

## LA CHAMBRE D'EAU DE L'USINE D'ORAISON

PAR D. JEANPIERRE \*, A. LACHAL \*  
ET N. VAN THIENEN \*

### Introduction

La chute d'Oraison (1) s'intègre dans l'aménagement de la Durance. Le débit équipé est de 265 m<sup>3</sup>/s, la hauteur de chute brute, de 84,8 m. Une longue dérivation à berges horizontales, de 22 km, la plupart du temps à ciel ouvert, conduit les eaux de la Durance et de la Bléone jusqu'à la verticale de l'usine d'Oraison, qui est souterraine.

A cet endroit, la pente du terrain naturel à la cote de la dérivation est importante, le terrain est rocheux et les ouvrages ne peuvent s'étendre en surface. Les vitesses dans le canal, dont la pente économique est forte pour la raison précédente, sont assez élevées et représentent une énergie non négligeable.

Le rôle de la chambre d'eau est multiple; elle doit :

- terminer le canal;
- filtrer l'écoulement par les grilles de protection des turbines;
- alimenter les trois conduites forcées;
- permettre leur remplissage rapide, car les vannes de pied de conduite forcées ont été supprimées;
- alimenter un déchargeur dont le fonctionnement permet de restituer à l'aval de l'usine le débit d'un groupe indisponible;
- permettre que toutes ces fonctions ne soient pas perturbées par un marnage important pouvant atteindre 6,5 m.

\* Electricité de France.

(1) Cf. *Construction*, tome 16, n° 7, 8 et 9 de juillet, août, septembre 1961, par MM. CORDELLE et MENET.

C'est dire que les ouvrages correspondant à chaque fonction interfèrent mutuellement et la chambre d'eau d'Oraison apparaît beaucoup plus comme l'amalgame de divers ouvrages que comme l'établissement d'un bassin où viennent se greffer en appendice des ouvrages indépendants.

Les études et les choix correspondants ont donc été conduits d'abord par fonctions séparées avec le souci des répercussions sur l'ensemble, puis terminées en considérant l'ensemble et en effectuant les ajustements ou les révisions nécessaires.

Enfin, il est bien évident que si les éléments de coût n'apparaissent pas ici, ils n'en ont pas moins dominé l'élaboration du projet, qu'il s'agisse de la sécurité de service, des investissements, de la valeur des pertes de charge, des frais d'entretien ou des dépenses d'exploitation.

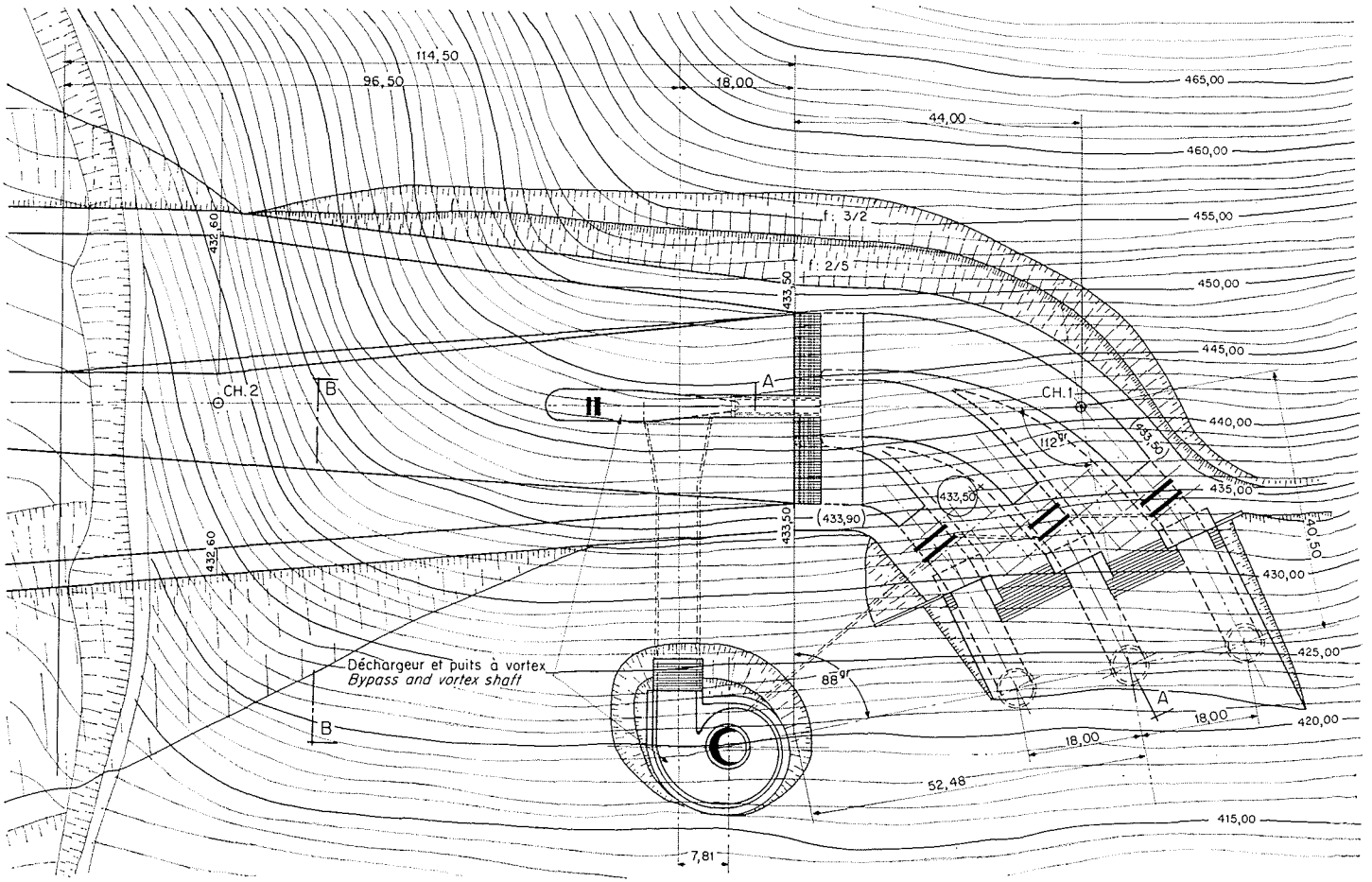
### Chambre d'eau

#### 1. Conditions à respecter.

a) *Conditions initiales. Disposition de l'alimentation* (fig. 1).

Les caractéristiques générales d'implantation de la chambre d'eau sont décrites dans le paragraphe précédent. Elles se traduisent par des vitesses à l'entrée de 3 m/s pour le plein débit au niveau minimal. Par ailleurs, la répartition de ces vitesses est fortement perturbée par le tracé en plan du dernier tronçon de canal qui décrit un coude et un contre-coude avant de se raccorder à la chambre d'eau proprement dite.

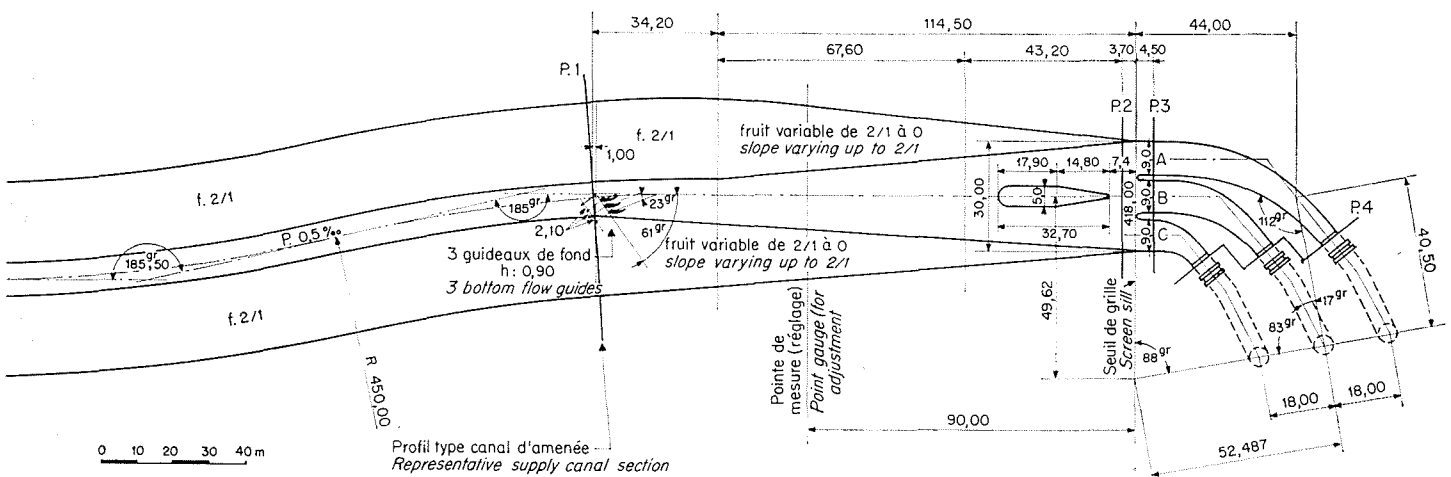
L'axe de l'usine souterraine, imposé par la direction de la galerie de fuite, est sensiblement parallèle au canal d'amenée. Pour se raccorder aux



1/

Tableau 1

	SECTION 1 (cm)	SECTION 2 (cm)	SECTION 3 (cm)	SECTION 4 (cm)	OBSERVATIONS
Forme initiale . . . . .	non mesurées en raison de leur importance				chambre symétrique sans guideaux.
Forme intermédiaire . . .	4	7	9	8	chambre dissymétrique sans guideaux.
Forme finale . . . . .	1	3	3	4	chambre dissymétrique avec guideaux.



2/ Chambre d'eau. Vue en plan / Forebay. Plan view.

conduites forcées, l'écoulement doit ainsi tourner de 80°.

Enfin la pente transversale du terrain naturel ne peut s'accommoder que d'un ouvrage relativement étroit.

#### b) Passage des grilles.

Pour éviter les vibrations qui peuvent amener la rupture des barreaux d'une grille de construction courante, la vitesse brute de passage a été limitée à 1 m/s. Ce qui représente une section de 265 m<sup>2</sup> sous le niveau minimal de 427 environ.

#### c) Alimentation des groupes.

L'alimentation des groupes la meilleure est obtenue quand, avec des pertes de charges minimales, la charge et la répartition des vitesses sont identiques en tête de chaque conduite forcée.

#### d) Alimentation du déchargeur.

Le terme déchargeur définit mal le rôle de cet ouvrage. Il ne fonctionne pas de manière transitoire après l'arrêt brutal d'un ou de plusieurs groupes, pour éviter des surélévations du plan d'eau dangereuses pour le canal. Son rôle est très voisin de celui d'un groupe et son fonctionnement revêt un caractère permanent. Il se substitue au groupe défaillant pour maintenir le débit maximal au profit de la chaîne d'usines aval en série avec celle d'Oraison. Sa capacité de transit est égale au débit d'une machine (88 m<sup>3</sup>/s). Il doit fonctionner quelle que soit la cote de la chambre d'eau et ne pas perturber l'alimentation des deux groupes restants quels qu'ils soient.

### 2. Dispositions adoptées.

Elles ont fait l'objet de nombreuses études sur modèle réduit à l'échelle 1/50.

#### a) Dissymétrie de l'alimentation.

L'atténuation des effets de la dissymétrie de l'alimentation ne pouvant être recherchée dans une modification du tracé du canal, on a cherché à créer dans les formes de la chambre d'eau une dissymétrie dont l'effet soit l'inverse de celui de l'alimentation.

Il a été obtenu par la forme des parois et par la présence des guideaux de fond :

La rive gauche se trouve être mieux alimentée que la rive droite. Comme, d'autre part, la chambre d'eau doit faire passer la section d'écoulement de trapézoïdale à rectangulaire au droit des grilles, cette variation de fruit des berges commence 35 m plus en amont sur la rive droite que sur la rive gauche. Cette ouverture plus rapide tend à accélérer l'écoulement en rive droite.

Mais cette disposition, quoique bénéfique, s'est avérée insuffisante, elle a été complétée par l'effet d'un jeu de trois guideaux de fond profilés de quatre-vingt-dix centimètres de hauteur seulement. Ces guideaux sont placés sur la moitié droite du radier à l'extrémité amont de la chambre d'eau. Ils agissent en créant une circulation secondaire<sup>(2)</sup> qui remplace les masses retardées en rive droite par des masses provenant du centre du chenal.

(2) Voir *La Houille Blanche*, n° 3, juillet 1955, par G. D. RANSFORD « La suppression de décollements dans les chambres d'eau par l'emploi de guideaux de fond. »

#### b) Passage des grilles.

La section nécessaire est obtenue par abaissement du radier qui est alors au niveau 418, soit quatre mètres au-dessous du radier du canal d'aménée. Ce niveau présente, par ailleurs, l'avantage de faciliter le raccordement entre la pile d'alimentation du déchargeur et le puits à vortex dissipateur d'énergie.

#### c) Raccordement aux conduites forcées.

L'importance du coude que les filets liquides doivent subir imposait de scinder l'écoulement par des guideaux.

Deux guideaux créent ainsi trois pertuis qui sont complétés en élévation par un voile profilé. On obtient ainsi une section carrée qu'il est facile de raccorder à la section circulaire des conduites forcées.

#### d) Alimentation du déchargeur.

Elle est réalisée par une pile creuse qui est placée dans l'axe de la chambre d'eau et à son aval pour être dans une zone où l'écoulement est régularisé. Elle a une forme hydrodynamique pour éviter tout décollement à son contour.

### 3. Résultats.

#### a) Dessin de la chambre d'eau.

Les études ont abouti au dessin représenté par le plan de la figure 1. La chambre d'eau a 150 m de longueur et 30 m de largeur au droit des grilles. Les pertuis, central et rive gauche, de raccordement aux conduites forcées, sont relativement longs. Les guideaux de fond sont très petits, à première vue, ils ne paraissent pas en rapport avec leur effet, qui est très sensible.

#### b) Niveaux.

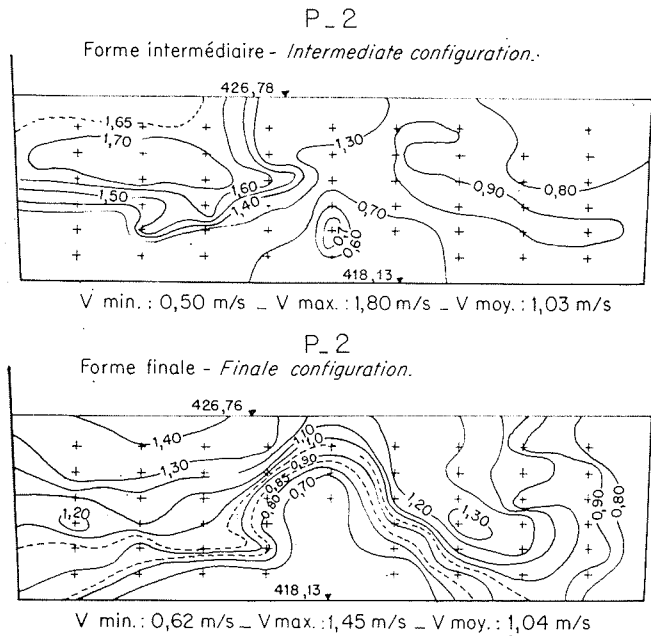
Pour les conditions de vitesses maximales (débit maximal, cote minimale), les écarts maximaux d'altitude du plan d'eau entre deux points de la section considérée sont donnés dans le tableau 1, la position des sections étant indiquée sur la figure 2 :

En cas d'arrêt du groupe central, le débit n'est plus que de 117 m<sup>3</sup>/s, l'écart maximal dans la section des entrées de conduites forcées n'est plus que de 2 cm; dans les autres sections, il ne dépasse pas 1 cm.

#### c) Répartition des vitesses.

Comme il est toujours possible de trouver dans une section, au voisinage immédiat des parois, des zones où les vitesses sont très faibles, on a préféré caractériser l'homogénéité des vitesses non pas par le rapport de la vitesse maximale à la vitesse minimale, mais par le rapport de la vitesse maximale à la vitesse moyenne. Les résultats sont les suivants :

	SECTION 1	SECTION 2	SECTION 3
Forme :			
— initiale . . . . .	1,04	1,50	2,10
— intermédiaire . . . . .	1,02	1,78	1,80
— finale . . . . .	1,06	1,44	1,41



3/4/

Les figures 3 et 4 donnent à titre d'exemple la répartition des vitesses pour débit maximal et niveau minimal dans la section 2, dans le cas de la forme initiale et dans le cas de la forme finale.

### Remplissage des conduites forcées

#### 1. Conditions à remplir.

Les turbines d'Oraison ne comportant pas de vannes de pied, la protection d'un groupe est assurée par la vanne de tête, et la fermeture en exploitation normale par le distributeur construit de façon à être suffisamment étanche. On peut craindre néanmoins un défaut de ce dispositif inhabituel. Il faut dans ce cas avoir la possibilité d'un remplissage rapide permettant des démarrages dans les délais habituels.

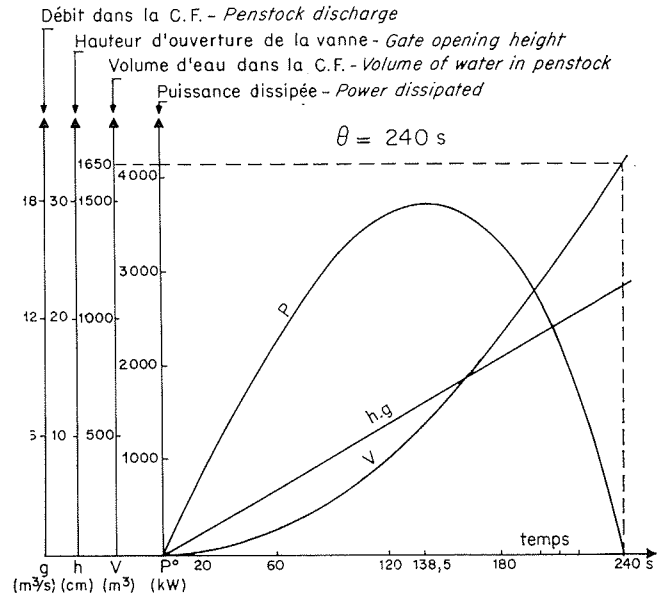
#### 2. Dispositions adoptées.

Le problème consiste à introduire dans la conduite 2 000 m<sup>3</sup> d'eau environ en 4 mn, à évacuer un volume d'air équivalent dans le même temps, enfin à dissiper la puissance du débit de remplissage.

La dissipation d'énergie ne peut guère se faire que par turbulence dans le matelas d'eau constitué à la partie inférieure, dont le niveau s'élève au fur et à mesure du remplissage.

En pratique, le débit de remplissage est contrôlé par la vanne de tête dont la levée s'effectue en deux temps conformément au graphique de la figure 5.

Le problème de l'introduction de l'eau et l'évacuation simultanée de l'air sans à coup a été résolu très simplement en fin de compte, en ménageant une légère brisure dans l'alignement des plans verticaux contenant l'un, l'axe de la trompe de raccordement en aval de la vanne de tête, l'autre, le coude de raccordement au puits de chute. Ainsi, la lame d'eau qui s'échappe sous le couteau de la vanne au cours de remplissage ne décolle pas à l'endroit du coude pour frapper la paroi opposée en emprisonnant l'air, mais attaque le coude tangen-



5/

tiellement et s'enroule en hélice autour des parois du puits où elle reste plaquée. L'air peut s'évacuer sans aucun obstacle au centre de la conduite et par le reniflard de la vanne (fig. 6 et 7).

En fin de remplissage, une certaine quantité d'air subsiste, émulsionnée à l'eau. Son évacuation est facilitée par un « piège à bulles » dont la disposition est donnée par les figures 6 et 7. Son fonctionnement est très satisfaisant, mais on aurait obtenu vraisemblablement un résultat suffisant en inclinant vers le reniflard la génératrice supérieure du raccordement entre la section de la vanne et l'origine du coude.

### Alimentation du déchargeur

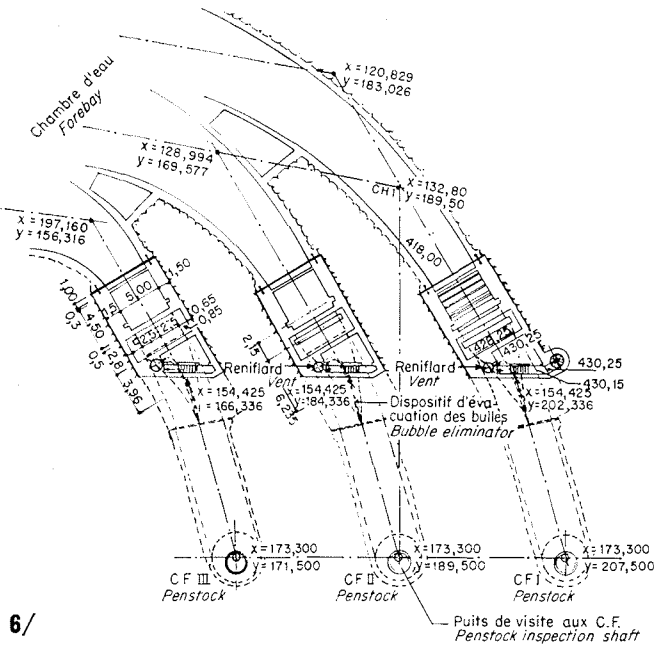
#### 1. Conditions à remplir.

Le déchargeur, dont le rôle a été indiqué précédemment, est un puits à vortex. Cette dénomination est assez impropre : il est essentiellement constitué d'un puits lisse de 7 m de diamètre dont la hauteur est voisine de celle de la chute, surmonté d'une bêche-spirale fonctionnant à écoulement libre. La bêche-spirale stabilise l'écoulement en une mince pellicule (quelques décimètres au maximum) autour du puits où il dissipe une partie importante de son énergie. Les problèmes relatifs au fonctionnement du puits à vortex sortent du cadre de cette étude et sont traités par ailleurs.

Le débit du déchargeur doit être réglable et aussi indépendant que possible de la cote de l'eau dans la chambre d'eau pour une position donnée du vannage. L'écoulement dans le canal d'alimentation de la bêche-spirale doit être fluvial et calme pour assurer une bonne alimentation du puits. Enfin le fonctionnement des ouvrages doit être satisfaisant à tous les débits.

#### 2. Principe.

Le débit du déchargeur est prélevé dans la chambre d'eau par une pile creuse située dans l'axe de celle-ci. Ce débit est introduit par un orifice d'en-



6/

tonnement situé dans le nez de la pile. Ces dispositions évitent de perturber l'écoulement dans la chambre d'eau, quelles que soient les conditions de fonctionnement.

Le réglage du débit est assuré par une vanne placée dans la partie amont de la pile. Une première dissipation d'énergie a lieu après le passage du débit sous la vanne dans un ressaut hydraulique.

L'alimentation de la bêche du puits à vortex est réalisée par une galerie fonctionnant à surface libre. Cette galerie passe sous la berge RD de la chambre d'eau. L'alimentation de cette galerie à partir de la pile creuse est réalisée par une série d'orifices situés au fond de la pile creuse à la cote du fond de la chambre d'eau. Les jets issus de ces orifices dissipent leur énergie dans un bassin situé en tête de la galerie.

Le débit entrant dans la pile est ainsi réglé par les deux orifices en série, vanne et orifices de fond. Ce débit est proportionnel à  $\sqrt{H}$ , H étant la charge comptée entre le niveau dans la chambre d'eau et la cote des orifices de fond.

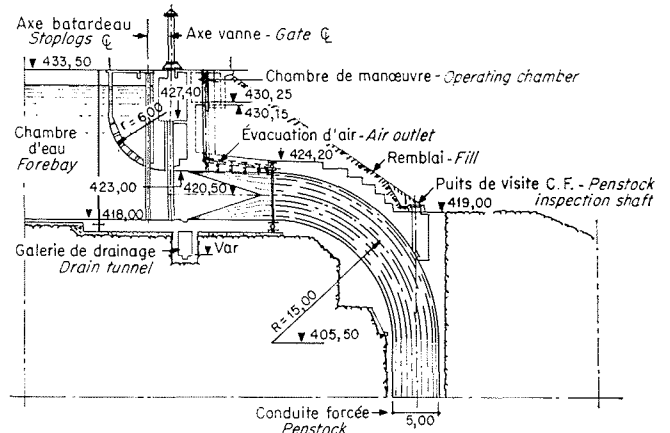
Pour un  $\Delta H$  donné, la variation de débit Q est proportionnelle à  $\Delta H/\sqrt{H}$  et ne dépend pas de la position de l'orifice intermédiaire créé par la vanne.

La stabilité du débit est donc assurée dans les meilleures conditions possibles, puisque la valeur de H qui intervient est comptée jusqu'au fond de la chambre d'eau.

**3. Dispositions adoptées.**

La mise au point du dispositif a été effectuée sur modèles réduits au 1/50° et au 1/30°. Il est représenté par les figures 8, 9 et 10 :

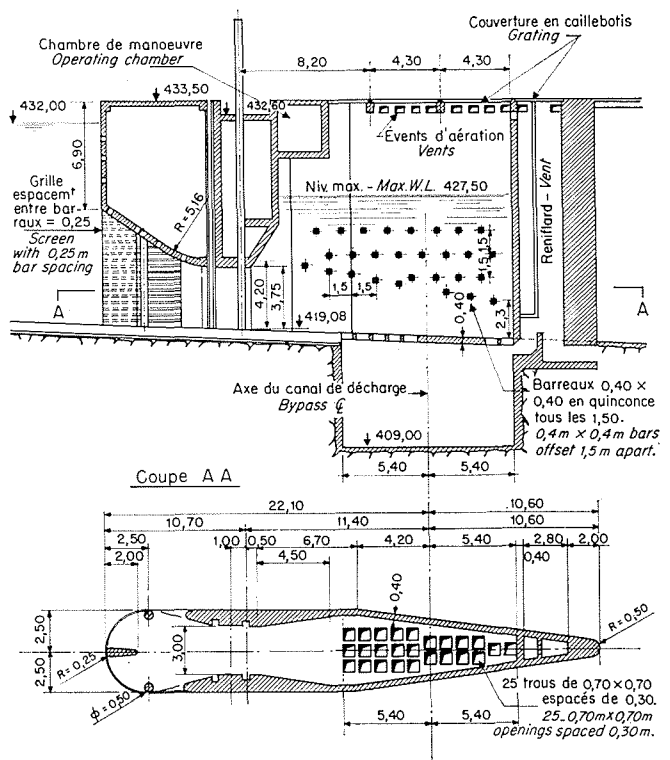
- la vanne de réglage à l'amont de la pile est une vanne à glissement fonctionnant dans de bonnes conditions aux ouvertures partielles;
- la stabilisation de l'écoulement à l'intérieur de la pile est assurée par une série de barreaux horizontaux assurant en outre une liaison intéressante entre les deux parois latérales de la pile. Ces barreaux sont situés à l'extérieur de



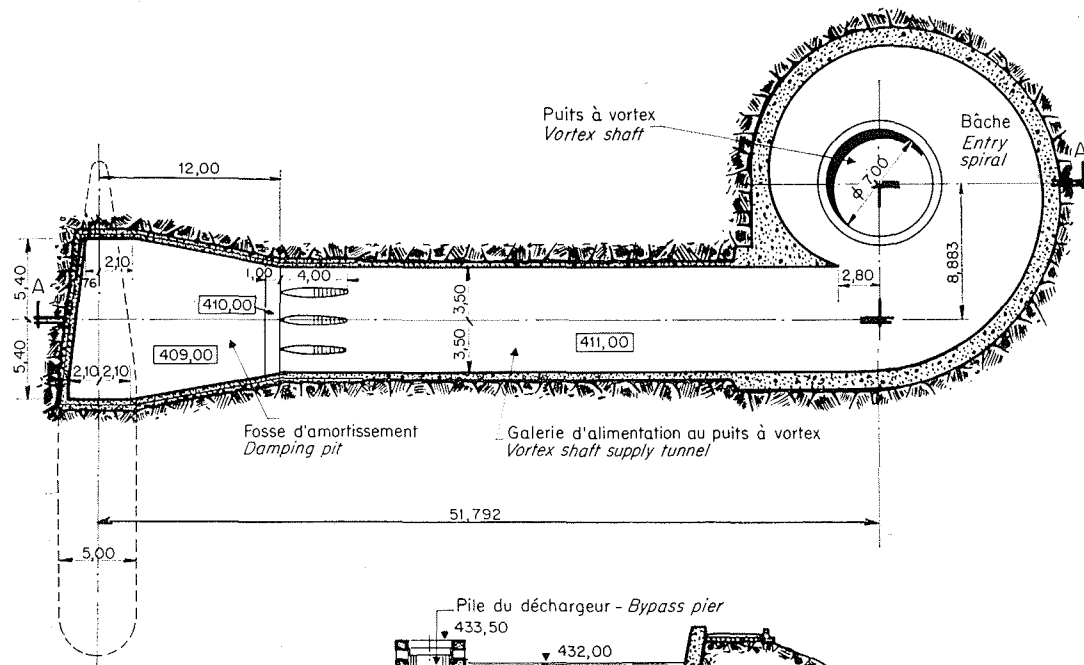
7/

la zone du jet de l'orifice de la vanne et ont permis aussi bien un écoulement noyé (gros débits) que dénoyé (petits débits) d'éviter un mouvement instable en masse de l'eau située à l'intérieur de la pile;

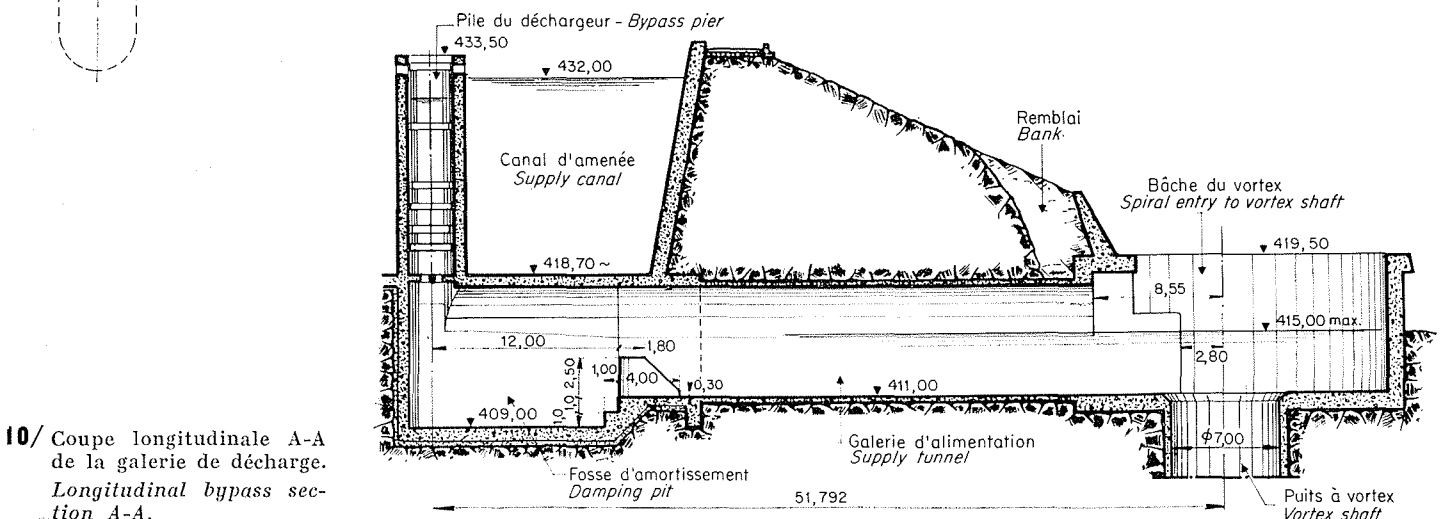
- les orifices aval percés dans le fond de la pile ont été répartis pour faciliter un amortissement régulier dans la galerie d'alimentation du puits à vortex. Cette disposition pouvait permettre éventuellement un ajustement du débit maximal par obstruction de certains orifices de l'ouvrage terminé;



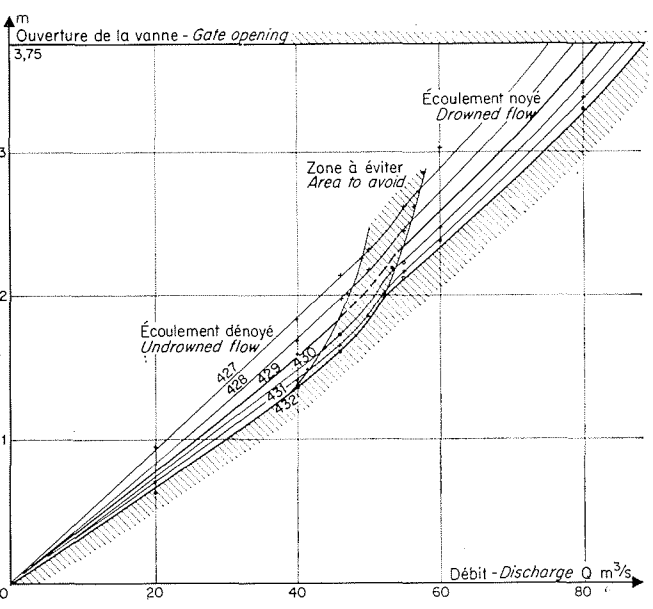
8/ Coupes horizontale et verticale de la pile. Horizontal and vertical pier sections.



9/ Plan coupe au niveau 412,00.  
Plan cross-section at elevation 412.00.



10/ Coupe longitudinale A-A de la galerie de décharge. Longitudinal bypass section A-A.



11/ Oraison. Débit du déchargeur en fonction de l'ouverture de la vanne et du niveau amont (graphique hauteur-débit). Oraison. Bypass discharge vs. gate opening and upstream water level (head vs. discharge graph).

— pour régulariser l'écoulement dans la galerie d'alimentation du puits à vortex, une fosse d'amortissement de 2 m de profondeur a été prévue sous les orifices de fond de la pile. En outre, 3 piles guideaux ont été prévues à l'aval de cette fosse.

Les courbes des débits établies à l'aide du modèle réduit au 1/30° font apparaître une zone instable qu'il vaut mieux éviter. Cette zone se situe à la limite des écoulements noyé et dénoyé dans la pile creuse. Elle est très réduite à cause de la présence des barreaux horizontaux de la pile qui stabilisent l'écoulement (fig. 11).

**Enseignements de la mise en service**

Les mesures faites sur le modèle n'ont pas été reprises sur l'ouvrage. Mais l'aspect présenté par l'écoulement réel paraît même plus calme que ne le laissent supposer les photographies prises sur modèle réduit. On ne dénote, en particulier, la présence d'aucun vortex.

Le déchargeur donne satisfaction, il compte plus de mille heures de fonctionnement, il ne perturbe pas l'alimentation des turbines.

Le remplissage des conduites forcées s'effectue sans inconvénient.

Ainsi, sous un aspect statique, un tel ouvrage rassemble plusieurs phénomènes dynamiques :  
— écoulement secondaire induit par des guideaux de fond;

— écoulement hélicoïdal au remplissage des conduites forcées;  
— orifices enchaînés pour la destruction de l'énergie.

---

### Abstract

#### The forebay at the Oraison plant

by D. Jeanpierre \*, A. Lachal \* and N. Van Thienen \*

---

The forebay of a hydroelectric plant is usually designed to connect the supply canal to the penstocks and to limit the extent of any waves caused by changes in plant operation. It is a bulky structure taking up a lot of room on the ground.

Due to its position on a hillside, the Oraison forebay is narrow in shape, with an unusual transition section from the canal supplying it. The forebay also feeds a relief bypass system of a special type serving a special purpose.

The supply canal to the forebay is 22 kilometres long, with flat banks, a water level range of 6.5 metres at its downstream end, flow velocities of up to 3 metres/sec., and two opposite bends just before where it leads into the forebay. No special arrangements are required to deal with waves caused by changes in plant operation, as the water level range provides an adequate margin. Because of its unsymmetrical flow distribution, the forebay has unsymmetrical shape and is provided on the bottom with three flow guides only 90 centimetres in height. The flow velocity through the intake screen has been reduced to 1 metre/sec. by lowering the apron level, and it has thus been possible to keep the width of the forebay down to acceptable limits for the steeply sloping surrounding ground.

As the major axis of the underground power house runs roughly parallel to the supply canal, the forebay flow has to turn round through almost a right angle, which is brought about by two flow guides forming the three sluiceways leading to the penstocks. There are no valves at the foot of the penstocks; protection for each power unit is afforded by a valve at the head of its penstock and a watertight manifold. Rapid filling arrangements are essential for safety with an unusual layout of this type, and those provided enable the requisite 2 000 cubic metres of water to be fed into the penstocks in as little as 4 minutes. There is a slight break in the centreline of the horizontal part of the pressure pipe, which causes the flow to adhere to the duct wall, leaving the centre clear for air to escape. The flow energy is absorbed by a cushion of water which forms initially at the foot of the duct. Emulsified air is released via a bubble trap on completion of filling.

The relief bypass system comprises a 'vortex shaft' 7 metres in diameter, through which the flow can be diverted in the event of a power set failure. It must therefore be able to operate for prolonged periods without interfering with the power units still running. It is supplied through a suitably faired central hollow pier at the downstream end of the forebay, with an intake orifice and flat control gate on its front face. Some energy is dissipated in a hydraulic jump forming inside the pier and stabilised by transverse bars. The floor inside the pier has a number of square holes in it through which the water spurts out, and the energy of these jets is dissipated in a basin underneath. The transition section to the shaft is a free-flow tunnel leading to the spiral chamber in which the swirling flow is generated. The flow through the pier is thus controlled by two orifices in series, one being the pier gate and the other the holes in the floor at a rate proportional to  $\sqrt{h}$ , i.e. to the square root of the difference between the forebay water level and the perforated floor level. This ensures a stable rate of flow and prevents excessive flows in the tailrace. This system is giving very satisfactory service.

---

\* Electricité de France.

**BORD OUEST DE L'INDLANDSIS DU GROENLAND,  
PAR 69° 40' LAT. N.**

Moraine perchée sur la glace, devant glacier parasite, formée par l'accumulation de neige d'hiver.  
(*Photo A. Bauer.*)

