

1081

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

CONFIDENCIAL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA

Núcleo de Hidráulica de Estruturas

Proc. 065/1/9184

**BARRAGE D'AOULOZ
— VIDANGES DE FOND
ESSAIS SUR MODELE REDUIT
DES PERTUIS ET DES VANNES**

RELATÓRIO 160/89 — NHE

Juillet 1989

Étude Réalisée pour SOREFAME

I&D
HIDRÁULICA

BARRAGEM DE AOULOZ - DESCARGAS DE FUNDO

Estudo em modelo reduzido das condutas e das comportas

AOULOZ DAM - OUTLETS

Model tests of the outlets and gates

BARRAGE D'AOULOZ - VIDANGES DE FOND

Étude sur modèle réduit des pertuis et des vannes

INDEX

1 - INTRODUCTION

- 1.1 - Le Prototype
- 1.2 - Object de l'Etude

2 - LE MODELE

- 2.1 - Description Générale
- 2.2 - Similitude de l'Ecoulement
- 2.3 - Similitude de l'Entraînement d'Air
- 2.4 - Similitude de la Réponse Vibratoire des Vannes
- 2.5 - Echelles
- 2.6 - Appareils de Mesure et d'Enregistrement
- 2.7 - Étalonnage des Capteurs à Jauge et de Pressions

3 - DESCRIPTION DES ESSAIS ET PRESENTATION DES RESULTATS

- 3.1 - Considérations Générales
- 3.2 - Caractéristiques Générales de l'Ecoulement
- 3.3 - Courbes de Débit
- 3.4 - Pressions Moyennes aux Galeries
- 3.5 - Efforts de Manoeuvre et Hydrodynamiques sur le Système de Manoeuvre des Vannes
 - 3.5.1 - Vanne de Garde
 - 3.5.2 - Vanne de Réglage
- 3.6 - Aération

CONCLUSIONS

- 4.1 - Relatives à l'Ecoulement
- 4.2 - Relatives aux Débits
- 4.3 - Relatives aux Pressions Moyennes dans les Galeries
- 4.4 - Relatives au Comportement Dynamique des Vannes
 - 4.4.1 - Vanne de Garde
 - 4.4.2 - Vanne de Réglage
- 4.5 - Relatives aux Efforts de Manoeuvre des Vannes
- 4.6 - Relatives à l'Aération
- 4.7 - Remarques Relatives à l'Exploitation des Vannes

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 - Caractéristiques Dynamiques des Vannes.

Tableau 2 - Coefficients de Débit, Différences de Niveaux au Réservoir et au Puits et Coefficients k.

Tableau 3 - Vanne de Garde. Ecarts - Type des Efforts, des Déplacements et des Pressions.

Tableau 4 - Débits, Vitesses d'Air et Coefficients d'Aération.

Tableau 5 à 23 - Pressions Moyennes aux Galeries.

Tableau 24 - Vanne de Réglage. Forces Hydrodynamiques sur la Face Amont.

INDEX DES FIGURES

- Fig. 1 - Localisation du Barrage d'Aoulouz.
- Fig. 2 - Le Prototype. Vidanges de Fond.
- Fig. 3 - Le Modèle - Définition Schématique.
- Fig. 4 - Vidange de Fond - Localisation des Prises de Pression.
- Fig. 5 - Le Modèle - Vanne de Garde.
- Fig. 6 - Le Modèle - Vanne de Réglage.
- Fig. 7 - Système de Manoeuvre des Vannes à Raideur Variable.
- Fig. 8 - Courbes de Débit des Déversoirs de Bazin.
- Fig. 9.1 - Vanne de Garde - Courbes d'Etalonnage.
- Fig. 9.2 - Vanne de Réglage - Courbes d'Etalonnage.
- Fig. 10 - Courbes de Débit de la Vanne de Réglage.
- Fig. 11 - Courbes des Coefficients de Débit. Vannes en Ouverture Totale.
- Fig. 12 - Situations d'Ouverture des Vannes ou l'écoulement est Troublé.
- Fig. 13.1 - Vanne de Garde. Oscillation Libre dans l'Eau . Analyse Spectrale.
- Fig. 13.2 - Vanne de Réglage. Oscillation Libre. Analyse Spectrale.
- Fig. 14 à 37 - Spectres de Puissance.
- Fig. 38 - Vanne de Garde. Efforts de Manoeuvre.

INDEX DES PHOTOS

Photo 1 - Pertuis - Vue Amont.

Photo 2 - Saut de Ski - Vue Aval.

Photo 3 - Les Pertuis et les Reniflards.

Photo 4 - Moule de l'Entrée. Localisation des Prises de Pression.

Photo 5 - Tableau de Lecture des Pressions Moyennes.

Photo 6 - Vue Latérale des Pertuis - Prises de Pression.

Photo 7 - Vanne de Garde - Vue Amont.

Photo 8 - Rainures de la Vanne de Garde.

Photo 9 - Vanne de Garde - Vue Aval. Localisation du Capteur de Pressions.

Photo 10 - Vanne de Réglage - Vue Amont.

Photo 11 - Vanne de Réglage - Vue Aval.

Photo 12 et 13 - Instrumentation du Système de Manoeuvre de la Vanne de Garde.

Photo 14 - Instrumentation du Système de Manoeuvre de la Vanne de Réglage.

Photo 15 - Appareils de Mesure et d'Enregistrement.

Photo 16 - Ouverture Totale des Vannes. Vue Latérale. PHEE, $Q = 1050 \text{ m}^3/\text{s}$ (deux pertuis).

Photo 17 - Ouverture Totale des Vannes. Vue Amont. PHEE, $Q = 1050 \text{ m}^3/\text{s}$ (deux pertuis).

Photo 18 à 20 - Vortex à l'Entrée des Pertuis.

Photo 21 - Ecoulement Troublé. $VG = 50\%$; $VR = 91\%$, PHEE, $Q = 357,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (un pertuis).

Photo 22 - Ecoulement en Surface Libre $VG = 50\%$; $VR = 100\%$, PHEE, $Q = 362 \text{ m}^3/\text{s}$ (un pertuis).

Photo 23 et 24 - Aspect de l'Écoulement avec Aération. $VG = 50\%$; $VR = 91\%$. Vues Amont et Latérale. PHEE, $Q = 357,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Photo 25 et 26 - Aspect de l'Écoulement sans Aération. $VG = 50\%$; $VR = 91\%$. Vues Amont et Latérale. PHEE, $Q = 357,5 \text{ m}^3/\text{s}$

BARRAGE D'AOULOZ. VIDANGES DE FOND ETUDE SUR MODELE REDUIT DES PERTUIS ET DES VANNES

1 - INTRODUCTION

1.1 - Le prototype

Le barrage d'Aoulouz se trouve au Royaume du Maroc sur l'Oued Souss, Fig. 1.

Le barrage est muni de vidanges de fond qui se composent de deux pertuis identiques, Fig. 2. Chaque vidange de fond a été dimensionné pour un débit d'environ $500 \text{ m}^3/\text{s}$ sous un plan d'eau de retenue normale (RN) à 761,50 NGM et peut être mise en service pour tout niveau de retenue.

Chaque pertuis a une vanne de garde, vanne wagon, et une vanne de manoeuvre, vanne segment, commandées par servo-moteurs à simple effet.

Les vannes de garde ont été conçues pour couper le débit maximum (à gueule-béc) en cas de non fonctionnement des vannes de réglage en position ouverte.

Le réglage du débit désiré est obtenu par le choix de l'ouverture de la vanne segment en fonction du niveau de la retenue.

Les pertuis ont, dans la zone de section constante, les dimensions $4,00 \times 6,00 \text{ m}^2$. Les sections au niveau des vannes de garde et de réglage sont, respectivement, de $4,00 \times 8,00 \text{ m}^2$ et de $4,00 \times 5,00 \text{ m}^2$.

Le blindage de chaque pertuis débute à 3 m en amont des rainures de la vanne garde et se prolonge jusqu'au changement de section à l'aval de la vanne de réglage à 4,00 m environ de son seuil. Il englobe la partie inférieure du dispositif d'aération à l'aval des vannes de garde. Les deux conduits de ce dispositif ont 800 mm de diamètre.

En aval des pertuis il y a un saut de ski qui restitue les eaux vers la rivière.

1.2 - Objet de l'Etude

Cette étude a eu le but d'analyser les conditions de fonctionnement hydraulique des vidanges de fond, la détermination des pressions moyennes dans les galeries, la prévision du comportement des vannes et des efforts auxquels elles seront soumises dans les différentes situations d'écoulement, et l'observation des conditions d'aération dans les zones aval des vannes de garde.

Les essais en modèle physique ont été conduits de façon à permettre l'analyse ou la détermination des aspects suivants:

a) Caractéristiques générales des conditions d'écoulement dans les vidanges de fond pour différentes conditions hydrauliques et pour les niveaux d'eau correspondants à la retenue normale (RN = 761,50 NGM) et à la retenue exceptionnelle (PHEE = 767,84 NGM), et pour plusieurs ouvertures des vannes;

b) Évaluation des courbes de débit de la vanne de réglage pour différentes ouvertures;

c) Détermination des valeurs des pressions agissant sur les parois du pertuis des vidanges de fond dans les conditions mentionnées en a) et pour les situations d'écoulement aéré et non aéré;

d) Analyse du comportement du conduit d'aération pour des ouvertures partielles de la vanne de garde;

e) Examen de l'écoulement entre les vannes en cours d'opération de la vanne de garde lorsque la vanne de réglage est stoppée, par panne, dans une certaine position ou totalement ouverte;

f) Détermination des efforts hydrodynamiques agissant sur les vannes en fonction de leurs ouvertures;

g) Détermination des spectres de puissance des pressions, des efforts et des déplacements des vannes.

2 - LE MODELE

2.1 - Description Générale

Les essais ont été réalisés sur un modèle tridimensionnel à l'échelle 1:30 sans distortion.

Le modèle reproduit les structures d'entrée et de sortie, moulées en béton, les deux pertuis, construits en perspex, les vannes de garde, de réglage et les reniflards, Fig. 3 et Photos 1 à 3.

L'un des pertuis, celui de gauche, reproduit la géométrie du prototype et est muni d'une batterie de piézomètres pour mesurer les pressions moyennes dans les galeries ainsi que sur la face amont de la vanne de réglage, Fig. 4 et Photos 4 à 6. Les vannes de ce pertuis ne respectent que la similitude géométrique.

L'autre pertuis a été construit de façon à permettre l'analyse du comportement dynamique des vannes. C'est pourquoi les deux vannes dans ce pertuis respectent non seulement la géométrie des vannes du prototype, mais aussi ses caractéristiques de réponse dynamique, Fig. 5 et 6, Photos 7 à 11.

Pour reproduire les conditions aux limites on n'a construit qu'une partie du réservoir sur une extension d'environ 200 m (prototype) et à l'aval des sauts de ski sur une longueur d'environ 140 m (prototype), Fig. 3.

L'alimentation en eau du modèle a été faite en utilisant une chambre à niveau constant, de façon à assurer l'écoulement permanent pendant les essais.

2.2 - Similitude de l'Écoulement

Dans le modèle, les phénomènes hydrauliques dont on a étudié les caractéristiques dépendent essentiellement des forces d'inertie, de gravité et de pression, donc la similitude hydraulique est basée sur les critères de Froude et d'Euler.

En ce qui concerne l'influence des forces de viscosité la similitude du modèle, par égard au prototype, peut être considérée comme parfaite. Effectivement, le modèle a été construit à une échelle suffisamment grande (1:30), de façon à pouvoir assurer des valeurs du nombre de Reynolds, Re_m , très élevées. Pour le cas d'une retenue normale, le nombre de Reynolds peut varier de 6×10^5 (si la vanne de réglage est ouverte, à 100%) à 6×10^4 (en ouverture de 10%).

Le nombre de Reynolds est défini par:

$$Re_m = \frac{V_m D_m}{\nu}$$

V - vitesse

D - dimension géométrique caractéristique

ν - coefficient de viscosité cinématique de l'eau

m - relatif au modèle

2.3 - Similitude de l'Entraînement d'Air

Il n'existe pas encore aucune loi de similitude générale pour déterminer l'échelle du modèle de façon à reproduire les conditions d'entraînement d'air du prototype. De toute façon, on peut quantifier dans certaines limites les effets d'échelle. Dans cette étude, les pires conditions d'appel d'air par les conduits d'aération se produisent pour les situations où la vanne de garde est en ouverture partielle et la vanne de réglage en contact avec l'écoulement. Pour des situations de ce type des études antérieures ont prouvé que la similitude de Froude est valable pour l'appel d'air ([1] et [2]). Cela veut dire que les valeurs des débits d'air mesurées sur le modèle seront proches de celles du prototype par l'application de l'échelle des débits ($\lambda_L^{5/2}$).

Les effets de compressibilité de l'air ont été négligés car les valeurs du nombre de Mach observées sur le modèle sont faibles.

2.4 - Similitude de la Réponse Vibratoire des Vannes

Pour respecter la similitude des vibrations des vannes sur modèle, il a fallu respecter le rapport entre les fréquences hydrauliques d'excitation et les fréquences propres des vannes.

Le système de manoeuvre des vannes se compose d'une lame en acier, dont la longueur est variable, Fig. 7. Les vannes et le système de commande ont été considérés comme des systèmes simples de masse-ressort.

La réponse d'un système masse-ressort dépend de la relation entre les fréquences de l'excitation et la fréquence propre, et de l'amortissement. La vanne de réglage tourne sur un système spécial de pivots, composé par des roulements à billes dans le but d'éliminer le frottement lorsqu'il se produisent des rotations.

Dans le cas étudié, on a fait la détermination des fréquences propres dans l'air et dans l'eau pour les deux vannes, et on a obtenu des valeurs presque égales.

La raideur du système de manoeuvre de chaque vanne a donc été ajustée de façon à respecter l'échelle des fréquences.

Les fréquences propres des vannes ont été obtenues par analyse spectrale et les taux d'amortissement donnés par le facteur d'amplification pour l'excitation à la fréquence propre.

On a déterminé les fréquences propres des vannes en les percutant sur le système de manoeuvre.

Les caractéristiques dynamiques des vannes de garde et de réglage du prototype et du modèle sont présentées au Tableau 1. La masse de la vanne de réglage a été corrigée en lui ajoutant du plomb. Cette correction a permis de localiser le centre d'inertie dans la position correspondante à celle du centre d'inertie des vannes du prototype, Fig. 6.

A partir de l'analyse des valeurs du Tableau 1, on peut vérifier que la vanne de réglage et le système de manoeuvre du modèle représentent ceux du prototype à l'échelle des masses

près et aussi à l'échelle des fréquences propres dans l'air. Pendant son fonctionnement, cette vanne n'est jamais totalement immergée, donc ses fréquences propres dans l'air et dans l'eau sont à peu près les mêmes. La valeur de l'amortissement pour cette vanne est de 5% (valeur moyenne), Fig. 13.1.

En ce qui concerne la vanne de garde, on a pu constater que l'écart entre la valeur théorique de l'échelle des fréquences propres et celle du modèle est de 10%. L'amortissement des vibrations à la fréquence propre dans l'eau est de 4%, Fig. 13.2.

2.5 - Echelles

On a suivi la loi de similitude de Froude, donc, pour l'échelle linéaire 1:30, les échelles dérivées sont les suivantes:

Longueurs	$\lambda_L = 1/30$
Aires	$\lambda_L^2 = 1/900$
Vitesses	$\lambda_L^{1/2} = 1/5,48$
Débits	$\lambda_L^{5/2} = 1/4930$
Pressions (hauteurs piézométriques)	$\lambda_L = 1/30$
Temps	$\lambda_L^{1/2} = 1/5,48$
Forces hydrodynamiques	$\lambda_L^3 = 1/27000$
Fréquences excitatrices	$\lambda_L^{-1/2} = 5,48$
Fréquences propres des vannes	$\lambda_L^{-1/2} = 5,48$

2.6 - Appareils de Mesure et d'Enregistrement

Les débits d'eau ont été mesurés en utilisant des déversoirs rectangulaires à parois minces, dont les courbes de débit sont présentées à la Fig. 8.

Les niveaux d'eau au réservoir ont été mesurés au moyen d'un limnimètre à pointe avec une échelle vernier. L'erreur limite absolue est inférieure à $\pm 0,1$ mm.

Pour mesurer les vitesses d'air on a utilisé un système Pitot-Prandtl dont l'erreur est inférieure à 5%.

Des piézomètres on été utilisés pour mesurer les pressions moyennes dans les galeries et sur la face amont de la vanne de réglage, Fig. 4 et Photos 4 et 6. La précision est de ± 1 mm de colonne d'eau.

Les fluctuations de pression sous la vanne de garde ont été obtenues en utilisant un capteur de pression à la face, ayant un diamètre de 3,7 mm, et une gamme de mesure de pressions absolues de 0-0,17 MPa, Photo 9.

La mesure des fluctuations des efforts hydrodynamiques agissant sur les systèmes de commande des vannes a été faite par des capteurs à jauge, Photos 12 et 14.

Un capteur de déplacements inductif a été monté pour mesurer les déplacements et les efforts hydrodynamiques moyens sur les vannes et pour l'étalonnage des capteurs à jauge, Fig. 7 et Photos 13 et 14.

Pour l'enregistrement des signaux relatifs aux capteurs de pression et à jauge, des ponts Wheatstone associés à des amplificateurs de signal ont été utilisés, Photo 15. Leur fréquence de mesure est de 0-1 kHz (-1 dB) et leur déviation de linéarité est inférieure à $\pm 0,05\%$ pour les gammes des mesures. On a utilisé encore un enregistreur galvanométrique, dont

la vitesse du papier peut varier entre 1 mm/s et 125 mm/s, un oscilloscope et un voltmètre digital pour faire des vérifications périodiques des données pendant les essais, Photo 15.

L'acquisition des signaux des capteurs de pression et à jauge a été faite au moyen d'un ordinateur MASSCOMP 5450, et le traitement des données a été faite à l'ordinateur central du LNEC, un VAX 8700.

2.7 - Étalonnage des Capteurs à Jauge et de Pressions

On a utilisé le capteur de déplacements préalablement calibré ($1\mu\text{m/mV}$), pour l'étalonnage des capteurs à jauge relativement aux déplacements des vannes. En déformant les lames d'acier du système de manoeuvre on a enregistré les réponses des capteurs à jauge et de déplacements, ce qui a permis de construire les courbes représentées aux Figs. 9.1 et 9.2.

Par la suspension aux vannes de plusieurs masses connues, on a fait l'étalonnage des capteurs à jauge pour les efforts appliqués au système de manoeuvre. Les courbes relatives à cette opération sont aussi indiquées aux Figs. 9.1 et 9.2.

Pour l'étalonnage du capteur de pressions, placé sous la vanne de garde, on a mis l'ensemble vanne-capteur dans un réservoir d'eau, et on a enregistré les variations du signal du capteur en fonction des variations de la hauteur de la colonne d'eau. La courbe de calibration du capteur de pressions, pour la sensibilité adoptée, est présentée sur la Fig.9.1.

3 - DESCRIPTION DES ESSAIS ET PRESENTATION DES RESULTATS

3.1 - Considérations Générales

Les résultats des essais peuvent être présentés selon cinq groupes tout-à fait indépendants:

- courbes de débits de la vanne de réglage en fonction de l'ouverture;
- pressions moyennes dans les galeries;
- efforts hydrodynamiques subis par le système de manoeuvre des vannes;
- analyse de la réponse dynamique;
 - dans la vanne de garde
 - dans la vanne de réglage;
- aération.

Bien que les essais présentés ci-dessus soient distincts, on a exécuté quelques - uns simultanément, notamment celui de l'alinéa b) avec a), d1) et e), concernant les pressions moyennes pour plusieurs situations d'ouverture des vannes et des cotes du plan de retenue. Les essais concernant d1) et e) on été aussi conduits en même temps, permettant ainsi l'analyse du comportement de la vanne de garde en ouverture partielle et des pressions moyennes sur les parois avec et sans aération.

Tous les résultats présentés dans ce chapitre se rapportent au prototype.

3.2 - Caractéristiques Générales de l'Écoulement

L'écoulement à travers les pertuis ne pose pas de problèmes pour le fonctionnement normal de la décharge, c'est-à-dire, en ouverture totale de la vanne de garde et avec des ouvertures partielles de celles de réglage. On n'a pas remarqué d'instabilité dans les valeurs des pressions moyennes au-delà de l'acceptable. En tout cas, il est important de rapporter la formation de vortex dans le réservoir avec entraînement d'air, à l'entrée des vidanges de fond, pour les situations où la cote de retenue se trouve entre 725,00 NGM et 740,00 NGM. Les situations sont montrées aux Photos 18 à 20.

Lorsque la vanne de réglage est stoppée, par panne, dans une certaine position et la vanne de garde se déplace en cours de fermeture, on a observé que l'écoulement entre les vannes se trouble pour certaines ouvertures relatives. Photos 21, 23, 24, 25 et 26. Effectivement, lorsqu'on passe de l'écoulement en pression (et vice-versa avec un léger effet d'hystérésis), on remarque la formation de tourbillons d'axe horizontal et un retour d'eau en amont assez violent. Ces instabilités ont été déjà décrites en [3]. Les situations les plus défavorables sont présentées sur la Fig. 12. Dans ces situations, l'écoulement peut induire des vibrations dans la vanne de garde. On a fait plusieurs essais pour déterminer la corrélation entre les fluctuations de pression sous la vanne de garde et les efforts agissant sur le système de manoeuvre.

3.3 - Courbes de Débit

Les courbes de débit de la vidange de fond concernant les situations d'ouverture totale ou partielles de la vanne de réglage sont présentées à la Fig. 10. On remarque que le débit déchargé, dans la situation d'ouverture totale et pour le niveau d'eau à la cote de retenue maximale (PHEE), est de 1 050 m³/s (deux pertuis), Photos 16 et 17. Le coefficient de débit obtenu pour ce cas est de 0,81.

On a été conduit à des valeurs des débits et des coefficients de débit plus faibles sur ce modèle que celles présentées en [3] (8% pour PHEE, vannes à 100%).

En ce qui concerne les pertes de charge linéaires, pour la situation de charge maximale et en ouverture totale des vannes, le modèle reproduit une rugosité absolue de 0,3 mm selon la formulation de Colebrook-White. En considérant pour la rugosité absolue une valeur de 0,03 mm⁽¹⁾ l'effet d'échelle trouvé pour le coefficient de débit après la correction selon Colebrook-White, par rapport à celui obtenu sur le modèle, a été inférieur à 1%, ce qui est négligeable.

Les pertes de charge singulières dépendent seulement de la géométrie des pertuis et de la vitesse de l'écoulement. Du fait que ces variables sont reproduites à l'échelle sur le modèle, on n'a pas de distorsions pour ce type de pertes de charge.

La diminution vérifiée des valeurs des coefficients de débit par rapport à celles présentées en [3] doit résulter essentiellement des changements introduits dans la géométrie de l'entrée des pertuis.

Les coefficients de débit obtenus, pour une situation d'ouverture totale et différentes hauteurs de charge, sont présentés à la Fig. 11.

On a analysé aussi les conditions de débit pour les cas d'ouverture partielle de la vanne de garde et différentes hauteurs d'eau.

(1) Limite inférieure présentée dans la bibliographie pour des blindages du type de celui qui sera appliqué sur le prototype.

En ce qui concerne les conditions de similitude de l'écoulement sous la vanne de garde, on a vérifié qu'il y avait beaucoup d'eau qui s'écoulait par les rainures lors des petites ouvertures (au-dessous de 20%). Cette situation a été due au fait que, pour réduire l'amortissement, les étanchéités dans le modèle sont comparablement moins efficaces et, en conséquence, il n'y a pas de similitude totale des valeurs des débits pour ces petites ouvertures. Pour les ouvertures plus grandes les conditions de similitude du débit sont plus correctes, parce que les pertes d'eau par les rainures sont comparativement négligeables.

Les valeurs des débits et des coefficients de débit sont présentées au Tableau 2. Les coefficients ont été calculés d'après l'équation:

$$C_d = \frac{Q}{ab \sqrt{2gH}}$$

Q - débit (m³/s)

a - ouverture de la vanne (m)

b - largeur de la galerie (m)

H - différence entre la cote de retenue et celle du centre de l'ouverture (m)

Au Tableau 2 on présente aussi les valeurs d'un coefficient K, qui ont été obtenues en fonction des valeurs des différences de niveaux au réservoir et au puits des vannes de garde. Ce coefficient K a été défini dans le but d'appuyer l'analyse des efforts agissant sur le système de manoeuvre de la vanne de garde en ouverture partielle.

L'expression suivante a été adoptée dans les calculs:

$$K = \frac{2g(a b)^2 \Delta H}{Q^2}$$

Q - débit (m³/s)

a - ouverture de la vanne (m)

b - largeur de la galerie (m)

ΔH - différence de cotes du niveau d'eau au réservoir et au puits (m)

Les valeurs de k peuvent être un peu plus élevées que les correspondantes au prototype, en résultat des différences des étanchéités, déjà signalées.

3.4 - Pressions Moyennes aux Galeries

On a muni l'un des pertuis de vingt prises de pression piézométriques, dont les localisations sont présentées à la Fig. 4.

L'une des vannes de réglage est muni de trois prises de pression piézométriques, conformément à la même figure. Le but est de connaître les valeurs moyennes des pressions y agissant, donc les efforts hydrodynamiques moyens. Les valeurs des pressions moyennes sont présentées au Tableau 6 et suivants. Dans ces tableaux il y a des prises de pression qui ne sont pas mentionnées pour certaines situations, car elles sont hors de service.

Les valeurs des pressions sont, sauf quelques exceptions, supérieures à la pression atmosphérique. La valeur minimale (-3m), considérant les oscillations, a été enregistrée à la prise numéro 8.

3.5 - Efforts de Manoeuvre et Hydrodynamiques sur le Système de Manoeuvre des Vannes

3.5.1 - Vannes de Garde

Pour déterminer l'effort de manoeuvre et la réponse à la vibration de la vanne de garde on a mesuré le zéro du capteur de déplacements pour une certaine position de cette vanne, en maintenant la vanne de réglage fermée et le plan d'eau au réservoir à une certaine cote d'essai. Ce zéro correspond à un effort sur le système de manoeuvre qui résulte du poids de la vanne diminué de la poussée d'Archimède.

Après la lecture des zéros, on a ouvert la vanne de réglage, de façon à établir l'écoulement à travers le pertuis, ce qui a provoqué une variation du signal envoyé par le capteur. Cette variation traduit la différence entre l'effort avec écoulement et sans écoulement. Les valeurs moyennes des efforts de manoeuvre au prototype mesurées sur le modèle sont présentées dans la Fig. 38.

L'effort moyen maximum subit par le système de manoeuvre de la vanne de garde, mesuré sur le modèle, a été de 1990 kN, Fig. 38.

Pour la détermination des variations autour des valeurs moyennes des efforts et des pressions sous la vanne de garde, dans les situations présentées en 3.2, on a d'abord établi le régime permanent. Ensuite, on a envoyé les signaux des capteurs à l'ordinateur MASSCOMP, en utilisant une fréquence d'échantillonnage et une durée convenables. Une fois le signal digitalisé, le traitement des données a été fait au moyen d'un programme d'analyse spectrale sur l'ordinateur, ce qui a permis la détermination des fonctions de densité spectrale, donc des fréquences de plus grande énergie associées aux forces, aux déplacements et aux pressions, ainsi que leur écarts-type. Les résultats sont présentés au Tableau 3.

D'après l'observation des fonctions de densité spectrale des forces et des pressions, dont les plus significatives sont présentées aux Figs. 14 à 37, on remarque qu'à la fréquence propre de la vanne (6 Hz) il y a toujours un pic. De toute façon, l'énergie au voisinage de cette fréquence est très faible, ce qui traduit la bonne performance de la vanne de garde dans toutes les situations essayées.

3.5.2 - Vanne de Réglage

La vanne de réglage n'est jamais complètement immergée. De ce fait la méthode utilisée pour la détermination de l'effort de manoeuvre a été plus directe que pour la vanne de garde.

On a lu les zéros du capteur de déplacements avec la vanne placée dans la situation de l'essai, ayant le modèle à vide. Après cette opération, on a rempli le réservoir jusqu'à la cote de rétention prétendue. Une fois cette condition satisfaite, on a lu la nouvelle valeur du signal du capteur. La variation entre la valeur initiale et la valeur finale a permis le calcul de l'effort de manoeuvre.

En ce qui concerne la variation des efforts, le principe a été identique à celui utilisé pour la vanne de garde et qui a été exposé en 3.5.1.

De toute façon, on remarque que les déplacements sont tellement petits qu'ils n'ont pas été enregistrés par les appareils de mesure (déplacements sur le modèle inférieurs à 1µm).

D'après les valeurs des pressions moyennes mesurées sur la face amont on a obtenu les forces hydrodynamiques donc les valeurs sont présentées au Tableau 24.

3.6 - Aération

Le tube Pitot-Prandtl, utilisé dans le modèle pour mesurer les vitesses de l'air, est un appareil qui est muni d'une prise de pression totale et d'une prise de pression statique, reliées à un manomètre différentiel.

La vitesse de l'air, avec cet appareil est donnée par

$$V_{\text{air}} = \sqrt{\frac{2g h_e}{\rho_a}}$$

V_{air} - vitesse de l'air dans le modèle (m/s)

h_e - différence de pressions du manomètre (mm d'eau)

ρ_a (T) - masse volumique de l'air (kg/m³)

T - température de l'air

g - accélération de la gravité (9,81 m/s²)

Les débits d'air obtenus sur le modèle ont été calculés en multipliant les vitesses maximales de l'air par la section des conduits d'aération du modèle. Les valeurs ont été transformées en valeurs du prototype selon l'échelle des débits. A partir des débits d'air on a obtenu les vitesses maximales de l'écoulement dans le reniflard pour le prototype.

D'après ce qui est exposé en 2.2, il n'existe pas encore de théorie suffisamment sûre pour corriger les valeurs obtenues sur modèle en les transférant pour le prototype. En tout cas, des études développées pour plusieurs situations analogues ont démontré que, pour des écoulements dans des pertuis avec ressaut hydraulique, la similitude de Froude reste valable [5].

On présente au Tableau 4 les valeurs des débits et des vitesses de l'air et des coefficients d'aération, définies comme le rapport entre le débit d'air et le débit d'eau, β . Sur ce tableau, on présente aussi des valeurs du coefficient d'aération, pour des situations analogues, définies après les expressions proposées par D. Quazar et A. Lejeune [1]

$$\beta_2 = 0,012 (Fr - 1)^{1,135}$$

et Kalinske et Robertson [2]

$$\beta_3 = 0,0066 (Fr - 1)^{1,4}$$

Les valeurs données par ces expressions sont un peu plus élevées que celles qu'on a obtenu sur le modèle, notamment pour les petites ouvertures de la vanne de garde.

Lorsque l'écoulement à travers les pertuis est en surface libre, c'est-à-dire, pour des ouvertures partielles de la vanne de garde inférieures à 70%, on a obtenu pour les vitesses de l'air au reniflard des valeurs moins élevées. Une fois que les pertuis ne sont pas très longs, l'aération peut avoir lieu par aval, ce qui réduit le débit d'air au reniflard.

D'autre part, des études ont permis vérifier que la similitude de Froude n'est pas directement applicable lorsqu'on mesure l'entraînement d'air pour des écoulements en surface libre.

Un exemple de ce fait est le cas du déversoir en puits du barrage de Heart Butte, États-Unis [4]. Des mesures des débits d'air sur le prototype et sur le modèle à l'échelle géométrique de 1:21,5, ont conduit à des valeurs de β inférieures sur le modèle. Le nombre de Froude calculé pour une section de courant situé au début de la galerie horizontale a été de 8,5. La valeur maximale trouvée par Peterka au prototype de Heart Butte pour le coefficient d'aération est de $\beta = 0,21$.

De l'analyse des résultats du modèle, on peut dire que les conduits du reniflard ont des dimensions suffisantes pour assurer des bonnes conditions d'aération, lorsque la vanne de garde est en ouverture partielle, car les vitesses d'air dans le prototype sont inférieures à 30 m/s.

4 - CONCLUSIONS

4.1 - Relatives à l'Écoulement

Dans les situations d'exploitation normale des vidanges, l'écoulement ne pose pas de problèmes.

Pour des niveaux moins élevés au réservoir (cotes au-dessous de 740 NGM), on a observé la formation de vortex à l'entrée des puits.

Pour des ouvertures partielles de la vanne de garde, en cours de fermeture, et de la vanne de réglage, stoppée par panne, le champ de pressions au voisinage de la vanne de garde s'altère significativement en conséquence de l'oscillation de la masse d'eau dans le puits et du ressaut hydraulique à l'aval de la vanne.

4.2 - Relatives aux Débits

Le débit des vidanges de fond, dans la situation d'ouverture totale et pour le niveau de retenue maximale (PHEE = 767,84 NGM) est de 1050 m³/s. La valeur du coefficient de débit pour cette situation est 0,81.

A notre avis, la diminution des débits sur ce modèle, par rapport à ceux obtenus en [3], peut être due aux changements introduits dans la géométrie de l'entrée des puits.

4.3 - Relatives aux Pressions Moyennes dans les Galeries

Les pressions moyennes dans les galeries se trouvent dans des limites acceptables, étant, en général, supérieures à la pression atmosphérique.

Parfois, dans les prises de pressions 8; 20 et 15, on a obtenu des pressions au-dessous de la pression atmosphérique.

Lorsque la valeur minimale de ces pressions a été de -3 m d'eau, il n'y a pas de risque de cavitation.

4.4 - Relatives au Comportement Dynamique des Vannes

4.4.1 - Vanne de Garde

En ce qui concerne la vanne de garde, bien qu'il existe une certaine corrélation entre les fluctuations de pression et les vibrations, les efforts associés, caractérisés par l'écart-type, sont inférieurs à 16 kN.

La concentration d'énergie autour de la fréquence propre de la vanne de garde est très faible.

L'amortissement positif des oscillations est suffisant pour dissiper l'énergie transférée par l'écoulement à la vanne et on n'a pas observé aucune tendance à l'amplification.

4.4.2 - Vanne de Réglage

La vanne de réglage a un bon comportement dynamique. Effectivement, les déplacements induits par l'écoulement enregistrés sur le modèle sont tellement petits, qu'ils ne sont pas enregistrés par les appareils de mesure.

4.5 - Relatives aux Efforts de Manoeuvre des Vannes

L'effort de manoeuvre maximum mesuré sur le système de manoeuvre de la vanne de garde a été de 1990 kN.

D'après les valeurs des pressions moyennes mesurées sur la face amont de la vanne de réglage, on a obtenu pour les forces hydrodynamiques des valeurs selon la composante horizontale de 7762 kN, et selon la composante verticale, de 5043 kN (ouverture de 20%).

4.6 - Relatives à l'Aération

La géométrie du système reniflard-rainures d'aération possède des dimensions satisfaisantes pour assurer des bonnes conditions d'aération, car les vitesses d'air sont inférieures à 30 m/s pour les situations les plus défavorables.

4.7 - Remarques Relatives à l'Exploitation des Vannes

Les résultats obtenus ne nous laissent pas envisager aucune restriction à la loi d'exploitation des vannes.

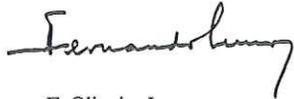
REMERCIEMENTS:

On remercie la collaboration des ingénieurs F. Toco Emilio du LNEC et J. Varandas Martins de SOREFAME dans la conception de l'équipement du modèle.

Lisbonne, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Juillet de 1989

Visé par

LE CHEF DE LA DIVISION
DE STRUCTURES HYDRAULIQUES



F. Oliveira Lemos

LE CHEF DU DEPARTEMENT
D'HYDRAULIQUE



José Pires Castanho

LE SOUS-DIRECTEUR



João Bau

Auteurs



José Falcão de Melo
Ingénieur Civil,
Stagiaire de Recherche



C. Matias Ramos
Ingénieur Civil,
Maître de Recherche

BIBLIOGRAPHIE

- [1] - QUAZAR, D; LEJEUNE, A - Theoretical and Experimental Study of Cavitation Prevention by Ventilation. Symposium on Scale Effects in Modelling Hydraulic Structures, Esslingen, F.R.G., September 1984.
- [2] - SIKORA, A - Référence de: Air-Water Flow in Hydraulic Structures. U.S. Dep. of the Interior, Engineering Monograph N° 41, Denver, U.S.A., 1980.
- [3] - LPEE - Barrage d'Aoulouz, Vidanges de Fond. Notes Techniques N°s 8 et 9, Casablanca, Royaume du Maroc, Juillet 1988.
- [4] - PETERKA, A.J. - Performance Tests on Prototype and Model. Sep. Proc. ASCE, n°433, April, 1954.
- [5] - MURRAY, R.I.; SIMMONS, W.P. - Hydraulic Downpull Forces on Large Gates. U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, A Water Resources Technical Publication, Rep. N° 4, Washington, 1966.

TABLEAUX

FIGURES

TABLEAU N° 1

CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES DES VANNES

	VANNES			
	GARDE		RÉGLAGE	
	f_{air} (Hz)	m (Kg)	f_{air} (Hz)	m (Kg)
Modèle	29,7	3,25	41,7	2,95
Prototype	6,0	77000	7,6	79620
Echelles du modèle	4,9	$1/23692$	5,48	$1/27000$
Echelles théoriques	5,48	$1/27000$	5,47	$1/27000$

TABLEAU N° 2

COEFFICIENTS DE DEBIT, DIFFERENCES DE NIVEAUX AU
RESERVOIR ET AU PUITTS ET COEFFICIENTS K

Ouverture des Vannes(%)	Q(m ³ /s)		C _D		Δ H(m)		K	
	RN	PHEE	RN	PHEE	RN	PHEE	RN	PHEE
10	100	92,5	0,931	0,987	9,4	9,4	0,23	0,19
	43	90,0	0,906	0,958			0,22	0,17
20	100	154,5	0,781	0,785	6,2	7,1	0,21	0,21
	58	154,0	0,778	0,782			0,21	0,21
30	100	211,5	0,716	0,709	5,3	6,2	0,22	0,22
	70	210,0	0,709	0,713			0,21	0,22
50	100	330,0	0,677	0,694	5,9	7,9	0,27	0,28
	91	328,5	0,673	0,685			0,27	0,27
70	100	457,50	0,671	0,681	8,7	9,1	0,41	0,37
	100	475,00	0,676	0,625			0,51	0,43

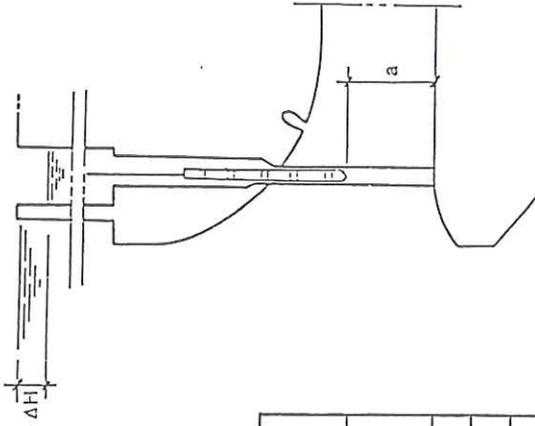


TABLEAU N° 3

VANNE DE GARDE — ECARTS — TYPE DES EFFORTS,
DES DEPLACEMENTS ET DES PRESSIONS

Ouvertures des vannes (%)		σ _F (kN)		σ _d (μm)		σ _p (m.c.e)		Aération Oui/ Non
		RN	PHEE	RN	PHEE	RN	PHEE	
10	43	6,30	5,98	52	49	1,12	1,02	Oui
		3,83	6,78	31	56	0,97	1,01	Non
	100	6,26	9,89	51	81	0,94	0,99	Oui
		5,70	12,15	47	99	0,87	0,84	Non
20	58	8,91	6,26	73	51	1,13	1,34	Oui
		11,10	10,16	91	83	1,50	1,46	Non
	100	7,80	7,11	64	60	0,88	0,66	Oui
		8,25	7,32	68	58	0,81	0,69	Non
30	70	6,34	5,96	51	49	1,40	1,31	Oui
		7,05	4,62	58	38	1,52	1,57	Non
	100	7,91	—	65	100	0,73	0,79	Oui
		7,79	6,01	64	49	0,76	0,77	Non
50	91	15,67	7,50	128	61	1,73	1,09	Oui
		13,39	6,87	110	56	1,07	1,41	Non
	100	4,89	5,28	40	43	0,84	0,92	Oui
		4,60	10,23	38	84	0,68	1,09	Non
70	100	4,74	5,00	39	49	1,04	1,21	Oui
		7,10	10,11	58	82	1,13	1,13	Non
80	100	11,40	15,09	124	93	0,80	0,78	Oui
		13,90	12,56	114	103	0,68	1,22	Non

TABLEAU N° 6
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 9 ET 10 Q= 332 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 20% Vanne de Réglage 100%				ESSAIS N°s 11 ET 12 Q= 309 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 20% Vanne de Réglage 100%			
Ecoulement				Ecoulement			
Aéré N= 768,44 m		Non Aéré N= 768,44 m		Aéré N= 761,54 m		Non Aéré N= 761,54 m	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	3,75	1	3,72	1	3,75	1	3,75
9	52,65	9	52,62	9	45,90	9	45,9
10	51,40	10	51,40	10	44,86	10	44,86
11	50,85	11	50,85	11	44,40	11	44,40

ESSAIS N°s 13 ET 14 Q= 308 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 20% Vanne de Réglage 58%				ESSAIS N°s 15 ET 16 Q= 330 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 20% Vanne de Réglage 58%			
Ecoulement				Ecoulement			
Aéré N= 761,54 m		Non Aéré N= 761,30 m		Aéré N= 768,20 m		Non Aéré N= 767,98 m	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	6,30 a)	1	6,15 a)	1	6,90 a)	1	6,90 a)
9	46,05	9	45,90	9	52,59	8	-1,20 b)
10	45,10	10	44,86	10	51,49	9	52,14
11	44,70	11	44,46	11	50,94	10	51,01
						11	50,61

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1m$
b) $1m < \Delta h < 2m$

TABLEAU N° 7
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 17 ET 18 Q= 724 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 50% Vanne de Réglage 100%				ESSAIS N°s 19 ET 20 Q= 660 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 50% Vanne de Réglage 100%			
Ecoulement				Ecoulement			
Aéré N= 768,22 m		Non Aéré N= 768,37 m		Aéré N= 761,50 m		Non Aéré N= 761,83 m	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	4,20	1	4,14	1	3,96	1	4,08
2	4,06	2	4,00 a)	2	3,76	2	3,85
9	46,65	9	46,05	3	0,60	9	40,59
10	38,50	10	38,20 a)	9	40,35	10	33,70
11	31,50	11	31,95 a)	10	33,49	11	28,29
12	6,39	12	10,20 a)	11	27,00	12	9,0
				12	7,95 a)		
				13	6,30 b)		

ESSAIS N°s 21 ET 22 Q= 448 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 30% Vanne de Réglage 100%				ESSAIS N°s 23 ET 24 Q= 423 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 30% Vanne de Réglage 100%			
Ecoulement				Ecoulement			
Aéré N= 768,37 m		Non Aéré N= 768,31 m		Aéré N= 761,50 m		Non Aéré N= 761,71 m	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	3,21	1	3,15	1	3,24	1	3,24
2	2,83	2	2,92	9	44,55	9	44,55
9	51,06	9	50,94	10	41,95	10	41,95
10	48,19	10	48,07	11	33,70 a)	11	38,70
11	45,21	11	47,85				

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1m$
b) $1m < \Delta h < 2m$

TABLEAU N° 8
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE

Q - DEBIT

ESSAIS N°s 25 ET 26 Q = 442 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 30% Vanne de Réglage 70%				ESSAIS N°s 27 ET 28 Q = 420 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 30% Vanne de Réglage 70%			
Ecoulement				Ecoulement			
Aéré N=768,31 m		Non Aéré N=767,70 m		Aéré N=761,69 m		Non Aéré N=761,17 m	
Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)
1	7,80 a)	1	7,89 a)	1	7,80 b)	1	7,20 a)
2	15,10 b)	2	15,85 c)	2	-	2	13,90 c)
3	-	3	14,25 c)	3	-	3	-
4	-	4	19,40 e)	4	-	4	-
5	-	5	19,00 e)	5	-	5	-
6	-	6	15,80 d)	6	-	6	-
7	-	7	15,22 d)	7	-	7	-
8	-	8	14,40 d)	8	-	8	-
9	50,64	9	50,25	9	44,61	9	44,55
10	47,95	10	47,65	10	42,22	10	42,10 a)
11	44,55 a)	11	44,85 a)	11	39,15 b)	11	38,55 a)
12	-	12	-	12	-	12	-
13	-	13	-	13	-	13	-
14	-	14	-	14	-	14	-
15	-	15	-	15	-	15	-
16	-	16	-	16	-	16	-
17	-	17	-	17	-	17	-
18	-	18	-	18	-	18	-
19	-	19	-	19	-	19	-
20	-	20	-	20	-	20	-
21	-	21	-	21	-	21	-
22	-	22	-	22	-	22	-
23	-	23	20,98 d)	23	-	23	-

Oscillations de pression:

- a) $\Delta h < 1m$
- b) $1m < \Delta h < 2m$
- c) $2m < \Delta h < 3m$
- d) $3m < \Delta h < 4m$
- e) $4m < \Delta h < 5m$

- Hors de service

TABLEAU N° 9
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE

Q - DEBIT

ESSAIS N°s 29 ET 30 Q = 715 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 50% Vanne de Réglage 91%				ESSAIS N°s 31 ET 32 Q = 657 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 50% Vanne de Réglage 91%			
Ecoulement				Ecoulement			
Aéré N=763,22 m		Non Aéré N=767,70 m		Aéré N=761,50 m		Non Aéré N=761,24 m	
Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)
1	9,60 a)	1	9,60 a)	1	9,30 a)	1	9,15 a)
2	-	2	15,85 a)	2	-	2	14,50 b)
3	-	3	12,75 a)	3	-	3	11,55 b)
4	-	4	20,90 a)	4	-	4	19,40 c)
5	-	5	19,30 a)	5	-	5	17,05 b)
6	-	6	18,50 b)	6	-	6	16,40 b)
7	-	7	18,82 b)	7	-	7	16,57 b)
8	-	8	18,90 b)	8	-	8	16,80 c)
9	46,56	9	45,90	9	40,80	9	40,50
10	38,80	10	38,80 a)	10	34,21	10	34,09
11	31,80	11	32,10 b)	11	28,05 a)	11	27,75 a)
12	10,05 a)	12	10,05 a)	12	10,05 a)	12	9,75 a)
13	-	13	10,95 a)	13	-	13	9,75 a)
14	-	14	4,89 b)	14	-	14	4,74 a)
15	-	15	1,54 b)	15	-	15	-
16	-	16	0,96 b)	16	-	16	-
17	-	17	-	17	-	17	-
18	-	18	-	18	-	18	-
19	-	19	0,04 b)	19	-	19	-
20	-	20	-0,99	20	-	20	-
21	-	21	-	21	-	21	-
22	-	22	-	22	-	22	-
23	-	23	-	23	-	23	-

Oscillations de pression:

- a) $\Delta h < 1m$
- b) $1m < \Delta h < 2m$
- c) $2m < \Delta h < 3m$

- Hors de service

TABEAU N° 10
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 33 ET 34 Q = 968 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 70% Vanne de Réglage 100%				ESSAIS N°s 35 ET 36 Q = 915 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 70% Vanne de Réglage 100%			
Ecoulement				Ecoulement			
Aéré N= 767,83m		Non Aéré N= 768,15m		Aéré N= 761,50m		Non Aéré N=762,00 m	
Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)
1	8,94	1	8,85	1	8,16	1	8,16
2	12,49	2	12,40	2	-	2	11,53
3	8,34	3	8,25	3	-	3	7,65
4	9,35 a)	4	9,11 a)	4	-	4	7,85 a)
5	10,30 a)	5	10,42 a)	5	-	5	9,10
6	12,95	6	12,35 a)	6	-	6	11,06
7	15,82 a)	7	15,34 a)	7	-	7	13,72
8	17,40	8	17,25	8	-	8	15,00
9	42,45	9	42,30	9	38,20 a)	9	37,65 a)
10	32,20	10	32,20	10	28,27	10	28,45
11	32,04	11	31,65	11	27,75 a)	11	28,20 a)
12	18,15 a)	12	17,70 a)	12	15,30 a)	12	16,05 b)
13	19,65 a)	13	18,60 a)	13	16,05 a)	13	16,05 b)
14	15,90	14	14,19	14	13,98 a)	14	12,99
15	8,89 a)	15	6,94	15	-	15	6,64
16	3,24 a)	16	-	16	-	16	-
17	1,40 a)	17	-	17	-	17	-
18	0,78	18	-	18	-	18	-
19	2,50 a)	19	1,03	19	-	19	1,18 a)
20	1,29 a)	20	-0,24	20	-	20	-0,09 a)
21	-	21	-	21	-	21	-
22	-	22	-	22	-	22	-
23	-	23	-	23	-	23	-

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1m$
b) $1m < \Delta h < 2m$
- Hors de service

TABEAU N° 11
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 37 ET 38 Q = 950 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 80% Vanne de Réglage 100%				ESSAIS N°s 39 ET 40 Q = 1032 m³/s OUVERTURES: Vanne de Garde 80% Vanne de Réglage 100%			
Ecoulement				Ecoulement			
Aéré N= 761,50 m		Non Aéré N= 761,36 m		Aéré N= 768,32 m		Non Aéré N= 768,19 m	
Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)	Piéz. n°	p/γ (m d'eau)
1	9,54	1	8,19	1	9,33	1	9,15
2	12,16	2	12,31	2	13,42	2	13,57
3	8,25	3	8,25	3	9,18	3	9,30
4	8,66	4	8,75 a)	4	10,10 a)	4	9,95
5	9,85	5	10,00 a)	5	15,95	5	11,50
6	12,05	6	11,90	6	13,85	6	12,56
7	14,98	7	14,77 a)	7	17,47	7	17,47
8	16,71	8	18,15 a)	8	19,41	8	19,35
9	37,35	9	37,50 a)	9	43,50	9	42,90 a)
10	29,35	10	29,65 a)	10	34,09	10	33,85 a)
11	30,00	11	30,00 b)	11	34,35 a)	11	34,65 a)
12	22,50 a)	12	22,50 a)	12	25,95 a)	12	25,20 a)
13	23,25	13	20,10 a)	13	27,00 a)	13	26,40 a)
14	21,54	14	21,48 a)	14	24,99	14	24,84
15	16,99	15	16,84	15	19,99	15	19,54
16	12,84 a)	16	12,39 a)	16	14,64 b)	16	8,49 a)
17	9,44 a)	17	9,14 a)	17	11,24 a)	17	10,94 a)
18	7,59 a)	18	7,74 a)	18	9,39 a)	18	9,24 a)
19	9,94 a)	19	9,94 a)	19	11,68 a)	19	11,59 a)
20	8,16 a)	20	8,16 a)	20	9,96 a)	20	9,66 a)
21	-	21	-	21	-	21	-
22	-	22	-	22	-	22	-
23	-	23	-	23	-	23	-

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1m$
b) $1m < \Delta h < 2m$
- Hors de service

TABLEAU N° 12
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE

Q - DEBIT

ESSAIS Nos 41, 42, 43, 44

OUVERTURES:

Vanne de Garde 100%

Vanne de Réglage 100%

N = 715,70 m Q = 42 m³/s		N = 716,96 m Q = 114 m³/s		N = 718,07 m Q = 182 m³/s		N = 721,13 m Q = 310 m³/s	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	3,66	1	4,20	1	3,99	1	5,07
2	2,92	2	3,46	2	3,37	2	4,81
3	0,60	3	4,05	3	1,11	3	2,40
4	-	4	-	4	-	4	0,56
5	-	5	-	5	-	5	0,61
6	-	6	-	6	-	6	0,65
7	-	7	-	7	-	7	0,73
8	-	8	-	8	-	8	0,72
9	1,47	9	2,43	9	3,30	9	5,88
10	1,06	10	1,75	10	2,66	10	4,90
11	0,78	11	1,50	11	2,19	11	4,77
12	0,66	12	1,35	12	1,95	12	4,53
13	0,36	13	2,25	13	1,68	13	4,29
14	0,18	14	0,50	14	1,10	14	4,40
15	-0,17	15	0,37	15	0,82	15	3,34
16	-	16	-	16	-	16	0,84
17	-	17	-	17	-	17	0,20
18	-	18	-	18	-	18	0,72
19	-	19	-	19	-	19	1,24
20	-	20	-	20	-	20	0,99
21	-	21	-	21	-	21	-
22	-	22	-	22	-	22	-
23	-	23	-	23	-	23	-

- Hors de service

TABLEAU N° 13
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE

Q - DEBIT

ESSAIS Nos 45, 46, 47, 48

OUVERTURES:

Vanne de Garde 100%

Vanne de Réglage 100%

N = 725,18 m Q = 433 m³/s		N = 729,30 m Q = 524 m³/s		N = 734,24 m Q = 607 m³/s		N = 738,80 m Q = 677 m³/s	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)						
1	5,46	1	5,85	1	6,24	1	6,69
2	5,53	2	6,37	2	7,24	2	8,11
3	2,94	3	3,66	3	4,41	3	5,16
4	1,34	4	2,24	4	3,23	4	4,10
5	1,54	5	2,59	5	3,70	5	4,81
6	1,82	6	3,05	6	4,49	6	5,84
7	2,23	7	3,73	7	5,59	7	7,36
8	2,37	8	4,11	8	6,21	8	8,16
9	9,21 a)	9	13,05 a)	9	17,25 a)	9	20,82 a)
10	7,75	10	11,05	10	14,35 a)	10	17,71
11	7,71	11	10,83	11	14,19 a)	11	17,85 a)
12	7,25 a)	12	9,90 a)	12	12,75 a)	12	16,20 a)
13	6,99	13	9,75 a)	13	12,75 a)	13	16,20 a)
14	6,35	14	8,99	14	12,14 a)	14	15,29 a)
15	5,53	15	7,99	15	10,84	15	13,54 a)
16	1,47	16	3,06	16	4,74 a)	16	6,24
17	2,18	17	4,34 a)	17	7,19 a)	17	8,69 a)
18	3,09	18	5,94 a)	18	9,69 b)	18	12,54 a)
19	3,13	19	5,44 a)	19	8,14	19	10,69 a)
20	3,36	20	6,21 a)	20	9,66	20	12,66 a)
21	-	21	-	21	-	21	-
22	-	22	-	22	-	22	-
23	-	23	-	23	-	23	-

Oscillations de pression:

a) $\Delta h < 1m$

b) $1m < \Delta h < 2m$

TABLEAU N° 14
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 49, 50, 51, 52

OUVERTURES:

Vanne de Garde 100%

Vanne de Réglage 100%

N = 743,55 m Q = 739 m³/s		N = 747,71 m Q = 810 m³/s		N = 753,44 m Q = 886 m³/s		N = 758,05 m Q = 934 m³/s	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)						
1	7,08	1	7,44	1	8,10 a)	1	8,49
2	9,10	2	9,91	2	6,68 a)	2	11,74
3	6,21	3	6,60 a)	3	7,17 a)	3	7,95
4	5,00 a)	4	6,05	4	7,70 a)	4	8,15 a)
5	5,89 a)	5	6,94 a)	5	8,80 a)	5	9,58 a)
6	7,10	6	8,36 a)	6	10,34 a)	6	11,54 a)
7	9,13 a)	7	10,57	7	12,88 a)	7	14,62 a)
8	10,14	8	11,94	8	14,46 a)	8	16,35
9	24,60 a)	9	28,20 a)	9	32,70 a)	9	36,45 b)
10	20,80 a)	10	23,59 a)	10	27,70 a)	10	31,55 a)
11	20,85 a)	11	23,70 a)	11	28,05 b)	11	30,60 a)
12	18,99 a)	12	21,60 a)	12	25,29 a)	12	28,05 a)
13	18,99 a)	13	21,75 a)	13	25,50 b)	13	28,65 a)
14	18,44 a)	14	20,78 a)	14	24,54 a)	14	27,29 a)
15	16,18 a)	15	18,34 a)	15	21,34 a)	15	23,89 a)
16	7,44 b)	16	9,54 a)	16	11,73 a)	16	13,99
17	10,79 a)	17	12,89 a)	17	15,83 a)	17	19,08
18	15,84 a)	18	18,99 a)	18	21,78 a)	18	26,49 a)
19	12,94 a)	19	15,49 a)	19	18,64 a)	19	21,28 a)
20	15,81 a)	20	18,81 a)	20	22,11 a)	20	25,56 a)
21		21		21		21	
22		22		22		22	
23		23		23		23	

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1m$
b) $1m < \Delta h < 2m$

TABLEAU N° 15
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 53, 54, 55

OUVERTURES:

Vanne de Garde 100%

Vanne de Réglage 100%

N = 761,50 m Q = 996 m³/s		N = 763,64 m Q = 996 m³/s		N = 763,32 m Q = 1047 m³/s		N = Q =	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	8,85	1	9,24	1	9,75	1	
2	12,55	2	13,21	2	14,05 a)	2	
3	8,70	3	9,18	3	9,93	3	
4	9,35 a)	4	9,68 a)	4	10,58	4	
5	10,78 a)	5	11,08	5	12,34 a)	5	
6	12,86 a)	6	13,34	6	15,02 a)	6	
7	16,18 a)	7	17,11	7	18,82 a)	7	
8	17,94	8	18,87	8	21,00	8	
9	39,45 a)	9	40,83	9	44,88	9	
10	34,25 a)	10	34,33	10	37,60 a)	10	
11	34,20 a)	11	35,55	11	38,79 a)	11	
12	29,93 b)	12	32,10	12	35,07 a)	12	
13	30,22 b)	13	32,49	13	35,55	13	
14	28,85 a)	14	30,99	14	34,47	14	
15	25,81 a)	15	27,07	15	29,83	15	
16	14,64	16	15,54	16	16,47	16	
17	20,00 a)	17	20,90 a)	17	22,73	17	
18	28,08 a)	18	30,03 a)	18	33,90	18	
19	22,99 a)	19	24,04	19	26,50	19	
20	27,81 a)	20	29,88	20	32,34	20	
21		21		21		21	
22		22		22		22	
23		23		23		23	

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1m$
b) $1m < \Delta h < 2m$

TABLEAU N° 16
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE.
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 56, 57, 58, 59

OUVERTURES:

Vanne de Garde 100%

Vanne de Réglage 80%

N = 716,51 m Q = 108 m³/s		N = 727,37 m Q = 348 m³/s		N = 740,57 m Q = 500 m³/s		N = 752,12 m Q = 608 m³/s	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)						
1	4,17	1	6,00	1	8,88	1	11,31
2	3,40	2	8,35	2	14,59	2	19,87 a)
3	1,05	3	6,15	3	12,39	3	18,00
4	-	4	7,70	4	18,35 a)	4	27,20 a)
5	-	5	7,00	5	15,85	5	27,85
6	-	6	6,38	6	15,62	6	23,60
7	-	7	6,34	7	15,70	7	23,77
8	-	8	6,30	8	15,84	8	27,15
9	2,13	9	12,06 a)	9	24,30	9	34,80
10	1,51	10	11,17 a)	10	22,42	10	32,20
11	1,29	11	10,95 a)	11	22,14	11	32,25
12	1,20	12	10,35	12	21,45	12	31,20
13	0,63	13	9,90	13	20,79	13	30,39
14	0,72	14	9,99	14	21,03	14	30,54
15	-	15	9,04	15	19,66	15	28,63
16	-	16	5,64	16	14,70	16	22,68
17	-	17	5,87 a)	17	15,80	17	24,59
18	-	18	6,06 a)	18	17,40 a)	18	27,39
19	-	19	6,73 a)	19	17,14	19	22,99
20	-	20	6,39	20	17,82	20	27,27
21		21		21		21	
22		22		22		22	
23		23		23		23	

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1m$

- Hors de service

TABLEAU N° 17
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE.
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 60, 61

OUVERTURES:

Vanne de Garde 100%

Vanne de Réglage 80%

N = 761,44 m Q = 668 m³/s		N = 768,38 m Q = 711 m³/s		N =		N =	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	13,29	1	14,73	1		1	
2	24,85	2	27,85	2		2	
3	22,38 a)	3	25,68 a)	3		3	
4	34,85 a)	4	39,95 a)	4		4	
5	31,90	5	36,61	5		5	
6	30,25	6	34,94	6		6	
7	30,73	7	35,47	7		7	
8	31,20	8	36,12	8		8	
9	43,50	9	49,50	9		9	
10	40,03	10	45,91	10		10	
11	40,11	11	45,90	11		11	
12	38,76	12	44,31	12		12	
13	38,70	13	44,25	13		13	
14	38,28	14	43,89 a)	14		14	
15	35,95	15	41,44	15		15	
16	29,25	16	33,84	16		16	
17	32,30	17	36,59	17		17	
18	35,58	18	41,04	18		18	
19	33,40	19	38,59	19		19	
20	35,43	20	40,95	20		20	
21		21		21		21	
22		22		22		22	
23		23		23		23	

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1m$

TABLEAU N° 18
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 62, 63, 64, 65

OUVERTURES:

Vanne de Garde 100%

Vanne de Réglage 60%

N = 715,46 m Q = 30 m³/s		N = 726,47 m Q = 249 m³/s		N = 735,80 m Q = 325 m³/s		N = 746,20 m Q = 392 m³/s	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	3,54	1	5,61	1	7,92	1	10,47
2	2,80	2	9,34	2	10,85	2	21,64
3	1,95	3	8,07	3	14,04 a)	3	22,47
4	-	4	8,15 a)	4	16,04 a)	4	26,09 a)
5	-	5	7,69	5	15,88	5	24,82
6	-	6	7,25	6	18,14	6	23,93
7	-	7	7,00	7	14,95	7	23,77
8	-	8	6,84	8	14,88	8	23,79
9	1,26	9	11,94	9	20,70	9	30,57
10	0,88	10	11,14	10	20,25	10	29,36
11	0,63	11	10,83	11	19,41	11	29,10
12	0,48	12	10,41	12	18,96	12	28,44
13	0,18	13	10,11	13	18,72	13	28,32
14	0,09	14	9,96	14	18,54	14	28,08
15	-	15	9,28	15	17,59	15	27,55
16	-	16	6,39	16	14,19	16	23,04
17	-	17	6,35	17	15,17	17	23,63
18	-	18	5,88	18	15,15 a)	18	24,27
19	-	19	7,00	19	15,34	19	25,30
20	-	20	6,42	20	15,06	20	24,72
21	-	21	-	21	-	21	-
22	-	22	8,60	22	17,33 a)	22	26,69 a)
23	-	23	8,85	23	17,19 a)	23	26,10 a)

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1m$

- Hors de service

TABLEAU N° 19
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 66, 67

OUVERTURES:

Vanne de Garde 100%

Vanne de Réglage 60%

N = 761,33 m Q = 468 m³/s		N = 768,36 m Q = 509 m³/s		N =		N =	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	14,43	1	16,44	1		1	
2	31,18	2	35,77	2		2	
3	33,24	3	38,04	3		3	
4	39,86 a)	4	45,65 a)	4		4	
5	38,05	5	43,95	5		5	
6	36,74	6	42,50	6		6	
7	36,67	7	42,37	7		7	
8	36,78	8	42,45	8		8	
9	45,06	9	51,42	9		9	
10	43,24	10	49,36	10		10	
11	42,99	11	49,29	11		11	
12	42,21	12	48,45	12		12	
13	42,06	13	48,33	13		13	
14	41,79	14	47,94	14		14	
15	40,39	15	46,33	15		15	
16	35,64	16	41,31	16		16	
17	36,74	17	42,68	17		17	
18	38,49	18	44,73	18		18	
19	38,14	19	44,08	19		19	
20	38,76	20	44,94	20		20	
21	-	21	-	21		21	
22	40,70 a)	22	46,49 a)	22		22	
23	39,09 b)	23	44,94 a)	23		23	

Oscillations de pression:

a) $\Delta h < 1m$

b) $\gamma m < \Delta h < 2m$

- Hors de service

TABLEAU N° 20
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 68, 69, 70, 71
OUVERTURES:
Vanne de Garde 100%
Vanne de Réglage 40%

N = 715,76 m Q = 36 m³/s		N = 725,30 m Q = 172 m³/s		N = 737,44 m Q = 241 m³/s		N = 751,56 m Q = 302 m³/s	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	3,54	1	5,16	1	8,85	1	13,11
2	3,01	2	10,24	2	19,87	2	19,21
3	0,78	3	8,85	3	19,26	3	31,83
4	-	4	7,67	4	19,28	4	32,69
5	-	5	7,42	5	18,94	5	32,20
6	-	6	7,07	6	18,41	6	31,49
7	-	7	6,82	7	18,13	7	31,21
8	-	8	6,30	8	18,00	8	31,11
9	1,59	9	10,74	9	22,80	9	36,57
10	1,21	10	10,21	10	22,03	10	35,65
11	0,96	11	9,99	11	21,81	11	35,40
12	0,81	12	9,78	12	21,51	12	35,01
13	0,51	13	9,54	13	21,24	13	34,74
14	0,36	14	9,33	14	20,03	14	34,53
15	-	15	8,74	15	20,32	15	33,67
16	-	16	6,24	16	17,49	16	30,51
17	-	17	6,02	17	17,42	17	30,69
18	-	18	5,25	18	20,46	18	30,60
19	-	19	6,64	19	18,10	19	31,45
20	-	20	5,76	20	17,52	20	31,08
21	-	21	-	21	-	21	-
22	-	22	8,65	22	19,78	22	32,74 a)
23	0,93	23	8,19	23	17,88	23	29,52 a)

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1$ m

- Hors de service

TABLEAU N° 21
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 72, 73
OUVERTURES:
Vanne de Garde 100%
Vanne de Réglage 40%

N = 761,47 m Q = 329 m³/s		N = 763,14 m Q = 353 m³/s		N =		N =	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	16,41	1	18,36	1		1	
2	38,95	2	44,44	2		2	
3	40,59	3	45,26 a)	3		3	
4	42,20 a)	4	48,71 a)	4		4	
5	41,50	5	47,86	5		5	
6	40,70	6	46,94	6		6	
7	40,45	7	46,66	7		7	
8	40,20	8	46,59	8		8	
9	46,20	9	52,80	9		9	
10	45,16	10	51,14	10		10	
11	44,94	11	51,45	11		11	
12	44,55	12	50,88	12		12	
13	44,28	13	50,70	13		13	
14	44,04	14	50,40	14		14	
15	43,09	15	49,39	15		15	
16	39,69	16	45,90	16		16	
17	40,04	17	46,34	17		17	
18	40,20	18	46,68	18		18	
19	40,84	19	47,17	19		19	
20	40,56	20	47,04	20		20	
21	-	21	-	21		21	
22	41,86	22	48,04	22		22	
23	37,29	23	42,69 a)	23		23	

Oscillations de pression:
a) $\Delta h < 1$ m

- Hors de service

TABLEAU N° 22
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

ESSAIS N°s 74, 75, 76, 77
OUVERTURES:
Vanne de Garde 100%
Vanne de Réglage 20%

N = 716,36 m Q = 30 m³/s		N = 724,22 m Q = 93 m³/s		N = 732,13 m Q = 120 m³/s		N = 737,69 m Q = 136 m³/s	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	33,93	1	6,96	1	11,10	1	14,01
2	33,85	2	10,93	2	18,40	2	23,56
3	31,53	3	8,88	3	16,56	3	21,84
4	-	4	6,38	4	14,90	4	20,39
5	-	5	6,94	5	14,74	5	20,14
6	-	6	6,65	6	14,48	6	19,85
7	-	7	6,40	7	14,20	7	19,60
8	-	8	6,18	8	14,01	8	19,44
9	2,28	9	9,96	9	17,88	9	23,40
10	1,90	10	9,55	10	14,47	10	22,93
11	1,65	11	9,33	11	17,22	11	22,71
12	1,50	12	9,15	12	17,01	12	22,50
13	1,20	13	8,85	13	16,71	13	22,20
14	1,08	14	8,70	14	16,53	14	22,05
15	0,49	15	8,17	15	16,00	15	21,46
16	-	16	5,88	16	13,68	16	19,08
17	-	17	5,54	17	13,34	17	18,68
18	-	18	4,53	18	12,42	18	17,82
19	-	19	6,07	19	13,90	19	19,36
20	-	20	5,10	20	12,96	20	18,42
21	0,79	21	8,41	21	16,18	21	21,52
22	2,00	22	9,08	22	16,49	22	21,56
23	2,48	23	8,75	23	15,50	23	20,24

- Hors de service

TABLEAU N° 23
PRESSIONS MOYENNES AUX GALERIES

N - COTE DE LA RETENUE
Q - DEBIT

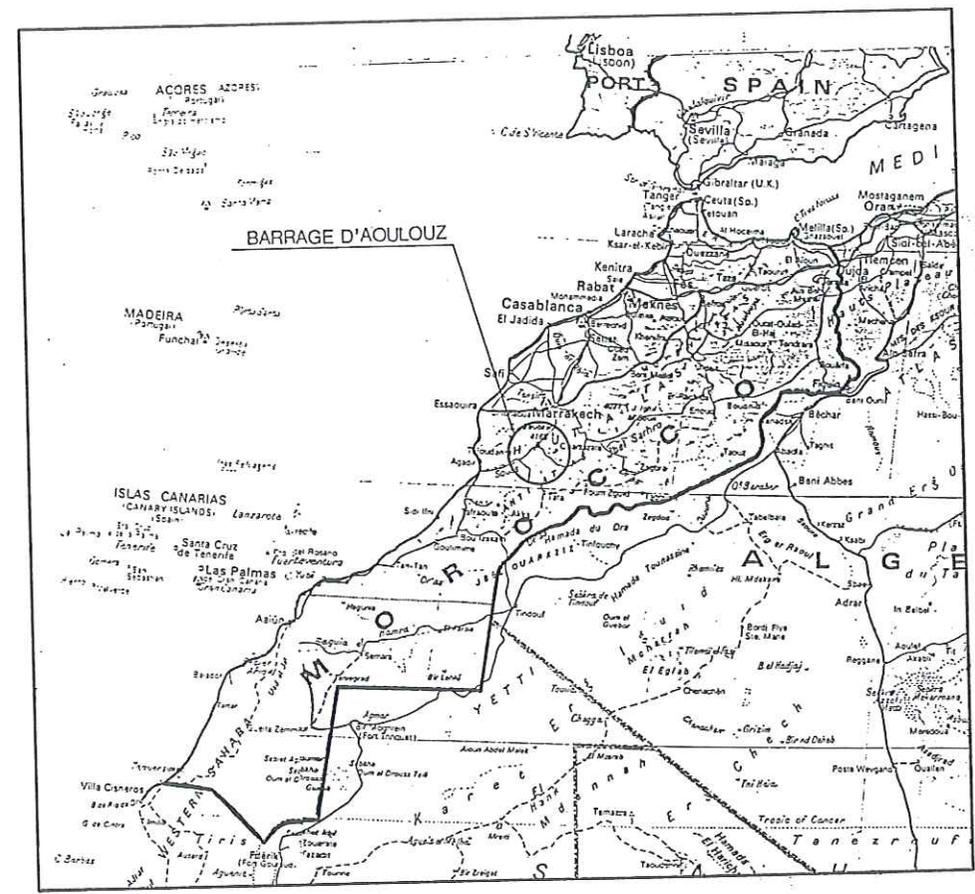
ESSAIS N°s 78, 79, 80
OUVERTURES:
Vanne de Garde 100%
Vanne de Réglage 20%

N = 750,01 m Q = 167 m³/s		N = 761,29 m Q = 188 m³/s		N = 768,38 m Q = 198 m³/s		N =	
Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)	Piez. n°	p/γ (m d'eau)
1	23,55	1	26,40	1	30,15	1	
2	34,90	2	45,64	2	50,16	2	
3	33,69	3	44,55	3	51,51	3	
4	32,36	4	43,55	4	50,60	4	
5	32,14	5	43,27	5	54,92	5	
6	31,76	6	42,89	6	49,88	6	
7	31,48	7	42,67	7	49,63	7	
8	31,29	8	42,45	8	49,47	8	
9	35,49	9	46,68	9	53,82	9	
10	34,75	10	46,09	10	53,35	10	
11	34,68	11	45,90	11	52,98	11	
12	34,56	12	45,66	12	52,77	12	
13	34,20	13	45,36	13	52,44	13	
14	34,02	14	45,18	14	52,29	14	
15	33,43	15	44,59	15	51,67	15	
16	30,99	16	42,06	16	49,08	16	
17	30,74	17	41,87	17	48,92	17	
18	29,88	18	41,13	18	48,24	18	
19	31,30	19	42,46	19	49,54	19	
20	30,45	20	41,64	20	48,78	20	
21	33,49	21	44,47	21	51,58	21	
22	32,84	22	43,28	22	49,94	22	
23	30,38	23	39,89	23	46,01	23	

TABLEAU N°24

Ouverture V. Réglage (%)	Cote (NGM)	F vert. (kN)	F Horiz. (kN)
20	716,36	189	250
	724,22	902	1361
	732,13	1849	2319
	737,69	2170	3316
	750,01	3308	5081
	761,29	4364	6712
40	725,30	552	996
	734,44	1231	2232
	751,56	2034	3689
	761,77	2584	4692
60	726,17	330	696
	735,80	641	1352
	746,20	973	2052
	761,33	1458	3073
	768,36	1676	3534

VANNE DE REGLAGE - FORCES HYDRODYNAMIQUES SUR LA
FACE AMONT EN FONCTION DE L'OUVERTURE
(V. Garde = 100%)



LOCALISATION DU BARRAGE D'AULOULZ