



S O G R É A H

NOTE TECHNIQUE

SERRE-PONCON - VIDANGE DE FOND

-----

JANVIER 1962

## SERRE-PONCON

### VIDANGES de FOND - PROBLEME de la CAVITATION

#### Introduction

L'installation d'une vidange de fond sous forte charge est un problème très difficile. Lorsqu'il s'agit en plus de s'en servir pour le réglage du débit durant une phase de la construction des ouvrages ou pour le contrôle de la mise en eau du barrage, le problème est de beaucoup plus complexe.

L'expérience qu'a subi l'E.D.F. à SERRE-PONCON contribue à démontrer d'une façon éloquente toute l'importance qu'il faut donner à la conception d'un tel ouvrage et toute la sécurité dont il faut l'entourer.

#### I - Description des vidanges de fond de SERRE-PONCON

Le barrage de SERRE-PONCON comporte deux galeries de dérivation de 9,30 m. de diamètre et conçues pour passer chacune un débit de 900 m<sup>3</sup>/s sous 20 m. de chute durant la phase initiale de la construction des ouvrages (voir fig.1).

En stade final, ces galeries sont transformées en vidange de fond pouvant régler le débit sous des charges atteignant 130 m. au moyen de vannes capables de fonctionner à ouverture partielle, (au moins durant la phase d'installation des turbines).

Chaque galerie est donc munie de deux vannes chenilles capables l'une et l'autre d'être manoeuvrées en charge (voir fig.2 et 4).

- 1 vanne de garde amont : 5,70 m x 2,60 m.

- 1 vanne de réglage aval: 5,20 m x 2,60 m.

A l'amont de ces vannes, les 4 conduites d'amenée d'eau aux turbines sont piquées 2 par 2 à chaque galerie qui sert ainsi de prise d'eau et de vidange de fond.

Il existe en plus, une vanne batardeau supplémentaire en tête de chaque galerie(voir fig.3). Sous la charge de retenue normale (123 m.), chaque vidange de fond peut évacuer un débit de 600 m<sup>3</sup>/s sous des vitesses de l'ordre de 50 m/s à la sortie de la vanne de réglage.

...

Pour prévenir l'érosion à l'aval des vannes, un blindage de 20 mm. d'épaisseur est disposé sur 27 m. de long dont 15 m. à l'aval de la vanne de réglage (voir fig. 4).

Ce blindage est fait de tôles garanties de soudabilité et ayant une charge de rupture minimum de 48 kg/mm<sup>2</sup>.

Enfin, une galerie d'aération de 20 m<sup>2</sup> de section environ destinée à alimenter le jet et la section divergente à l'aval de la vanne complète le dispositif de réglage de la vidange de fond.

## II - Expérience de 1959 et 1960

Le barrage en terre n'étant pas encore terminé et les turbines non en service, l'E.D.F. a utilisé la possibilité d'accumulation de la retenue pour constituer une réserve de régularisation de débit de la DURANCE pour les Centrales en aval et l'irrigation. Une seule des vidanges était en service ; l'autre galerie étant en cours d'équipement.

La vanne de réglage a fonctionné à ouverture partielle sous des charges de 30 m. à 100 m. pendant près de 12 mois avec des débits variant de 15 à 300 m<sup>3</sup>/s (voir détails au tableau I et courbe d'exploitation sur graphique 1).

Durant cette longue période de fonctionnement, des dégradations très importantes se sont produites dans la galerie en aval du blindage (photo 1) et à plusieurs reprises l'E.D.F. a été obligé de fermer les vannes et de procéder à des réparations rapides.

Après un fonctionnement de sept mois, une première cavité de 340 m<sup>3</sup>, située à 35 m. en aval des vannes, s'est formée par désagrégation du béton. Cette fosse qui traversait le revêtement bétonné et attaquait le rocher, atteignait une profondeur de 4 m.

Réparé en Juin 1960, le radier devait accusé en septembre une nouvelle cavité de 3 m. de profondeur située un peu en amont de la précédente, soit à une distance de 20 m. des vannes (voir photo 1).

Devant le danger d'un accident à la seule vanne de réglage de l'installation par dégradation du béton en aval, ce qui aurait entraîné le remplissage non contrôlé du barrage en terre, l'E.D.F. a été sur le point de vidanger le barrage pour éviter une catastrophe.

Heureusement, l'exploitation a pu être continuée dans ces conditions précaires avec surveillance et réparation des dégradations jusqu'à la mise en service des turbines.

...

A la suite de la visite des lieux par des ingénieurs de la SOGREAH et des premières mesures de dépression, une première opinion sur les érosions qui se sont produites à l'aval de la vanne de réglage a pu être formulée. (Extrait d'un rapport interne de la SOGREAH).

#### A. Détérioration du béton

"Il est hors de doute que l'érosion s'amorce par cavitation et variations rapides de pressions. Les zones érodées ont, en effet, un relief déchiqueté, les pierres du béton restant les dernières en place, tandis que le mortier est souvent enlevé tout autour et en profondeur. On peut découvrir, en inspectant les parois latérales et le bord amont de la zone érodée du radier, les amorces de cavitation et pour chacune le défaut de surface qui en est la cause.

Le ferrailage du béton, s'il a l'avantage d'empêcher la fissuration et d'assurer la résistance générale à la sous-pression, paraît aggraver l'érosion dès qu'il est découvert. En effet, par ses vibrations, il fait écailler le béton en bordure de la zone érodée, et il produit une usure dans sa partie encastrée, qui devient libre sur plusieurs mètres en profondeur, comme une barre à mine dans un trou.

Aux trop grandes irrégularités de surface du béton, il faut ajouter, pour les causes d'érosion, un fonctionnement prolongé dans des conditions défavorables, à savoir un écoulement noyé par le ressaut dans la partie divergente et à proximité de la vanne, c'est-à-dire avec une lame d'eau à pleine vitesse faiblement aérée. Cet écoulement noyé est favorisé par la fosse qui retient le remous

#### B. Erosion du blindage

Dans chaque angle du bas en aval des rainures de la vanne de très fortes érosions se sont produites, causant même localement la destruction complète du blindage (voir photo 2,3,4).

Cette détérioration semble s'être produite durant les derniers mois de fonctionnement de la vanne, car à des visites précédentes on n'avait pratiquement rien observé. Il y avait donc un rapport entre ces détériorations et le fait que la fosse d'érosion dans le béton était plus près, causant le rapprochement du ressaut près des vannes. Effectivement, il a été contrôlé que, pour un débit de 75 m<sup>3</sup>/s et une charge de 100 m., le ressaut n'était pas chassé sous le reniflard, à l'aval des vannes. Les rainures et le blindage sont alors noyés, soit dans les plus mauvaises conditions possibles de fonctionnement. L'aération due au décrochement des rainures ne peut plus se faire et l'écoulement est noyé dans une zone divergente : ces fonctionnements sont normalement prescrits.

Des traces d'usure par cavitation à l'aval de tous les petits défauts de surface (soudure, sortie du by-pass, trou d'injection) ont également été observées (photo 5). ...

Ces attaques sont, sans aucun doute, un peu plus fortes si, par manque d'aération, l'atmosphère est fortement déprimé (reniflard obstrué), mais surement beaucoup plus fortes si l'on est noyé dans la zone divergente.

D'après les observations sur le blindage, il semble que ce sont les défauts à partir de 3 mm qui ont amorcé des érosions par cavitation.

Un rapide coup d'oeil sur le tableau n°1 montre très bien que durant les derniers mois, la vanne a fonctionné sous des conditions hydrauliques favorisant le jet noyé sous le reniflard ; le ressaut n'étant pas chassé, tel qu'il a été contrôlé par la suite.

Le calcul du  $\sigma$  de cavitation donne dans ces conditions une valeur de 0,12, valeur qui correspond à de fortes érosions par la cavitation.

D'autre part, des essais systématiques effectués en laboratoire sur le modèle de la vidange de fond de SADD El AALI (cas similaire à SERRE-PONCON) donnent les résultats suivants:(graphique n°2).

1. Pour des ouvertures partielles voisines de 20% et 90%, il existe un maximum de cavitation ;
2. Les valeurs de  $\sigma$  inférieures à 0,5 se situent dans la zone bien établie de cavitation.

Or de Juillet à Octobre 1960, la vanne de réglage de SERRE-PONCON a fonctionné avec une ouverture de 25% et un  $\sigma$  de cavitation de l'ordre de 0,12. C'est ce qui explique l'importance des dégâts survenus au blindage durant cette période.

### Conclusion

Il faut bien se rendre compte, à la suite d'une expérience comme celle-ci, que l'installation d'une vidange de fond sous forte chute ne doit pas être prévue sans prendre de grandes précautions.

Au départ, il est nécessaire de distinguer les vidanges fortement sollicitées, susceptibles de fonctionner suffisamment longtemps, des ouvrages peu utilisés ou utilisés dans des conditions favorables (basse chute).

Dans le premier cas, dès que la chute dépasse 60 à 70 m. les limites de cavitation deviennent de plus en plus restrictives et on est conduit à éviter de tels fonctionnements avec une vanne chenille, assuré d'avoir des difficultés.

Pour des chutes supérieures, la solution avec vanne secteur et chambre de dissipation à l'aval serait plutôt à recommander et de nombreux essais sur le modèle de SADD El AALI prouvent l'efficacité d'un tel dispositif de réglage.

De toutes façons, il faut bien se rappeler que c'est un type d'ouvrages auxquels il faut conférer une grande sécurité car les difficultés sont nombreuses, les moyens d'intervention et de rattrapage réduits ou inexistantes, et dans le cas de défaillance de la vidange, la sécurité de l'ensemble des ouvrages peut être compromise.



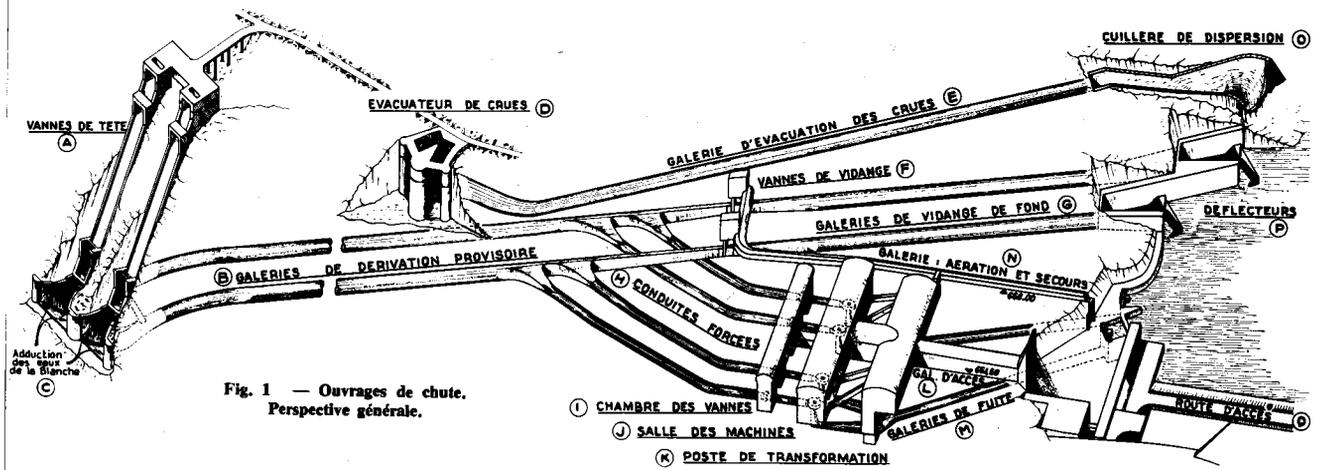


Fig. 1 — Ouvrages de chute.  
Perspective générale.

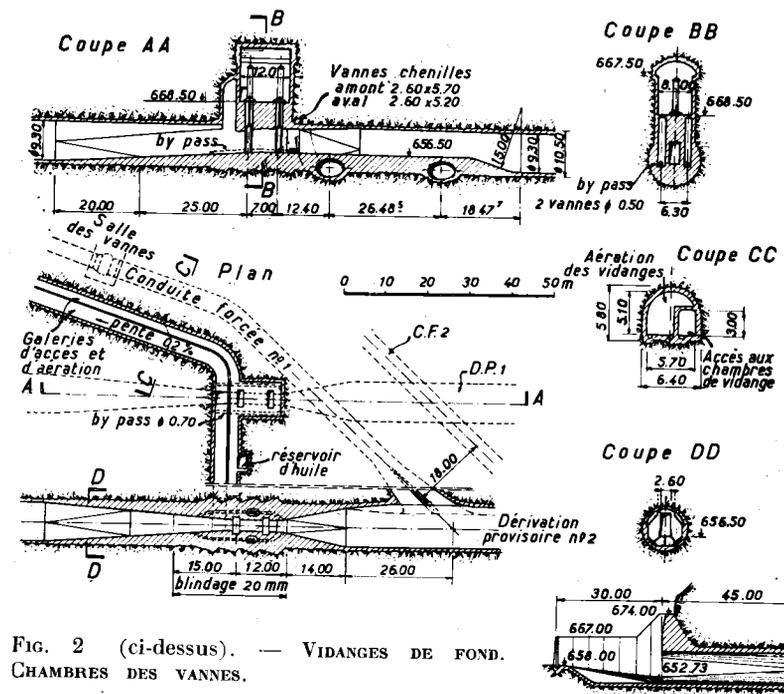


FIG. 2 (ci-dessus). — VIDANGES DE FOND.  
CHAMBRES DES VANNES.

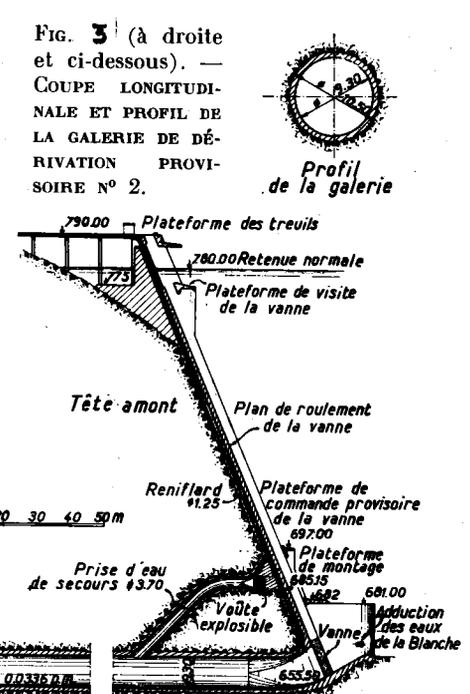


FIG. 3 (à droite et ci-dessous). —  
COUPE LONGITUDINALE ET PROFIL DE  
LA GALERIE DE DERIVATION  
PROVISOIRE N° 2.



| Tableau N° 1 |           | Q moyen<br>(m <sup>3</sup> /s) | Cote de la<br>retenue | H moyen<br>(m) | m/s<br>V moyen<br>dans le jet | Ouverture<br>de la<br>vanne % | ∇ cavitation |              | Remarques   |
|--------------|-----------|--------------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|---|
| MOIS         | Jours     |                                |                       |                |                               |                               | noyé         | dénoyé       |   |
| 1959         | Novembre  | 15                             | 682                   | 34             | 25,8                          | 6                             | 0,39         | 0,30         |   |
|              | Décembre  | 5<br>~0                        | 700                   | 42             | 28,8                          | 2                             | 0,38         | 0,24         | Arrêt du 17 au 19   |
| 1960         | Janvier   | 40                             | 708                   | 50             | 31,4                          | 14                            | 0,25         | 0,21         |   |
|              | Février   | 90<br>0                        | 702                   | 44             | 29,5                          | 33                            | 0,29         | 0,26         | Arrêt du 16 au 29   |
|              | Mars      | 60                             | 708                   | 50             | 31,4                          | 21                            | 0,25         | 0,22         |   |
|              | Avril     | ~0<br>130                      | 720                   | 62             | 35                            | 40                            | 0,20         | 0,19         | Arrêt du 11 au 15   |
|              | Mai       | 60<br>250                      | 725<br>736            | 67<br>78       | 36,2<br>39,2                  | 18<br>69                      | 0,18<br>0,16 | 0,16<br>0,15 | Q = 350 m <sup>3</sup> /s<br>19 et 20                           |
|              | Juin      | 275                            | 746                   | 88             | 41,5                          | 72                            | 0,16         | 0,15         | Q = 300 m <sup>3</sup> /s<br>Arrêt du 11 au 15<br>" " 19 au 24  |
|              | Juillet   | 0<br>100                       | 757                   | 99             | 44                            | 25                            | 0,12         | 0,11         | Arrêt : 1-2-3-4-5<br>réparation de la 1 <sup>ère</sup><br>fosse |
|              | Août      | 100                            | 759                   | 101            | 44,5                          | 25                            | 0,12         | 0,11         |   |
|              | Septembre | 50<br>100                      | 759<br>761            | 101<br>103     | 44,5<br>45                    | 12<br>25                      | 0,12<br>0,12 | 0,10<br>0,11 | Arrêt : 7-14-15-27<br>16 au 18 ; Q = 250<br>28-29               |
|              | Octobre   | 100                            | 762                   | 104            | 45                            | 25                            | 0,12         | 0,11         | Arrêt 25-26   |
|              | Novembre  | 70                             | 762                   | 104            | 45                            | 17                            | 0,12         | 0,10         |   |

# COURSES DE CAVITATION

VAUVE CHENILLE

CLANQUÉITÉ EN AVAL

ESSAI 9507

ESSAI 9517

ESSAI 9516

AVAL NOYÉ

AVAL DÉNOYÉ

Ouverture

Ouverture

R.

Destiné par:

COURBES DE CAVITATION

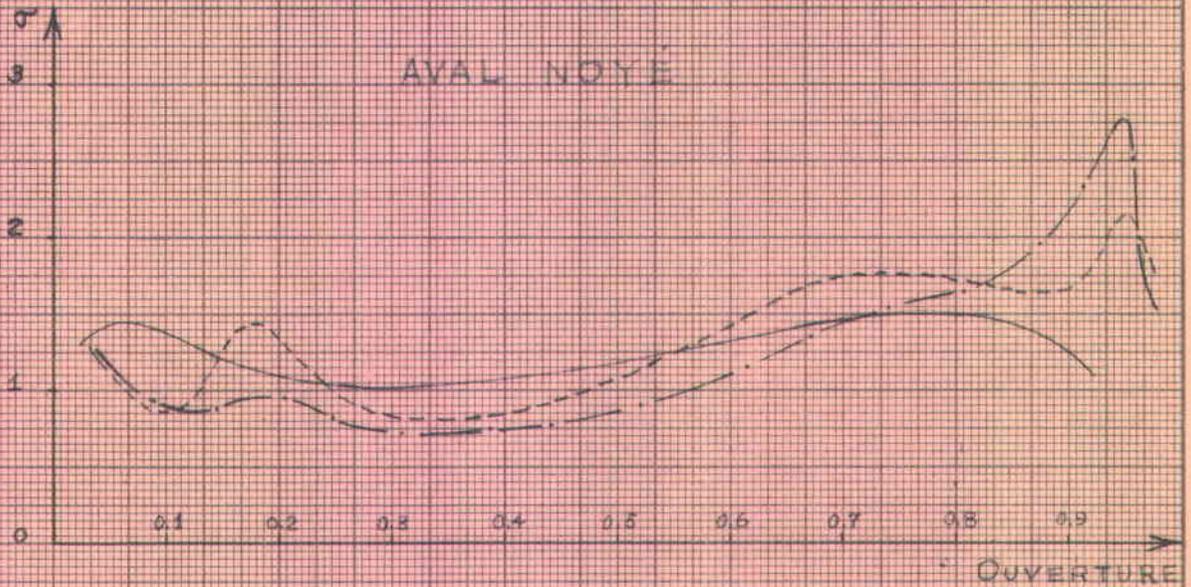
YANNE CHENILLE

ÉTANCHÉITÉ EN AVAL

ESSAI 9507

ESSAI 9517

ESSAI 9518



AVAL DÉNOYÉ



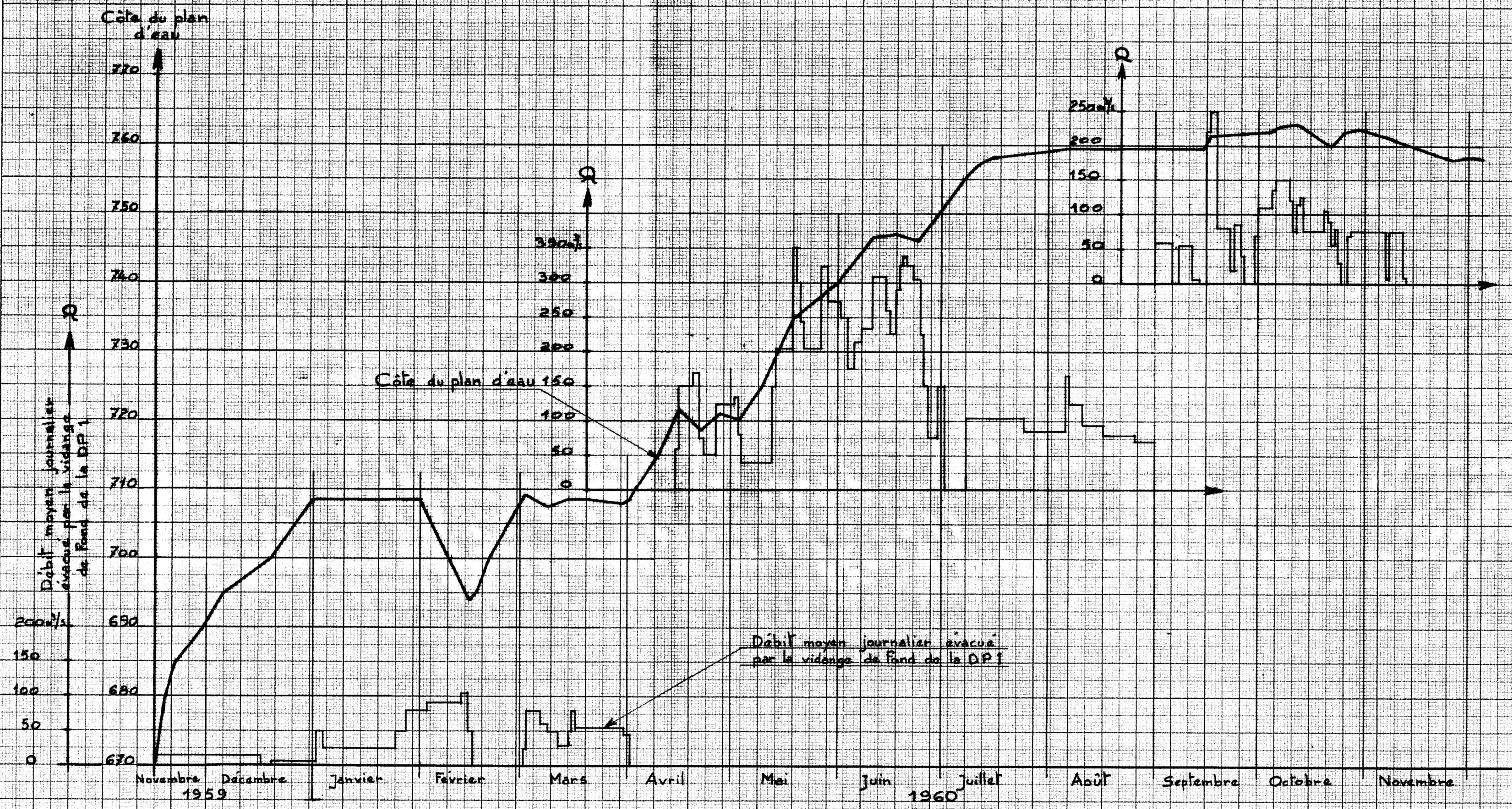
R.

Dessiné par:

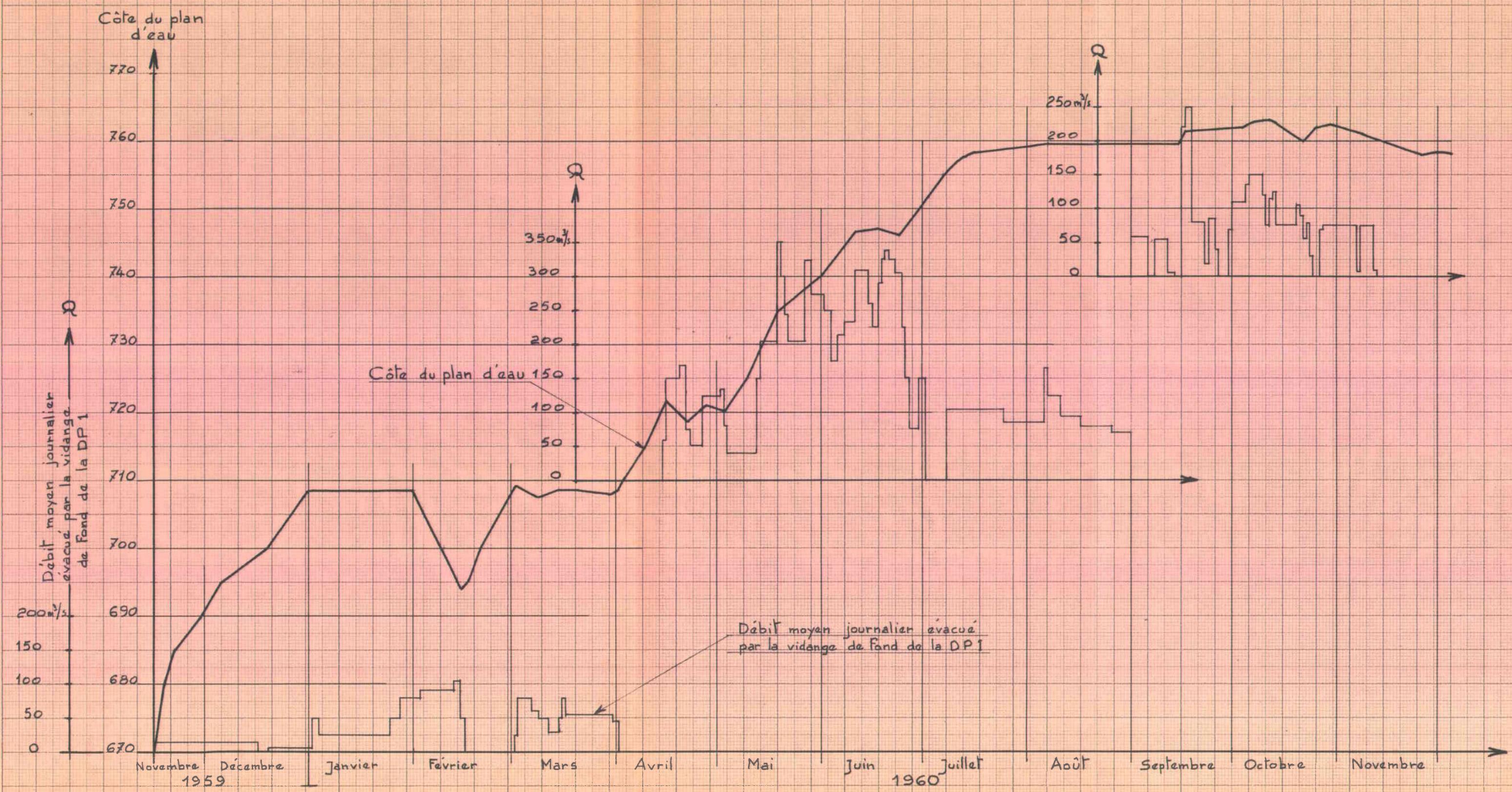


# REPLISSAGE DE LA RETENUE

Graphique 1



# REPLISSAGE DE LA RETENUE



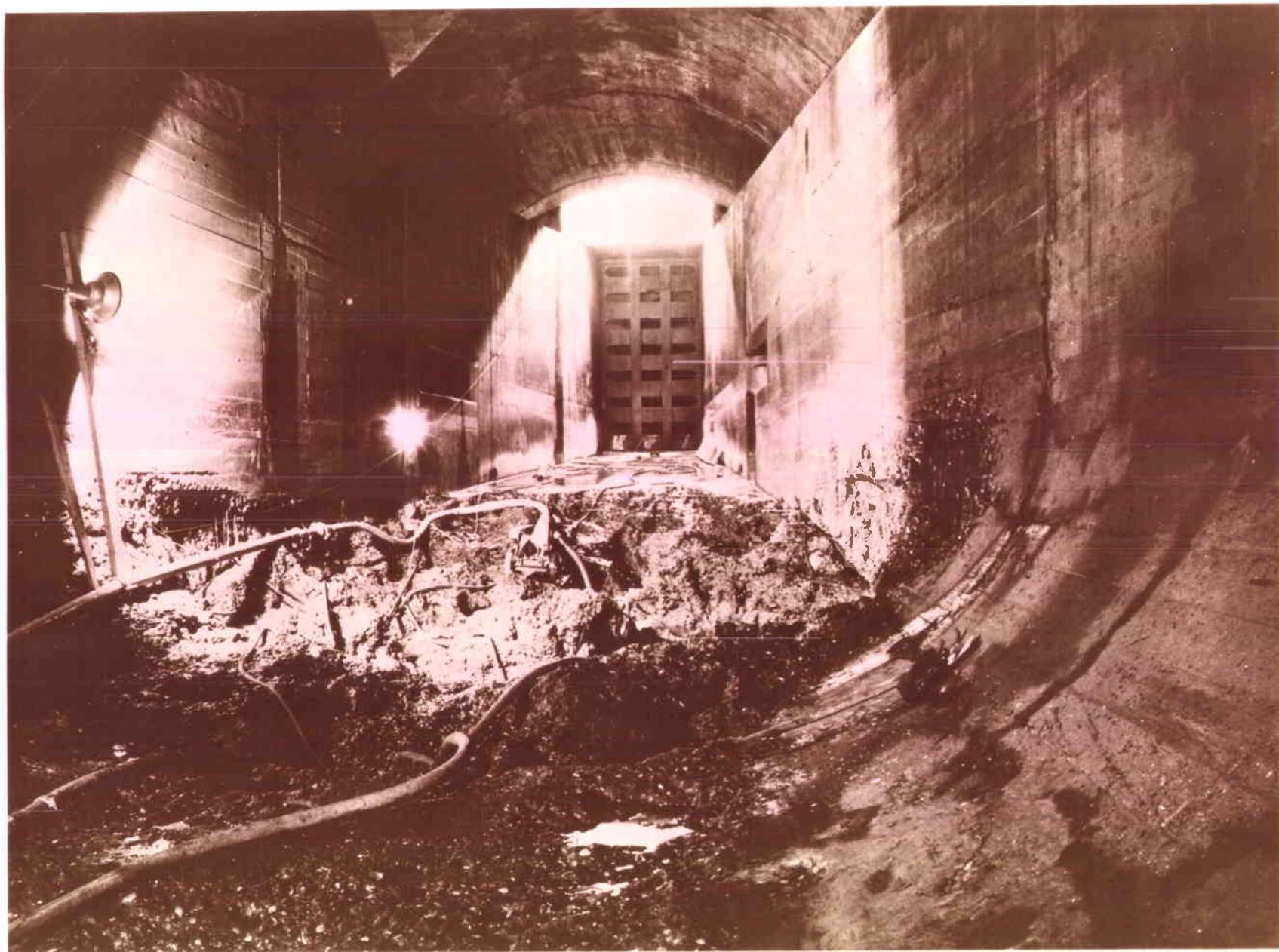


PHOTO 1 :  
DEGRADATION DU RADIER ET DES BAJOYERS A L'AVANT  
DU BLINDAGE



PHOTO 2 :  
CAVITATION DU BLINDAGE ET VUE AVAL DE LA VANNE  
DE REGLAGE

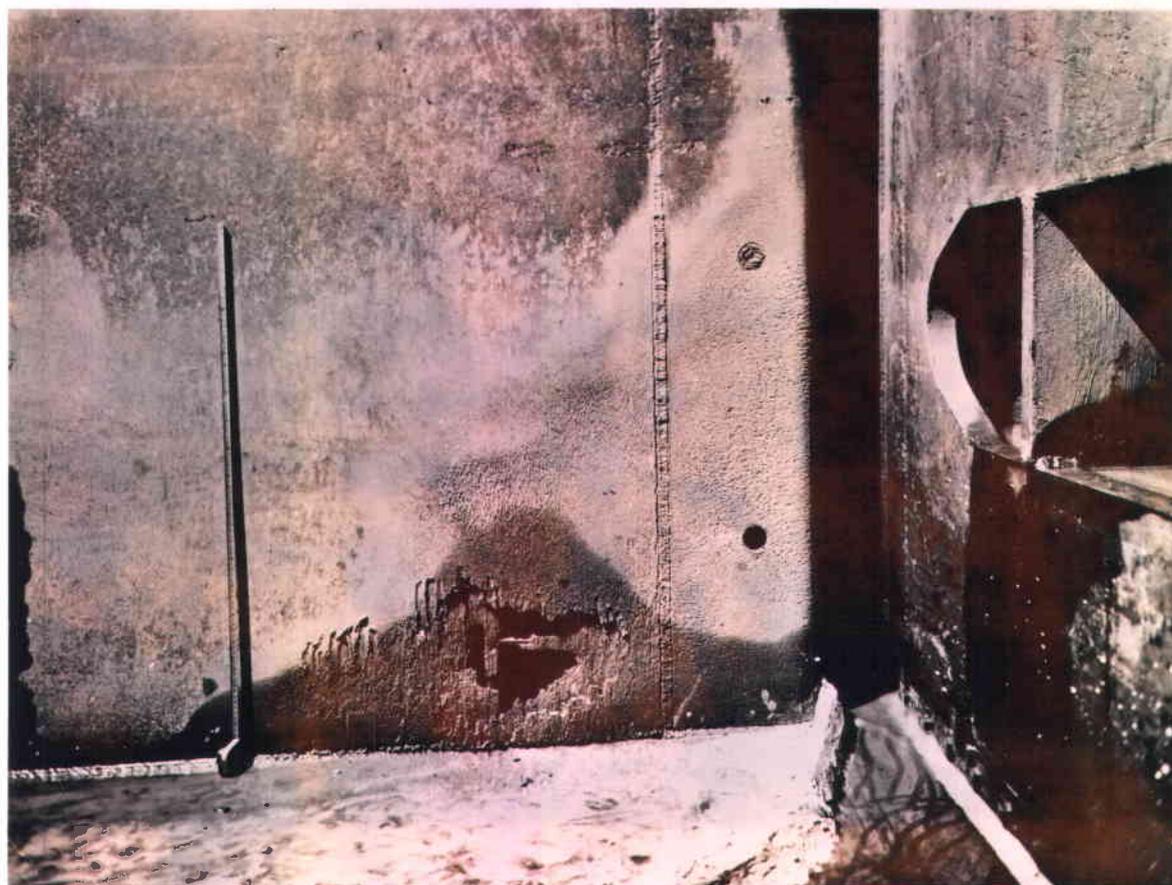


PHOTO 3 :  
CAVITATION DU BLINDAGE GAUCHE A L'AVANT DE LA  
RAINURE DE LA VANNE

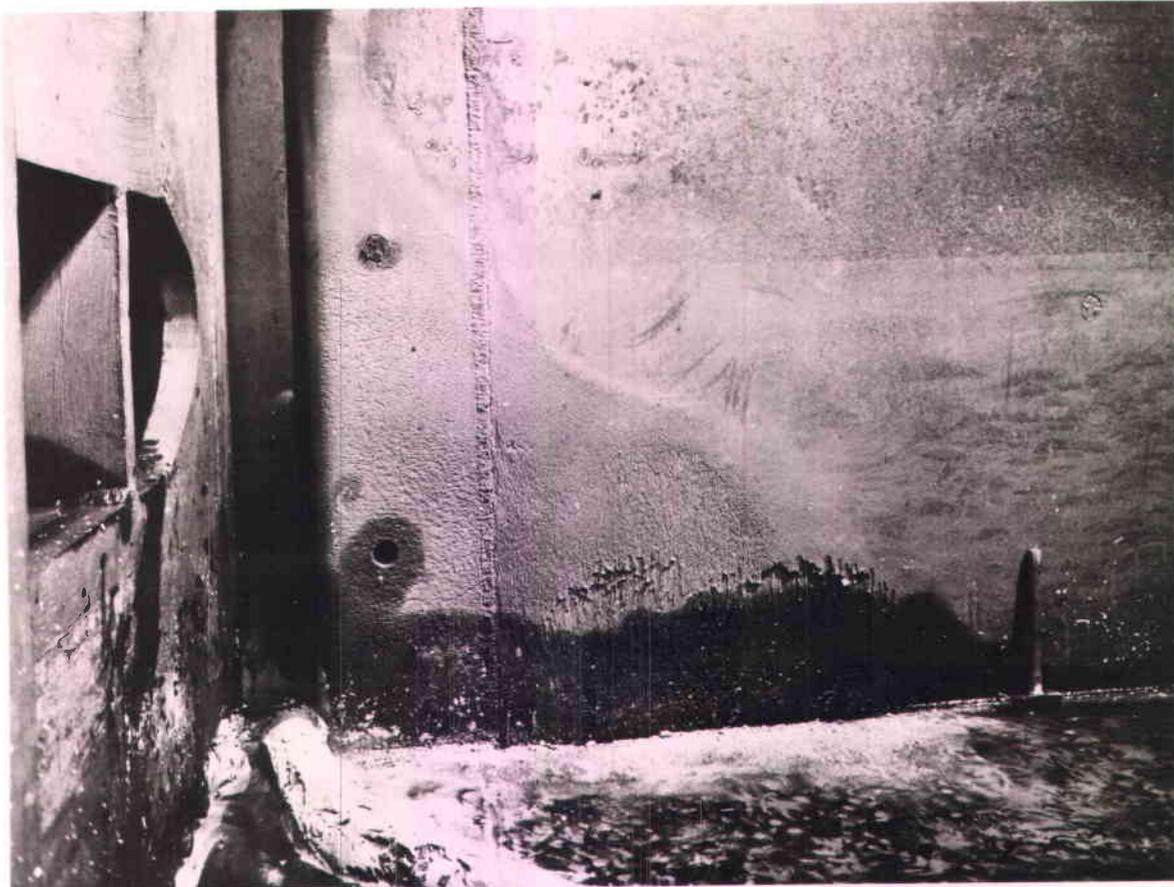


PHOTO 4 : CAVITATION DU BLINDAGE DROIT A L'AVANT DE LA RAINURE  
DE LA VANNE



PHOTO 5 : CAVITATION AUTOUR DE LA SORTIE DU BY-PASS A L'AVANT  
DES VANNES