

# Vidange de fond à grande vitesse: essais sur modèles et protection du tunnel d'évacuation

Autor(en): **Giezendanner, Walter / Henry, Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **106 (1980)**

Heft 25: **SIA, no 6, 1980**

PDF erstellt am: **13.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74000>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Vidange de fond à grande vitesse

## Essais sur modèles et protection du tunnel d'évacuation

par Walter Giezendanner, Genève, et Pierre Henry, Lausanne

Le problème des écoulements à grande vitesse est aujourd'hui plus actuel que jamais. Les aménagements sont en effet toujours plus puissants et les vidanges de fond sont utilisées pendant de longues périodes sous des chutes élevées. Les expériences portant sur ce sujet ont surtout été faites à l'étranger (voir Tableau 1 et bibliographie) car en Suisse, où les barrages sont parmi les plus hauts du monde, les vidanges de fond ne sont dimensionnées que pour de petits débits et pour de courtes durées.

Parmi les problèmes que posent ces vidanges de fond à haute chute, deux sont fondamentaux:

- Quelle forme faut-il donner au profil hydraulique, par exemple aux vannes et au tunnel d'évacuation, pour éviter des effets nuisibles pour les matériaux (cavitation, vibrations, turbulences, etc.)?
- Quels matériaux utiliser afin de réduire les coûts d'exécution?

Ces deux problèmes sont examinés dans les chapitres suivants en prenant l'exemple de l'aménagement hydro-électrique de Karakaya. Cet aménagement, réalisé sur l'Euphrate, en Turquie, a été projeté par un consortium avec participation suisse, à savoir la Société générale pour l'industrie (SGI) et Electrowatt (EWI).

Pour compléter l'étude des vidanges de fond, il a été proposé une étude sur modèle hydraulique à grande échelle, cette étude étant confiée au laboratoire de l'Institut de machines hydrauliques (IMH) de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Ce modèle ainsi que quelques résultats et conséquences sont décrits par la suite.

### 1. Prototype et modèle

Le barrage de Karakaya est du type «barrage poids-voûte». Ayant une hauteur totale de 180 m et une longueur de 392 m, il forme un lac d'un volume de 9,6 km<sup>3</sup>. Au bas du barrage se trouve une centrale équipée de 6 turbines de 300 MW chacune. Une description plus détaillée de l'aménagement, spécialement du déversoir sur le barrage et de la centrale, se trouve dans [20]<sup>1</sup>. La figure 1 montre la situation de ce barrage. La vidange de fond sera installée dans un des deux tunnels utilisés pour la dérivation de la rivière pendant la construction (fig. 2).

L'emplacement des deux vannes de la vidange de fond (vanne de service et vanne de garde) est situé un peu à l'aval de l'intersection du tunnel et du voile d'étanchéité. Le nombre et la position des vannes ont été déterminés par une étude d'optimisation. Les vannes doivent résister à une pression maximale d'environ 150 m et faire passer un débit de 700 m<sup>3</sup>/s sous 50 m de charge. Les vannes choisies sont du type «vanne-glissière».

Le diamètre du tunnel sous pression est de 11,5 m. A une distance de 30 m avant les vannes, la section du tunnel diminue et sa forme devient rectangulaire pour s'adapter à la dimension des vannes. Après les vannes, il est prévu une section élargie du tunnel pour former une chambre de tranquillisation.

Des essais sur modèle à l'échelle 1:100 ont déjà été exécutés en Turquie durant l'établissement de l'avant-projet; cependant, le caractère qualitatif de ces études ainsi que les expériences et progrès de ces dernières années ont amené le maître de l'ouvrage et l'ingénieur à étudier la vidange de fond sur un modèle plus grand. Le circuit fermé de l'Institut de machines hydrauliques permettait de choisir une échelle 1:17 et d'exécuter des essais en similitude de cavitation; le modèle comprenait les vannes, environ

40 m de tunnel à l'amont (y compris le rétrécissement d'environ 30 m de longueur avant les vannes) et environ 120 m de tunnel à l'aval (y compris l'élargissement après les vannes pour introduction de l'air).

Le but des essais était le suivant:

- mesure des pressions avant et sous les vannes;
- détermination des caractéristiques des vannes;
- essais de cavitation;
- améliorations éventuelles des vannes;
- observation du jet d'eau sortant des vannes avec différentes configurations du tunnel à l'aval des vannes;
- comportement de l'eau à l'aval des vannes avec des mesures de vitesses, observations de l'air entraîné; mesures de pression et observation des niveaux d'eau.

Les quatre premiers points permettaient de contrôler et d'améliorer la conception des vannes (voir chapitre suivant), tandis que les deux derniers points donnaient des indications précieuses quant au dimensionnement du tunnel (chapters 3 et 4).

La figure 4 donne une vue du modèle. La partie du tunnel voisine des vannes a été exécutée en plexiglas pour permettre l'observation de l'écoulement. On voit également les prises de pression statique et les capteurs piézo-électriques. La partie du tunnel à l'aval des vannes est en résine synthétique armée de fibre de verre; elle est pourvue de fenêtres d'observation et, à sa partie supérieure, d'une conduite d'aération.

### 2. Observations autour de la vanne

Les mesures de pressions dans le bouchon (section rétrécie) avant les vannes montraient qu'à des ouvertures de la vanne de service de 100%, les pressions

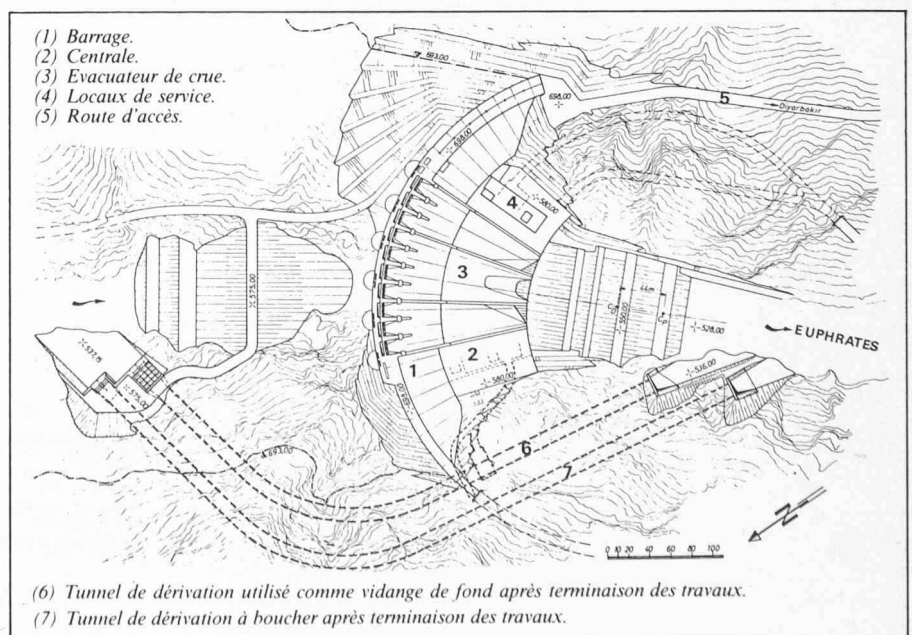


Fig. 1. — Situation générale du barrage de la centrale et des tunnels de dérivation de Karakaya.

**Vue de face**  
Side view

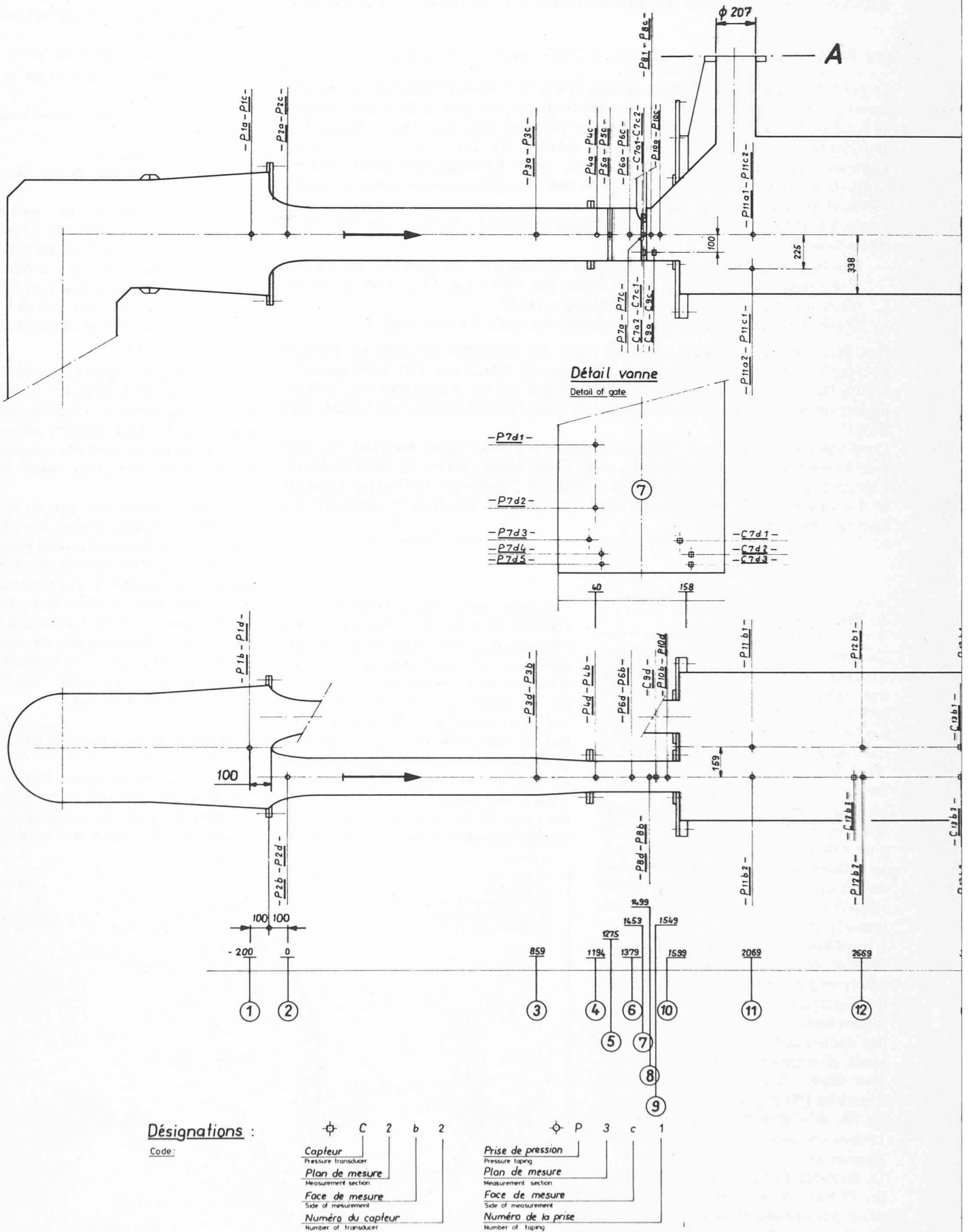
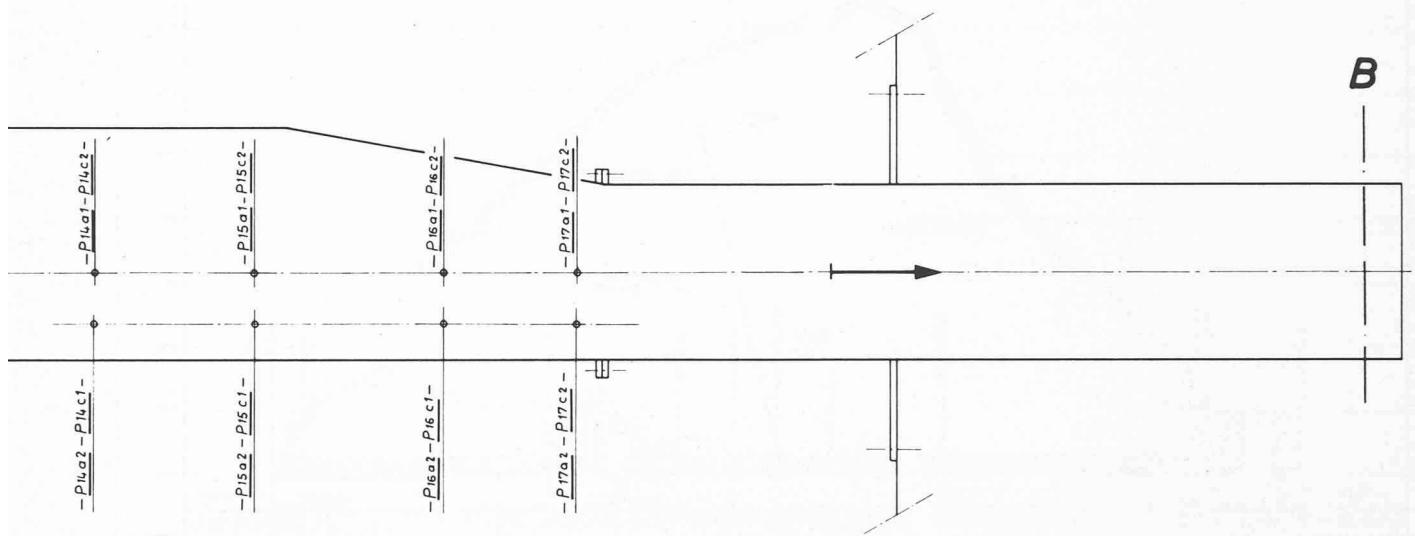
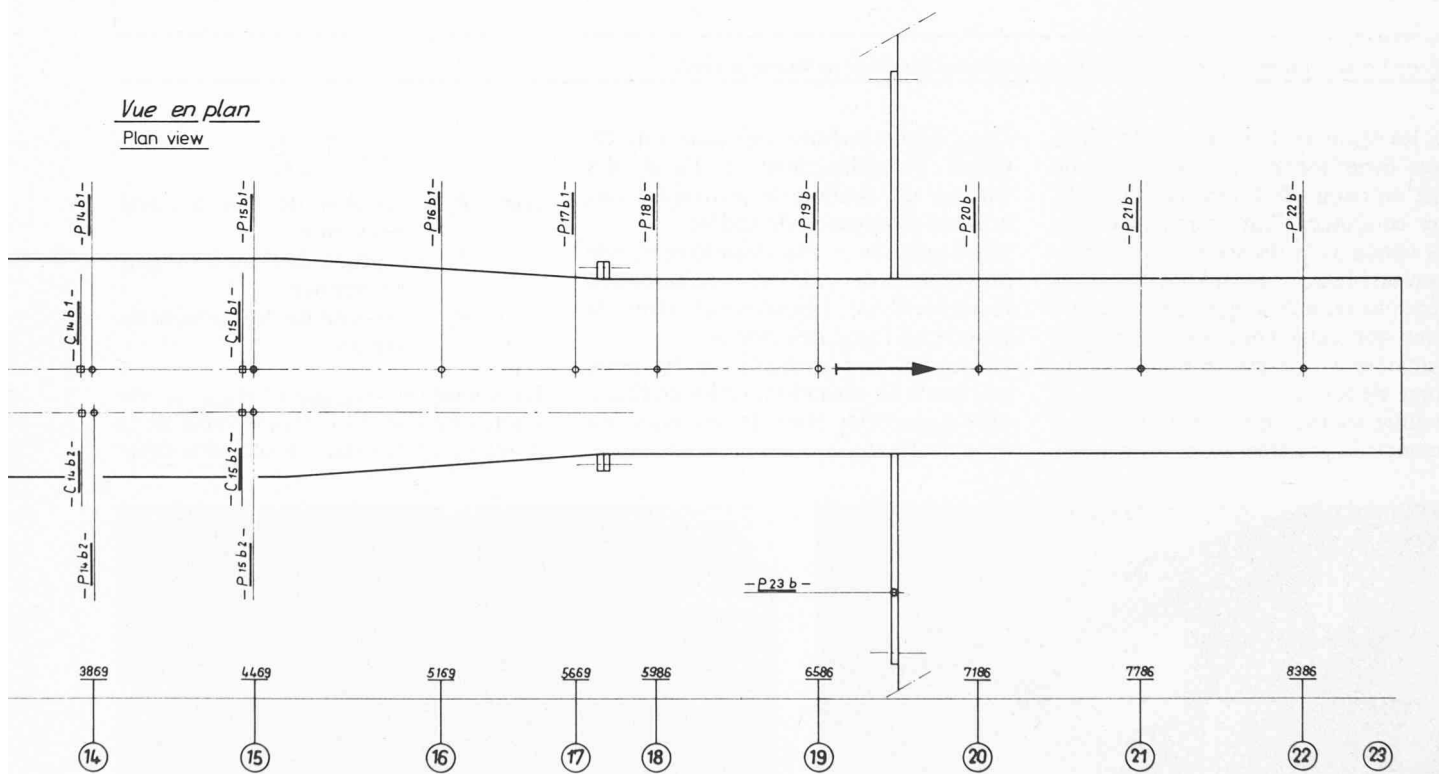


Fig. 3. — Profil en long et situation du modèle avec indication des prises de pression et des capteurs.



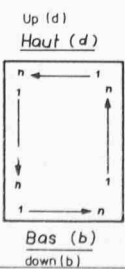
*Vue en plan*  
Plan view



**Repérage :**

Reference:

Face (a)  
face (a)



Rear (c)  
Derrière (c)

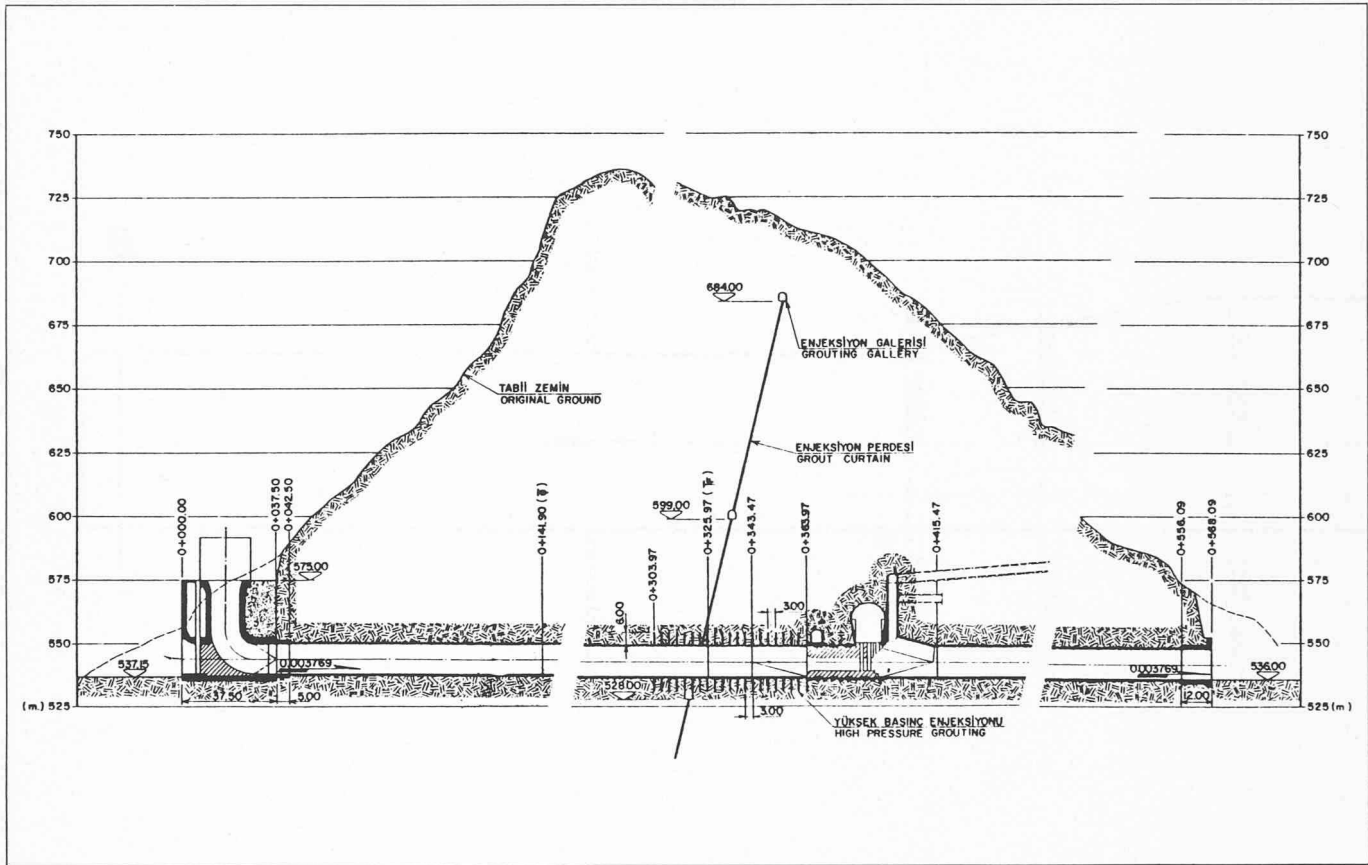


Fig. 2. — Coupe longitudinale raccourcie du tunnel de dérivation transformé en vidange de fond.

dans les rainures de la vanne de garde étaient insuffisantes et entraînaient de ce fait un risque de cavitation. Pour éliminer ce danger, l'ouverture maximale de la vanne a été limitée à 95% en prévoyant un blocage mécanique. L'établissement des caractéristiques des vannes a montré que cette limitation ne portait pas atteinte à la capacité prévue de la vidange de fond. Une autre solution a été envisagée pour augmenter la pression avant les vannes.

Deux plans inclinés verticaux ont été placés immédiatement à l'aval des vannes, de manière à provoquer une brusque diminution de section. Cette solution a été abandonnée, elle provoquait en effet une perturbation importante de l'écoulement dans la chambre à l'aval des vannes. Un intérêt tout particulier a été porté aux essais de cavitation. La loi de similitude à respecter pour de tels essais est celle de Thomas :

$$\sigma = \frac{P_2 - P_v}{P_1 - P_2}$$

- avec  $P_2$  = pression de l'air à l'aval des vannes
- $P_1$  = pression de l'eau à l'amont des vannes
- $P_v$  = pression de dégagement de vapeur

La condition  $\sigma_{\text{modèle}} = \sigma_{\text{prototype}}$  entraîne une réduction considérable de la pression de l'air dans le tunnel à l'aval

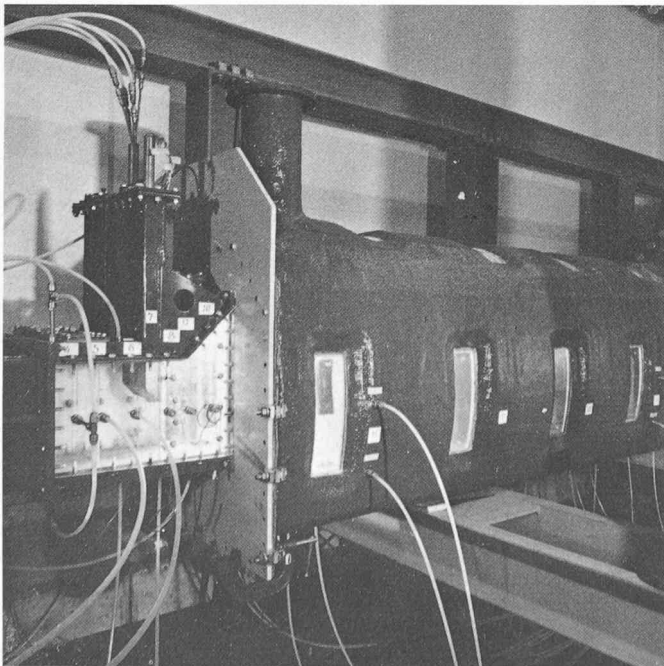


Fig. 4. — Vue du modèle.

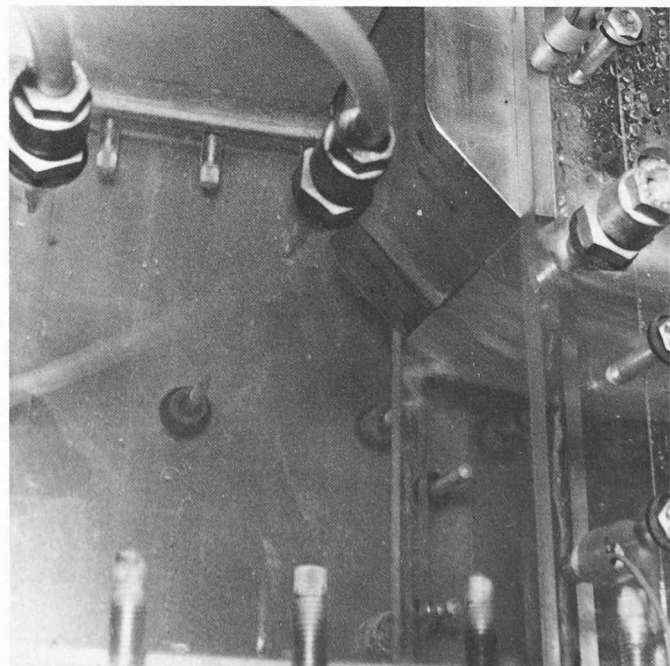


Fig. 5. — Début de cavitation à proximité de la rainure de la vanne.

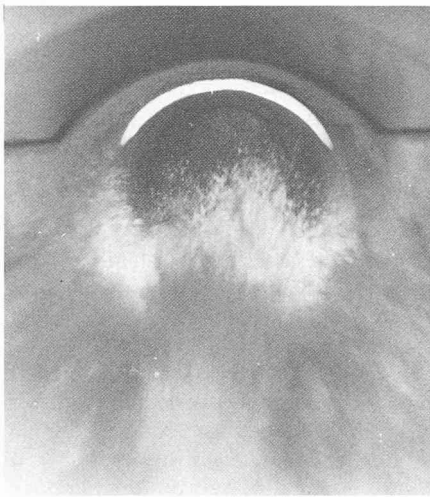


Fig. 6. — Photo de l'écoulement de la Fig. 7.

des vannes, pression qui devient ainsi bien plus faible que la pression atmosphérique dans le modèle.

Deux phénomènes ont été observés:

- apparition d'un tourbillon dans les rainures des vannes,
- légère cavitation sous les vannes de service à proximité des rainures.

La figure 5 montre ces phénomènes. Les tourbillons dans les rainures des vannes étaient rendus visibles par la présence d'air emprisonné. Il ne s'agissait pas de cavitation (bulles de vapeur d'eau).

La cavitation qui a été observée était relativement modeste. Elle est visible sur la photo (fig. 6). Elle ne pourra probablement pas se manifester sur le prototype en raison d'une meilleure aération des rainures.

### 3. L'écoulement à l'aval des vannes

Le jet d'eau qui sort de la vanne et qui représente une puissance de 1000-1500 MW devrait être guidé le mieux possible vers la sortie du tunnel.

La forme du tunnel à l'aval des vannes a été examinée avec les quatre configurations suivantes:

1. Elargissement du tunnel (chambre) de 11,50 m avec un profil fer-à-cheval, d'une hauteur de 15 m et d'une largeur de 15 m sur une longueur de 50 m (voir figure 3). Le palier entre la vanne et le radier de la chambre était de 3,35 m.
2. Tunnel de dérivation de 11,5 m de diamètre avec un petit élargissement au haut du tunnel, à l'endroit de l'arrivée de la cheminée d'air. Le palier entre vanne et fond du tunnel était également de 3,35 m.
3. Tunnel avec diamètre réduit de 10 m. Ces essais ont été approchés avec un diamètre de 11,5 m en plaçant le tube du tunnel plus haut de façon à ce que, dans la zone du premier contact entre eau et tunnel, ce der-

nier approche l'emplacement d'un tunnel de 10 m de diamètre. Le palier entre vanne et fond du tunnel était réduit à 2,05 m.

4. Canal rectangulaire sans palier latéral ni aération au radier. Le jet d'eau était guidé vers l'aval dans un canal dont le fond et les délimitations latérales correspondaient aux ouvertures des vannes.

Les résultats d'essai de ces quatre configurations sont donnés sous forme de dessins représentant l'allure de l'écoulement (fig. 7), de mesures de pression et de fluctuations de pression, de mesures de vitesse à la sortie de la chambre aval et de débits d'air entraîné.

Les quatre configurations peuvent être caractérisées comme suit:

La configuration 3 présentait le meilleur écoulement.

En effet, un élargissement de la section (configurations 1 et 2) provoque des réflexions importantes des jets.

La grande chambre de la configuration 1 s'est révélée inutile. L'aération était suffisante avec des sections de chambre plus petites. En outre, les mesures ont montré que la diminution de vitesse de l'écoulement dans les premiers 120 m du tunnel était à peu près constante pour les quatre configurations de la chambre. La figure 9 donne le coefficient de vitesse à la sortie en fonction des débits.

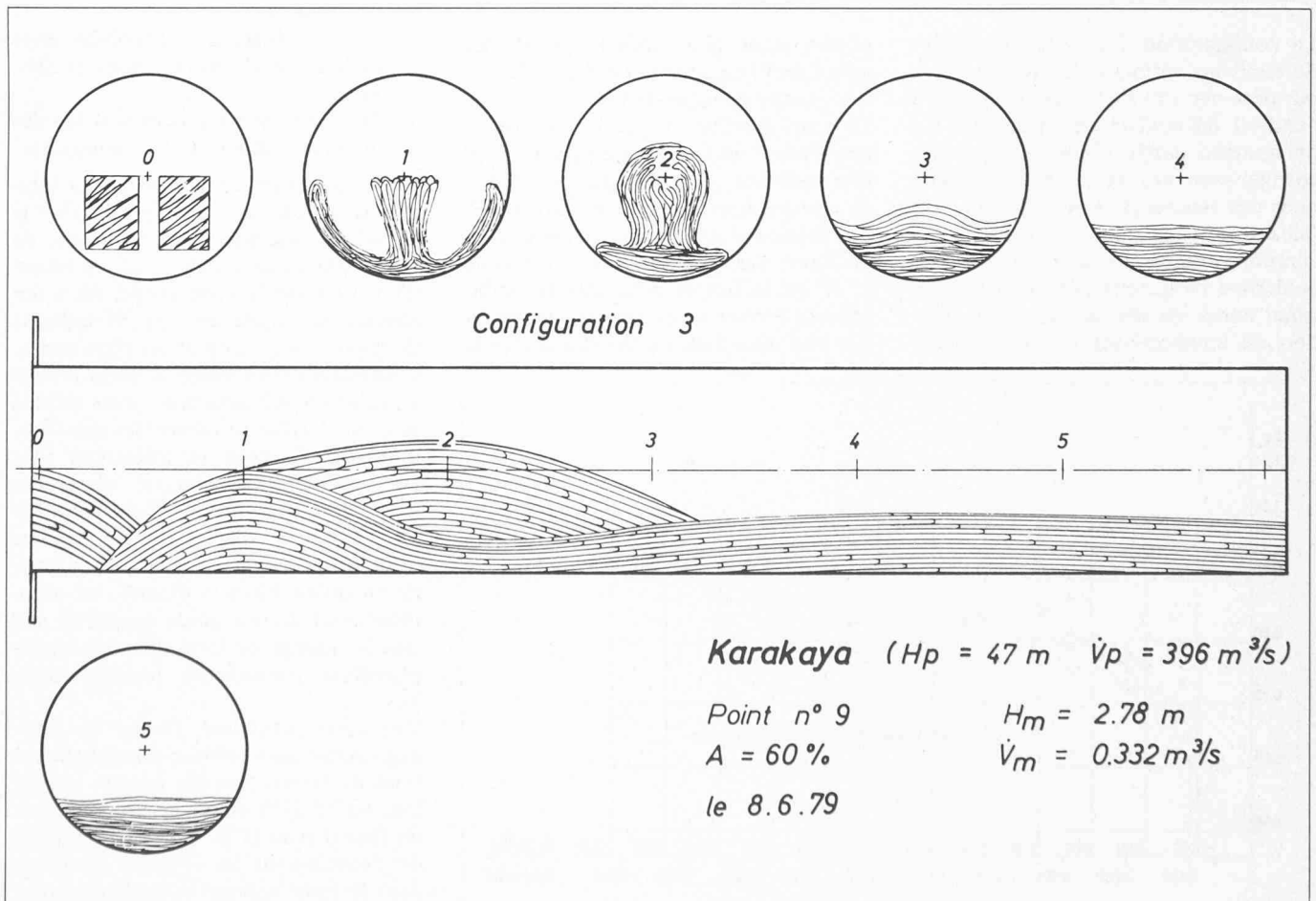


Fig. 7. — Ecoulement à l'aval de la vanne. Simulation du tunnel de 11,5 m.

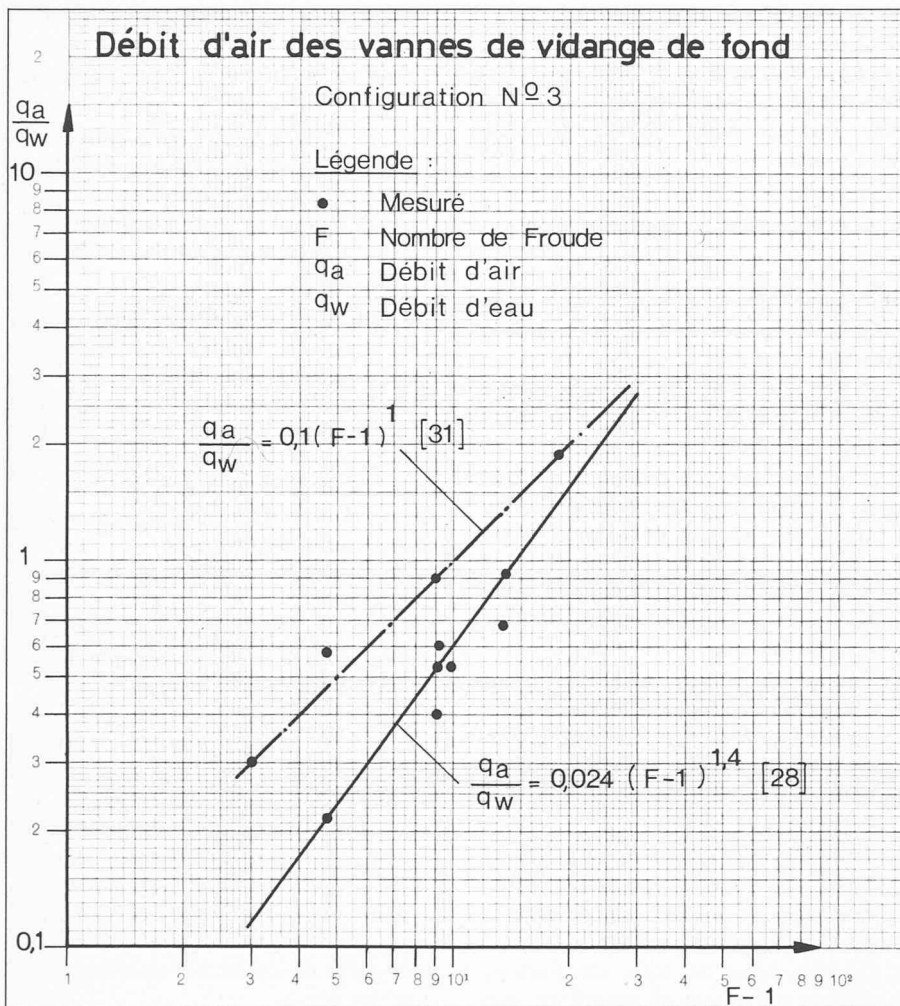


Fig. 8. — Demande d'air du jet d'eau après les vannes.

La configuration 4 semblait promettre de meilleurs résultats. En réalité, on a pu observer un fort rejaillissement à l'endroit du contact des deux jets. Ce phénomène aurait néanmoins pu être corrigé avec des murs de séparation, mais des raisons d'ordre technique ont fait écarter cette solution. En effet, une aération insuffisante du jet aurait rendu ce dernier dangereux pour le béton. Le canal aurait dû être blindé. Cette solution est inintéressante car, les surfaces

planes étant plus difficiles à blinder qu'un profil circulaire, il aurait fallu une très grande quantité de béton.

La configuration 3 (tunnel de 10 m) permet un blindage plus économique et une meilleure adaptation au programme de construction que la configuration 2. Les essais ont également donné des indications sur le débit d'air. L'échelle 1:17 est suffisante pour que la similitude de Froude ne donne pas des résultats trop déformés. La figure 8 donne le

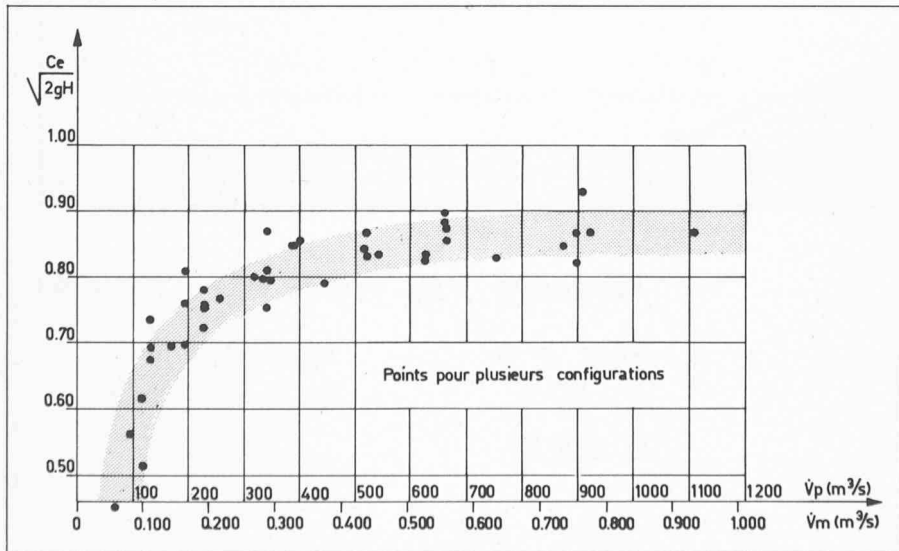


Fig. 9. — Rapport des vitesses sous la vanne et à la sortie du modèle.

rapport débit air/débit eau en fonction du nombre de Froude.

#### 4. Les conséquences pour la protection du tunnel

Les essais sur modèle ont bien défini le comportement de l'eau à l'aval des vannes (vitesses, entraînement de l'air, stabilité). A l'aide de ces données, les niveaux d'eau dans le tunnel, plus en aval, ont pu être calculés.

La question principale qui subsistait était celle du choix du matériau. Est-il possible de trouver un béton capable de résister à des vitesses d'eau de 40 à 45 m/s, ou faut-il prévoir un blindage d'acier?

Théoriquement, un béton peut être spécifié de façon à ce qu'il réponde aux exigences. Les diagrammes de J. W. Ball, par exemple (3) et (4), montrent qu'on est à la limite des valeurs étudiées. Les spécifications des finitions et des tolérances deviennent tellement dures qu'il est très difficile de les «tenir». De plus, les points suivants font apparaître le béton comme une solution risquée:

- les travaux doivent être exécutés en un temps très limité,
- les conditions de travail dans un tunnel sont difficiles (humidité, accès, etc.),
- la fabrication et la pose du béton ne peuvent pas toujours être contrôlées,
- une réparation éventuelle devient un point faible,
- certains dégâts sont prévisibles après l'utilisation du tunnel pour la dérivation,
- des dégâts ont été constatés sur des ouvrages similaires (voir tableau 1).

Ces raisons font apparaître que la solution d'un revêtement en béton pour le tunnel de vidange de fond présente de trop grands risques. En effet, un retard d'un mois sur le programme, dû à des réparations, coûte environ 50 millions de francs sans compter les réparations. L'utilisation d'un béton à fibres d'acier a également été envisagée, mais écartée pour les raisons suivantes: les spécifications des finitions et tolérances sont aussi difficiles à respecter que celles d'un béton traditionnel. Bien qu'un béton à fibres d'acier puisse résister jusqu'à 10 fois plus longtemps à la cavitation qu'un béton ordinaire, cet argument perd de son poids quand on sait que la vidange de fond doit être en exploitation permanente pendant deux ans.

Une autre possibilité d'éviter un blindage aurait été l'aération continue au fond du tunnel par des canaux prévus tous les 15 à 20 m sur la circonférence du tunnel (voir [37]). Une telle aération de l'écoulement se révélera peut-être dans le futur comme la meilleure solution de prévention contre la cavitation; malheureusement, les expériences ne

TABLEAU I  
Liste des dégâts causés par de grandes vitesses dans les ouvrages hydrauliques

Name of dam	Literature (see: Bibliography)	Discharge velocity	Place of damage	Material damaged	Reason of damage
Boulder Dam	[1] [6] [16]	45 m/s	Spillway tunnel bottom of knee	Concrete	Misalinement of the tunnel Cavitation
Norris Dam	[1]	24-30 m/s	After sluice gates	High test gray iron	Misalinement of joints in sluice liners
Glen Canyon Dam	[21]	41 m/s	Bottom outlet tunnel	Concrete	Abrasive erosion followed by cavitation
		41 m/s	Gate and steel lined conduit	Steel	Offsets at joints, improperly ground field welds, ridges in paint coating
Palisades Dam	[3] [1]	30 m/s	Downstream from outlet gate frame	Concrete	Cavitation, offset in a wall Lack of aeration
Grand Coulee Dam	[3] [21]	?	Outlet tunnels	Concrete	Change in alinement of tunnel Surface 1 : 2/ → Cavitation
Pine Flat Dam	[6]	?	After gate-steel liners	Concrete	Roughness of concrete Cavitation
Fort Randall Dam	[6]	?	Transition	Concrete	Reduced pressures because of increase of velocity and slope away from flow; Cavitation
Detroit Dam	[6]	?	Conduit	Concrete	Poor quality of concrete
Serre Ponçon	[7] [11]	45 m/s 41 m/s	Bottom outlet tunnel 10 m after lining, 25 m after gate	Concrete	Small irregularities in concrete, in the order of mm
Serre Ponçon	[7] [11]	45 m/s 41 m/s	Some m. after gate	Steel	Mortar remaining on steel → Cavitation
Aldeadavila	[8]	~ 45 m/s	Spillway tunnel	Concrete	Faults concrete ring joints Cavitation
Karun Dam (Reza Shah Kabir Dam)	[25]	45-50 m/s	Spillway chute	Concrete	Misalinement of concrete ev. Roughness, cavitation
Tarbela Dam	[25] [34]	?	Outlet tunnels, stilling basin	Concrete	Various reasons, see literature
Several dams	[21]	Several normal heads 41-95 m	Outlets	Concrete	Misalinement or irregularity in flow surface, failure of repairs
Libby Dam, Dworshak Dam	[33]	~ 35-40 m/s	Sluices, stilling basin	Concrete	Cavitation + Erosion

sont pas encore suffisantes à l'heure actuelle et, de ce fait, certains risques subsistent. Des essais supplémentaires à très grande échelle seraient nécessaires. Ces considérations ont amené l'ingénieur à recommander un blindage à réaliser de la façon suivante:

- sur les premiers 54 m après les vannes, sur toute la circonférence du tunnel et
- sur les 105 m jusqu'à la sortie, sur un peu plus de la moitié inférieure de la circonférence.

## 5. Conclusions

Les essais sur modèle des vidanges de fond de Karakaya ont permis d'examiner les risques de cavitation des vannes, les effets des modifications et les caractéristiques du jet sortant des vannes. Ces caractéristiques ont permis de réduire les dimensions du tunnel prévu à l'aval des vannes. Les risques de cavitation ont amené l'ingénieur à prévoir un blindage en acier dans le tunnel à l'aval des vannes.

### Adresse des auteurs:

Walter Giezendanner  
Ingénieur dipl. EPFZ, hydraulicien  
Société générale pour l'industrie  
Avenue Louis-Casaï 71  
1216 Genève-Cointrin  
Pierre Henry  
Professeur  
Institut de machines hydrauliques  
Ecole polytechnique fédérale  
de Lausanne  
Avenue de Cour 26  
1007 Lausanne

### Bibliographie

- [1] *Cavitation in Hydraulic Structures, a Symposium*. Plusieurs auteurs. ASCE Transactions Paper N 2295.
- [2] ARTHUR H. G. and JABARA M. A.: *Problems involved in Operation and Maintenance of Spillways and Outlets at Bureau of Reclamation Dams*. CIGB - Neuvième Congrès des grands barrages, Istamboul 1967, Q33 R5.
- [3] BALL, James W.: *Construction Finishes and High Velocity Flow*. JHD, ASCE, Vol. 89, Sept. 1963.
- [4] BALL, James W.: *Cavitation from Surface Irregularities in High Velocity*. JHD, ASCE, Sept. 1976.
- [5] BALL, James W., TULLIS, J. P., STRIPLING, T.: *Predicting Cavitation in Sudden Enlargements*. JHD, ASCE, July 1975.
- [6] BROWN, F. R.: *Cavitation in Hydraulic Structures. Problems created by Cavitation Phenomena*. JHD, ASCE, January 1963 (with discussion by Misra S. and Campbell B.).
- [7] DESTENAY, J. BERNARD, J.: *Quelques exemples de dégradation des bétons par cavitation dans des ouvrages hydro-électriques*. La Houille Blanche, n° 2-3/1968.
- [8] GALINDEZ, A., GUINEA, P. M., LUCAS, P., ASPURU, J. J.: *Spillways in a Peak Flow River*. CIGB - Neuvième Congrès des grands barrages, Istamboul 1967, Q33 R22.
- [9] GARDET, A., DYSLI, M.: *Essais à l'abrasion de revêtements d'ouvrages hydrauliques*. Bulletin technique de la Suisse romande, n° 4, 1969.
- [10] GHETTI, A., DI LIBVIO, G.: *Investigations on the Running of Deep Gated Outlet Works from Reservoirs*. CIGB - Neuvième Congrès des grands barrages, Istamboul 1967, Q33 R48.
- [11] *Evacuateurs de crue (longs)*. Groupe de travail du Comité français des grands barrages. CIGB - Neuvième Congrès de grands barrages, Istamboul 1967, Q33, R40.
- [12] GSAENGER, A.: *Beanspruchungen von Beton und Betonbauwerken unter Einwirkung von hohen Wassergeschwindigkeiten*. Beton, 9-1962.
- [13] MEIDAL, P. and WEBSTER, J. L.: *Mica: One of the World's Largest Structures*. Water Power, July 1973 (Part 2).
- [14] MEIDAL, P., WEBSTER, J. L.: *Discharge Facilities for Mica Dam*. CIGB - Onzième Congrès des



- grands barrages, Madrid 1973, Q41 R50.
- [15] OLIVEIRA, LEMOS, PINTO DA SILVA: *Vidange du fond débouchant dans des bassins d'amortissement. L'érosion du béton.* XI<sup>e</sup> Congrès de l'AIHR, Leningrad 1965, RI.21.
- [16] PRICE, W. H.: *Erosion of Concrete by Cavitation and Solids in Flowing Water.* Journal of the American Concrete Institute, May 1947 (Vol. 19, n° 9).
- [17] PRICE, W. H. and WALLACE, G. B.: *Resistance of Concrete and Protection.* Journal of the American Concrete Institute, Oct. 1949.
- [18] RÖHNISCH, A., VOLLMER, E.: *Ein Beitrag zur einheitlichen Beurteilung der Abriefsfestigkeit der im Wasserbau und Rohrleistungsbau verwendeten Baustoffe.* Schriftenreihe des Ingenieurs Büros Prof. Dr. Ing. Röhnisch, Stuttgart Vaihingen, 1970.
- [19] RUSSEL, Samuel, O. and BALL, James W.: *Sudden Enlargement Energy Dissipator for Mica Dam.* JHD, ASCE, Vol. 93, July 1967.
- [20] STUTZ, R., GIEZENDANNER, W., RUEFENACHT, H.-P.: *The Ski Jump Spillway of the Karakaya Hydroelectric Scheme.* CIGB - Treizième Congrès des grands barrages, New Delhi 1979.
- [21] WAGNER, W. E. and JABARA, M. A.: *Cavitation Damage downstream from Outlet Works Gates.* IAHR Congress, Paris 1971, R214.
- [22] WAGNER, W. E.: *Glen Canyon Dam Diversion Tunnel Outlet.* JHD, ASCE, November 1967.
- [23] WALZ, K., WISCHERS, G.: *Ueber den Widerstand von Beton gegen die mechanische Einwirkung von Wasser hoher Geschwindigkeit.* Beton, 9-69.
- [24] JOHNSON, Virgil E.: *Mechanics of Cavitation.* JHD, ASCE, May 1963.
- [25] *Informations concernant le barrage de Tarbela et le barrage du Karoun,* publiées dans: Water Power - janvier 75, juin/juillet 75, juin 76, août 76. World Water - juin 79. Engineering News Record - juillet 79.
- [26] *Erosion Resistance of Concrete in Hydraulic Structures.* ACI Committee 210. Proc. Amer. Concrete Institute 52 (1955/56), p. 259/271.
- [27] VOLKART, P.: *Hydraulische Bemessung steiler Kanalisationsleitungen unter Berücksichtigung der Luftaufnahme.* Mitteilung Nr. 30 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, 1978.
- [28] WISNER, P.: *Hydraulic Design for Flood Control by High Head Gated Outlets.* CIGB - Neuvième Congrès des grands barrages, Istamboul 1967, C12.
- [29] WISNER, P.: *Sur le rôle du critère de Froude dans l'étude de l'entraînement de l'air par les courants à grande vitesse.* Onzième Congrès de l'AIHR, Leningrad 1965, RI.15.
- [30] DAVIS, C. V.: *Handbook of Applied Hydraulics.* McGraw-Hill, New York, third edition, 1970.
- [31] LEVIN, L.: *Formulaire des conduites forcées et conduits d'aération.* Dunod, Paris, 1968.
- [32] LIEBL, A.: *High Pressure Sluice Gates.* CIGB - Onzième Congrès des grands barrages, Madrid 1973, R.42.
- [33] REGAN, R. P., MUNCH, A. V., SCHRAMMER, E. K.: *Cavitation and Erosion Damage of Sluices and Stilling Basins at two High Head Dams.* CIGB - Treizième Congrès des grands barrages, New Delhi 1979, Q50 R21.
- [34] LOWE, J. III, BANGASH, H. D., CHAO, P. C.: *Some Experiences with High Velocity Flow at Tarbela Dam Project.* CIGB - Treizième Congrès des grands barrages, New Delhi 1979, Q50 R13.
- [35] AKSOY, S., ETHEMBABAOGLU, S.: *Cavitation Damage at the Discharge Channels of Keban Dam.* CIGB - Treizième Congrès des grands barrages, New Delhi 1979, Q50 R21.
- [36] POST, G.: *Quelques problèmes particuliers posés par les déversoirs à grande capacité: tapis de protection, dissipation d'énergie par déflecteurs, et aération et cavitation produits par les écoulements à grande vitesse.* CIGB - Treizième Congrès des grands barrages, New Delhi 1979, Q50 R21.
- [37] QUINTELA, A.-C.: *Flow aeration to prevent Cavitation Erosion.* Water Power and Dam Construction, January 1980.

## Industrie et technique

### L'argent soufre du soufre

Un air de famille entre le végétal et le minéral: l'une des photos montre les jeunes feuilles d'un chardon et l'autre les «efflorescences» bizarres d'un métal précieux placé dans des conditions particulières. Au laboratoire de recherches Siemens à Munich, on a voulu savoir comment l'argent, matériau fréquemment employé pour réaliser des contacts en électrotechnique et en électronique, allait se comporter

lorsqu'il est exposé à des agents corrosifs. De fait, on a observé au microscope à balayage électronique que la surface lisse d'un échantillon d'argent placé dans un milieu sulfureux (H<sub>2</sub>S) se couvre au bout d'un certain temps de petites «pousses», en réalité des cristaux de sulfure d'argent rappelant à s'y méprendre quelque représentant du monde végétal. Mais l'apparence est trompeuse: en effet, alors que les pustules si néfastes pour les contacts ne font que 20 microns de long

environ, les feuilles de chardon mesurent une vingtaine de centimètres, soit dix mille fois plus. Et, au cas où vous ne l'auriez pas deviné, le chardon est sur la photo de droite.

### Nouveau remède contre le cancer

Le traitement du cancer par des cytotoxines (cellules empoisonnées) ne causant pas d'effet secondaire important pourrait être le résultat de travaux de recherche préparés pour une thèse de médecine à l'Université d'Oslo.

Le médecin et chercheur Øystein Fodstad, auteur de cette thèse, a greffé des morceaux de tumeurs malignes de personnes à des souris, afin d'étudier les effets des deux protéines extrêmement toxiques que sont l'abrine et la ricine. Le Dr Fodstad déclare que ces protéines ont été efficaces contre certaines formes de cancer, pour le moins autant que les remèdes utilisés jusqu'ici.

De plus les effets secondaires sont minimes. Les nouvelles substances n'attaquent pas la moelle des os et le patient ne perd pas ses cheveux, n'a pas de nausées ou vomissements, comme cela est souvent le cas lors de l'emploi d'autres types de cytotoxines. Les tests utilisant abrine et ricine indiquent qu'elles peuvent être utiles dans le traitement du cancer, en particulier si on les utilise avec d'autres cytotoxines.

Le Dr Fodstad souligne que les tests cliniques sur des patients doivent encore être effectués avant que ces nouvelles substances soient utilisées dans la lutte contre le cancer.

Au cours des six dernières années le Dr Fodstad a travaillé à l'Institut de recherches sur le cancer de Norsk Hydro à l'Hôpital du Radium à Oslo. Trois biochimistes de l'institut ont précédemment consacré leur thèse de doctorat aux effets de poisons des cellules sur les tumeurs malignes.

Les tumeurs malignes et le cancer du colon sont parmi les types de tumeurs que le Dr Fodstad a transmis de patients opérés d'un cancer à des souris sans poils.

