elévation générale du parement aval

II.- Equipement du cours moyen de la Scoltenna :

L'installation du Ponte-Strettara

(Chute n° 3 de l'aménagement général)

A) **Caractéristiques hydrographiques** — La chute de Ponte Strettara utilise, comme on vient de le voir, la deuxième partie (aval) du cours moyen de la Scoltenna captée sous Riolutato, point de son cours où il reçoit les précipitations d'un bassin versant de 162 Km².

Le débit caractéristique moyen, en cet endroit, est d'environ 8 mètres cubes seconde. Les plus bas étiages, qui se produisent en hiver, ne descendent guère au-dessous de 1 m³, mais ils présentent de sérieuses irrégularités dépréciatrices, résultant des alternatives bien connues de dégel diurne et de gel nocturne en ces régions de haute altitude.

Une régularisation de ces débits capricieux s'imposait donc.

de mise en charge, après avoir traversé divers ravins sur ponts-canaux ;

Un bassin de mise en charge de 6.000 mc. de capacité, établi en tête de la conduite forcée ;

Enfin, la conduite forcée, l'usine génératrice et leurs accessoires de dispositions générales classiques.

1) Barrages et Ouvrages accessoires

Une des caractéristiques les plus marquantes de l'installation de Ponte Strettara réside dans le barrage-accumulateur de Riolutato, situé sous le petit village du même nom, et qui

(1) Caractéristiques du remous minimum : superficie : 60.000 m², périmètre mouillé : 1.500 m. l. seulement.

fut le premier du type à arches multiples construit dans la Péninsule (1).

a) *Caractéristiques générales.* — L'emplacement assigné à cet ouvrage n'a point le caractère d'une gorge : les rives du torrent y sont assez peu déclives (1/2 en rive gauche — 4/3 en rive droite) et la Scoltenna coule au fond d'un thalweg de 38 m. de largeur. On s'y arrêta, toutefois, à défaut de mieux, en raison de l'excellente disposition que présentaient — inclinées et plongeantes vers l'amont — les strates de calcaire appelées à supporter l'ouvrage, nonobstant la présence au confluent du torrent de Paglia, d'un cône de déjections, qui contraignit à un encastrement assez profond des appuis, complété, extérieurement, par des murs en aile.

Ajoutons que, sur ce terrain de fondation — qui ne représente point l'idéal généralement exigé par la délicatesse des structures à arches multiples — l'ouvrage était initialement

b) *Description.* — Le barrage exécuté présente, en crête, une longueur de 74 mètres entre culées (longueur totale 94 m.) pour une hauteur maximum de 23 m. 50. Il est établi entièrement en ligne droite, et comporte 8 arches à corde variable, inclinées vers l'amont dont 6 forment, en crête, un déversoir fixe, et qui s'appuient en rives, sur 2 culées ; en rivière, sur 7 contreforts, inclinés à la fois — mais dissymétriquement — vers l'amont et l'aval. Au pied des contreforts, et sous les 6 arches de déversement, est aménagé un bassin amortisseur, pour l'atténuation des effets destructeurs de la lame déversante (fig. 2 à 6).

Contreforts. — Les contreforts supportant les arches sont distants, horizontalement, de 9 m. 50 d'axe en axe, et reposent sur des socles de 4 m. 50 de hauteur moyenne, arasés à l'altitude 667 m., comportant une retraite périphérique qui varie de 0 m. 50, en têtes, à 0 m. 25 sur les faces latérales. Leur longueur

Fig. 4. Barrage de Riolutato : Plan général

prévu déversoir et du type à gravité, mais que les difficultés d'exécution que l'on appréhenda devoir découler de la soudaineté et de l'importance des crues du torrent, joints aussi à diverses considérations d'économie et de rapidité d'exécution firent prévaloir — au moment de l'attaque des travaux — le type d'ouvrage à arches multiples, qui avait été étudié à titre comparatif avec le premier, en maintenant toutefois, les dispositions de déversement initiales de l'ouvrage à gravité.

(1) Depuis cette époque, ce nouveau type d'ouvrage a été apprécié à un point tel que nous assistons aujourd'hui et sur de nombreux points du territoire, à une véritable « éclosion » de spécimens magnifiques du genre, parmi lesquels nous citerons, sans ordre aucun : le barrage du Haut-Barbellino (hauteur 49 m. 50), celui du Neto (province de Cosenza) de 28 m. de hauteur ; celui du Tirso (province de Cagliari-Sardaigne), d'une hauteur totale de 63 mètres, abritant l'usine génératrice dans une embase en maçonnerie de 24 mètres de hauteur ; enfin, celui du Gleno (province de Bergamo), d'une hauteur totale de 50 mètres, et dont la rupture est encore présente en toutes les mémoires de l'électrotechnique (voir au sujet de cette catastrophe *La Houille Blanche*, nos 87-88 à 95-96 (1924-25).

en base, atteint 24 m. 50 ; leur hauteur totale (en dessous des naissances des arches horizontales portant la passerelle) est de 23 m. 50, dont 20 m. en dessous de la retenue normale du réservoir ; dans le plan de tête, leur largeur varie entre 2 m. 50 en base et 1 m. 60 au sommet (appuis des fermettes du déversoir — altitude 685 m.). Enfin, leurs parements de douelle sont réglés au fruit uniforme de 1/40, alors que leurs parements de tête sont inclinés sur la verticale : en aval, de 25 % par mètre ; et en amont, — comme l'extrados des voûtes — de 1 m. 266 p. m. (3 de base pour 3,8 de hauteur) (fig. 2, 3, 5).

Ils sont entièrement en maçonnerie de ciment-Portland. Ceux de rives formant culées de l'ouvrage ne présentent rien de particulier. Ils sont suffisamment indiqués sur les figures ; nous les passerons sous silence.

Voûtes. — Les voûtes appuyées sur ces contreforts sont des pleins cintres dont le rayon d'intrados, de 4 m. 24, est maintenu constant entre la retraite de fondations et le seuil de déversement, alors que la corde interceptée entre contreforts varie, — avec le fruit de douelle de ces derniers — entre 7 m. en base

et 7 m. 90 au sommet; la flèche variant — corrélativement — entre 1 m. 85 à la base et 2 m. 45 au sommet. Leur épaisseur varie de 1 m. au départ du socle, à 0 m. 40 en crête, du fait de la différence entre l'inclinaison de leur parement d'intrados (3 pour 4) et celle du parement extradosal (3 pour 3,8) (fig. 2, 3, 6 et 7). Elles sont construites exclusivement en béton armé, avec, pour le ferrailage, une disposition spéciale le renforçant aux naissances, alors qu'il se trouve, corrélativement diminué et significativement rapproché de l'intrados à la clef.

A 18 mètres au-dessus du socle de fondations, les voûtes, inclinées comme il vient d'être dit, se redressent horizontalement pour permettre l'établissement, sans perturbations dans le régime statique de la structure, du seuil de déversement, à l'altitude 685 m. A cet effet, on a adopté — s'appuyant sur les mêmes contreforts que les voûtes — une série d'arcs surbaissés au 1/6, de 7 m. 90 de portée et 0 m. 60 d'épaisseur en clef, (1) dont les

ment sur la roche nue et peu déclive (fig. 3) pourrait occasionner des affouillements et compromettre la tenue des contreforts dans cette partie de l'ouvrage.

Déversoir. — Dans les 6 autres portées d'arches, a été aménagé un déversoir du type Poirée de 48 m. de lame utile (6×8 m.) constitué, dans chaque travée, par un rideau de « fermettes » appuyées, au pied, sur un seuil de 0 m. 15 ménagé dans l'arasement des voûtes horizontales, et en tête sur une plate-bande de 1 m. 50 $\times$ 0 m. 20 de section, reliant les contreforts à l'altitude 687 m. 50 (fig. 2 à 7).

La manœuvre des fermettes s'effectue mécaniquement à l'aide d'un petit treuil monté sur lorry et circulant sur une voie de 0 m. 60 que porte la passerelle à 5 m. 50 au-dessus du seuil de déversement, c'est-à-dire hors d'atteinte de toute submersion de crue.

Fig. 5. — Plan de l'ouvrage au départ des fondations

reins et tympans, dûment remplis, sont arasés horizontalement à cette altitude sur une longueur de 2 m. 50 (3 m. 50, compris le seuil) (fig. 2, 6, 7) et supportent le déversoir dont il va être parlé

Couronnement. — **Déversoir.** — Le couronnement consiste essentiellement en une passerelle de 2 m. de largeur entre garde-corps, constituée par une série, identique à la précédente, d'arcs surbaissés à axe horizontal, la surmontant, à l'altitude 690 m. 50, entre prolongement des contreforts des voûtes.

Parmi les ouvertures ainsi ménagées entre les contreforts au-dessus des voûtes horizontales, les deux de rive droite sont murées au moyen de voûtelettes à axe vertical pour éviter, au pied des voûtes correspondantes, un déversement dont le rejaillisse-

Bassin amortisseur. — Destiné à absorber la plus grande partie de la force vive de la lame déversante et à éviter ainsi les affouillements qui en résultent généralement pour les fondations, ce bassin — qui constitue une innovation géniale que, pour notre part, nous avons depuis longtemps envisagée et prévue dans divers aménagements, a été réalisé bien simplement par l'établissement, en aval du barrage, et à 14 m. de son socle, d'une petite contre-digue de 41 m. de longueur totale — dont 33 m. utiles — présentant une hauteur totale maximum de 8 m. (compris les garde-radriers, de 2 m. $\times$ 2 m. 25 et 2 m. $\times$ 4 m. de section) dont 4 m. seulement utilisés pour le relèvement du plan d'eau (1). Cette contre-digue, qui, pour cette hauteur

(1) 0 m. 75 au droit du seuil d'appui des fermettes du déversoir (dont l'épaisseur, de 0 m. 15, s'ajoute à celle des arcs).

(1) La hauteur de relèvement du plan d'eau réalisée par ce bassin-amortisseur varie entre 2 mètres (sous les arches du barrage) et 4 m. au pied de la contre-digue.

utile de 4 m., mesure 2 m. de largeur en crête et, en base, 7 m. 50 hors doucine, est visiblement surdimensionnée pour les efforts la sollicitant; mais il est bon de faire remarquer que sa structure tient un certain compte de ce surdimensionnement : la masse résistante n'étant constituée que par de la pierre sèche arrangée et enrobée par un revêtement en béton de 1 m. d'épaisseur moyenne prolongeant les garde-radiers en élévation (fig. 5 à 7).

Ce revêtement est, d'autre part, relié aux socles des voûtes et des contreforts par un radier général de 0 m. 55 d'épaisseur totale, constitué par un pavage en granit de 0 m. 30 posé sur un lit de béton de 0 m. 25 d'épaisseur moyenne, lui-même établi en pente de 0 m. 012 par mètre vers l'aval sous l'ouvrage sur un remblai pilonné, de 2 m. 25 de hauteur moyenne régnant entre les dits socles et le garde-radier amont de la contre-digue (fig. 6).

En temps de crue, et avec une crue de 700 m³/sec. — représentant 4 m³ 4 par kmq de bassin versant (1) et considérée

en service de l'installation, on n'a pas eu à constater le plus minime affouillement — preuve que la méthode est excellente.

Bondes de fond. — L'ouvrage est muni de 2 bondes de fond, placées latéralement au second contrefort de rive droite, et constituées par des vannes à glissières avec dispositif spécial à plan incliné pour obturation hermétique, manœuvrables de dessus une petite passerelle appuyée sur le contrefort (fig. 2, photos 1 et 3).

L'axe de ces vannes est situé à l'altitude 672 m. 50, soit à 14 m. 50 en dessous du plan d'eau de retenue normale; une revanche de 4 m. 75 de hauteur est donc ménagée — en amont du pied du barrage — pour l'envasement éventuel du réservoir fort peu à redouter en cet endroit. Elles obturent des galeries de vidange à section circulaire dont le diamètre passe de 1 m. dans la partie horizontale à 1 m. 60 dans la partie inclinée traversant les reins des voûtes adjacentes sur une longueur totale de 3 m. 50 et descendant, en glacis, sur la face inclinée — aval — d'un massif de béton à section trapézoïdale mesurant :

Fig. 6. — Barrage de Riolutato : Coupe transversale sur l'axe d'une voûte, au droit du bassin-amortisseur

comme le maximum possible en cet endroit du bassin — on constate, au-dessus du niveau de retenue normale du barrage (seuil du déversoir), une lame déversante de 3 m. 50 de hauteur, qui rencontre le plan d'eau du bassin-amortisseur (surélevé, à son tour, d'environ 3 m. 60 par rapport au seuil de déversement de la contre-digue) à environ 10 mètres en amont de la contre-digue, c'est-à-dire à une distance telle que l'efficacité de cette dernière est assurée en tout état de cause quelle que soit l'importance de la crue (2). Et effectivement, depuis la mise

(1) Soit une hauteur pluviométrique moyenne de 0 m. 44, ruisselante.

(2) Même une crue de 1.000 m³ sec. — absolument invraisemblable — trouverait l'ouvrage en ordre de fonctionnement sans débordement dangereux : la lame déversante présenterait seulement une épaisseur de 4 m. 50, laissant encore sous la passerelle une revanche de 1 m., suffisante pour le passage des corps flottants, et, au pied de l'ouvrage, le bassin — amortisseur (dont le plan d'eau serait relevé d'autant, à peu près) offrirait à cette lame un « matelas » de près de 9 m. d'épaisseur, bien plus que suffisant pour que cet ouvrage assure normalement sa fonction.

$\frac{3 \text{ m.} + 15 \text{ m.}}{2} \times 5 \text{ m.}$ surchargé — sur les galeries — par trois forts redans de 3 m. 50 $\times$ 1 m. 50 de section moyenne, et qui remplit le « talon » (angle amont) des voûtes (fig. 7).

Passerelle de manœuvre. — Leur passerelle de manœuvre est constituée par une dérivation orthogonale de la passerelle régnant sur le déversoir, laquelle dérivation, pour accéder au mur d'ancrage des glissières des vannes, — qui surplombe verticalement, et avec une épaisseur uniforme de 1 m., la tête amont des galeries de vidange — s'appuie sur les reins des voûtes adjacentes au 2^e contrefort R.D. par l'intermédiaire d'un petit viaduc d'accès, constitué par deux étages d'arches plein-cintre, de 3 m. 50 d'ouverture, s'appuyant sur des piles de 1 m. de largeur.

L'étage inférieur ne comporte qu'une seule arche, supportant l'étage supérieur sur ses reins, arasés à l'altitude 683 m. 50 et ce dernier étage, arasé à l'altitude de la passerelle principale (690 m. 50), comporte 2 arches de même ouverture dont celle

amont surmonte, point par point, la précédente et l'autre s'appuie (côté aval) sur une pile culée, reliée à la passerelle principale par un hourdis prolongeant celui de cette passerelle (fig. 7, photos 1 et 3). et qu'entoure — comme pour cette dernière — un garde corps de 1 m.

Prise d'eau. — La prise est contiguë au barrage et située en rive gauche, à l'angle de ce dernier et de la rive rocheuse du torrent, sous la maison du gardien chargé de la manœuvre des vannes en même temps que de la surveillance générale des ouvrages (fig. 2 et 4; photo 1).

En outre des revêtements, sur 0 m. 60 d'épaisseur moyenne des parois de l'excavation, elle comporte, à l'entrée, 3 diaphragmes de 0 m. 50 ÷ 0 m. 80 d'épaisseur, divisant sa largeur (6 m. 70) en 4 galeries, de 1 m. 30 ÷ 1 m. de largeur unitaire sur 11 m. 80

687 m. 50 (passerelle de dégrillage). Enfin, en tête de chacune des 4 galeries, dans leur partie large de 1 m., sont ménagées 2 glissières, distantes de 2 m. 60, dans lesquelles coulisent 2 vannes levantes, qui commandent la mise en eau de l'installation et dont la manœuvre est assurée, au moyen de treuils, de l'intérieur de la maison du gardien, à l'altitude du rez-de-chaussée (côte 689 m.).

c) Calculs de résistance. — Les calculs de résistance de l'ouvrage ont été effectués par notre éminent collègue, l'Ingénieur G. GANASSINI, d'après les méthodes de l'illustre Professeur GUIDI en supposant encastrées les retombées des voûtes et en tenant compte des déformations élastiques de l'arc ainsi encastré.

■ Toutefois, la détermination des efforts intervenant dans les calculs se trouve compliquée par l'intervention des efforts dus

Photo 1. — Barrage-accumulateur et réservoir de Riolutato — Vue générale d'ensemble, prise en aval de l'ouvrage

de longueur, lesquelles se réunissent, ensuite, 2 à 2 — sur une longueur de 4 m. 45, — puis, finalement, en une seule, dont la largeur, de 4 m. 50 à l'origine, diminue progressivement jusqu'à atteindre celle de la section-type du canal d'amenée (1 m. 90) pendant que la hauteur sous clef — ou sous dalles — passe, progressivement et simultanément avec la variation, inversée, des largeurs, de 1 m. 20 à 2 m. 50 (hauteur normale du canal d'amenée) (fig. 8 et 9).

En 3 seuils successifs, l'arasement du radier de chaque galerie passe de l'altitude 680 m. 70 à 681 m. 50 (origine du canal d'amenée) le seuil médian supportant l'appui inférieur d'une grosse grille fixée, à sa partie supérieure, sur une passerelle de 1 m. 90 de largeur régnant, à l'altitude 687 m. 50, sur toute la façade amont du bâtiment, et à laquelle on accède par 2 séries d'escaliers permettant de passer, en deux fois, de 690 m. 50 (passerelle du déversoir) à 689 m. (rez-de-chaussée de la maison) et de là à

aux variations de température — particulièrement sensibles en ces régions — et l'auteur du projet expose lui-même (1) que cela l'a conduit, après avoir essayé toutes les vérifications possibles, à surdimensionner nettement les voûtes, en épaisseur, par rapport aux indications qu'eût données un calcul plus simple, les négligeant, afin d'augmenter la marge de sécurité offerte par le calcul, et à armer également à l'intrados, les sections de clef et de naissances, étriant fortement cette dernière, dans laquelle il a encore doublé l'armature, tout en la plaçant à l'extrados, pour se garantir contre les lésions éventuelles pouvant provenir de contractions excessives.

Après avoir, tout d'abord, envisagé de disposer aux naissances, une articulation qui, en permettant le libre jeu des dilatations,

(1) Notamment dans *L'Industria*, vol. XXXIV, n° 22, 1920, et dans les *Annali del Consiglio Superiore delle Acque*, fascic. II, 1920,

tant thermique qu'élastique, et supprimant, de ce fait, l'excentricité inhérente à la réaction des naissances, eût pu éliminer tout effort secondaire indéterminé, en maintenant toujours la résultante axiale, M. GANASSINI crut devoir, toutefois, y renon-

qu'elles excipent d'un souci de sécurité, très louable autant que compréhensible, du reste, si l'on veut bien ne pas perdre de vue que, d'une part, l'ouvrage était, — à cette époque — le premier du type à arches multiples construit dans la Péninsule,

Fig. 7. — Coupe verticale, sur l'axe de la vanne d'obturation d'une bonde de fond

cer, en raison des difficultés qu'il appréhendait pour obtenir une parfaite tenue de l'articulation, et adopta précautionneusement la disposition de ferrailage exposée ci-dessus.

D'aucuns pourront trouver pareilles précautions superflues. Nous ne sommes pas de ceux-là et considérons, au contraire,

et que, d'autre part, sa situation dans l'aménagement général sus-exposé ne permettait pas la moindre hésitation quant aux précautions dont sa construction devait être entourée pour assurer sa pérennité certaine, et, avec elle, celle de l'exploitation.

(A suivre)