

ORGANISATION POUR LA MISE  
EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

O.M.V.S.

ETUDE D'EXECUTION DU  
BARRAGE DE MANANTALI



RAPPORT FINAL

MISSION A.2.2 - MODELES PHYSIQUE  
ET MATHEMATIQUE

VOLUME 1 - MODELE REDUIT HYDRAULIQUE

GROUPEMENT MANANTALI  
Ingénieurs-Conseils

JUIN 1979

09275  
(11)

ORGANISATION POUR LA MISE  
EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

O.M.V.S.

**ETUDE D'EXECUTION DU  
BARRAGE DE MANANTALI**



**RAPPORT FINAL**

**Mission A.2.2.**

**Modèles physique et mathématique**

**Volume 2 - Modèle mathématique**

**Texte**

**GROUPEMENT MANANTALI**

**Ingénieurs Conseils**

**IRI**

DORTMUND



BRUXELLES



DAKAR

ORGANISATION POUR LA MISE  
EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

O.M.V.S.

ETUDE D'EXECUTION DU  
BARRAGE DE MANANTALI

RAPPORT FINAL

MISSION A.2.2 - MODELES PHYSIQUE  
ET MATHEMATIQUE

VOLUME 2 - MODELE MATHEMATIQUE  
TEXTE

GROUPEMENT MANANTALI  
Ingénieurs-Conseils

JUIN 1979

## PREAMBULE

La deuxième phase des études du projet de barrage à MANANTALI a consisté essentiellement en l'établissement du projet définitif du barrage et la définition complète des ouvrages en vue de la rédaction des documents d'appel d'offres.

Ces études ont été réparties en neuf missions différentes ayant fait l'objet de rapports individuels édités en version provisoire au début de l'année 1979 :

- Mission A.2.1 : Reconnaissances complémentaires
  - Volume 1 : Topographie - Hydrométrie - Analyses d'eau
  - Volume 2 : Géologie et géotechnique
  - Volume 3 : Ciments, agrégats et bétons.
  
- Mission A.2.2 : Modèles physique et mathématique
  - Volume 1 : Modèle réduit hydraulique
  - Volume 2 : Modèle mathématique.
  
- Mission A.2.3 : Projet définitif des ouvrages de génie civil
  - Volume 1 : Mémoire descriptif
  - Volume 2 : Plans et figures
  - Volume 3 : Notes de calcul (en édition restreinte).
  
- Mission A.2.4 : Projet définitif des équipements du barrage
  
- Mission A.2.5 : Cahier des prescriptions spéciales du génie civil
  - Volume 1 : Cahier des prescriptions administratives
  - Volume 2 : Cahier des prescriptions techniques
  - (Lors de l'édition définitive, les prescriptions spéciales du génie civil sont incorporées au dossier d'appel d'offres).

- Mission A.2.6 : Cahier des prescriptions techniques et administratives pour les équipements du barrage.  
(Lors de l'édition définitive, ces prescriptions sont incorporées au dossier d'appel d'offres).
  
- Mission A.2.7 : Gestion de l'ouvrage.
  
- Mission A.2.8 : Organisation des travaux.
  
- Mission A.2.9 : Dossier d'appel d'offres.

Le présent document constitue le rapport final de la Mission A.2.2 :  
Modèles physique et mathématique - Volume 2 : Modèle mathématique -  
Texte.

## TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
1. <u>INTRODUCTION</u>	1
2. <u>GALERIE AU NIVEAU 164,00</u>	2
2.1. Modélisation d'un contrefort type avec galerie	2
2.2. Calcul des sollicitations	4
2.3. Résultats	7
2.4. Commentaires des résultats	19
3. <u>CONTRAINTES AUTOUR DE L'ORIFICE DE LA VIDANGE DE DEMI-FOND</u>	24
4. <u>CONTRAINTES AU PIED AMONT</u>	32
4.1. Objet du calcul	32
4.2. Modélisation et cas de sollicitations	32
4.3. Analyse des résultats	34
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	35
<u>ANNEXE : DESCRIPTION DE LA METHODE DE CALCUL PAR ELEMENTS</u>	
<u>FINIS UTILISEE</u>	37

MANANTALI : MISSION A.2.2

VOLUME 2 : Modèle Mathématique

LISTE DES SCHEMAS ANNEXES

N° du schéma	222.1	N° du cas de charge	Description du maillage du contrefort
	222.2		Maillage "éclaté" du contrefort
	222.3	I	Déformations de la structure
	222.4	I	Direction et intensité des contraintes principales
	222.5	I	Isobares des contraintes de traction
	222.6	I	Isobares des contraintes de compression
	222.7	I	Carte des écarts entre contraintes principales
	222.8	II	Déformations de la structure
	222.9	II	Direction et intensité des contraintes principales
	222.10	II	Isobares des contraintes de traction
	222.11	II	Isobares des contraintes de compression
	222.12	II	Carte des écarts entre contraintes principales
	222.13	III	Déformations de la structure
	222.14	III	Direction et intensité des contraintes principales
	222.15	III	Isobare des contraintes de traction
	222.16	III	Isobare des contraintes de compression
	222.17	III	Carte des écarts entre contraintes principales
	222.18	IV	Direction et intensité des contraintes principales
	222.19	IV	Isobare des contraintes de traction

<u>N° du schéma</u>	<u>N° du cas de charge</u>	
222.20	IV	Isobare des contraintes de compression
222.21	IV	Carte des écarts entre contraintes principales
222.22	III avec fissuration de la fondation	Description du maillage du contrefort
222.23		Maillage "éclaté" du contrefort
222.24	III avec fissuration de la fondation	Déformations de la structure
222.25	III avec fissuration de la fondation	Direction et intensité des contraintes principales
222.26	III avec fissuration de la fondation	Isobares des contraintes de traction
222.27	III avec fissuration de la fondation	Isobares des contraintes de compression
222.28	III avec fissuration de la fondation	Carte des écarts entre contraintes principales

## 1. INTRODUCTION

L'étude sur modèle mathématique, objet du présent rapport, comporte trois parties.

- 1) Etude des contraintes autour de la galerie transversale au niveau 164,00.

Le travail a été effectué sur le contrefort "type". En effet, c'est celui-ci qui comporte l'âme la plus mince (4 m) par rapport à la tranche d'eau supportée (14 m) et qui donc possède les plus grandes concentrations de contraintes. Les autres contreforts ont en effet une âme de 5,40 m pour une tranche d'eau de 15,40 m.

Cependant, les différences entre les épaisseurs relatives des âmes ( $4/14 = 0,286$  et  $5,40/15,40 = 0,35$ ) sont suffisamment faibles pour que les résultats obtenus dans le contrefort "type" puissent être adaptés sans difficultés aux autres contreforts traversés par cette galerie.

- 2) Etude des contraintes autour de l'ouverture de la vidange de fond. Deux analyses en état plan de déformation transversalement à l'ouverture ont été effectuées.

- 3) Etude des contraintes dans le pied amont du contrefort.

Il a été décidé d'effectuer ce travail, non prévu au départ, afin de mieux préciser la zone de traction qui apparaît à cet endroit, aux alentours de la galerie de contrôle.

On a examiné l'influence sur cette zone de traction de l'apparition d'une fissure subverticale d'une quinzaine de mètres de profondeur dans le terrain de fondation.

## 2. GALERIE AU NIVEAU 164,00

### 2.1. Modélisation d'un contrefort type avec galerie

#### 2.1.1. Principes généraux

Le but du calcul étant l'étude des tensions autour de la galerie, principalement dans les zones où l'on s'attend à obtenir de la traction, ce sont ces zones qui ont été le plus finement discrétisées (cf. schéma 222.1 et 222.2).

La galerie horizontale de visite et d'injection (niv. 190,5) a été figurée par un rectangle, et celle de pied (niv. 148) par un pentagone.

Les épaisseurs d'un contrefort étant constantes parallèlement à la face amont (inclinée à 0,4/1), force a été de prendre des limites d'éléments parallèles à cette direction.

De plus, dans un but de comparaison avec les calculs de stabilité d'ensemble (voir Mission A.23. Volume 3, l'autre réseau des faces a été choisi horizontal.

La fondation a été plus grossièrement modélisée, sa présence ne devant servir qu'à simuler l'influence de la déformabilité du terrain sur l'état de contrainte dans le contrefort.

A l'amont, cette fondation n'est solidarisée au barrage qu'en dessous du niveau 147,5, afin de tenir compte de la tendance générale à la création d'une fissure à cet endroit.

#### 2.1.2. Type d'étude

Les contreforts ne sont ni soutenus, ni confinés latéralement, excepté au parement amont, sur une étroite banale de 3,5 m d'épaisseur.

Le sol est évidemment confiné latéralement, mais la connaissance de son état de contraintes précis n'est pas indispensable ici.

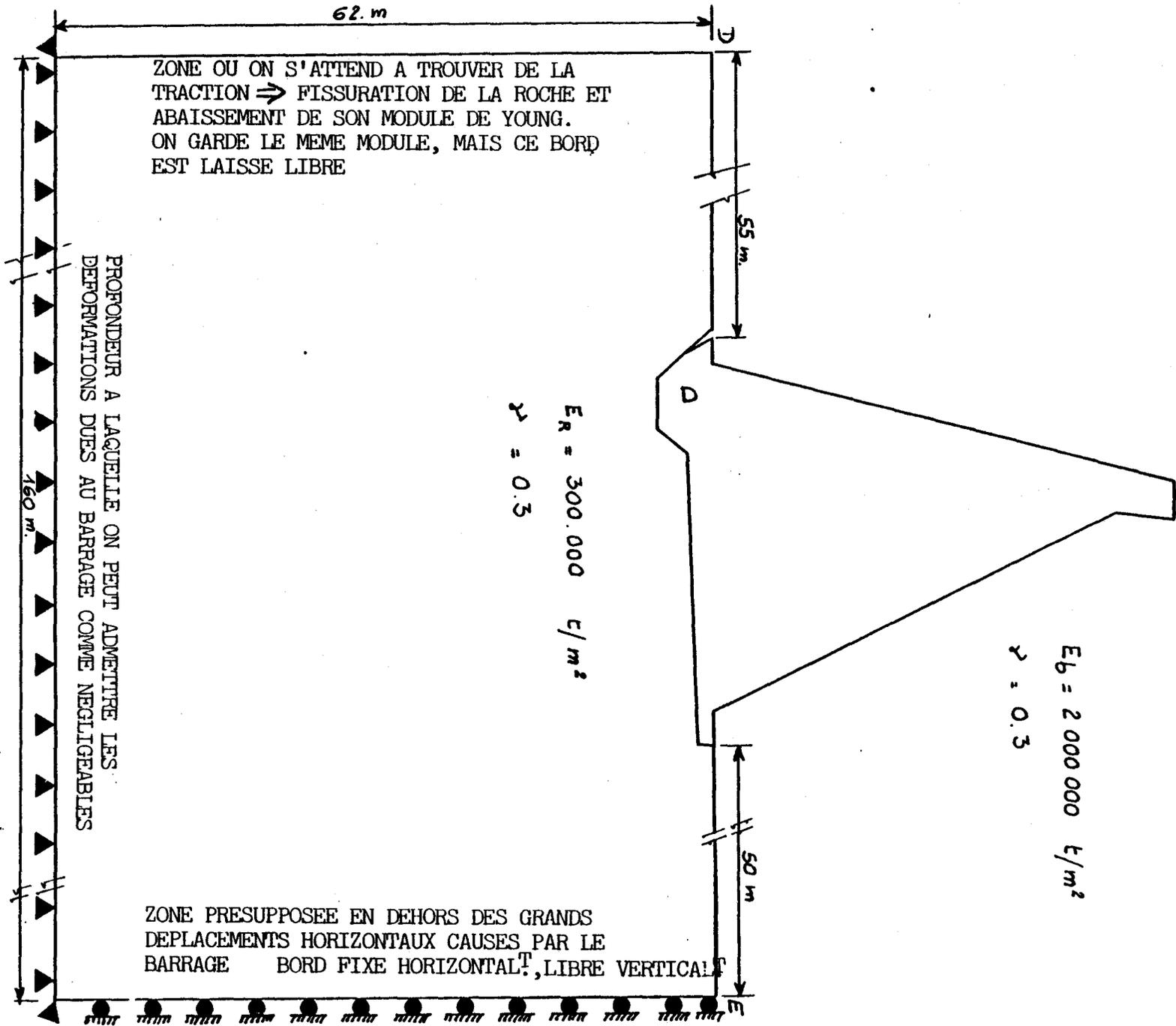
Pour l'ensemble de la structure, nous adapterons donc le comportement "contrainte plane" (plane stress).

#### 2.1.3. Epaisseur des éléments

Pour les éléments dans lesquels l'épaisseur réelle n'est pas constante, on admettra une épaisseur moyenne calculée comme suit :

$$ep = \frac{\text{Volume réel}}{\text{Surface maille}}$$

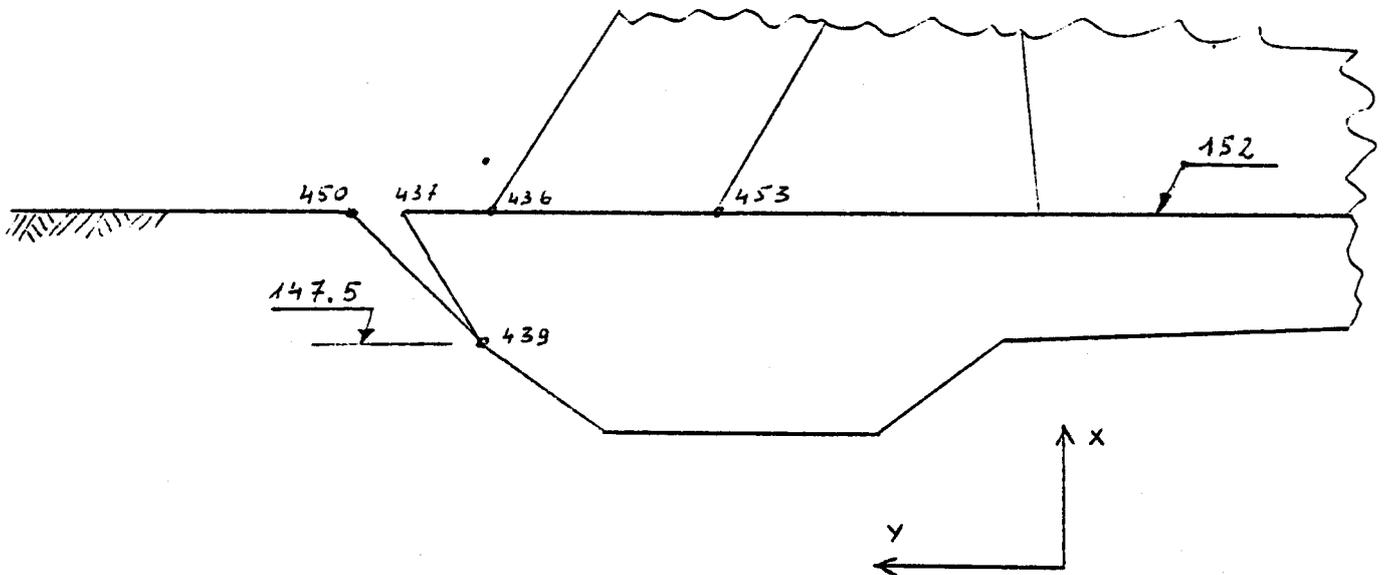
Dans la fondation, l'épaisseur sera de 14 m uniformément.



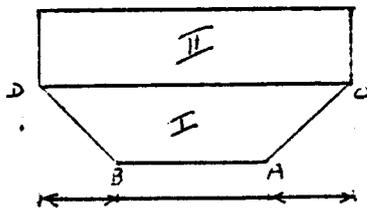
## 2.2. Calcul des sollicitations

### 2.2.1. Pression hydrostatique

- 1) Face amont : adaptation de la pression hydrostatique en  $m_{H_2O}$  par multiplication du facteur  $14/10.5$ , où  $10.5$  est l'épaisseur moyenne des éléments.
- 2) On tient également compte de la pression sur la fondation de béton dépassant le contrefort proprement dit (pression verticale).
- 3) A l'aval, le plan d'eau peut s'abaisser jusqu'au niv. 152, ce qui ne laisse pas d'eau sur le socle de fondation. Le calcul a été effectué pour le niveau moyen à l'aval (159.5).



N.B. : Vu la forme de la "tête", les pressions dues à l'eau (introduites sous forme de pressions ou de forces nodales) ont été distribuées comme suit :

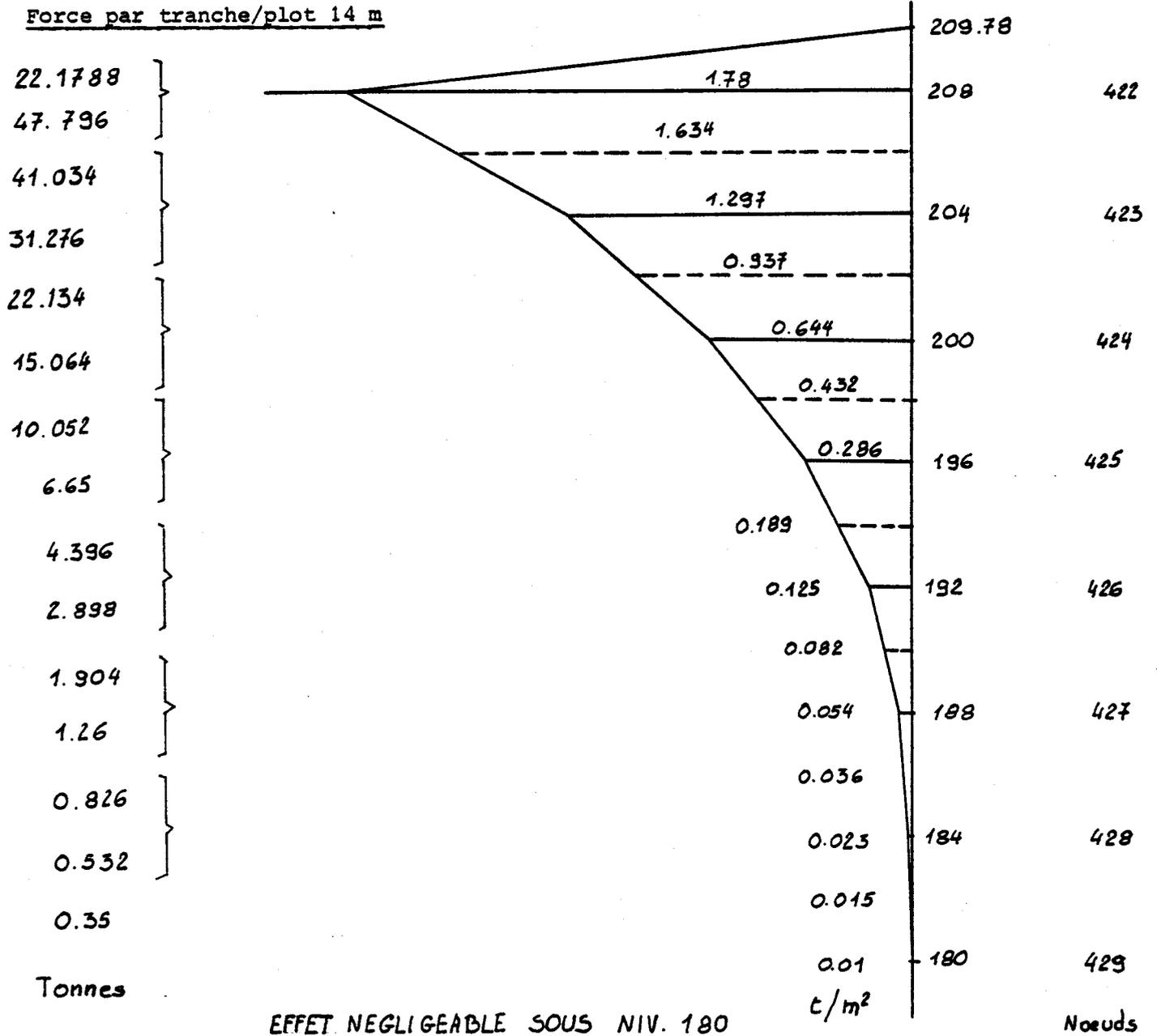


3/4 sur la face AB de l'élément I  
1/4 sur la face CD de l'élément II

- Ceci concerne :
- la pression hydrostatique
  - la pression due aux vagues
  - la surpression hydrodynamique

2.2.2. Efforts additionnels dus aux vagues

Le diagramme adopté est le suivant (voir APD - Vol. 3 - Chap. 2.3.1.)



### 2.2.3. Efforts hydrodynamiques de séisme

Ils sont donnés par (voir APD Vol. 3 - Chap. 2.3.1., page 2.3/19) :

$$P_E = K_E \cdot C_E \cdot \alpha \cdot \gamma_E \cdot \sqrt[2]{H \cdot Y}$$

On obtient :

niveau (m)	Pression (t/m <sup>2</sup> )
203.778	0.55
195.444	1.37
184.000	1.84
172.833	2.18
160.000	2.64
152.000	2.80
Fondation	3.01

### 2.2.4. Cas de sollicitation

- 1) Poids propre du barrage, lac vide.
- 2) Poids propre du barrage, lac vide, avec séisme horizontal dirigé d'aval vers l'amont.
- 3) Cas normal d'exploitation :
  - poids propre
  - niveau hydrostatique à 208
  - vagues.
- 4) Cas exceptionnel :
  - poids propre
  - pression hydrostatique (à 208)
  - effet des vagues
  - séisme horizontal d'amont vers l'aval/poids propre
  - pression hydrodynamique.

Ce cas est plus défavorable que le cas niveau max. exceptionnel (211.05) + vagues sans séisme.

En effet, le supplément de pression dû au passage du niveau 208 au niveau 211.05 est inférieur aux surpressions hydrosismiques.

### 2.3. Résultats

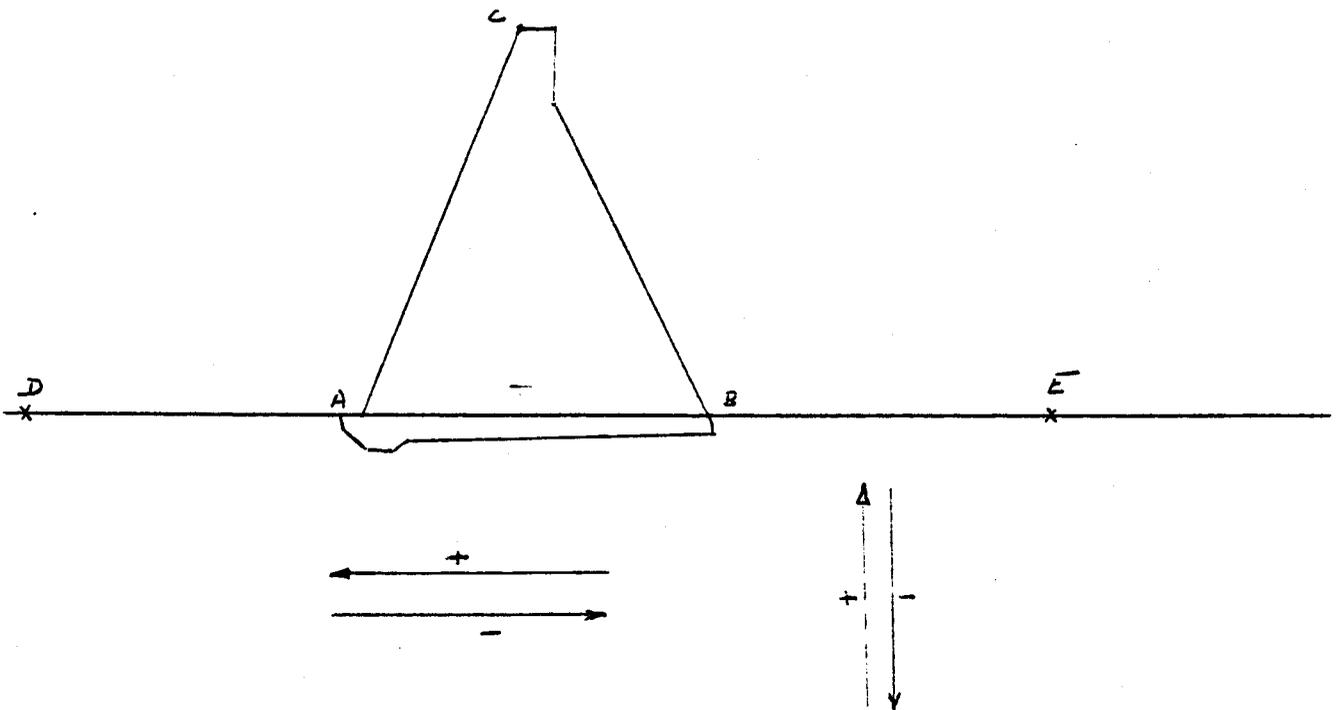
#### 2.3.1. Déformations

Les quatre plans d'ensemble (un par cas de charge) montrent - à la même échelle - les déformées du modèle, superposées à leur image non déformée.

Le schéma 222.3 est relatif au cas de sollicitation n° 1

"	"	222.8	"	"	"	"	n° 2
"	"	222.13	"	"	"	"	n° 3

Les déplacements des points caractéristiques A, B, C, D et E sont donnés au tableau ci-après :



Déplacements en mm (voir signes ci-dessus)

POINT →		C	A	B	D	E
CAS	DIRECTION					
I	Vt	- 7.66	- 7.21	- 3.13	0.1	- 0.09
	Hz	3.00	0.97	0.72	- 0.2	0
II	Vt	- 7.73	- 8.18	- 2.57	- 0.11	- 0.007
	Hz	7.00	2.04	1.58	0.26	0
III	Vt	- 6.97	- 0.12	- 7.11	- 0.51	- 0.59
	Hz	- 25.44	-11.45	- 8.24	0	0
IV	Vt	- 11.75	- 6.08	- 9.05	-11.00	- 1.97
	Hz	- 18.26	- 6.45	- 4.71	1.13	0

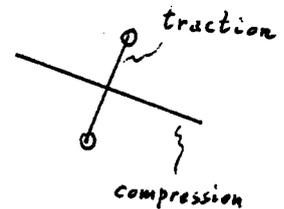
### 2.3.2. Contraintes

2.3.2.1. Les plans annexés montrent, à raison d'un par cas de charge :

- la direction et l'intensité des contraintes principales 222.4, 222.9, 222.14 et 222.18.

Utilisation :

- 1) la direction des vecteurs donne celle des contraintes principales,
- 2) la longueur entre les extrémités (éventuellement les centres des cercles les terminant) des vecteurs est proportionnelle à l'intensité de la tension



- les valeurs des plus grandes tractions (+)  
Plans n° 222.5, 222.10, 222.15 et 222.19.

Sur ces plans, on a tracé les isobares de traction, et en particulier celle de 3 bars ( 30 t/m<sup>2</sup>).

Si une valeur négative apparaît localement, c'est signe qu'il n'y a en ce point que des compressions.

- les valeurs des plus grandes compressions (-) (plans n° 222.6, 222.11, 222.16 et 222.20) : mêmes remarques que précédemment, signes inversés.
- les valeurs de  $\overline{\sigma}_I - \overline{\sigma}_{III}$ , double du déviateur des contraintes, permettant de juger - en parallèle avec les autres dessins - et de localiser les zones où les contraintes sont dangereuses (Plans n° 222.7, 222.12, 222.17 et 222.21).

#### 2.3.2.2. Contraintes au bord de la galerie

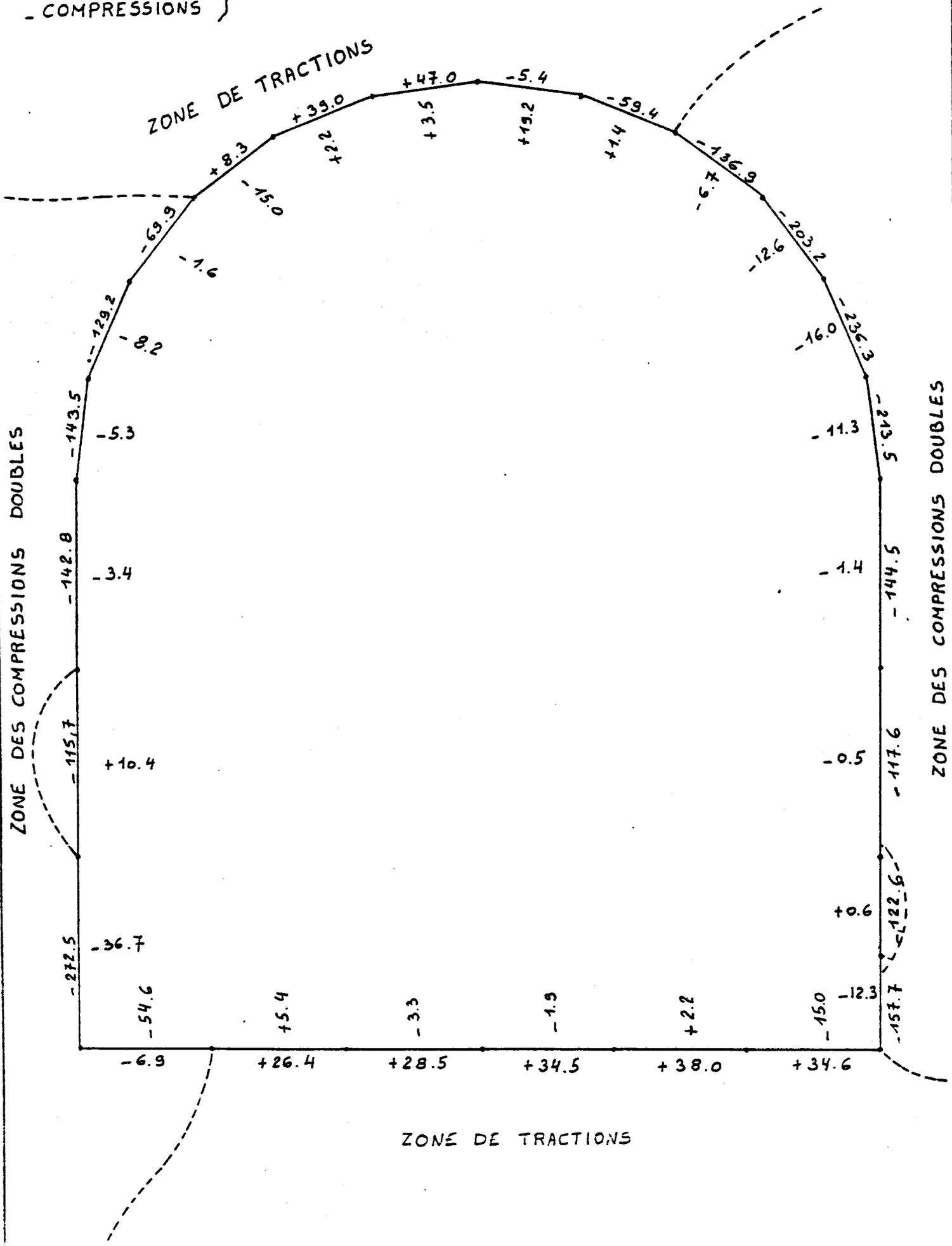
Les 4 schémas ci-après synthétisent l'état de contrainte au bord de l'ouverture.

Pour chacun des 4 cas de charge, les deux contraintes principales ont été écrites au milieu du bord des mailles auxquelles elles correspondent.

D'après les plans d'ensemble (222.5/10/15/19), on a schématisé l'allure des limites des zones compression/traction aux abords immédiats des ouvertures.

+ TRACTIONS  
- COMPRESSIONS } t/m<sup>2</sup>

CAS 1



+ TRACTIONS  
- COMPRESSIONS } t/m<sup>2</sup>

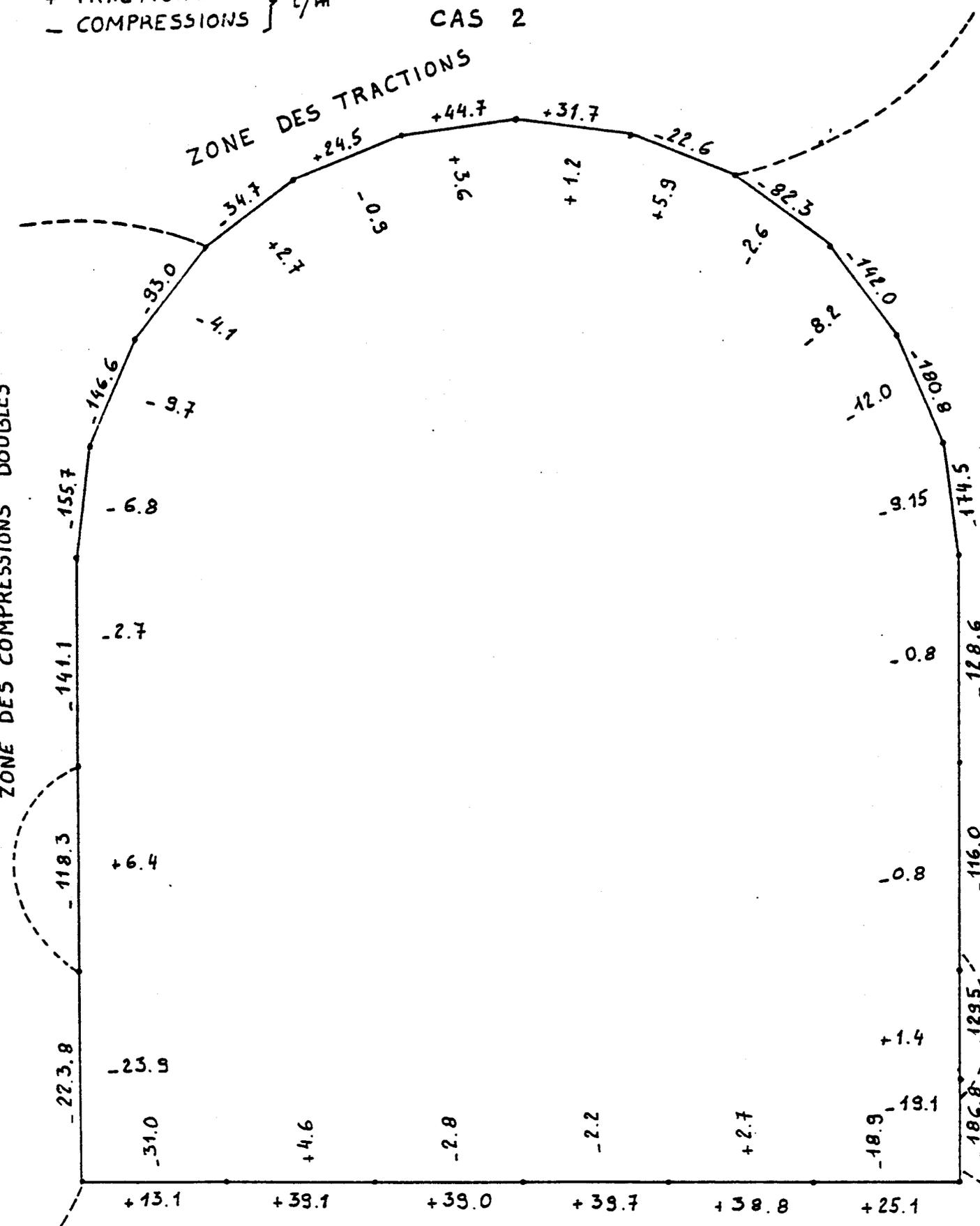
CAS 2

ZONE DES TRACTIONS

ZONE DES COMPRESSIONS DOUBLES

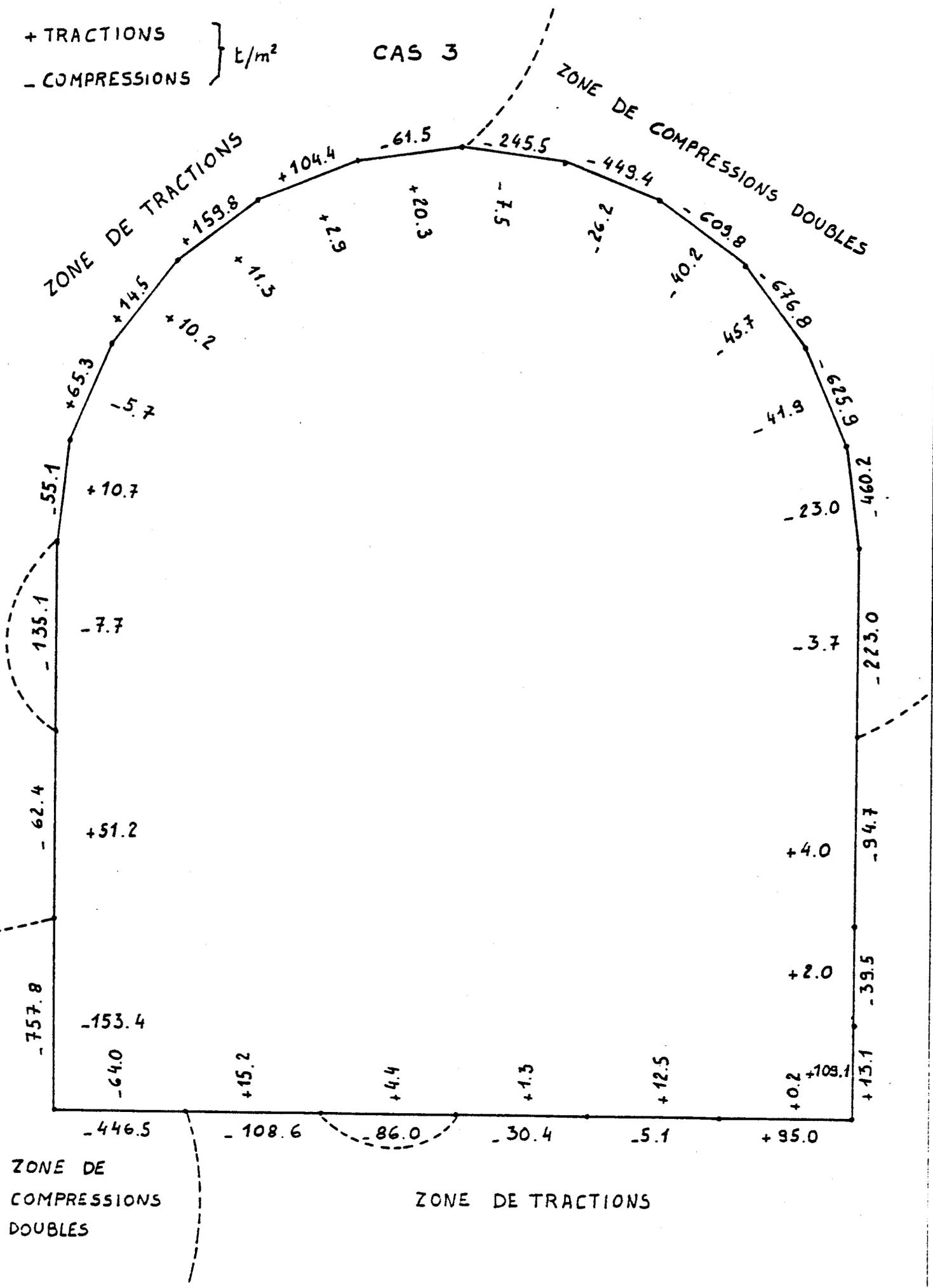
ZONE DES COMPRESSIONS DOUBLES

ZONE DES TRACTIONS



+ TRACTIONS  
- COMPRESSIONS } t/m<sup>2</sup>

CAS 3



ZONE DE  
COMPRESSIONS  
DOUBLES

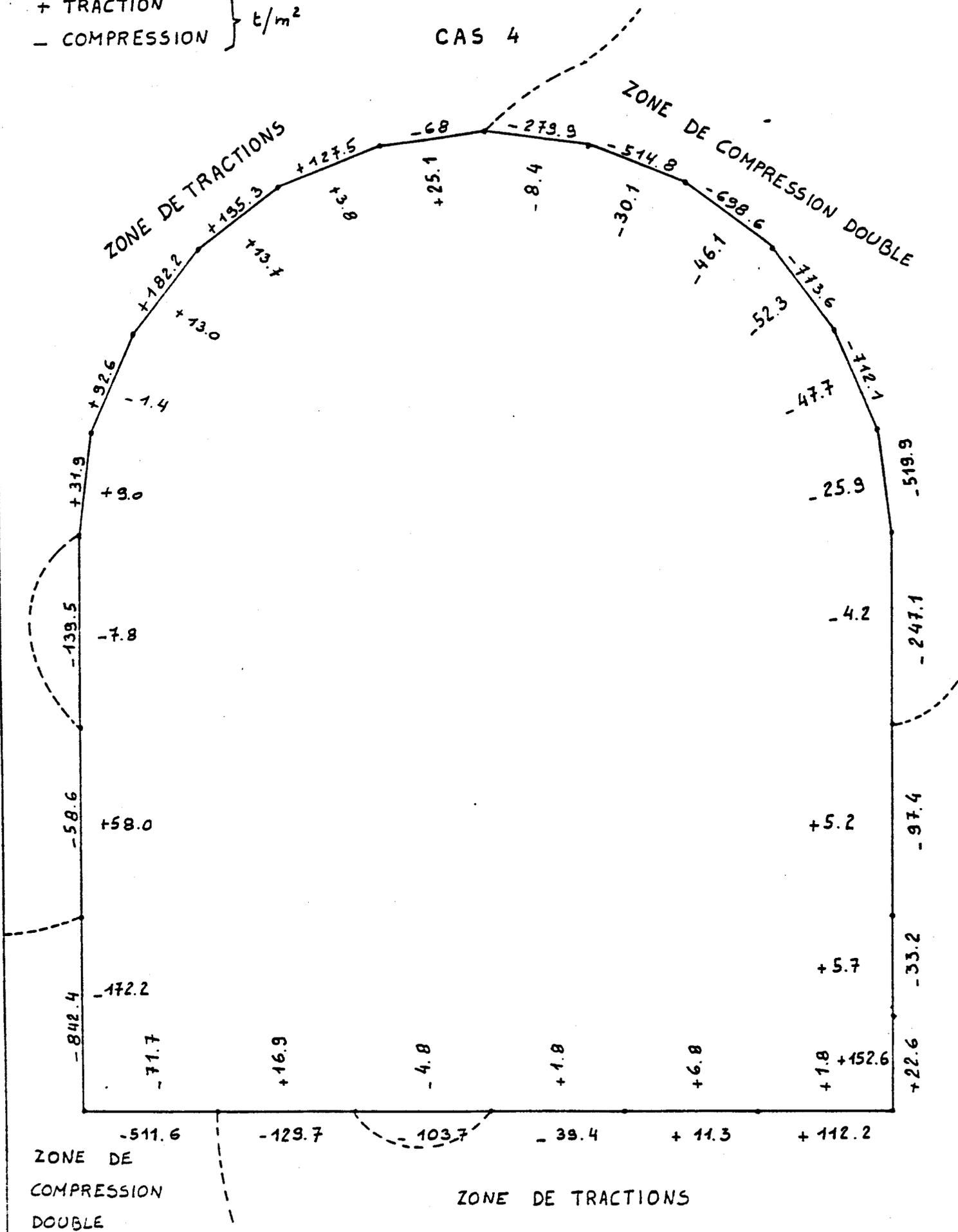
ZONE DE TRACTIONS

+ TRACTION  
- COMPRESSION } t/m<sup>2</sup>

CAS 4

ZONE DE TRACTIONS

ZONE DE COMPRESSION DOUBLE

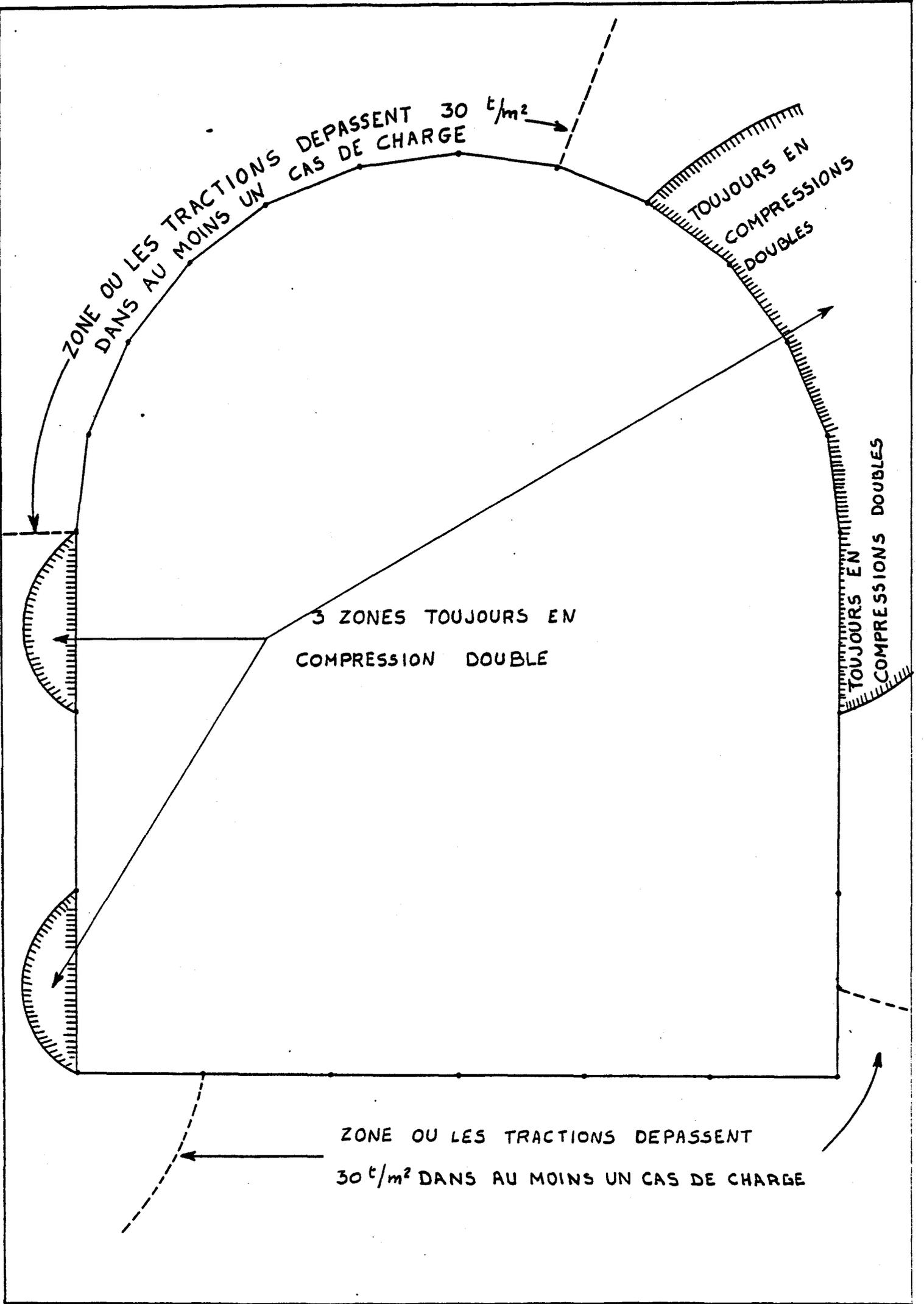


Après superposition des 4 schémas des 4 pages précédentes, on peut déduire celui de la page suivante qui présente les zones :

- qui sont toujours en compression, quel que soit le cas,
- où il peut occasionnellement apparaître de la traction,
- où la traction peut dépasser 3 kg/cm<sup>2</sup> dans au moins un des cas de charge.

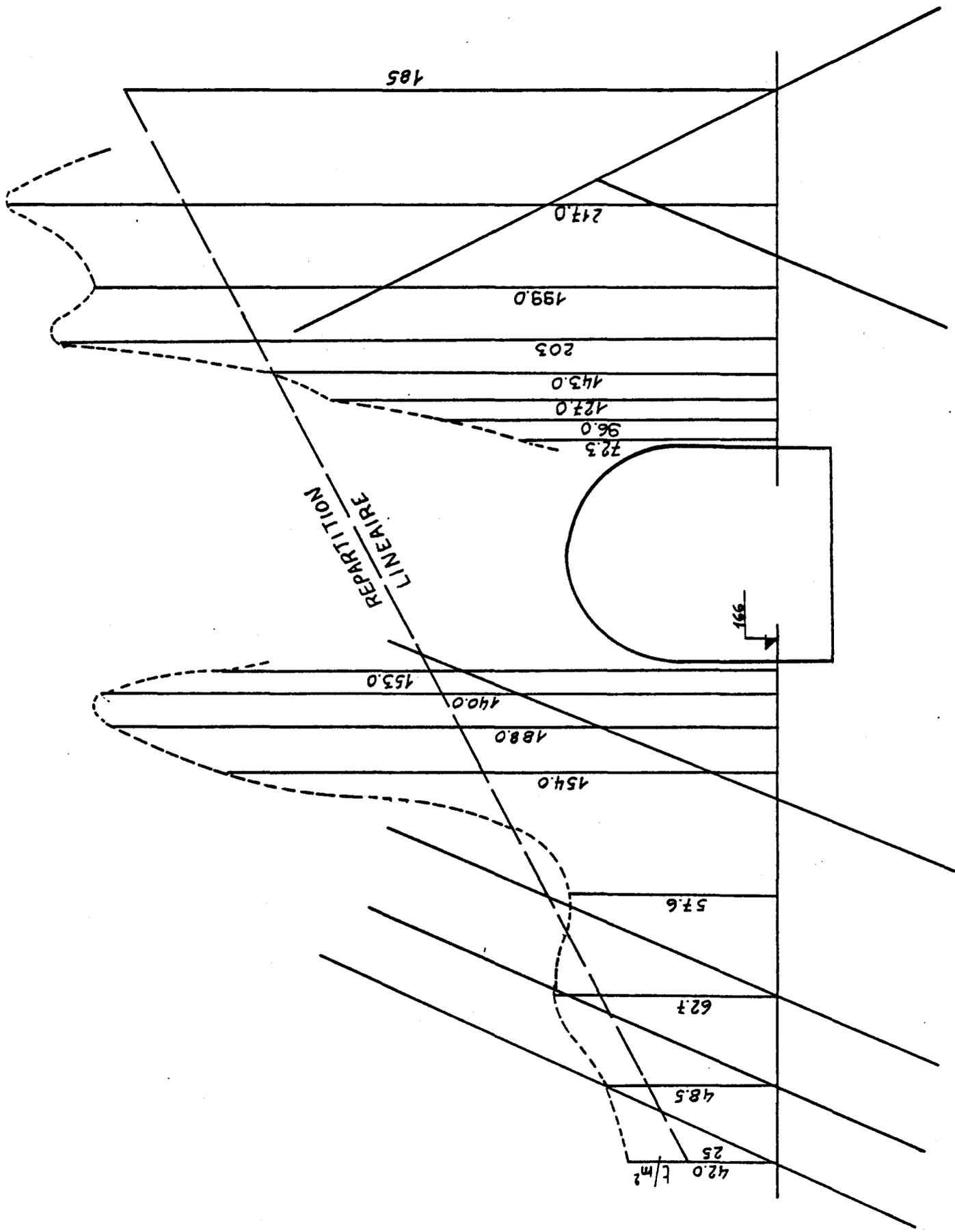
On notera que les zones où les tractions dépassent 30 t/m<sup>2</sup> sont confinées près de l'intrados de la galerie dans les deux premiers cas, et ne s'éloignent pas de plus de 1 m de cette fibre. En revanche, dans les cas 3 et 4, ces zones ont des limites situées parfois à plus de 6 m de l'intrados.

On consultera les plans 222.5, 222.10, 222.15 et 222.20.

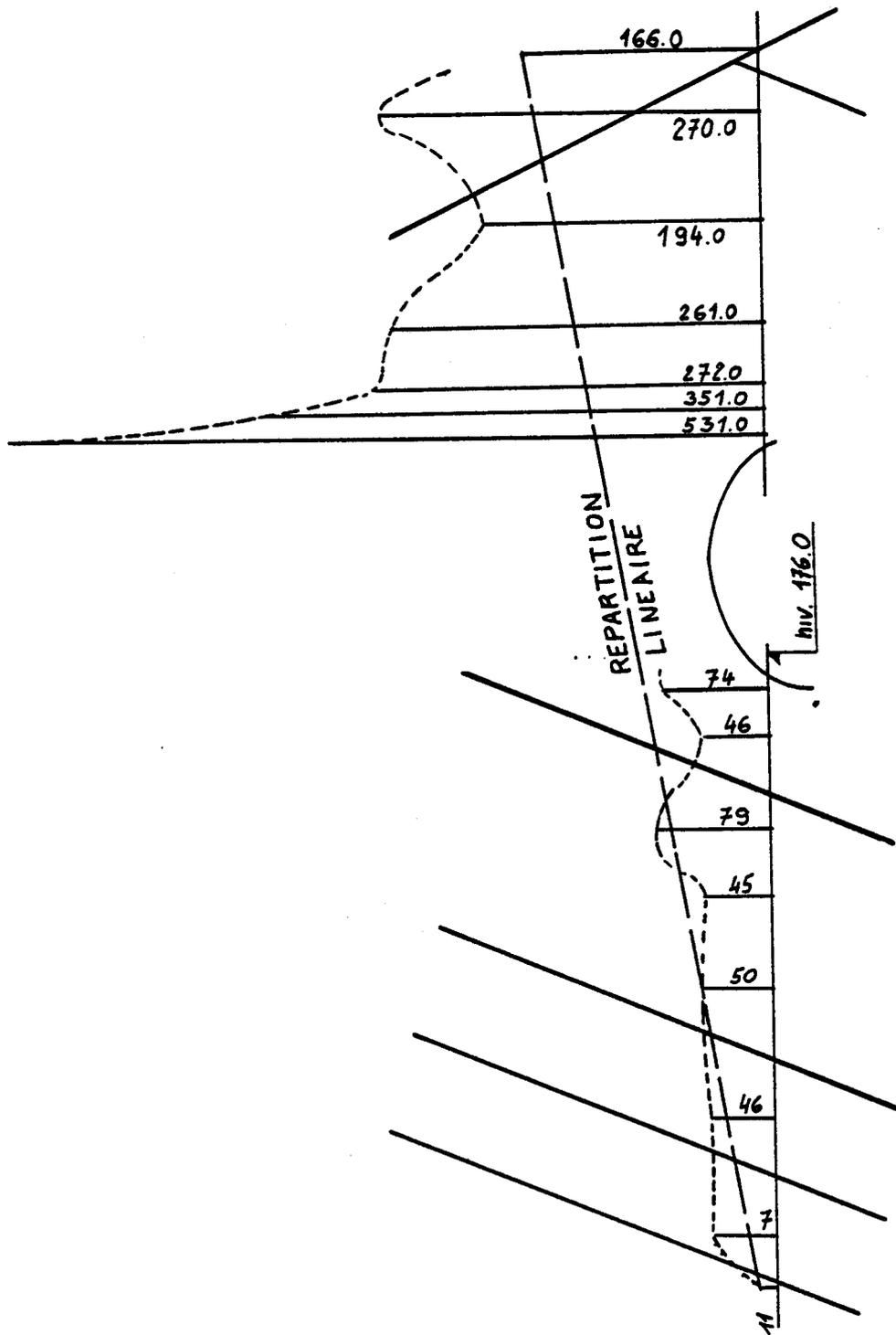


Les deux schémas suivants montrent l'allure des contraintes verticales dans deux coupes horizontales pratiquées aux niveaux 166 et 176, traversant donc la galerie. Ces contraintes sont celles apparaissant dans le cas normal d'exploitation (cas 3).

Leur comparaison par rapport au trapèze de contraintes, obtenu par l'hypothèse de variation linéaire des contraintes, montre bien les zones sur-sollicitées par la canalisation des contraintes de compression autour de la galerie, et les zones "mortes" qui travaillent très peu "à l'abri" de l'ouverture.



COMPRESSIIONS VERTICALES



COMPRESSION (t/m<sup>2</sup>)

## 2.4. Commentaires des résultats

### 2.4.1. Cas de charge 1 : poids propre seul

(Ch. Schémas 222.3 à 7).

#### 2.4.1.1. Tractions (Schéma 222.5)

Maximum : 39 t/m<sup>2</sup>. Les zones où la traction atteint ou dépasse 30 t/m<sup>2</sup> sont assez restreintes et localisées près de la clef de la galerie et au milieu de son plancher.

On note d'une manière générale qu'il apparaît des tractions dans les zones vers lesquelles le flux des compressions tourne sa concavité, les tractions étant dirigées selon les rayons de courbures de la "trajectoire" des compressions.

Dans le cas du poids propre seul - et on verra par après également dans les 3 autres cas - le "flux" des compressions change plusieurs fois de direction : la première pour "éviter" l'ouverture, la seconde pour se répartir sur toute la semelle de fondation.

C'est ainsi que l'on peut expliquer la (très) légère traction qui apparaît sur une partie de l'épaississement aval (cf. aussi les schémas n° 222.3/4/6/7).

La forme particulière "en haricot" des zones de tractions est bien confirmée par la théorie élastique dans le cas d'ouverture circulaire (voir Hermann Kastner - Statik des Tunnel- und Stollenbaues et "Criteria & Assumptions in the conventional design of galleries & other openings in gravity dams" - B. PANT + A.S. KEOT + S.S. PATIL).

#### 2.4.1.2. Compressions (Schéma 222.6)

On remarquera tout d'abord qu'il existe trois zones où n'apparaît aucune compression (tractions dans tous les sens), respectivement situées l'une à la clef, les deux autres au bas de la galerie.

Les compressions atteignent 237 t/m<sup>2</sup> au rein aval de la voûte de la galerie, là où le flux des compressions est tangent à la galerie; vers l'amont de la galerie, le maximum constaté est de 273 t/m<sup>2</sup>, maximum du contrefort.

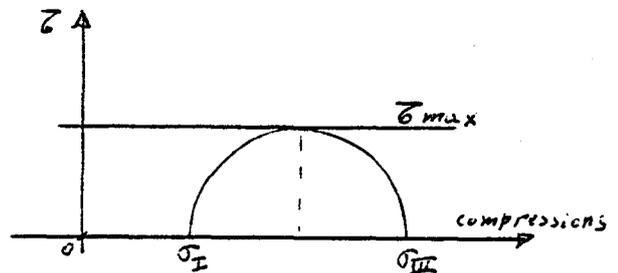
En général, à l'amont de l'ouverture, une zone d'une largeur d'environ 5 m reprend les tensions que la galerie ne peut reprendre; à l'aval, cette zone s'étend jusqu'à la fibre extrême du contrefort; dans ces zones, la compression dépasse 100 t/m<sup>2</sup>.

Le "coin" aval du contrefort voit se développer un autre phénomène : la dalle de fondation est fléchie vers le haut à chaque extrémité, d'où diminution des tensions à la face inférieure de la dalle - où la compression descend sous 50 t/m<sup>2</sup> - et compression additionnelle de la fibre aval du contrefort, où les 100 t/m<sup>2</sup> sont dépassées, avec pour corollaire la "poussée au vide" se traduisant dans cette zone par une traction (plans 222.3 et 5).

2.4.1.3. Zones de cisaillement maximal

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2}$$

Le schéma 222.7 montre la carte des valeurs de  $(\sigma_3 - \sigma_1)$ .



On constate immédiatement qu'excepté aux abords de la galerie, cette "carte" est très proche de celle des compressions (Schéma 222.5).

Une pointe de  $\frac{187}{2} = 93.5$  t/m<sup>2</sup> de cisaillement est constatée au rein aval de la voûte de la galerie, et une autre zone où  $\tau_{\max}$  dépasse 75 t/m<sup>2</sup> au pied amont de la galerie.

Ailleurs, la compression principale est de très loin supérieure (en valeur absolue) à l'autre contrainte principale. De là la similitude des deux dessins 222.5 et 222.7 dans les zones où  $|\sigma_1| \ll |\sigma_3|$ , car alors  $\tau_{\max} \approx \frac{\sigma_3}{2}$ .

N.B. : 1) On notera les "effets de coins" dus :

====

- aux piedroits de la galerie
  - à l'épaississement du socle de la galerie
- lesquels perturbent parfois notablement les champs des contraintes.

- 2) Un  $\overline{\sigma}_{\max}$  faible ne suffit pour affirmer qu'un endroit n'est pas dangereux si  $\sigma_1$  et  $\sigma_3$  sont des tractions égales,  $\overline{\sigma} = 0$ , mais le béton peut quand même se fissurer.

2.4.2. Cas de charge 2 : Poids propre + séisme d'aval vers l'amont

(Schémas 222.8/9/10/11/12)

Toutes les remarques du cas de sollicitations 1 restent valables. La pointe de traction se constate toujours à la clé de voûte de la galerie, mais devient 45 t/m<sup>2</sup> en plancher elle vaut 39.7 t/m<sup>2</sup>.

On remarque un déplacement dans le sens horlogique des zones tendues, avec une extension vers l'amont de la zone située vers la galerie. Les zones où les tractions dépassent 30 t/m<sup>2</sup> restent confinées très près de l'intrados de la galerie.

Mais la tendance au basculement vers l'amont dû au séisme provoque des tractions dans la semelle de fondation aval, pouvant atteindre 10 t/m<sup>2</sup>.

Notons que la grande partie de la masse du barrage est localisée à l'amont ("tête" du contrefort). Un séisme dirigé vers l'amont concerne plus cette tête en raison de sa masse, laquelle "tire" sur le voile aval du contrefort.

La carte des compressions est assez bien modifiée : le séisme redresse le flux descendant des contraintes vers l'amont; de ce fait, la fibre aval du contrefort n'atteint plus la compression de 100 t/m<sup>2</sup>.

La compression amont n'est toutefois pas trop augmentée par contrecoup : la section de la tête est telle qu'elle encaisse sans augmentation notable de compression les efforts dus au séisme.

On relève 181 t/m<sup>2</sup> de compression au rein aval de la voûte et 224 t/m<sup>2</sup> au pied droit amont.

Le redressement vers l'amont du flux descendant des compressions provoque une meilleure utilisation du voile du contrefort, l'ouverture de la galerie étant contournée par un flux plus vertical, donc rencontrant une section d'ouverture moindre.

L'effet de fléchissement de la semelle de fondation, cumulé à l'effort de basculement soulage encore plus la partie aval de la semelle, sans toutefois renforcer les compressions sur la fibre aval du voile de contrefort, le flux principal des compressions ayant pris une autre direction.

#### 2.4.3. Cas de charge 3 : Exploitation normale (avec vagues)

Le flux des efforts sollicitants a une direction située entre la verticale et la normale au parement amont (cf. schémas 222.13 à 17).

##### 2.4.3.1. Tractions (dessins 222.15)

Deux zones de tractions doubles sont observées :

La première sur la voûte de la galerie, à 45° vers l'amont. La traction y atteint 160 t/m<sup>2</sup>.

La seconde, au pied droit aval de la galerie, où la traction atteint 110 t/m<sup>2</sup>.

Les zones en traction atteignent localement l'épaississement amont, traversent le voile jusqu'à la fibre aval, voir même l'épaississement aval.

Les zones où la traction dépassent 30 t/m<sup>2</sup> atteignent des surfaces de voile de 10 m sur 3 m à 45° à l'amont de la galerie, 2.5 x 9 m à l'aval, la direction générale de ces zones étant de 45° ascendant vers l'aval.

La remarque antérieure concernant la fibre aval tendue du voile par fléchissement de la semelle reste valable.

On peut se demander pourquoi il n'existe pas de tractions dues à la poussée au vide le long d'une zone à 45° ascendante vers l'aval traversant la galerie. La raison en est la déformation même de l'ouverture, son ovalisation, comprimant latéralement la zone en question, laquelle est en même temps traversée dans l'autre sens par le flux principal des compressions (dessins 222.16).

#### 2.4.3.2. Compressions (Dessins 222.16)

Piedroit amont : 758 t/m<sup>2</sup>.

Voûte, à 45° ascendant vers l'aval : 677 t/m<sup>2</sup>.

Il est toujours logique de trouver les maxima au piedroit amont : la charge hydrostatique augmentant si l'altitude décroît. La plus grande partie de la sollicitation extérieure tend à passer sous la galerie.

Excepté la tête et une petite partie du voile (zone de la voûte, direction 45° ascendant vers l'amont), tout le contrefort est soumis à une compression dépassant 100 t/m<sup>2</sup>.

La carte des compressions est détaillée sur le dessin 222.16.

On remarquera un flot où la compression dépasse 200 t/m<sup>2</sup>, pris en tenailles entre le socle de la galerie et l'épaississement aval.

Enfin, une remarquable concentration de contraintes apparaît au "coin" aval, due principalement :

- à la butée du terrain de fondation sur la face subverticale de la semelle du contrefort,
- à l'effet de fléchissement de cette semelle, d'où une pointe de 569 t/m<sup>2</sup> dans cette zone.

#### 2.4.3.3. Cisaillements (dessin 222.17)

Comme précédemment, la carte des  $\tau$  max est un reflet remarquable de celle des compressions.

$\tau = \frac{543}{2} = 271.5$  t/m<sup>2</sup> au coin aval du voile, 316 t/m<sup>2</sup> à l'intrados (direction ascendante aval 45°) de la voûte de la galerie, 302 t/m<sup>2</sup> au pied droit amont.

Toutes les remarques précédentes restent valables.

#### 2.4.4. Cas de charge 4 : Exploitation normale + vagues + séisme d'amont vers l'aval

(cf. Schémas 222.18 à 21)

L'effet du séisme, essentiellement horizontal, va légèrement redresser vers l'horizontale la ligne d'action des efforts hydrostatiques et de poids propre.

2.4.4.1. Tractions (dessin 222.19)

L'étendue et la forme des zones des tractions ont à peine changé.

C'est à l'intrados de la galerie que l'on remarque :

- une traction de 153 t/m<sup>2</sup> au pied droit aval,
- une traction de 196 t/m<sup>2</sup> à la voûte amont.

2.4.4.2. Compression (schéma 222.20)

Voûte : jusqu'à 774 t/m<sup>2</sup>

pied droit : 843 t/m<sup>2</sup>

bec aval : 673 t/m<sup>2</sup>

2.4.4.3. Cisaillements (schéma 222.21)

Voûte : 631 t/m<sup>2</sup>

pied droit : 335 t/m<sup>2</sup>

bec aval : 321 t/m<sup>2</sup>

Mêmes remarques que pour le cas 3.

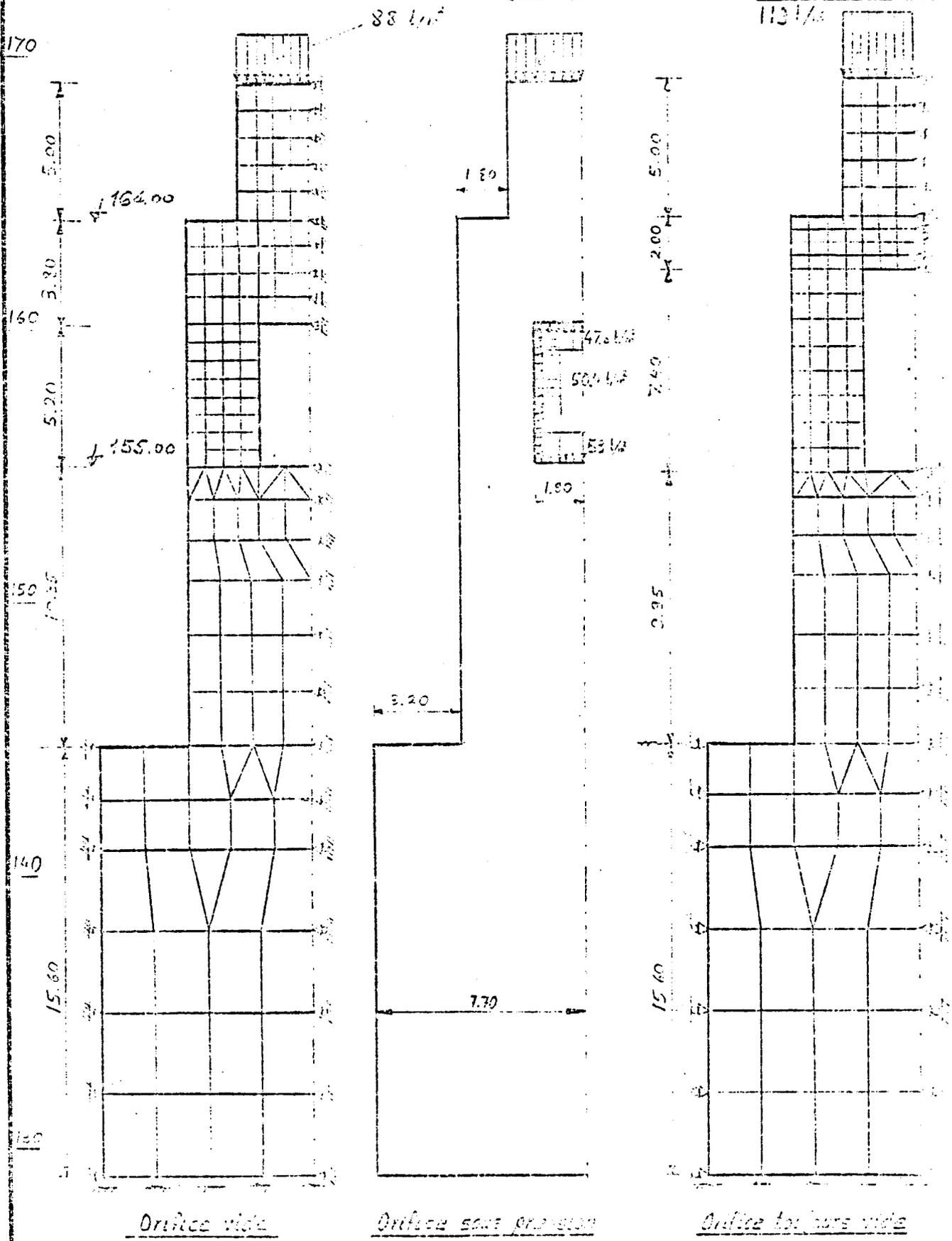
3. CONTRAINTES AUTOUR DE L'ORIFICE DE LA VIDANGE DE DEMI-FOND

Les contreforts 10 à 16 sont traversés dans le sens amont-aval par les vidanges de demi-fond, dont les dimensions à l'amont de la vanne de réglage sont de 3,80 x 5,20 m<sup>2</sup> et de 3,80 x 7,40 m<sup>2</sup> à l'aval de cette vanne. Deux sections ont été donc étudiées, l'une à 1,00 m à l'aval de l'axe du barrage et l'autre à 15,7 m à l'aval de cet axe.

A la page suivante figurent la distribution des éléments finis adoptés pour chacune des sections, ainsi que les liaisons et sollicitations des bords pour l'effet cumulé du poids propre et de la poussée de l'eau.

Détermination de l'état des contraintes  
autour de l'orifice de la vidange de demi-fond

Sections étudiées sous son poids propre + poussée de l'eau  
à 100m à l'aval de l'axe du barrage      à 100m à l'aval de l'axe du barrage  
 2.75      1131/4



3.1. Section à 1,00 m à l'aval de l'axe du barrage

A la page suivante figurent les contraintes verticales et horizontales autour de l'orifice, lorsque celui-ci est vide (par exemple vanne de réglage ouverte et batardeau amont fermé).

Les contraintes verticales sont partout des compressions.

Par contre, les contraintes horizontales sont des tractions + 93 t/m<sup>2</sup> au-dessus et + 85 t/m<sup>2</sup> au-dessous de l'orifice.

A la 26 figurent les contraintes verticales et horizontales autour de l'orifice lorsque celui-ci est sous pression (vanne de réglage fermée).

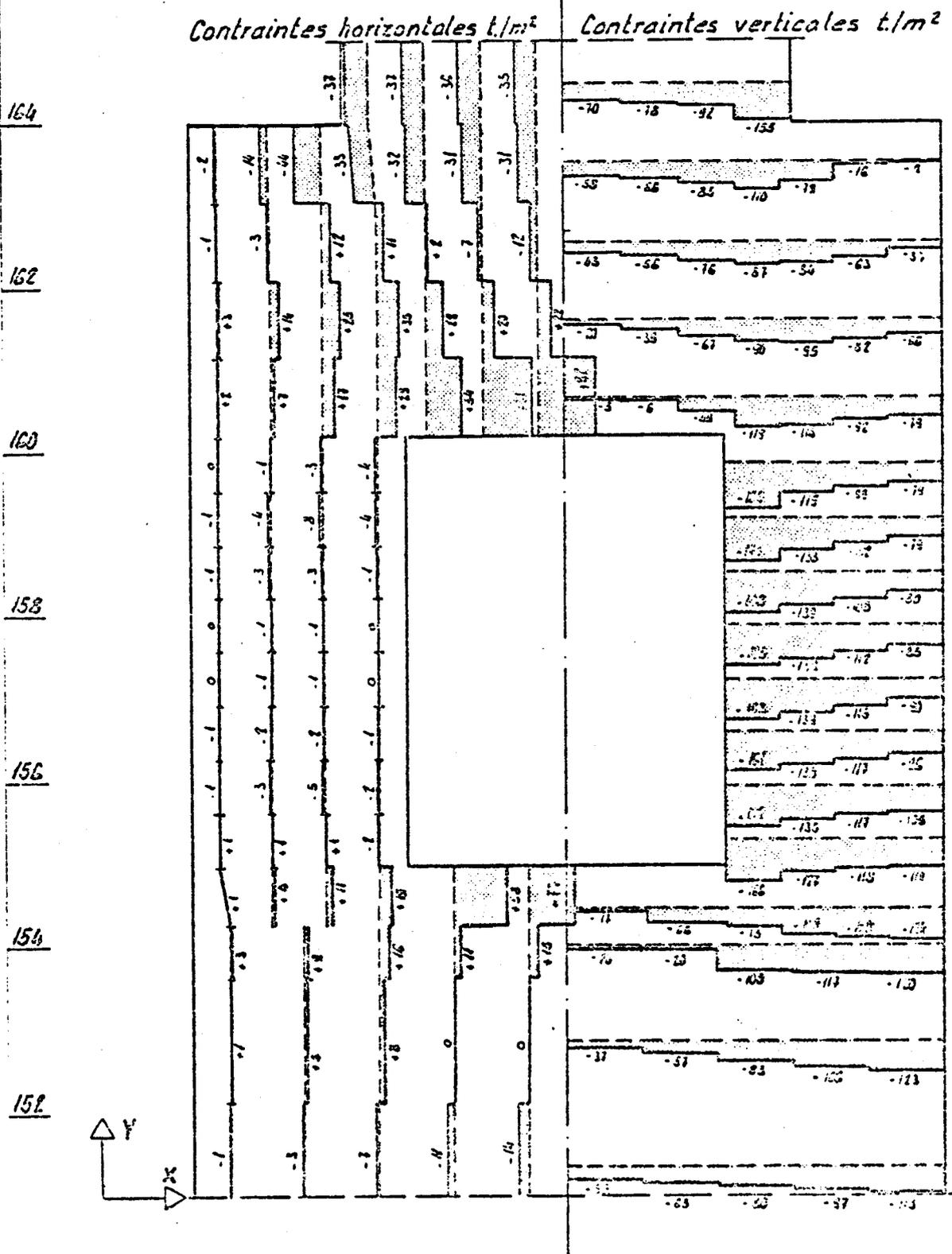
Les contraintes verticales sont partout des compressions, à l'exception d'une faible zone, au droit de l'orifice, sur les faces du contrefort où la traction vaut + 12 t/m<sup>2</sup>. Les contraintes horizontales de traction augmentent par rapport au cas précédent : elles sont de + 149 t/m<sup>2</sup> au-dessus et de + 160 t/m<sup>2</sup> au-dessous de l'orifice.

Ces efforts de traction doivent être repris par des armatures.

# Contraintes verticales et horizontales autour de l'orifice de la vidange de demi-fond

Section à 100 m. à l'aval de l'axe du barrage

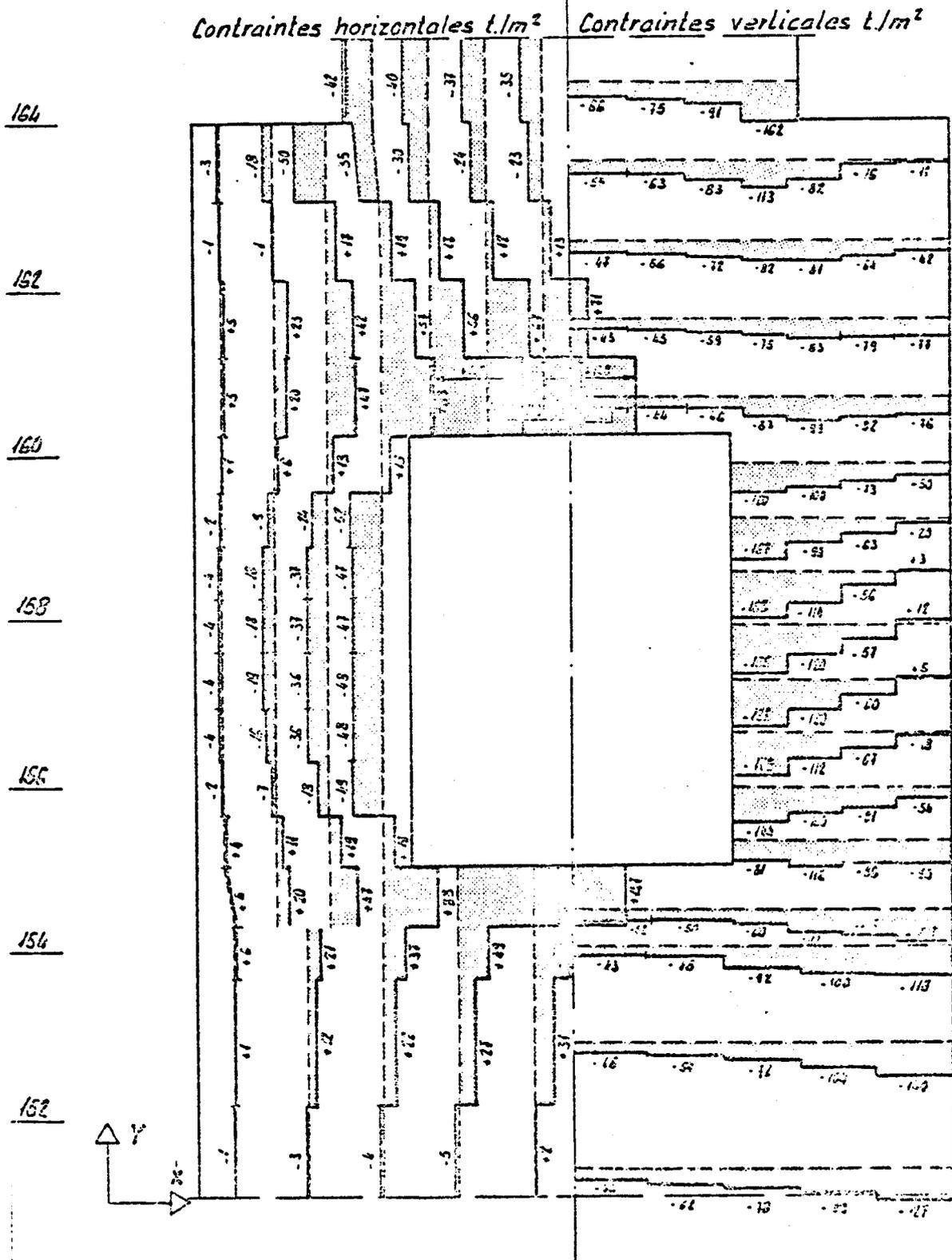
Orifice vide



Contraintes verticales et horizontales  
autour de l'orifice de la vidange de demi-fond

Section à 100 m. à l'aval de l'axe du barrage

Orifice sous pression



On trouvera aux 41 pages suivantes non numérotées les détails concernant les résultats décrits ci-avant; il s'agit du listing des résultats (déformations et tensions) dans la section de l'évacuateur des crues à 1 m à l'aval de l'axe du barrage dans les deux cas de sollicitations examinés.

N O D E   D I S P L A C E M E N T S   ( L O A D   C A S E S   1 -   2 )

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL (A 1.0 m A LAVAL DE L'AXE DU BARRAGE)  
 UNITES : TONNES. METRES

NOTE - FOR CYLINDRICAL SYSTEMS (X\*,Y\*) CORRESPOND TO RADIAL AND TANGENTIAL COMPONENTS REFERENCED TO THE INITIAL THETA COORDINATE OF THE NODE.

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
1	0/0	1	-.2873E-18	-.9268E-18	0.	0.	0.	0.
		2	-.3930E-20	-.1229E-19	0.	0.	0.	0.
2	0/0	1	-.3892E-20	-.1855E-17	0.	0.	0.	0.
		2	-.9045E-22	-.2461E-19	0.	0.	0.	0.
3	0/0	1	-.5159E-20	-.1859E-17	0.	0.	0.	0.
		2	-.1194E-21	-.2470E-19	0.	0.	0.	0.
4	0/0	1	-.3861E-20	-.1863E-17	0.	0.	0.	0.
		2	-.8932E-22	-.2479E-19	0.	0.	0.	0.
5	0/0	1	.2754E-18	-.9320E-18	0.	0.	0.	0.
		2	.3772E-20	-.1241E-19	0.	0.	0.	0.
6	0/0	1	-.5573E-18	-.1329E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.8168E-20	-.1826E-04	0.	0.	0.	0.
7	0/0	1	-.6531E-05	-.1332E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1510E-06	-.1833E-04	0.	0.	0.	0.
8	0/0	1	-.9399E-05	-.1339E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2161E-06	-.1848E-04	0.	0.	0.	0.
9	0/0	1	-.6583E-05	-.1345E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1501E-06	-.1863E-04	0.	0.	0.	0.
10	0/0	1	.5150E-18	-.1348E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.7204E-20	-.1869E-04	0.	0.	0.	0.
11	0/0	1	-.5589E-18	-.2537E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.9165E-20	-.3613E-04	0.	0.	0.	0.
12	0/0	1	-.1960E-04	-.2547E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4336E-06	-.3632E-04	0.	0.	0.	0.
13	0/0	1	-.2761E-04	-.2573E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.6246E-06	-.3695E-04	0.	0.	0.	0.
14	0/0	1	-.1970E-04	-.2601E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4577E-06	-.3757E-04	0.	0.	0.	0.
15	0/0	1	.4302E-18	-.2611E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.6291E-20	-.3782E-04	0.	0.	0.	0.
16	0/0	1	-.6047E-16	-.3578E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1104E-19	-.5257E-04	0.	0.	0.	0.
17	0/0	1	-.5308E-04	-.3622E-02	0.	0.	0.	0.

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
		2	-.1180E-05	-.5357E-04	0.	0.	0.	0.
18	0/0	1	-.7069E-04	-.3708E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1566E-05	-.5539E-04	0.	0.	0.	0.
19	0/0	1	-.4859E-04	-.3787E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1062E-05	-.5735E-04	0.	0.	0.	0.
20	0/0	1	.3528E-18	-.3828E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.5669E-20	-.5825E-04	0.	0.	0.	0.
21	0/0	1	-.5913E-18	-.4384E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1154E-19	-.6600E-04	0.	0.	0.	0.
22	0/0	1	-.9643E-04	-.4465E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2045E-05	-.6783E-04	0.	0.	0.	0.
23	0/0	1	-.1311E-03	-.4681E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2715E-05	-.7280E-04	0.	0.	0.	0.
24	0/0	1	-.1085E-03	-.4859E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2191E-05	-.7679E-04	0.	0.	0.	0.
25	0/0	1	-.4827E-04	-.4992E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.9124E-06	-.7964E-04	0.	0.	0.	0.
26	0/0	1	.2500E-18	-.5018E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.4897E-20	-.8020E-04	0.	0.	0.	0.
27	0/0	1	-.2465E-18	-.4538E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4150E-20	-.6805E-04	0.	0.	0.	0.
28	0/0	1	-.1776E-03	-.4839E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3550E-05	-.7473E-04	0.	0.	0.	0.
29	0/0	1	-.1615E-03	-.5270E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3023E-05	-.8442E-04	0.	0.	0.	0.
30	0/0	1	-.6089E-04	-.5612E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.6161E-06	-.9204E-04	0.	0.	0.	0.
31	0/0	1	-.2767E-04	-.5686E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1467E-06	-.9343E-04	0.	0.	0.	0.
32	0/0	1	.2260E-18	-.5712E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.5858E-20	-.9390E-04	0.	0.	0.	0.
33	0/0	1	.1039E-18	-.4645E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.3029E-20	-.7008E-04	0.	0.	0.	0.
34	0/0	1	.1923E-03	-.4812E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRIES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPER	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR Y*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
		2	.4937E-05	-.7374E-04	0.	0.	0.	0.
35	0/0	1	-.2225E-04	-.6208E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1367E-05	-.1049E-03	0.	0.	0.	0.
36	0/0	1	-.2817E-04	-.6330E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1291E-05	-.1075E-03	0.	0.	0.	0.
37	0/0	1	-.2097E-04	-.6363E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1235E-05	-.1077E-03	0.	0.	0.	0.
38	0/0	1	-.1008E-04	-.6384E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.8082E-06	-.1075E-03	0.	0.	0.	0.
39	0/0	1	.1393E-18	-.6389E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.2247E-19	-.1074E-03	0.	0.	0.	0.
40	0/0	1	-.8744E-05	-.6423E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1972E-05	-.1105E-03	0.	0.	0.	0.
41	0/0	1	.5486E-05	-.6414E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.2326E-05	-.1099E-03	0.	0.	0.	0.
42	0/0	1	.3614E-05	-.6445E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1940E-05	-.1093E-03	0.	0.	0.	0.
43	0/0	1	.1487E-05	-.6458E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1099E-05	-.1083E-03	0.	0.	0.	0.
44	0/0	1	.2904E-18	-.6463E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.4245E-19	-.1079E-03	0.	0.	0.	0.
45	0/0	1	-.1836E-04	-.6530E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1833E-05	-.1162E-03	0.	0.	0.	0.
46	0/0	1	-.7473E-05	-.6532E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.2427E-05	-.1145E-03	0.	0.	0.	0.
47	0/0	1	.1559E-05	-.6529E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.2347E-05	-.1108E-03	0.	0.	0.	0.
48	0/0	1	.2197E-05	-.6533E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1395E-05	-.1078E-03	0.	0.	0.	0.
49	0/0	1	.3851E-18	-.6534E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.2630E-19	-.1066E-03	0.	0.	0.	0.
50	0/0	1	-.1986E-04	-.6640E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3183E-05	-.1284E-03	0.	0.	0.	0.
51	0/0	1	-.4311E-05	-.6631E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATIFU- DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITFS : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
		2	-.1970E-05	-.1201E-03	0.	0.	0.	0.
52	0/0	1	-.1265E-05	-.6618E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1718E-05	-.1117E-03	0.	0.	0.	0.
53	0/0	1	.1887E-05	-.6605E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1119E-05	-.1055E-03	0.	0.	0.	0.
54	0/0	1	.3066E-18	-.6604E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.6238E-19	-.1035E-03	0.	0.	0.	0.
55	0/0	1	-.2763E-04	-.6728E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1717E-04	-.1434E-03	0.	0.	0.	0.
56	0/0	1	-.1699E-04	-.6714E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1540E-04	-.1289E-03	0.	0.	0.	0.
57	0/0	1	-.7682E-05	-.6691E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1456E-04	-.1146E-03	0.	0.	0.	0.
58	0/0	1	-.2103E-05	-.6669E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1227E-04	-.1074E-03	0.	0.	0.	0.
59	0/0	1	.1440E-05	-.6650E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.7502E-05	-.1029E-03	0.	0.	0.	0.
60	0/0	1	.1497E-18	-.6645E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3365E-18	-.1045E-03	0.	0.	0.	0.
61	0/0	1	-.5830E-04	-.6829E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.5577E-04	-.1650E-03	0.	0.	0.	0.
62	0/0	1	-.4627E-04	-.6799E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.5425E-04	-.1322E-03	0.	0.	0.	0.
63	0/0	1	-.3180E-04	-.6767E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4961E-04	-.1109E-03	0.	0.	0.	0.
64	0/0	1	-.1490E-04	-.6721E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4147E-04	-.9961E-04	0.	0.	0.	0.
65	0/0	1	-.8413E-05	-.6684E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2176E-04	-.1146E-03	0.	0.	0.	0.
66	0/0	1	-.1103E-18	-.6666E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.5960E-18	-.1164E-03	0.	0.	0.	0.
67	0/0	1	-.1095E-03	-.6912E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1238E-03	-.1703E-03	0.	0.	0.	0.
68	0/0	1	-.1011E-03	-.6889E-02	0.	0.	0.	0.

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
		2	-.1221E-03	-.1403E-03	0.	0.	0.	0.
69	0/0	1	-.9184E-04	-.6864E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1174E-03	-.1184E-03	0.	0.	0.	0.
70	0/0	1	-.8131E-04	-.6834E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1067E-03	-.1007E-03	0.	0.	0.	0.
71	0/0	1	-.7038E-04	-.6782E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.8522E-04	-.9918E-04	0.	0.	0.	0.
72	0/0	1	-.3633E-04	-.6700E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3850E-04	-.1359E-03	0.	0.	0.	0.
73	0/0	1	-.5473E-18	-.6687E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4401E-18	-.1502E-03	0.	0.	0.	0.
74	0/0	1	-.1366E-03	-.6949E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1665E-03	-.1658E-03	0.	0.	0.	0.
75	0/0	1	-.1298E-03	-.6926E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1689E-03	-.1327E-03	0.	0.	0.	0.
76	0/0	1	-.1229E-03	-.6904E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1701E-03	-.1130E-03	0.	0.	0.	0.
77	0/0	1	-.1164E-03	-.6877E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1706E-03	-.9898E-04	0.	0.	0.	0.
78	0/0	1	-.1069E-03	-.6847E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1894E-03	-.4916E-04	0.	0.	0.	0.
79	0/0	1	-.1616E-03	-.6981E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2101E-03	-.1472E-03	0.	0.	0.	0.
80	0/0	1	-.1554E-03	-.6962E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2151E-03	-.1185E-03	0.	0.	0.	0.
81	0/0	1	-.1488E-03	-.6944E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2213E-03	-.1032E-03	0.	0.	0.	0.
82	0/0	1	-.1408E-03	-.6925E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2342E-03	-.8381E-04	0.	0.	0.	0.
83	0/0	1	-.1306E-03	-.6904E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2480E-03	-.4676E-04	0.	0.	0.	0.
84	0/0	1	-.1804E-03	-.7009E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2424E-03	-.1158E-03	0.	0.	0.	0.
85	0/0	1	-.1745E-03	-.6996E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRIUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
		2	-.2494E-03	-.9883E-04	0.	0.	0.	0.
86	0/0	1	-.1672E-03	-.6985E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2588E-03	-.8878E-04	0.	0.	0.	0.
87	0/0	1	-.1585E-03	-.6973E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2715E-03	-.7693E-04	0.	0.	0.	0.
88	0/0	1	-.1481E-03	-.6960E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2855E-03	-.5685E-04	0.	0.	0.	0.
89	0/0	1	-.1912E-03	-.7035E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2556E-03	-.7678E-04	0.	0.	0.	0.
90	0/0	1	-.1856E-03	-.7030E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2636E-03	-.7530E-04	0.	0.	0.	0.
91	0/0	1	-.1783E-03	-.7026E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2732E-03	-.7470E-04	0.	0.	0.	0.
92	0/0	1	-.1693E-03	-.7023E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2861E-03	-.7401E-04	0.	0.	0.	0.
93	0/0	1	-.1587E-03	-.7017E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2992E-03	-.7237E-04	0.	0.	0.	0.
94	0/0	1	-.1930E-03	-.7058E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2466E-03	-.3693E-04	0.	0.	0.	0.
95	0/0	1	-.1879E-03	-.7062E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2540E-03	-.5135E-04	0.	0.	0.	0.
96	0/0	1	-.1811E-03	-.7067E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2636E-03	-.6062E-04	0.	0.	0.	0.
97	0/0	1	-.1724E-03	-.7072E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2763E-03	-.7152E-04	0.	0.	0.	0.
98	0/0	1	-.1618E-03	-.7075E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2901E-03	-.8866E-04	0.	0.	0.	0.
99	0/0	1	-.1852E-03	-.7079E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2177E-03	-.3136E-05	0.	0.	0.	0.
100	0/0	1	-.1803E-03	-.7092E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2232E-03	-.3032E-04	0.	0.	0.	0.
101	0/0	1	-.1748E-03	-.7106E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2301E-03	-.4599E-04	0.	0.	0.	0.
102	0/0	1	-.1672E-03	-.7122E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITÉS : TONNES, MÈTRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
		2	-.2432E-03	-.6599E-04	0.	0.	0.	0.
103	0/0	1	-.1566E-03	-.7134E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2567E-03	-.1012E-03	0.	0.	0.	0.
104	0/0	1	-.1676E-03	-.7101E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1758E-03	.1938E-04	0.	0.	0.	0.
105	0/0	1	-.1627E-03	-.7122E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1785E-03	-.1450E-04	0.	0.	0.	0.
106	0/0	1	-.1573E-03	-.7143E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1803E-03	-.3522E-04	0.	0.	0.	0.
107	0/0	1	-.1525E-03	-.7171E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1826E-03	-.5232E-04	0.	0.	0.	0.
108	0/0	1	-.1430E-03	-.7198E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2016E-03	-.1040E-03	0.	0.	0.	0.
109	0/0	1	-.1420E-03	-.7123E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1305E-03	.2949E-04	0.	0.	0.	0.
110	0/0	1	-.1368E-03	-.7150E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1305E-03	-.5580E-05	0.	0.	0.	0.
111	0/0	1	-.1299E-03	-.7179E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1275E-03	-.2834E-04	0.	0.	0.	0.
112	0/0	1	-.1210E-03	-.7212E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1173E-03	-.4896E-04	0.	0.	0.	0.
113	0/0	1	-.1092E-03	-.7276E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.9443E-04	-.6733E-04	0.	0.	0.	0.
114	0/0	1	-.8490E-04	-.7375E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4523E-04	-.2055E-04	0.	0.	0.	0.
115	0/0	1	-.4442E-04	-.7413E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1919E-04	-.8427E-05	0.	0.	0.	0.
116	0/0	1	-.5218E-18	-.7426E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2467E-18	-.2976E-05	0.	0.	0.	0.
117	0/0	1	-.9905E-04	-.7159E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.7383E-04	.2774E-04	0.	0.	0.	0.
118	0/0	1	-.9292E-04	-.7190E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.7234E-04	-.1010E-05	0.	0.	0.	0.
119	0/0	1	-.8315E-04	-.7227E-02	0.	0.	0.	0.

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
		2	-.6835E-04	-.2441E-04	0.	0.	0.	0.
120	0/0	1	-.6651E-04	-.7273E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.6081E-04	-.4319E-04	0.	0.	0.	0.
121	0/0	1	-.4438E-04	-.7329E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.5267E-04	-.4879E-04	0.	0.	0.	0.
122	0/0	1	-.2707E-04	-.7383E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4370E-04	-.4659E-04	0.	0.	0.	0.
123	0/0	1	-.1484E-04	-.7425E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2190E-04	-.3176E-04	0.	0.	0.	0.
124	0/0	1	-.5160E-18	-.7437E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.5191E-18	-.2847E-04	0.	0.	0.	0.
125	0/0	1	-.5543E-04	-.7186E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3630E-04	.1854E-04	0.	0.	0.	0.
126	0/0	1	-.5144E-04	-.7225E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3518E-04	-.2330E-05	0.	0.	0.	0.
127	0/0	1	-.4189E-04	-.7272E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3363E-04	-.2225E-04	0.	0.	0.	0.
128	0/0	1	-.3005E-04	-.7323E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3175E-04	-.3677E-04	0.	0.	0.	0.
129	0/0	1	-.1814E-04	-.7371E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2797E-04	-.4497E-04	0.	0.	0.	0.
130	0/0	1	-.8016E-05	-.7411E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.2100E-04	-.4681E-04	0.	0.	0.	0.
131	0/0	1	-.2052E-05	-.7437E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1239E-04	-.4641E-04	0.	0.	0.	0.
132	0/0	1	-.2772E-19	-.7448E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3588E-18	-.4425E-04	0.	0.	0.	0.
133	0/0	1	-.2958E-05	-.7198E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1175E-04	.1240E-04	0.	0.	0.	0.
134	0/0	1	-.3444E-05	-.7245E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1167E-04	-.4042E-05	0.	0.	0.	0.
135	0/0	1	-.6648E-05	-.7311E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1209E-04	-.2174E-04	0.	0.	0.	0.
136	0/0	1	.2803E-06	-.7366E-02	0.	0.	0.	0.

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBR/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
		2	-.1108E-04	-.3489E-04	0.	0.	0.	0.
137	0/0	1	.6337E-05	-.7412E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.9804E-05	-.4346E-04	0.	0.	0.	0.
138	0/0	1	.7263E-05	-.7442E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.7827E-05	-.4759E-04	0.	0.	0.	0.
139	0/0	1	.4362E-05	-.7459E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4255E-05	-.4905E-04	0.	0.	0.	0.
140	0/0	1	.2204E-18	-.7465E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.1577E-18	-.4984E-04	0.	0.	0.	0.
141	0/0	1	.6913E-04	-.7198E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1015E-04	.1090E-04	0.	0.	0.	0.
142	0/0	1	.6929E-04	-.7249E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.9831E-05	-.3588E-05	0.	0.	0.	0.
143	0/0	1	.6544E-04	-.7307E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.8063E-05	-.1868E-04	0.	0.	0.	0.
144	0/0	1	.4090E-04	-.7410E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.3319E-05	-.3513E-04	0.	0.	0.	0.
145	0/0	1	.2747E-04	-.7452E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.8677E-06	-.4215E-04	0.	0.	0.	0.
146	0/0	1	.1688E-04	-.7471E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3202E-06	-.4606E-04	0.	0.	0.	0.
147	0/0	1	.8333E-05	-.7484E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.4623E-06	-.4841E-04	0.	0.	0.	0.
148	0/0	1	.3361E-18	-.7489E-02	0.	0.	0.	0.
		2	-.3507E-19	-.4903E-04	0.	0.	0.	0.
149	0/0	1	.3884E-05	-.7511E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.2067E-05	-.4214E-04	0.	0.	0.	0.
150	0/0	1	.1308E-04	-.7498E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.2660E-05	-.4214E-04	0.	0.	0.	0.
151	0/0	1	.1093E-04	-.7510E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1905E-05	-.4476E-04	0.	0.	0.	0.
152	0/0	1	.5898E-05	-.7517E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.9412E-06	-.4641E-04	0.	0.	0.	0.
153	0/0	1	.3145E-18	-.7520E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITÉS : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
		2	.1212E-19	-.4704E-04	0.	0.	0.	0.
154	0/0	1	-.1288E-04	-.7561E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1478E-05	-.4364E-04	0.	0.	0.	0.
155	0/0	1	-.6967E-05	-.7556E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1481E-05	-.4370E-04	0.	0.	0.	0.
156	0/0	1	-.1304E-05	-.7554E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1404E-05	-.4417E-04	0.	0.	0.	0.
157	0/0	1	.2203E-06	-.7557E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.8128E-06	-.4502E-04	0.	0.	0.	0.
158	0/0	1	.1952E-18	-.7558E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1957E-19	-.4532E-04	0.	0.	0.	0.
159	0/0	1	-.2041E-04	-.7608E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.8026E-06	-.4430E-04	0.	0.	0.	0.
160	0/0	1	-.1431E-04	-.7604E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.8190E-06	-.4408E-04	0.	0.	0.	0.
161	0/0	1	-.8868E-05	-.7602E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.6822E-06	-.4421E-04	0.	0.	0.	0.
162	0/0	1	-.3936E-05	-.7601E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.4170E-06	-.4436E-04	0.	0.	0.	0.
163	0/0	1	.8269E-19	-.7601E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1239E-19	-.4447E-04	0.	0.	0.	0.
164	0/0	1	-.2389E-04	-.7652E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.3582E-06	-.4441E-04	0.	0.	0.	0.
165	0/0	1	-.1785E-04	-.7650E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.3463E-06	-.4424E-04	0.	0.	0.	0.
166	0/0	1	-.1175E-04	-.7648E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.2950E-06	-.4416E-04	0.	0.	0.	0.
167	0/0	1	-.5854E-05	-.7647E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1652E-06	-.4417E-04	0.	0.	0.	0.
168	0/0	1	.1317E-19	-.7646E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.5706E-20	-.4417E-04	0.	0.	0.	0.
169	0/0	1	-.2633E-04	-.7697E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.9843E-07	-.4441E-04	0.	0.	0.	0.
170	0/0	1	-.2025E-04	-.7695E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALFRIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
		2	.1023E-06	-.4426E-04	0.	0.	0.	0.
171	0/0	1	-.1386E-04	-.7693E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.9627E-07	-.4416E-04	0.	0.	0.	0.
172	0/0	1	-.7037E-05	-.7692E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.6477E-07	-.4411E-04	0.	0.	0.	0.
173	0/0	1	-.9572E-20	-.7691E-02	0.	0.	0.	0.
		2	.1530E-20	-.4411E-04	0.	0.	0.	0.

N O D E   R E A C T I O N S   (L O A D   C A S E S   1 -   2 )

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NOTE - REACTIONS ARE NOT COMPUTED AT DELETED DEGREES OF FREEDOM OR AT DEGREES  
 OF FREEDOM HAVING NON-ZERO VALUES OF DISPLACEMENT SPECIFIED.

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) FORCE	Y (OR Y*) FORCE	Z (OR Z*) FORCE	X (OR X*) MOMENT	Y (OR Y*) MOMENT	Z (OR Z*) MOMENT
1	0/0	1	28.232	92.683	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	.393	1.229	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0/0	1	.389	185.520	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	.009	2.461	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0/0	1	.516	185.888	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	.012	2.470	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0/0	1	.386	186.263	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	.009	2.479	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0/0	1	-27.541	93.202	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-.377	1.241	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0/0	1	55.729	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	.817	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0/0	1	-51.498	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-.720	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0/0	1	55.886	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	.917	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0/0	1	-43.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-.629	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0/0	1	60.474	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	1.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0/0	1	-35.276	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-.567	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0/0	1	59.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	1.154	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0/0	1	-25.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-.490	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0/0	1	24.645	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	.415	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0/0	1	-22.603	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-.586	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0/0	1	-10.393	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-.303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0/0	1	-13.927	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NOIUF NUMBR	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) FORCE	Y (OR Y*) FORCE	Z (OR Z*) FORCE	X (OR X*) MOMENT	Y (OR Y*) MOMENT	Z (OR Z*) MOMENT
		2	-2.297	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0/0	1	-29.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-4.245	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0/0	1	-38.512	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-2.630	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54	0/0	1	-30.658	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	6.238	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0/0	1	-14.967	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	33.646	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66	0/0	1	11.027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	59.602	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73	0/0	1	54.727	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	44.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
116	0/0	1	52.179	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	24.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
124	0/0	1	51.599	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	51.909	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
132	0/0	1	2.772	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	35.879	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140	0/0	1	-22.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	15.768	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
144	0/0	1	-33.607	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	3.507	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
153	0/0	1	-31.454	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-1.212	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
154	0/0	1	-19.525	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-1.957	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
163	0/0	1	-8.269	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-1.239	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
164	0/0	1	-1.317	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-.571	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
173	0/0	1	.957	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		2	-.153	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTALS =			-3314E-09	.7436E+03	0.	.9880E+01	0.	0.
			.2621E+03	.9880E+01	0.	0.	0.	0.

MEMBRANE ELEMENT STRESSES (LOAD CASES 1- 2)

MANANTAL] EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITFS : TONNES. METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS	(Y*)-AXIS	(X*,Y*)-AXES	(Z)-AXIS	PRINCIPAL STRESSES		ANGLF
				DIRECT STRESS	DIRECT STRESS	SHEAR STRESS	DIRECT STRESS	S(1)	S(2)	(ALPHA)
1	1	0	0.00	-18.8370	-92.4887	-.1516	0.0000	-18.8367	-92.4890	-.12
	2	0	0.00	-.2622	-1.2720	-.0037	0.0000	-.2622	-1.2720	-.21
2	1	0	0.00	-18.7035	-92.7725	-.3620	0.0000	-18.7017	-92.7742	-.28
	2	0	0.00	-.2591	-1.2787	-.0083	0.0000	-.2590	-1.2787	-.47
3	1	0	0.00	-18.4855	-93.1588	-.3605	0.0000	-18.4837	-93.1606	-.28
	2	0	0.00	-.2541	-1.2877	-.0084	0.0000	-.2540	-1.2877	-.47
4	1	0	0.00	-18.3466	-93.4429	-.1554	0.0000	-18.3463	-93.4432	-.12
	2	0	0.00	-.2510	-1.2942	-.0034	0.0000	-.2510	-1.2942	-.19
5	1	0	0.00	-18.2357	-84.3924	-.4527	0.0000	-18.2326	-84.3955	-.39
	2	0	0.00	-.2807	-1.2517	-.0097	0.0000	-.2806	-1.2518	-.57
6	1	0	0.00	-17.5976	-85.1611	-1.1484	0.0000	-17.5781	-85.1806	-.97
	2	0	0.00	-.2671	-1.2690	-.0263	0.0000	-.2664	-1.2697	-1.50
7	1	0	0.00	-16.7133	-86.3540	-1.1690	0.0000	-16.6936	-86.3736	-.96
	2	0	0.00	-.2472	-1.2965	-.0266	0.0000	-.2465	-1.2971	-1.45
8	1	0	0.00	-16.0660	-87.1553	-.4576	0.0000	-16.0630	-87.1583	-.37
	2	0	0.00	-.2315	-1.3153	-.0111	0.0000	-.2314	-1.3154	-.59
9	1	0	0.00	-18.6286	-74.2665	-1.6160	0.0000	-18.5817	-74.3134	-1.66
	2	0	0.00	-.3213	-1.1875	-.0363	0.0000	-.3198	-1.1890	-2.39
10	1	0	0.00	-16.7323	-77.0046	-3.5040	0.0000	-16.5292	-77.2077	-3.32
	2	0	0.00	-.2790	-1.2454	-.0762	0.0000	-.2731	-1.2514	-4.48
11	1	0	0.00	-14.4958	-80.2770	-3.3117	0.0000	-14.3295	-80.4433	-2.87
	2	0	0.00	-.2291	-1.3199	-.0773	0.0000	-.2237	-1.3253	-4.04
12	1	0	0.00	-12.9959	-82.7147	-1.4807	0.0000	-12.9644	-82.7462	-1.22
	2	0	0.00	-.1970	-1.3797	-.0333	0.0000	-.1961	-1.3806	-1.61
13	1	0	0.00	-20.5350	-59.5260	-3.8242	0.0000	-20.1635	-59.8975	-5.55
	2	0	0.00	-.3883	-1.0109	-.0850	0.0000	-.3769	-1.0223	-7.64
14	1	0	0.00	-16.4572	-67.1882	-8.9570	0.0000	-14.9222	-68.7232	-9.72
	2	0	0.00	-.2990	-1.1906	-.1959	0.0000	-.2579	-1.2318	-11.86
15	1	0	90.00	-11.6821	-73.1369	-10.9981	0.0000	-9.7732	-75.0459	80.15
	2	0	90.00	-.1987	-1.3334	-.2406	0.0000	-.1498	-1.3823	78.51
16	1	0	0.00	-10.9196	-78.3467	-6.0040	0.0000	-10.3891	-78.8772	-5.05

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBR	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL S(1)	PRINCIPAL S(2)	ANGLF (ALPHA)
	2	0	0.00	-1.1851	-1.4398	-1.1307	0.0000	-1.1716	-1.4532	-5.88
17	1	0	0.00	-10.7557	-81.7315	-1.7263	0.0000	-10.7137	-81.7735	-1.39
	2	0	0.00	-1.1874	-1.5067	-0.0360	0.0000	-1.1864	-1.5077	-1.56
18	1	0	0.00	-24.6488	-34.2732	-12.1900	0.0000	-16.3555	-42.5665	-34.23
	2	0	0.00	-1.4821	-1.5936	-0.2648	0.0000	-1.2672	-1.8084	-39.06
19	1	0	0.00	-12.4007	-55.9506	-20.0968	0.0000	-4.5441	-63.8072	-21.35
	2	0	0.00	-1.2240	-1.0736	-0.4387	0.0000	-1.0381	-1.2594	-22.96
20	1	0	0.00	-7.1833	-75.9592	-13.6716	0.0000	-4.5653	-78.5772	-10.84
	2	0	0.00	-1.1128	-1.5153	-0.2847	0.0000	-1.0571	-1.5709	-11.05
21	1	0	0.00	-10.4305	-82.4791	-4.0359	0.0000	-10.2052	-82.7044	-3.20
	2	0	0.00	-1.2178	-1.6568	-0.0606	0.0000	-1.2153	-1.6593	-2.41
22	1	0	0.00	-10.9423	-79.3665	-0.9210	0.0000	-10.9299	-79.3789	-0.77
	2	0	0.00	-1.2465	-1.5764	-0.0101	0.0000	-1.2464	-1.5764	-0.43
23	1	0	0.00	0.0704	-4.4221	-4.0574	0.0000	2.4618	-6.8135	-30.52
	2	0	0.00	0.0818	-0.0414	-0.0831	0.0000	0.1236	-0.0833	-26.73
24	1	0	0.00	-22.6766	-51.3552	-35.6381	0.0000	1.3988	-75.4306	-34.04
	2	0	0.00	-1.4066	-1.0819	-0.7644	0.0000	0.0914	-1.5799	-33.08
25	1	0	0.00	-12.1144	-96.1165	-10.3610	0.0000	-10.8554	-97.3756	-6.93
	2	0	0.00	-1.2424	-2.0871	-0.1697	0.0000	-1.2269	-2.1026	-5.21
26	1	0	98.45	-15.4861	-83.8329	-0.9113	0.0000	-15.4740	-83.8451	-82.31
	2	0	98.45	-1.3702	-1.8010	0.0745	0.0000	-1.3664	-1.8049	-78.58
27	1	0	142.78	-11.9742	-81.4430	-3.0191	0.0000	-11.8433	-81.5740	-39.70
	2	0	142.78	-1.2819	-1.7145	-0.0014	0.0000	-1.2819	-1.7145	-37.27
28	1	0	85.32	-13.9546	-79.4548	-0.8914	0.0000	-13.9425	-79.4670	84.54
	2	0	85.32	-1.4071	-1.6565	0.0639	0.0000	-1.4039	-1.6597	88.24
29	1	0	0.00	-12.8973	-78.6489	-0.6996	0.0000	-12.8898	-78.6563	-0.61
	2	0	0.00	-1.3704	-1.6036	0.0156	0.0000	-1.3702	-1.6038	0.72
30	1	0	0.00	-23.4728	-154.2651	-31.8139	0.0000	-16.1450	-161.5929	-12.97
	2	0	0.00	-1.5607	-4.0421	-0.3924	0.0000	-1.5170	-4.0858	-6.35
31	1	0	0.00	-12.4015	-85.6978	-12.0874	0.0000	-10.4596	-87.6397	-9.13
	2	0	0.00	-1.8237	-2.1529	0.4893	0.0000	-1.6630	-2.3135	18.18
32	1	0	0.00	-8.1367	-79.6406	-4.7229	0.0000	-7.8261	-79.9512	-3.76
	2	0	0.00	-1.4284	-1.5076	0.6412	0.0000	-1.8256	-2.1104	43.23

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1)	PRINCIPAL STRESSES S(2)	ANGLE (ALPHA)
33	1	0	0.00	-7.4600	-75.4792	-1.2703	0.0000	-7.4363	-75.5029	-1.07
	2	0	0.00	-1.9111	-1.0797	.2757	0.0000	-.9965	-1.9942	73.22
34	1	0	0.00	-.2201	-112.7155	-2.0730	0.0000	-.1819	-112.7537	-1.06
	2	0	0.00	-.1998	-5.2149	.8601	0.0000	-.0564	-5.3583	9.47
35	1	0	0.00	-14.3289	-103.4649	-13.5242	0.0000	-12.3221	-105.4717	-8.44
	2	0	0.00	-1.0605	-3.2286	1.6679	0.0000	-.1554	-4.1338	28.49
36	1	0	0.00	-17.9006	-82.8835	-6.7287	0.0000	-17.2112	-83.5729	-5.85
	2	0	0.00	-1.7571	-.8170	1.6020	0.0000	.3825	-2.9567	53.18
37	1	0	0.00	-18.6380	-76.8187	-1.7527	0.0000	-18.5852	-76.8714	-1.72
	2	0	0.00	-2.1209	.4783	.6568	0.0000	.6349	-2.2774	76.59
38	1	0	0.00	-.9412	-104.4160	2.1053	0.0000	-.8984	-104.4588	1.17
	2	0	0.00	-.1803	-8.9351	1.7348	0.0000	.1510	-9.2664	10.81
39	1	0	0.00	-4.7416	-95.1679	5.2323	0.0000	-4.4399	-95.4696	3.30
	2	0	0.00	-.5210	-3.3668	2.7450	0.0000	1.1479	-5.0358	31.30
40	1	0	0.00	-13.2196	-82.9403	2.5950	0.0000	-13.1232	-83.0368	2.13
	2	0	0.00	-.1708	.7155	2.0000	0.0000	2.3217	-1.7771	51.74
41	1	0	0.00	-18.4617	-74.1584	.2220	0.0000	-18.4608	-74.1593	.23
	2	0	0.00	.3160	2.8043	.6442	0.0000	2.9612	.1592	76.31
42	1	0	0.00	-.6469	-112.8601	5.7055	0.0000	-.3576	-113.1495	2.90
	2	0	0.00	.1001	-14.2006	1.8448	0.0000	.3343	-14.4348	7.23
43	1	0	0.00	-3.1597	-96.5344	12.0561	0.0000	-1.6282	-98.0659	7.24
	2	0	0.00	.5500	-2.6728	2.1691	0.0000	1.6407	-3.7636	26.70
44	1	0	0.00	-7.4042	-80.1411	12.9531	0.0000	-5.1663	-82.3790	9.80
	2	0	0.00	3.3192	2.3348	-.7130	0.0000	3.6934	1.9606	-27.69
45	1	0	0.00	-11.4594	-65.4734	8.1600	0.0000	-10.2535	-66.6792	8.41
	2	0	0.00	6.5630	3.7510	-1.2597	0.0000	7.0448	3.2692	-20.93
46	1	0	73.30	-14.7462	-57.7277	4.6253	0.0000	-14.2541	-58.2198	79.37
	2	0	73.30	17.0903	2.0972	-1.4730	0.0000	17.2337	1.9539	67.74
47	1	0	0.00	.5325	-123.3060	3.7629	0.0000	.6468	-123.4202	1.74
	2	0	0.00	.3483	-16.5066	.4077	0.0000	.3581	-16.5164	1.38
48	1	0	0.00	5.2083	-106.0246	10.8245	0.0000	6.2519	-107.0682	5.51
	2	0	0.00	6.4206	1.6096	-4.0353	0.0000	8.7130	-.6828	-29.60
49	1	0	0.00	8.3081	-83.3540	20.7233	0.0000	12.7755	-87.8215	12.17
	2	0	0.00	13.6787	10.4621	-9.3081	0.0000	21.5164	2.6244	-40.10

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITÉS : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1)	PRINCIPAL STRESSES S(2)	ANGLE (ALPHA)
50	1	0	0.00	-0.3401	-57.4184	20.1884	0.0000	6.0786	-63.8371	17.64
	2	0	0.00	27.8032	3.0226	-16.9116	0.0000	36.3777	-5.5519	-26.89
51	1	0	0.00	.3975	-36.7504	7.8895	0.0000	2.0036	-38.3565	11.51
	2	0	0.00	30.5976	-9.5656	-5.5617	0.0000	31.3536	-10.3215	-7.74
52	1	0	138.95	2.7183	-120.0325	-4.3394	0.0000	2.8715	-120.1857	-43.08
	2	0	138.95	3.8175	2.1915	-11.2125	0.0000	14.2465	-8.2375	-83.98
53	1	0	133.92	8.8537	-116.5004	-2.0920	0.0000	8.8886	-116.5353	-47.04
	2	0	133.92	12.0690	8.7572	-20.4911	0.0000	30.9710	-10.1448	-88.77
54	1	0	127.87	15.9337	-108.1232	9.6415	0.0000	16.6785	-108.8681	-47.71
	2	0	127.87	21.3872	16.5097	-25.6871	0.0000	44.7511	-6.8542	85.59
55	1	0	142.35	10.5190	-19.4757	17.7165	0.0000	18.7336	-27.6903	-12.77
	2	0	142.35	38.7888	-25.0860	-23.4995	0.0000	46.5027	-32.8000	-55.82
56	1	0	122.20	14.6438	-20.2597	-.3187	0.0000	14.6467	-20.2626	-58.33
	2	0	122.20	43.7470	-23.0179	-11.3189	0.0000	45.6137	-24.8847	-67.17
57	1	0	103.54	1.2984	-123.8216	-1.1732	0.0000	1.3094	-123.8326	-77.00
	2	0	103.54	3.9875	-6.9813	-3.6472	0.0000	5.0895	-8.0833	86.72
58	1	0	93.18	4.7408	-118.0325	-.6243	0.0000	4.7440	-118.0356	-87.11
	2	0	93.18	15.0934	3.4286	-12.6522	0.0000	23.1928	-4.6708	60.55
59	1	0	82.61	10.7494	-108.3190	6.7255	0.0000	11.1280	-108.6977	85.84
	2	0	82.61	36.0264	16.1616	-14.0830	0.0000	43.3272	8.8608	55.21
60	1	0	72.53	18.6092	-75.0164	33.1569	0.0000	29.1620	-85.5692	-89.82
	2	0	72.53	69.1806	14.8243	-22.9789	0.0000	77.5929	6.4120	52.62
61	1	0	105.52	58.4726	-66.0598	39.8664	0.0000	70.1416	-77.7287	-58.16
	2	0	105.52	101.3857	15.1875	-56.1752	0.0000	129.0904	-12.5172	79.27
62	1	0	70.62	73.0243	-17.3407	11.4427	0.0000	74.4507	-18.7672	77.72
	2	0	70.62	74.0123	-35.1986	-12.5269	0.0000	75.4307	-36.6171	64.16
63	1	0	0.00	.6687	-114.2046	-5.3896	0.0000	.9210	-114.4569	-2.68
	2	0	0.00	2.9558	19.1998	-16.9760	0.0000	29.8949	-7.7393	-57.79
64	1	0	0.00	1.1089	-118.2421	-8.9385	0.0000	1.7746	-118.9078	-4.26
	2	0	0.00	9.7207	21.9987	-37.1077	0.0000	53.4718	-21.7524	-49.70
65	1	0	0.00	.7571	-127.1158	-5.6548	0.0000	1.0067	-127.3654	-2.53
	2	0	0.00	18.5299	14.6853	-54.3712	0.0000	71.0128	-37.7976	-43.99
66	1	0	0.00	-1.7377	-165.7606	6.5925	0.0000	-1.4732	-166.0251	2.30
	2	0	0.00	21.0379	83.8393	-74.7749	0.0000	137.5391	-28.6619	-56.39

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(7)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1)	PRINCIPAL STRESSES S(2)	ANGLE (ALPHA)
67	1	0	0.00	-6089	-104.5187	-4.6856	0.0000	-5977	-104.7299	-2.58
	2	0	0.00	-1.2188	50.2328	-17.9928	0.0000	55.9005	-6.8866	-72.52
68	1	0	0.00	-2.6641	-116.9485	-7.7421	0.0000	-7.1420	-117.4705	-3.86
	2	0	0.00	-4.2808	36.0083	-40.0533	0.0000	60.6976	-28.9701	-58.35
69	1	0	0.00	-4.8300	-135.4983	-2.5311	0.0000	-4.7810	-135.5473	-1.11
	2	0	0.00	-13.4150	35.7453	-52.1420	0.0000	68.8104	-46.4800	-57.62
70	1	0	0.00	-2.2270	-162.1176	1.5684	0.0000	-7.2116	-162.1330	.56
	2	0	0.00	-46.5171	17.7367	-22.6397	0.0000	24.9124	-53.6928	-72.41
71	1	0	0.00	-5705	-96.3770	-3.1950	0.0000	-4641	-96.4835	-1.91
	2	0	0.00	-2.9748	78.0322	-13.4956	0.0000	80.2214	-5.1640	-80.79
72	1	0	0.00	-2.0699	-116.6204	-5.5186	0.0000	-1.8047	-116.8857	-2.75
	2	0	0.00	-14.0336	49.7577	-29.7564	0.0000	61.4829	-25.7588	-68.49
73	1	0	0.00	-1.9751	-138.4788	-3.5519	0.0000	-1.8828	-138.5711	-1.49
	2	0	0.00	-34.0479	26.0048	-27.8586	0.0000	36.9380	-44.9811	-68.57
74	1	0	0.00	-6414	-161.3668	-1.1249	0.0000	-6135	-161.3747	-4.0
	2	0	0.00	-45.6124	-14.0717	-11.3172	0.0000	-10.4312	-49.2529	-72.17
75	1	0	0.00	-2373	-90.1366	-2.3400	0.0000	-1765	-90.1974	-1.49
	2	0	0.00	-4.1956	95.3439	-5.7511	0.0000	95.6751	-4.5268	-86.70
76	1	0	0.00	-6555	-114.7900	-4.8005	0.0000	-4539	-114.9915	-2.40
	2	0	0.00	-18.2531	54.2111	-11.4713	0.0000	55.9837	-20.0257	-81.22
77	1	0	0.00	-6208	-138.9878	-4.3692	0.0000	-4830	-139.1256	-1.81
	2	0	0.00	-35.5268	19.0530	-10.5530	0.0000	21.0224	-37.4961	-79.43
78	1	0	0.00	-1739	-162.6888	-1.8807	0.0000	-1521	-162.7105	-0.66
	2	0	0.00	-47.5519	-28.8849	-4.2524	0.0000	-27.9619	-48.4749	-77.75
79	1	0	0.00	-3015	-84.7531	-1.9236	0.0000	-2577	-84.7969	-1.30
	2	0	0.00	-4.2918	97.3071	3.5602	0.0000	97.4317	-4.4164	88.00
80	1	0	0.00	-7708	-112.0233	-4.4819	0.0000	-5906	-112.2035	-2.30
	2	0	0.00	-18.4469	54.8233	6.7167	0.0000	55.4339	-19.0575	84.81
81	1	0	0.00	-6922	-138.7537	-4.7837	0.0000	-5266	-138.9193	-1.98
	2	0	0.00	-35.6660	18.3473	5.8812	0.0000	18.9802	-36.2990	83.86
82	1	0	0.00	-11951	-164.8330	-2.2012	0.0000	-1657	-164.8624	-0.77
	2	0	0.00	-47.5776	-30.7545	2.2141	0.0000	-30.4680	-47.8641	82.63
83	1	0	0.00	-7116	-80.3795	-0.8362	0.0000	-7078	-80.3883	-0.60
	2	0	0.00	-3.1929	83.6948	11.6576	0.0000	88.2316	-4.7298	82.49

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

PAGE 19  
 16/01/79

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESS S(1)	PRINCIPAL STRESS S(2)	ANGLE (ALPHA)
84	1	0	0.00	-2.6915	-108.1224	-3.5968	0.0000	-2.5689	-108.2450	-1.95
	2	0	0.00	-14.9021	51.8726	25.2440	0.0000	60.3418	-23.3713	71.45
85	1	0	0.00	-2.5705	-137.6912	-5.8660	0.0000	-2.3163	-137.9453	-2.48
	2	0	0.00	-34.8999	24.0404	22.8328	0.0000	31.8507	-42.7101	71.12
86	1	0	0.00	-.7663	-167.9300	-3.0913	0.0000	-.7092	-167.9872	-1.06
	2	0	0.00	-45.8765	-19.8847	9.0378	0.0000	-17.0510	-48.7102	72.59
87	1	0	0.00	-.8537	-78.5261	.9120	0.0000	-.8430	-78.5368	.67
	2	0	0.00	-1.0177	58.7879	16.3672	0.0000	62.9741	-5.2040	75.65
88	1	0	0.00	-3.6663	-102.4622	-.1350	0.0000	-3.6661	-102.4624	-.08
	2	0	0.00	-5.2917	39.8523	37.2719	0.0000	60.8543	-26.2936	60.60
89	1	0	0.00	-7.5118	-132.9991	-7.0669	0.0000	-7.1151	-133.3958	-3.21
	2	0	0.00	-16.9886	34.1857	47.0294	0.0000	62.1379	-44.9409	59.27
90	1	0	0.00	-3.8018	-173.8957	-7.1005	0.0000	-3.5059	-174.1916	-2.39
	2	0	0.00	-48.4734	6.8972	18.5037	0.0000	12.5115	-54.0876	73.12
91	1	0	0.00	-.3224	-79.0151	2.2859	0.0000	-.2560	-79.0814	1.66
	2	0	0.00	1.7325	29.6110	15.6297	0.0000	36.6143	-5.2708	65.86
92	1	0	0.00	-.8793	-99.1908	2.4756	0.0000	-.8170	-99.2531	1.44
	2	0	0.00	7.0803	25.7224	36.7660	0.0000	54.3705	-21.5278	52.11
93	1	0	0.00	-2.6694	-118.7692	-1.3663	0.0000	-2.6533	-118.7853	-.67
	2	0	0.00	15.8463	18.9350	51.5429	0.0000	68.9567	-34.1754	45.86
94	1	0	0.00	-4.0873	-184.6680	-16.7856	0.0000	-2.5402	-186.2151	-5.27
	2	0	0.00	19.0859	65.4547	65.6336	0.0000	111.8783	-27.3377	54.73
95	1	0	0.00	1.8196	-78.8074	.5373	0.0000	1.8232	-78.8110	.38
	2	0	0.00	2.9729	3.1974	9.2198	0.0000	12.3056	-6.1354	45.35
96	1	0	0.00	7.2965	-92.4655	-2.2083	0.0000	7.3453	-92.5143	-1.27
	2	0	0.00	12.9757	10.7383	21.7231	0.0000	33.6049	-9.8949	43.53
97	1	0	0.00	16.6798	-113.9746	-6.0398	0.0000	16.9584	-114.2532	-2.64
	2	0	0.00	30.4461	15.1506	25.5219	0.0000	49.4414	-3.8447	36.66
98	1	0	0.00	28.7536	-119.0885	-25.0676	0.0000	32.8883	-123.2232	-9.37
	2	0	0.00	55.0761	35.6324	28.1619	0.0000	75.1470	15.5615	35.48
99	1	0	0.00	53.5411	-59.0749	-45.2599	0.0000	69.4761	-75.0099	-19.40
	2	0	0.00	93.9366	12.6892	51.9338	0.0000	119.2478	-12.6219	25.98
100	1	0	0.00	81.2862	-6.0166	-13.4412	0.0000	83.3087	-8.0391	-8.56
	2	0	0.00	67.2785	-37.9942	17.4520	0.0000	70.0963	-40.8120	9.17

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1)	PRINCIPAL STRESSES S(2)	ANGLE (ALPHA)
101	1	0	0.00	91.7980	-4.7797	-3.4934	0.0000	91.9242	-4.9059	-2.07
	2	0	0.00	56.2957	-40.0777	4.6235	0.0000	56.5170	-40.2990	2.74
102	1	0	0.00	2.5670	-65.8659	-8.4040	0.0000	3.5839	-66.8828	-6.90
	2	0	0.00	1.9200	-10.6950	.6007	0.0000	1.9485	-10.7235	2.72
103	1	0	0.00	13.6948	-81.7596	-17.8692	0.0000	16.9303	-84.9951	-10.26
	2	0	0.00	9.1673	2.7219	3.4534	0.0000	10.6691	1.2210	23.49
104	1	0	0.00	25.2386	-95.3324	-28.6090	0.0000	31.6825	-101.7763	-12.69
	2	0	0.00	17.1467	12.4690	6.3866	0.0000	21.6093	8.0065	24.94
105	1	0	0.00	34.9944	-89.8217	-40.0910	0.0000	46.7622	-101.5895	-16.36
	2	0	0.00	21.5571	15.0847	14.6388	0.0000	33.3131	3.3287	28.77
106	1	0	0.00	29.1489	-67.6446	-40.9620	0.0000	44.1566	-82.6523	-20.12
	2	0	0.00	26.6177	9.1111	21.0299	0.0000	40.6432	-4.9145	33.70
107	1	0	0.00	20.4921	-38.9937	-30.2963	0.0000	33.2051	-51.7067	-22.76
	2	0	0.00	46.0188	-6.4418	24.0043	0.0000	55.3446	-15.7676	21.23
108	1	0	0.00	22.1843	-20.4821	-8.7401	0.0000	23.9052	-22.2031	-11.14
	2	0	0.00	48.8855	-22.2498	7.6999	0.0000	49.7094	-23.0737	6.11
109	1	0	0.00	-1.2664	-33.5365	-12.1022	0.0000	2.7679	-37.5708	-18.44
	2	0	0.00	.2350	-8.2117	-3.1030	0.0000	1.2524	-9.2291	-18.15
110	1	0	0.00	-2.7206	-62.9470	-36.2959	0.0000	14.3276	-79.9952	-25.16
	2	0	0.00	1.5561	-.9594	-4.6244	0.0000	5.0907	-4.4940	-37.39
111	1	0	0.00	12.3582	-84.2013	-40.0066	0.0000	26.7798	-98.6229	-19.82
	2	0	0.00	5.2141	3.5570	.5818	0.0000	5.3980	3.3732	17.54
112	1	0	0.00	10.5054	-87.2615	-36.9475	0.0000	22.8976	-99.6537	-18.54
	2	0	0.00	8.9386	5.3629	6.1545	0.0000	13.5597	.7418	26.90
113	1	0	0.00	1.9600	-76.1095	-27.7068	0.0000	10.7936	-84.9431	-17.68
	2	0	0.00	14.6579	3.7027	9.8812	0.0000	20.4782	-2.1176	20.50
114	1	0	0.00	-6.5510	-56.5742	-18.6483	0.0000	-.3643	-62.7609	-18.35
	2	0	0.00	18.9782	.1902	8.6524	0.0000	22.3557	-3.1873	21.32
115	1	0	0.00	-12.2546	-43.3101	-7.5759	0.0000	-10.5050	-45.0596	-13.00
	2	0	0.00	25.1663	-3.6416	4.4588	0.0000	25.8407	-4.3159	8.60
116	1	0	0.00	-2.2516	-8.5959	-2.8622	0.0000	-1.1512	-9.6963	-21.03
	2	0	0.00	-.8525	-2.3954	-1.7115	0.0000	.2534	-3.5013	-32.87
117	1	0	0.00	-14.4943	-15.7628	-19.1675	0.0000	4.0495	-34.3066	-44.05
	2	0	0.00	-3.6475	-.5937	-3.8150	0.0000	1.9886	-6.2298	-55.91

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESS S(1)	PRINCIPAL STRESS S(2)	ANGLE (ALPHA)
116	1	0	0.00	-44.0468	-78.7345	-58.0121	0.0000	-0.8735	-121.9577	-36.69
	2	0	0.00	-6.7502	-3.7503	-4.9732	0.0000	-0.0558	-10.4447	-53.39
119	1	0	0.00	-33.2806	-110.4568	-29.6221	0.0000	-23.2219	-120.5155	-18.76
	2	0	0.00	-2.2130	-2.1235	1.0419	0.0000	-1.1254	-3.2111	46.23
120	1	0	0.00	-31.7408	-85.4094	-17.6784	0.0000	-26.4410	-90.7093	-16.69
	2	0	0.00	1.6544	2.2853	2.9356	0.0000	4.9223	-0.9826	48.07
121	1	0	0.00	-30.6315	-66.2675	-13.4927	0.0000	-26.0992	-70.7997	-18.57
	2	0	0.00	5.8366	3.1592	2.6557	0.0000	7.4719	1.5239	31.62
122	1	0	0.00	-30.9417	-58.3787	-4.7313	0.0000	-30.1488	-59.1717	-9.51
	2	0	0.00	7.7704	3.0540	.8232	0.0000	7.9099	2.9144	9.62
123	1	0	0.00	-37.1983	-154.6111	-39.5626	0.0000	-25.1118	-166.6976	-16.99
	2	0	0.00	-4.3255	-7.8637	-4.1039	0.0000	-1.6256	-10.5636	-33.34
124	1	0	0.00	-37.2490	-91.9397	-27.5756	0.0000	-25.7590	-103.4297	-22.62
	2	0	0.00	-2.7249	.7688	-2.3617	0.0000	1.9595	-3.9156	-63.24
125	1	0	0.00	-35.7619	-78.1978	-15.8363	0.0000	-30.5037	-83.4560	-18.37
	2	0	0.00	-1.0200	3.0891	-.9535	0.0000	3.2995	-1.2304	-77.55
126	1	0	0.00	-35.1732	-70.4514	-5.3326	0.0000	-34.3848	-71.2398	-8.41
	2	0	0.00	.0917	4.0059	-.1836	0.0000	4.0145	.0831	-87.32
127	1	0	0.00	.7446	-108.1882	-4.5079	0.0000	.9308	-108.3744	-2.37
	2	0	0.00	.2794	-3.0117	-.7685	0.0000	.4500	-3.1823	-12.52
128	1	0	0.00	-15.9584	-105.8421	-19.3201	0.0000	-11.9816	-109.8189	-11.63
	2	0	0.00	-1.4882	-1.2756	-2.6113	0.0000	1.2316	-3.9954	-46.17
129	1	0	0.00	-22.9334	-88.6720	-13.2753	0.0000	-20.3538	-91.2516	-11.00
	2	0	0.00	-1.9847	1.5893	-1.8001	0.0000	2.3387	-2.7341	-67.40
130	1	0	0.00	-25.6432	-82.8978	-4.6050	0.0000	-25.2752	-83.2658	-4.57
	2	0	0.00	-2.0589	2.6981	-.6270	0.0000	2.7793	-2.1401	-82.62
131	1	0	0.00	-1.1336	-94.6762	-1.3950	0.0000	-1.1128	-94.6970	-.85
	2	0	0.00	-.1867	-1.0725	-.4633	0.0000	.0113	-1.2706	-23.15
132	1	0	0.00	-2.8703	-96.6117	-3.5261	0.0000	-2.7379	-96.7442	-2.15
	2	0	0.00	-.4163	-.4964	-.9399	0.0000	.4844	-1.3971	-63.78
133	1	0	0.00	-9.3120	-94.3854	-5.6221	0.0000	-8.9421	-94.7553	-3.76
	2	0	0.00	-1.1914	.3832	-1.0826	0.0000	.9345	-1.7427	-63.01
134	1	0	0.00	-12.5607	-90.3267	-2.2394	0.0000	-12.4963	-90.3911	-1.65
	2	0	0.00	-1.5848	1.1857	-.4216	0.0000	1.2484	-1.6476	-81.54

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS			(Y*)-AXIS		(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS		PRINCIPAL STRESSES		ANGLE (ALPHA)
				DIRECT STRESS		S(1)	S(2)							
135	1	0	0.00	-.1399	-90.6282	.3080	0.0000	-.1388	-90.6293	.20				
	2	0	0.00	-.0485	-.2756	-.1460	0.0000	.0230	-.3470	-26.06				
136	1	0	0.00	-1.3009	-92.0169	-.1083	0.0000	-1.3008	-92.0170	-.07				
	2	0	0.00	-.3140	-.1768	-.3862	0.0000	.1469	-.6376	-50.04				
137	1	0	0.00	-2.3761	-92.0591	-.3396	0.0000	-2.3748	-92.0604	-.22				
	2	0	0.00	-.5613	.1191	-.3672	0.0000	.2794	-.7217	-66.41				
138	1	0	0.00	-3.8354	-91.6958	-.3931	0.0000	-3.8336	-91.6976	-.26				
	2	0	0.00	-.7960	.3332	-.1726	0.0000	.3590	-.8218	-81.50				
139	1	0	0.00	.1895	-88.8184	.3110	0.0000	.1906	-88.8194	.20				
	2	0	0.00	-.0180	-.0302	-.0151	0.0000	-.0078	-.0404	-34.03				
140	1	0	0.00	.6589	-89.2141	.5625	0.0000	.6624	-89.2176	.36				
	2	0	0.00	-.0930	-.0407	-.0745	0.0000	.0121	-.1459	-54.67				
141	1	0	0.00	.9713	-89.3630	.3769	0.0000	.9729	-89.3646	.24				
	2	0	0.00	-.2360	.0149	-.0984	0.0000	.0488	-.2699	-70.94				
142	1	0	0.00	1.2170	-89.4045	.1677	0.0000	1.2173	-89.4048	.11				
	2	0	0.00	-.3295	.0561	-.0387	0.0000	.0599	-.3334	-84.33				

LOAD CASE SYNOPSIS (LOAD CASE 1)

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

MAXIMUM GLOBAL DISPLACEMENTS -

NODE NO.	MAX/MIN DELTA-X	NODE NO.	MAX/MIN DELTA-Y	NODE NO.	MAX/MIN DELTA-Z	NODE NO.	MAX/MIN THETA-X	NODE NO.	MAX/MIN THETA-Y	NODE NO.	MAX/MIN THETA-Z
34	.1923E-03	6	-.1329E-02		0 0.		0 0.		0 0.		0 0.
94	-.1930E-03	169	-.7697E-02		0 0.		0 0.		0 0.		0 0.

MAXIMUM GLOBAL REACTIONS -

NODE NO.	MAX/MIN X-FORCE	NODE NO.	MAX/MIN Y-FORCE	NODE NO.	MAX/MIN Z-FORCE	NODE NO.	MAX/MIN X-MOMENT	NODE NO.	MAX/MIN Y-MOMENT	NODE NO.	MAX/MIN Z-MOMENT
16	.6047E+02	4	.1863E+03		0 0.		0 0.		0 0.		0 0.
10	-.5150E+02	1	.9268E+02		0 0.		0 0.		0 0.		0 0.

MAXIMUM LOCAL MEMBRANE CENTROIDAL STRESSES -

MEMBRANE	MAX/MIN X-STRESS	MEMBRANE	MAX/MIN Y-STRESS	MEMBRANE	MAX/MIN XY-SHEAR	MEMBRANE	MAX/MIN Z-STRESS	MEMBRANE	MAX/MIN PRINCIPAL
101	.9180E+02	62	.7023E+02	49	.2072E+02		0 0.	101	.9192E+02
58	-.1177E+03	94	-.1847E+03	61	-.6627E+02		0 0.	94	-.1862E+03

LOAD CASE SYNOPSIS (LOAD CASE 2)

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

MAXIMUM GLOBAL DISPLACEMENTS -

NODE NO.	MAX/MIN DELTA-X	NODE NO.	MAX/MIN DELTA-Y	NODE NO.	MAX/MIN DELTA-Z	NODE NO.	MAX/MIN THETA-X	NODE NO.	MAX/MIN THETA-Y	NODE NO.	MAX/MIN THETA-Z
141	.1015E-04	109	.2949E-04	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.
93	-.2992E-03	67	-.1703E-03	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.

MAXIMUM GLOBAL REACTIONS -

NODE NO.	MAX/MIN X-FORCE	NODE NO.	MAX/MIN Y-FORCE	NODE NO.	MAX/MIN Z-FORCE	NODE NO.	MAX/MIN X-MOMENT	NODE NO.	MAX/MIN Y-MOMENT	NODE NO.	MAX/MIN Z-MOMENT
66	.5960E+02	4	.2479E+01	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.
44	-.4245E+01	1	.1229E+01	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.

MAXIMUM LOCAL MEMBRANE CENTROIDAL STRESSES -

MEMBRANE	MAX/MIN X-STRESS	MEMBRANE	MAX/MIN Y-STRESS	MEMBRANE	MAX/MIN XY-SHEAR	MEMBRANE	MAX/MIN Z-STRESS	MEMBRANE	MAX/MIN PRINCIPAL
99	.9394E+02	61	.1242E+03	94	.6563E+02	0	0.	66	.1335E+03
90	-.4847E+02	101	-.4008E+02	66	-.7477E+02	0	0.	90	-.5409E+02

N O D E D I S P L A C E M E N T S (LOAD CASES 3- 3)

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

PAGE 25  
 16/01/79

NOTE - FOR CYLINDRICAL SYSTEMS (X\*,Y\*) CORRESPOND TO RADIAL AND TANGENTIAL  
 COMPONENTS REFERENCED TO THE INITIAL THETA COORDINATE OF THE NODE.

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
1	0/0	3	-.2862E-18	-.9391E-18	0.	0.	0.	0.
2	0/0	3	-.3982E-20	-.1880E-17	0.	0.	0.	0.
3	0/0	3	-.5279E-20	-.1884E-17	0.	0.	0.	0.
4	0/0	3	-.3950E-20	-.1887E-17	0.	0.	0.	0.
5	0/0	3	.2792E-18	-.9444E-18	0.	0.	0.	0.
6	0/0	3	-.5655E-18	-.1348E-02	0.	0.	0.	0.
7	0/0	3	-.6682E-05	-.1351E-02	0.	0.	0.	0.
8	0/0	3	-.9615E-05	-.1357E-02	0.	0.	0.	0.
9	0/0	3	-.6733E-05	-.1364E-02	0.	0.	0.	0.
10	0/0	3	.5222E-18	-.1367E-02	0.	0.	0.	0.
11	0/0	3	-.5680E-18	-.2573E-02	0.	0.	0.	0.
12	0/0	3	-.2003E-04	-.2583E-02	0.	0.	0.	0.
13	0/0	3	-.2824E-04	-.2610E-02	0.	0.	0.	0.
14	0/0	3	-.2015E-04	-.2638E-02	0.	0.	0.	0.
15	0/0	3	.4365E-18	-.2648E-02	0.	0.	0.	0.
16	0/0	3	-.6158E-18	-.3631E-02	0.	0.	0.	0.
17	0/0	3	-.5426E-04	-.3675E-02	0.	0.	0.	0.
18	0/0	3	-.7226E-04	-.3763E-02	0.	0.	0.	0.
19	0/0	3	-.4965E-04	-.3845E-02	0.	0.	0.	0.
20	0/0	3	.3584E-18	-.3886E-02	0.	0.	0.	0.
21	0/0	3	-.6029E-18	-.4450E-02	0.	0.	0.	0.
22	0/0	3	-.9848E-04	-.4533E-02	0.	0.	0.	0.
23	0/0	3	-.1338E-03	-.4754E-02	0.	0.	0.	0.
24	0/0	3	-.1106E-03	-.4936E-02	0.	0.	0.	0.
25	0/0	3	-.4918E-04	-.5072E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPER	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
26	0/0	3	.2549E-18	-.5098E-02	0.	0.	0.	0.
27	0/0	3	-.2506E-18	-.4607E-02	0.	0.	0.	0.
28	0/0	3	-.1811E-03	-.4913E-02	0.	0.	0.	0.
29	0/0	3	-.1646E-03	-.5354E-02	0.	0.	0.	0.
30	0/0	3	-.6150E-04	-.5704E-02	0.	0.	0.	0.
31	0/0	3	-.2781E-04	-.5780E-02	0.	0.	0.	0.
32	0/0	3	.2319E-18	-.5806E-02	0.	0.	0.	0.
33	0/0	3	.1070E-18	-.4715E-02	0.	0.	0.	0.
34	0/0	3	.1972E-03	-.4885E-02	0.	0.	0.	0.
35	0/0	3	-.2088E-04	-.6313E-02	0.	0.	0.	0.
36	0/0	3	-.2688E-04	-.6437E-02	0.	0.	0.	0.
37	0/0	3	-.1973E-04	-.6471E-02	0.	0.	0.	0.
38	0/0	3	-.9269E-05	-.6492E-02	0.	0.	0.	0.
39	0/0	3	.1622E-18	-.6496E-02	0.	0.	0.	0.
40	0/0	3	-.6772E-05	-.6533E-02	0.	0.	0.	0.
41	0/0	3	.7812E-05	-.6524E-02	0.	0.	0.	0.
42	0/0	3	.5554E-05	-.6555E-02	0.	0.	0.	0.
43	0/0	3	.2586E-05	-.6566E-02	0.	0.	0.	0.
44	0/0	3	.3329E-18	-.6571E-02	0.	0.	0.	0.
45	0/0	3	-.1652E-04	-.6646E-02	0.	0.	0.	0.
46	0/0	3	-.5045E-05	-.6646E-02	0.	0.	0.	0.
47	0/0	3	.3906E-05	-.6639E-02	0.	0.	0.	0.
48	0/0	3	.3591E-05	-.6641E-02	0.	0.	0.	0.
49	0/0	3	.4114E-18	-.6640E-02	0.	0.	0.	0.
50	0/0	3	-.2305E-04	-.6768E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	DISPLACEMENT (OR ROTATION)						
			X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)	
51	0/0	3	-.1028E-04	-.6751E-02	0.	0.	0.	0.	
52	0/0	3	-.2983E-05	-.6730E-02	0.	0.	0.	0.	
53	0/0	3	.7678E-06	-.6710E-02	0.	0.	0.	0.	
54	0/0	3	.2442E-18	-.6707E-02	0.	0.	0.	0.	
55	0/0	3	-.4480E-04	-.6872E-02	0.	0.	0.	0.	
56	0/0	3	-.3239E-04	-.6843E-02	0.	0.	0.	0.	
57	0/0	3	-.2224E-04	-.6806E-02	0.	0.	0.	0.	
58	0/0	3	-.1437E-04	-.6777E-02	0.	0.	0.	0.	
59	0/0	3	-.6062E-05	-.6753E-02	0.	0.	0.	0.	
60	0/0	3	-.1868E-18	-.6749E-02	0.	0.	0.	0.	
61	0/0	3	-.1141E-03	-.6994E-02	0.	0.	0.	0.	
62	0/0	3	-.1005E-03	-.6931E-02	0.	0.	0.	0.	
63	0/0	3	-.8141E-04	-.6877E-02	0.	0.	0.	0.	
64	0/0	3	-.5637E-04	-.6821E-02	0.	0.	0.	0.	
65	0/0	3	-.3017E-04	-.6798E-02	0.	0.	0.	0.	
66	0/0	3	-.7063E-18	-.6782E-02	0.	0.	0.	0.	
67	0/0	3	-.2334E-03	-.7083E-02	0.	0.	0.	0.	
68	0/0	3	-.2231E-03	-.7029E-02	0.	0.	0.	0.	
69	0/0	3	-.2092E-03	-.6983E-02	0.	0.	0.	0.	
70	0/0	3	-.1880E-03	-.6935E-02	0.	0.	0.	0.	
71	0/0	3	-.1556E-03	-.6882E-02	0.	0.	0.	0.	
72	0/0	3	-.7483E-04	-.6836E-02	0.	0.	0.	0.	
73	0/0	3	-.9873E-18	-.6837E-02	0.	0.	0.	0.	
74	0/0	3	-.3031E-03	-.7115E-02	0.	0.	0.	0.	
75	0/0	3	-.2986E-03	-.7058E-02	0.	0.	0.	0.	

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBR	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPER	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
76	0/0	3	-.2930E-03	-.7017E-02	0.	0.	0.	0.
77	0/0	3	-.2870E-03	-.6976E-02	0.	0.	0.	0.
78	0/0	3	-.2963E-03	-.6896E-02	0.	0.	0.	0.
79	0/0	3	-.3717E-03	-.7128E-02	0.	0.	0.	0.
80	0/0	3	-.3705E-03	-.7080E-02	0.	0.	0.	0.
81	0/0	3	-.3701E-03	-.7047E-02	0.	0.	0.	0.
82	0/0	3	-.3750E-03	-.7009E-02	0.	0.	0.	0.
83	0/0	3	-.3786E-03	-.6951E-02	0.	0.	0.	0.
84	0/0	3	-.4227E-03	-.7125E-02	0.	0.	0.	0.
85	0/0	3	-.4239E-03	-.7095E-02	0.	0.	0.	0.
86	0/0	3	-.4260E-03	-.7074E-02	0.	0.	0.	0.
87	0/0	3	-.4300E-03	-.7050E-02	0.	0.	0.	0.
88	0/0	3	-.4336E-03	-.7017E-02	0.	0.	0.	0.
89	0/0	3	-.4468E-03	-.7111E-02	0.	0.	0.	0.
90	0/0	3	-.4492E-03	-.7105E-02	0.	0.	0.	0.
91	0/0	3	-.4515E-03	-.7101E-02	0.	0.	0.	0.
92	0/0	3	-.4554E-03	-.7097E-02	0.	0.	0.	0.
93	0/0	3	-.4579E-03	-.7089E-02	0.	0.	0.	0.
94	0/0	3	-.4397E-03	-.7095E-02	0.	0.	0.	0.
95	0/0	3	-.4419E-03	-.7113E-02	0.	0.	0.	0.
96	0/0	3	-.4447E-03	-.7127E-02	0.	0.	0.	0.
97	0/0	3	-.4487E-03	-.7143E-02	0.	0.	0.	0.
98	0/0	3	-.4518E-03	-.7163E-02	0.	0.	0.	0.
99	0/0	3	-.4028E-03	-.7082E-02	0.	0.	0.	0.
100	0/0	3	-.4036E-03	-.7122E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
101	0/0	3	-.4049E-03	-.7152E-02	0.	0.	0.	0.
102	0/0	3	-.4105E-03	-.7188E-02	0.	0.	0.	0.
103	0/0	3	-.4133E-03	-.7235E-02	0.	0.	0.	0.
104	0/0	3	-.3433E-03	-.7081E-02	0.	0.	0.	0.
105	0/0	3	-.3413E-03	-.7136E-02	0.	0.	0.	0.
106	0/0	3	-.3376E-03	-.7178E-02	0.	0.	0.	0.
107	0/0	3	-.3351E-03	-.7223E-02	0.	0.	0.	0.
108	0/0	3	-.3446E-03	-.7302E-02	0.	0.	0.	0.
109	0/0	3	-.2725E-03	-.7094E-02	0.	0.	0.	0.
110	0/0	3	-.2673E-03	-.7156E-02	0.	0.	0.	0.
111	0/0	3	-.2574E-03	-.7207E-02	0.	0.	0.	0.
112	0/0	3	-.2383E-03	-.7261E-02	0.	0.	0.	0.
113	0/0	3	-.2036E-03	-.7343E-02	0.	0.	0.	0.
114	0/0	3	-.1301E-03	-.7395E-02	0.	0.	0.	0.
115	0/0	3	-.6361E-04	-.7421E-02	0.	0.	0.	0.
116	0/0	3	-.7685E-18	-.7429E-02	0.	0.	0.	0.
117	0/0	3	-.1729E-03	-.7131E-02	0.	0.	0.	0.
118	0/0	3	-.1653E-03	-.7191E-02	0.	0.	0.	0.
119	0/0	3	-.1515E-03	-.7251E-02	0.	0.	0.	0.
120	0/0	3	-.1273E-03	-.7316E-02	0.	0.	0.	0.
121	0/0	3	-.9706E-04	-.7378E-02	0.	0.	0.	0.
122	0/0	3	-.7077E-04	-.7429E-02	0.	0.	0.	0.
123	0/0	3	-.3674E-04	-.7456E-02	0.	0.	0.	0.
124	0/0	3	-.1035E-17	-.7465E-02	0.	0.	0.	0.
125	0/0	3	-.9173E-04	-.7168E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALFRIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
126	0/0	3	-.8662E-04	-.7228E-02	0.	0.	0.	0.
127	0/0	3	-.7552E-04	-.7294E-02	0.	0.	0.	0.
128	0/0	3	-.6180E-04	-.7360E-02	0.	0.	0.	0.
129	0/0	3	-.4610E-04	-.7416E-02	0.	0.	0.	0.
130	0/0	3	-.2901E-04	-.7458E-02	0.	0.	0.	0.
131	0/0	3	-.1444E-04	-.7484E-02	0.	0.	0.	0.
132	0/0	3	-.3865E-18	-.7492E-02	0.	0.	0.	0.
133	0/0	3	-.1471E-04	-.7185E-02	0.	0.	0.	0.
134	0/0	3	-.1511E-04	-.7249E-02	0.	0.	0.	0.
135	0/0	3	-.1874E-04	-.7333E-02	0.	0.	0.	0.
136	0/0	3	-.1080E-04	-.7401E-02	0.	0.	0.	0.
137	0/0	3	-.3466E-05	-.7456E-02	0.	0.	0.	0.
138	0/0	3	-.5638E-06	-.7489E-02	0.	0.	0.	0.
139	0/0	3	.1061E-06	-.7508E-02	0.	0.	0.	0.
140	0/0	3	.6271E-19	-.7515E-02	0.	0.	0.	0.
141	0/0	3	.7928E-04	-.7187E-02	0.	0.	0.	0.
142	0/0	3	.7912E-04	-.7253E-02	0.	0.	0.	0.
143	0/0	3	.7351E-04	-.7325E-02	0.	0.	0.	0.
144	0/0	3	.4422E-04	-.7445E-02	0.	0.	0.	0.
145	0/0	3	.2834E-04	-.7494E-02	0.	0.	0.	0.
146	0/0	3	.1656E-04	-.7517E-02	0.	0.	0.	0.
147	0/0	3	.7871E-05	-.7533E-02	0.	0.	0.	0.
148	0/0	3	.3010E-18	-.7538E-02	0.	0.	0.	0.
149	0/0	3	.5950E-05	-.7553E-02	0.	0.	0.	0.
150	0/0	3	.1574E-04	-.7540E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBR	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
			DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	DISPLACEMENT	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
151	0/0	3	.1284E-04	-.7555E-02	0.	0.	0.	0.
152	0/0	3	.6839E-05	-.7563E-02	0.	0.	0.	0.
153	0/0	3	.3267E-18	-.7567E-02	0.	0.	0.	0.
154	0/0	3	-.1140E-04	-.7605E-02	0.	0.	0.	0.
155	0/0	3	-.5486E-05	-.7600E-02	0.	0.	0.	0.
156	0/0	3	.9976E-07	-.7598E-02	0.	0.	0.	0.
157	0/0	3	.1033E-05	-.7602E-02	0.	0.	0.	0.
158	0/0	3	.2148E-18	-.7603E-02	0.	0.	0.	0.
159	0/0	3	-.1961E-04	-.7652E-02	0.	0.	0.	0.
160	0/0	3	-.1349E-04	-.7648E-02	0.	0.	0.	0.
161	0/0	3	-.8186E-05	-.7647E-02	0.	0.	0.	0.
162	0/0	3	-.3519E-05	-.7645E-02	0.	0.	0.	0.
163	0/0	3	.9507E-19	-.7645E-02	0.	0.	0.	0.
164	0/0	3	-.2353E-04	-.7697E-02	0.	0.	0.	0.
165	0/0	3	-.1750E-04	-.7695E-02	0.	0.	0.	0.
166	0/0	3	-.1145E-04	-.7692E-02	0.	0.	0.	0.
167	0/0	3	-.5689E-05	-.7691E-02	0.	0.	0.	0.
168	0/0	3	.1888E-19	-.7690E-02	0.	0.	0.	0.
169	0/0	3	-.2623E-04	-.7741E-02	0.	0.	0.	0.
170	0/0	3	-.2015E-04	-.7739E-02	0.	0.	0.	0.
171	0/0	3	-.1377E-04	-.7737E-02	0.	0.	0.	0.
172	0/0	3	-.6972E-05	-.7736E-02	0.	0.	0.	0.
173	0/0	3	-.8042E-20	-.7735E-02	0.	0.	0.	0.

1011

N O D E R E A C T I O N S (LOAD CASES 3- 3)

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NOTE - REACTIONS ARE NOT COMPUTED AT DELETED DEGREES OF FREEDOM OR AT DEGREES OF FREEDOM HAVING NON-ZERO VALUES OF DISPLACEMENT SPECIFIED.

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) FORCE	Y (OR Y*) FORCE	Z (OR Z*) FORCE	X (OR X*) MOMENT	Y (OR Y*) MOMENT	Z (OR Z*) MOMENT
1	0/0	3	28.625	93.912	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0/0	3	.394	187.981	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0/0	3	.528	188.358	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0/0	3	.395	188.742	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0/0	3	-27.918	94.443	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0/0	3	56.546	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0/0	3	-52.214	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0/0	3	56.802	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0/0	3	-43.647	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0/0	3	61.579	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0/0	3	-35.843	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0/0	3	60.286	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0/0	3	-25.492	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0/0	3	25.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0/0	3	-23.189	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0/0	3	-10.696	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0/0	3	-16.225	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0/0	3	-33.287	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	0/0	3	-41.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54	0/0	3	-24.420	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0/0	3	18.678	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66	0/0	3	70.629	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73	0/0	3	98.735	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
116	0/0	3	76.850	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
124	0/0	3	103.507	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPER	LOAD CASE	X (OR X*) FORCE	Y (OR Y*) FORCE	Z (OR Z*) FORCE	X (OR X*) MOMENT	Y (OR Y*) MOMENT	Z (OR Z*) MOMENT
132	0/0	3	38.651	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140	0/0	3	-6.271	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
142	0/0	3	-30.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
153	0/0	3	-32.666	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
152	0/0	3	-21.482	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
163	0/0	3	-9.507	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
164	0/0	3	-1.888	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
173	0/0	3	.804	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTALS =		3	.2621E+03	.7534E+03	0.			

MEMBRANE ELEMENT STRESSES (LOAD CASES 3- 3)

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL S(1)	STRESSES S(2)	ANG F (ALPHA)
1	3	0	0.00	-19.0992	-93.7607	-.1553	0.0000	-19.0989	-93.7610	-.12
2	3	0	0.00	-18.9626	-94.0511	-.3702	0.0000	-18.9608	-94.0529	-.28
3	3	0	0.00	-18.7396	-94.4465	-.3689	0.0000	-18.7378	-94.4483	-.28
4	3	0	0.00	-18.5976	-94.7370	-.1588	0.0000	-18.5973	-94.7374	-.12
5	3	0	0.00	-18.5164	-85.6440	-.4625	0.0000	-18.5132	-85.6472	-.39
6	3	0	0.00	-17.8648	-86.4302	-1.1747	0.0000	-17.8446	-86.4503	-.98
7	3	0	0.00	-16.9605	-87.6505	-1.1956	0.0000	-16.9402	-87.6707	-.97
8	3	0	0.00	-16.2975	-88.4706	-.4687	0.0000	-16.2944	-88.4737	-.37
9	3	0	0.00	-18.9499	-75.4540	-1.6523	0.0000	-18.9017	-75.5023	-1.67
10	3	0	0.00	-17.0113	-78.2500	-3.5802	0.0000	-16.8027	-78.4586	-3.33
11	3	0	0.00	-14.7250	-81.5968	-3.3890	0.0000	-14.5537	-81.7682	-2.89
12	3	0	0.00	-13.1928	-84.0944	-1.5140	0.0000	-13.1605	-84.1267	-1.22
13	3	0	0.00	-20.9234	-60.5368	-3.9092	0.0000	-20.5413	-60.9189	-5.58
14	3	0	0.00	-16.7562	-68.3788	-9.1530	0.0000	-15.1814	-69.9537	-9.76
15	3	0	90.00	-11.8808	-74.4704	-11.2387	0.0000	-9.9240	-76.4272	80.12
16	3	0	0.00	-11.1047	-79.7865	-6.1347	0.0000	-10.5610	-80.3302	-5.06
17	3	0	0.00	-10.9431	-83.2382	-1.7623	0.0000	-10.9001	-83.2812	-1.40
18	3	0	0.00	-25.1308	-34.8668	-12.4548	0.0000	-16.6264	-43.3712	-34.33
19	3	0	0.00	-12.6247	-57.0241	-20.5355	0.0000	-4.5832	-65.0657	-21.39
20	3	0	0.00	-7.2961	-77.4745	-13.9563	0.0000	-4.6224	-80.1481	-10.84
21	3	0	0.00	-10.6484	-84.1358	-4.0966	0.0000	-10.4207	-84.3635	-3.18
22	3	0	0.00	-11.1888	-80.9429	-.9311	0.0000	-11.1764	-80.9553	-.76
23	3	0	0.00	.1522	-4.4636	-4.1405	0.0000	2.5846	-6.8960	-30.43

MANANTALI EVACUATFUP DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1)	PRINCIPAL STRESSES S(2)	ANGLE (A) (PHA)
24	3	0	0.00	-23.0832	-52.4371	-36.4025	0.0000	1.4898	-77.0100	-34.02
25	3	0	0.00	-12.3569	-98.2037	-10.5307	0.0000	-11.0840	-99.4766	-6.89
26	3	0	98.45	-15.8563	-85.6340	-.8368	0.0000	-15.8463	-85.6440	-82.23
27	3	0	142.78	-12.2562	-83.1575	-3.0205	0.0000	-12.1277	-83.2860	-39.65
28	3	0	85.32	-14.3617	-81.1113	-.8275	0.0000	-14.3515	-81.1216	84.61
29	3	0	0.00	-13.2676	-80.2525	-.6840	0.0000	-13.2606	-80.2595	-.58
30	3	0	0.00	-24.0336	-158.3072	-32.2063	0.0000	-16.7083	-165.6324	-12.81
31	3	0	0.00	-13.2252	-87.8506	-11.5981	0.0000	-11.4642	-89.6116	-8.63
32	3	0	0.00	-9.5651	-81.1482	-4.0817	0.0000	-9.3331	-81.3802	-3.25
33	3	0	0.00	-9.3711	-76.5589	-.9946	0.0000	-9.3564	-76.5736	-.85
34	3	0	0.00	-.4199	-117.9304	-1.2129	0.0000	-.4073	-117.9429	-.59
35	3	0	0.00	-15.3894	-106.6936	-11.8563	0.0000	-13.8749	-108.2081	-7.28
36	3	0	0.00	-19.6577	-83.7006	-5.1266	0.0000	-19.2499	-84.1083	-4.55
37	3	0	0.00	-20.7589	-76.3403	-1.0959	0.0000	-20.7373	-76.3619	-1.13
38	3	0	0.00	-1.1215	-113.3511	3.8402	0.0000	-.9902	-113.4824	1.96
39	3	0	0.00	-5.2627	-98.5347	7.9773	0.0000	-4.5853	-99.2121	4.85
40	3	0	0.00	-13.3905	-82.2249	4.5959	0.0000	-13.0850	-82.5304	3.80
41	3	0	0.00	-18.1456	-71.3541	.8663	0.0000	-18.1315	-71.3682	.93
42	3	0	0.00	-.5468	-127.0608	7.5502	0.0000	-.0978	-127.5098	3.40
43	3	0	0.00	-2.6096	-99.2072	14.2251	0.0000	-.5584	-101.2585	8.21
44	3	0	0.00	-4.0850	-77.8063	12.2401	0.0000	-2.1059	-79.7854	9.18
45	3	0	0.00	-4.8964	-61.7224	6.9002	0.0000	-4.0705	-62.5483	6.83
46	3	0	73.30	2.3442	-55.6305	3.1522	0.0000	2.5150	-55.8014	76.40
47	3	0	0.00	.8808	-139.8125	4.1706	0.0000	1.0043	-139.9360	1.70
48	3	0	0.00	11.6289	-104.4150	6.7892	0.0000	12.0248	-104.8109	3.34

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIF AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*.Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1)	PRINCIPAL STRESSES S(2)	ANGLE (ALPHA)
49	3	0	0.00	21.9868	-72.8919	11.4152	0.0000	23.3408	-74.2459	6.76
50	3	0	0.00	27.4631	-54.3958	3.2767	0.0000	27.5941	-54.5267	2.29
51	3	0	0.00	30.9951	-46.3160	2.3278	0.0000	31.0651	-46.3860	1.72
52	3	0	138.95	6.5358	-117.8409	-15.5519	0.0000	8.4509	-119.7560	-48.08
53	3	0	133.92	20.9227	-107.7432	-22.5832	0.0000	24.7714	-111.5918	-55.75
54	3	0	127.87	37.3209	-91.6135	-16.0457	0.0000	39.2877	-93.5803	-59.11
55	3	0	142.35	49.3077	-44.5618	-5.7830	0.0000	49.6627	-44.9167	-41.16
56	3	0	122.20	58.3908	-43.2777	-11.6376	0.0000	59.7059	-44.5928	-64.25
57	3	0	103.54	5.2858	-130.8029	-4.8205	0.0000	5.4564	-130.9735	-78.49
58	3	0	93.18	19.8342	-114.6038	-13.2766	0.0000	21.1328	-115.9024	87.59
59	3	0	82.61	46.7758	-92.1574	-7.3575	0.0000	47.1643	-92.5468	79.59
60	3	0	72.53	87.7898	-60.1921	10.1780	0.0000	88.4865	-60.8888	76.44
61	3	0	105.52	159.8583	-50.8723	-16.3088	0.0000	161.1130	-52.1270	-78.88
62	3	0	70.62	147.0365	-52.5394	-1.0841	0.0000	147.0424	-52.5453	70.30
63	3	0	0.00	3.6245	-95.0047	-22.3636	0.0000	8.4584	-99.8386	-12.20
64	3	0	0.00	10.8296	-96.2434	-46.0462	0.0000	27.9076	-113.3214	-20.35
65	3	0	0.00	19.2870	-112.4305	-60.0260	0.0000	42.5377	-135.6812	-21.17
66	3	0	0.00	19.3002	-81.9213	-68.1824	0.0000	53.6029	-116.2240	-26.71
67	3	0	0.00	-2.0277	-54.2859	-22.6783	0.0000	6.4414	-62.7550	-20.48
68	3	0	0.00	-6.9448	-80.9402	-47.7954	0.0000	16.4994	-104.3844	-26.13
69	3	0	0.00	-18.2450	-99.7530	-54.6731	0.0000	9.1922	-127.1902	-26.65
70	3	0	0.00	-48.7441	-144.3810	-21.0714	0.0000	-44.3073	-148.8177	-11.89
71	3	0	0.00	-3.5453	-18.3448	-16.6906	0.0000	7.3123	-29.2024	-33.05
72	3	0	0.00	-16.1035	-66.8627	-35.2749	0.0000	1.9731	-84.9394	-27.13
73	3	0	0.00	-36.0230	-112.4739	-31.4105	0.0000	-24.7732	-123.7238	-19.71

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL S(1)	STRESSES S(2)	ANGLF (ALPHA)
74	3	0	0.00	-46.2537	-175.4385	-12.4422	0.0000	-45.0663	-176.6260	-5.45
75	3	0	0.00	-4.4329	5.2073	-8.0911	0.0000	9.8053	-9.0309	-60.39
76	3	0	0.00	-18.9086	-60.5789	-16.2718	0.0000	-13.3075	-66.1800	-18.99
77	3	0	0.00	-36.1476	-119.9347	-14.9222	0.0000	-33.5694	-122.5130	-9.80
78	3	0	0.00	-47.7258	-191.5737	-6.1331	0.0000	-47.4648	-191.8347	-2.44
79	3	0	0.00	-4.5932	12.5540	1.6366	0.0000	12.7088	-4.7480	84.60
80	3	0	0.00	-19.2177	-57.2000	2.2348	0.0000	-19.0867	-57.3311	3.36
81	3	0	0.00	-36.3582	-120.4065	1.0975	0.0000	-36.3438	-120.4208	.75
82	3	0	0.00	-47.7727	-195.5875	.0129	0.0000	-47.7727	-195.5875	.01
83	3	0	0.00	-3.9045	3.3153	10.8214	0.0000	11.1130	-11.7022	54.22
84	3	0	0.00	-17.5936	-56.2498	21.6472	0.0000	-7.9015	-65.9420	24.12
85	3	0	0.00	-37.4704	-113.6507	16.9668	0.0000	-33.8624	-117.2587	12.01
86	3	0	0.00	-46.6428	-187.8147	5.9465	0.0000	-46.3928	-188.0647	2.41
87	3	0	0.00	-1.8715	-19.7382	17.2792	0.0000	8.6471	-30.2567	31.33
88	3	0	0.00	-8.9580	-62.6098	37.1369	0.0000	10.0286	-81.5964	27.08
89	3	0	0.00	-24.5004	-98.8134	39.9625	0.0000	-7.0894	-116.2244	23.54
90	3	0	0.00	-52.2751	-166.9985	11.4031	0.0000	-51.1527	-168.1210	5.62
91	3	0	0.00	1.4102	-49.4041	17.9156	0.0000	7.0915	-55.0854	17.59
92	3	0	0.00	6.2009	-73.4683	39.2416	0.0000	22.2832	-89.5506	22.29
93	3	0	0.00	13.1769	-99.8342	50.1766	0.0000	32.2397	-118.8970	20.80
94	3	0	0.00	14.9987	-119.2134	48.8480	0.0000	30.8947	-135.1094	18.03
95	3	0	0.00	4.7925	-75.6100	9.7572	0.0000	5.9596	-76.7771	6.82
96	3	0	0.00	20.2722	-81.7272	19.5148	0.0000	23.8783	-85.3334	10.47
97	3	0	0.00	47.1259	-98.8240	19.4821	0.0000	49.6817	-101.3798	7.47
98	3	0	0.00	83.8297	-83.4561	3.0943	0.0000	83.8869	-83.5133	1.06

MANANTALI EVACUATFOR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*.Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL S(1)	PRINCIPAL STRESSES S(2)	ANGLE (ALPHA)
99	3	0	0.00	147.4777	-46.3857	6.6739	0.0000	147.7072	-46.6152	1.97
100	3	0	0.00	148.5647	-44.0108	4.0108	0.0000	148.6482	-44.0943	1.19
101	3	0	0.00	148.0936	-44.8574	1.1301	0.0000	148.1003	-44.8641	.34
102	3	0	0.00	4.4869	-76.5609	-7.8033	0.0000	5.2314	-77.3054	-5.45
103	3	0	0.00	22.8621	-79.0377	-14.4158	0.0000	24.8622	-81.0379	-7.90
104	3	0	0.00	42.3853	-82.8634	-22.2225	0.0000	46.2113	-86.6894	-9.77
105	3	0	0.00	56.5515	-74.7370	-25.4523	0.0000	61.3131	-79.4986	-10.60
106	3	0	0.00	55.7666	-58.5336	-19.9321	0.0000	59.1427	-61.9097	-9.61
107	3	0	0.00	66.5109	-45.4355	-6.2919	0.0000	66.8635	-45.7880	-3.21
108	3	0	0.00	71.0698	-42.7319	-1.0402	0.0000	71.0793	-42.7414	-.52
109	3	0	0.00	-1.0314	-41.7482	-15.2053	0.0000	4.0201	-46.7997	-18.38
110	3	0	0.00	-1.1645	-63.9065	-40.9202	0.0000	19.0261	-84.0972	-26.26
111	3	0	0.00	17.5722	-80.6442	-39.4247	0.0000	31.4396	-94.5116	-19.38
112	3	0	0.00	19.4440	-81.8985	-30.7930	0.0000	28.0668	-90.5213	-15.64
113	3	0	0.00	16.6179	-72.4068	-17.8256	0.0000	20.0545	-75.8434	-10.91
114	3	0	0.00	12.4271	-56.3840	-9.9959	0.0000	13.8498	-57.8067	-8.10
115	3	0	0.00	12.9118	-46.9517	-3.1171	0.0000	13.0737	-47.1136	-2.97
116	3	0	0.00	-3.1041	-10.9913	-4.5738	0.0000	-1.0086	-13.0868	-24.62
117	3	0	0.00	-18.1418	-16.3565	-22.9825	0.0000	5.7507	-40.2490	-46.11
118	3	0	0.00	-50.8470	-82.4848	-62.9853	0.0000	-1.7245	-131.6073	-37.95
119	3	0	0.00	-35.4937	-112.5803	-28.5802	0.0000	-26.0535	-122.0205	-18.28
120	3	0	0.00	-30.0864	-83.1240	-14.7428	0.0000	-26.2639	-86.9466	-14.54
121	3	0	0.00	-24.7949	-63.1083	-10.8370	0.0000	-21.9420	-65.9611	-14.75
122	3	0	0.00	-23.1713	-55.3248	-3.9081	0.0000	-22.7031	-55.7930	-6.83
123	3	0	0.00	-41.5239	-162.4748	-43.6665	0.0000	-27.4068	-176.5919	-17.92

MANANTAL I EVACUATEUR DE CRIES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES. METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1) S(2)		ANGLE (ALPHA)
124	3	0	0.00	-39.9739	-91.1709	-29.9373	0.0000	-26.1830	-104.9618	-24.73
125	3	0	0.00	-36.7819	-75.1087	-16.7898	0.0000	-30.4672	-81.4234	-20.61
126	3	0	0.00	-35.0816	-66.4455	-5.5162	0.0000	-34.1397	-67.3874	-9.69
127	3	0	0.00	1.0239	-111.1999	-5.2764	0.0000	1.2715	-111.4474	-2.69
128	3	0	0.00	-17.4466	-107.1178	-21.9314	0.0000	-17.3701	-112.1943	-13.03
129	3	0	0.00	-24.9181	-87.0827	-15.0754	0.0000	-21.4551	-90.5457	-12.94
130	3	0	0.00	-27.7021	-80.1997	-5.2320	0.0000	-27.1857	-80.7160	-5.64
131	3	0	0.00	-1.3203	-95.7487	-1.8583	0.0000	-1.2838	-95.7853	-1.13
132	3	0	0.00	-3.2867	-97.1081	-4.4660	0.0000	-3.0745	-97.3202	-2.72
133	3	0	0.00	-10.5034	-94.0022	-6.7047	0.0000	-9.9684	-94.5371	-4.56
134	3	0	0.00	-14.1455	-89.1410	-2.6610	0.0000	-14.0512	-89.2353	-2.03
135	3	0	0.00	-.1883	-90.9038	.1620	0.0000	-.1880	-90.9041	.10
136	3	0	0.00	-1.6149	-92.1936	-.4945	0.0000	-1.6122	-92.1963	-.31
137	3	0	0.00	-2.9374	-91.9400	-.7068	0.0000	-2.9318	-91.9456	-.45
138	3	0	0.00	-4.6313	-91.3626	-.5657	0.0000	-4.6277	-91.3663	-.37
139	3	0	0.00	.1715	-88.8486	.2959	0.0000	.1725	-88.8495	.19
140	3	0	0.00	.5659	-89.2549	.4879	0.0000	.5685	-89.2575	.31
141	3	0	0.00	.7354	-89.3481	.2785	0.0000	.7362	-89.3490	.18
142	3	0	0.00	.8874	-89.3485	.1290	0.0000	.8876	-89.3486	.08

LOAD CASE SYNOPSIS (LOAD CASE 3)

MANANTIALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

PAGE 40  
 16/01/79

MAXIMUM GLOBAL DISPLACEMENTS -

NODE NO.	MAX/MIN DELTA-X	NODE NO.	MAX/MIN DELTA-Y	NODE NO.	MAX/MIN DELTA-Z	NODE NO.	MAX/MIN THETA-X	NODE NO.	MAX/MIN THETA-Y	NODE NO.	MAX/MIN THETA-Z
34	.1972E-03	6	-.1348E-02	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.
93	-.4579E-03	169	-.7741E-02	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.

MAXIMUM GLOBAL REACTIONS -

NODE NO.	MAX/MIN X-FORCE	NODE NO.	MAX/MIN Y-FORCE	NODE NO.	MAX/MIN Z-FORCE	NODE NO.	MAX/MIN X-MOMENT	NODE NO.	MAX/MIN Y-MOMENT	NODE NO.	MAX/MIN Z-MOMENT
124	.1035E+03	4	.1887E+03	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.
10	-.5222E+02	1	.9391E+02	0	0.	0	0.	0	0.	0	0.

MAXIMUM LOCAL MEMBRANE CENTROIDAL STRESSES -

MEMBRANE	MAX/MIN X-STRESS	MEMBRANE	MAX/MIN Y-STRESS	MEMBRANE	MAX/MIN XY-SHEAR	MEMBRANE	MAX/MIN Z-STRESS	MEMBRANE	MAX/MIN PRINCIPAL
100	.1486E+03	61	.1532E+03	62	.6333E+02	0	0.	61	.1611E+03
57	-.1255E+03	82	-.1956E+03	66	-.6818E+02	0	0.	82	-.1956E+03

J O H S Y N O P S I S

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

MAXIMUM GLOBAL DISPLACEMENTS -

NODE NO.	L C	MAX/MIN DELTA-X	NODE NO.	L C	MAX/MIN DELTA-Y	NODE NO.	L C	MAX/MIN DELTA-Z	NODE NO.	L C	MAX/MIN THETA-X	NODE NO.	L C	MAX/MIN THETA-Y	NODE NO.	L C	MAX/MIN THETA-Z
34	3	.1972E-03	109	2	.2949E-04	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.
93	3	-.4579E-03	169	3	-.7741E-02	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.

MAXIMUM GLOBAL REACTIONS -

NODE NO.	L C	MAX/MIN X-FORCE	NODE NO.	L C	MAX/MIN Y-FORCE	NODE NO.	L C	MAX/MIN Z-FORCE	NODE NO.	L C	MAX/MIN X-MOMENT	NODE NO.	L C	MAX/MIN Y-MOMENT	NODE NO.	L C	MAX/MIN Z-MOMENT
124	3	.1035E+03	4	3	.1887E+03	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.
10	3	-.5222E+02	1	2	.1229E+01	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.

MAXIMUM LOCAL MEMBRANE CENTROIDAL STRESSES -

MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN X-STRESS	MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN Y-STRESS	MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN XY-SHEAR	MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN Z-STRESS	MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN PRINCIPAL
100	3	.1486E+03	61	3	.1532E+03	94	2	.6563E+02	0	0	0.	61	3	.1611E+03
57	3	-.1255E+03	82	3	-.1956E+03	66	2	-.7477E+02	0	0	0.	82	3	-.1956E+03

3.2. Section à 15,70 m à l'aval de l'axe du barrage

A la section aval, l'orifice est soit obturé à l'amont (pas de pression), soit ouvert mais ici toute la pression de l'eau s'est transformée en vitesse. A la page suivante figurent donc les contraintes verticales et horizontales autour de l'orifice, lorsque celui-ci est vide.

Les contraintes verticales sont partout des compressions et les contraintes horizontales sont des tractions + 175 t/m<sup>2</sup> au-dessus et + 118 t/m<sup>2</sup> au-dessous de l'orifice.

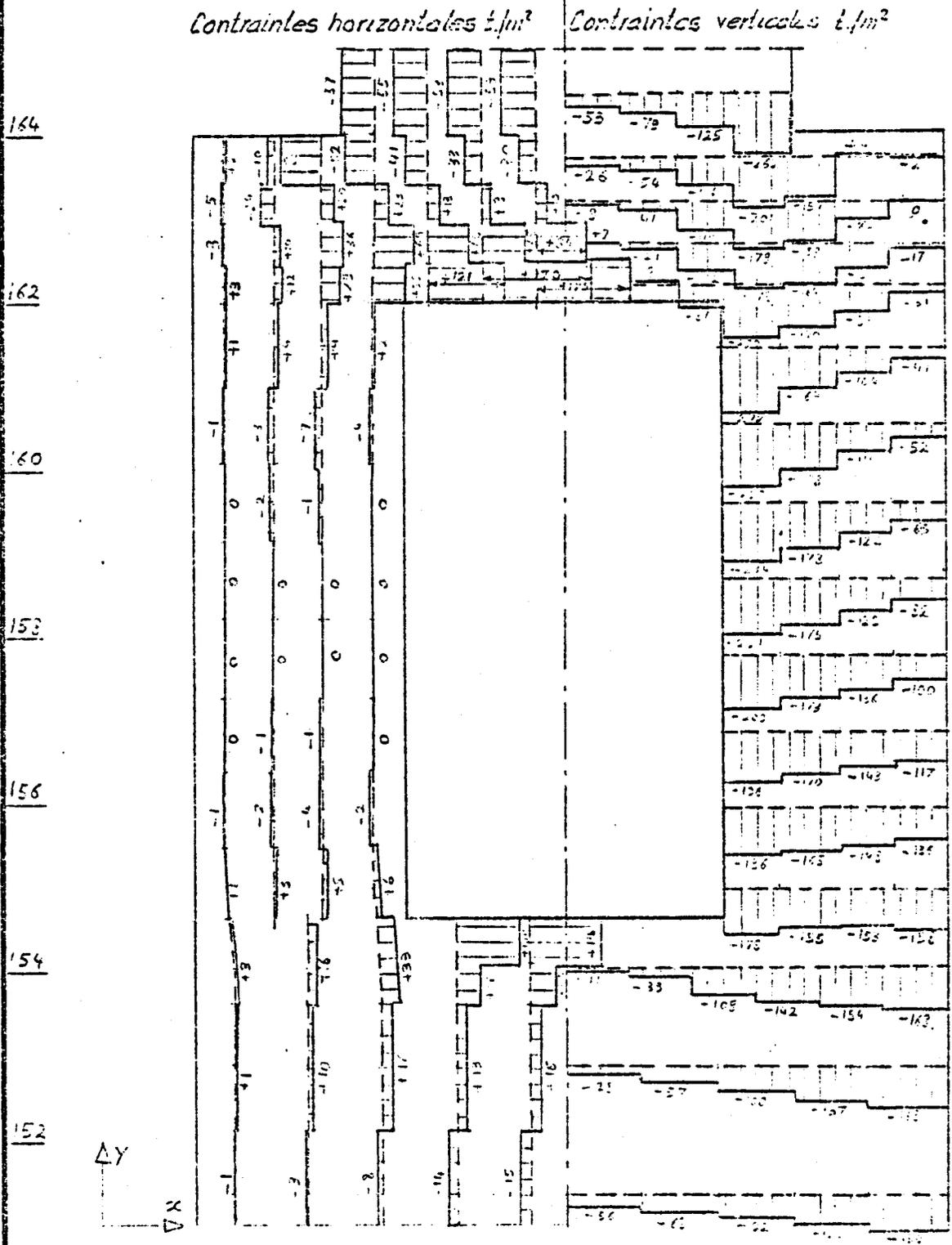
Ces efforts de traction doivent être repris par des armatures.

Après ce dessin, figurent les 16 pages non numérotées du listing des résultats correspondants.

Contraintes verticales et horizontales  
autour de l'orifice de la vidange de demi-fond

Section à 15,70m à l'aval de l'axe du barrage

Orifice toujours vide



N O D E D I S P L A C E M E N T S (LOAD CASES 1- 1)

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL (A 15.7 m A L'AVANT DE L'AXE DU BARRAGE)  
 UNITES : TONNES, METRES

NOTE - FOR CYLINDRICAL SYSTEMS (X\*,Y\*) CORRESPOND TO RADIAL AND TANGENTIAL COMPONENTS REFERENCED TO THE INITIAL THETA COORDINATE OF THE NODE.

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*)	Y (OR Y*)	Z (OR Z*)
						ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)	ROTATION (RAD)
1	0/0	1	-.3116E-18	-.1018E-17	0.	0.	0.	0.
2	0/0	1	-.4529E-20	-.2039E-17	0.	0.	0.	0.
3	0/0	1	-.6002E-20	-.2043E-17	0.	0.	0.	0.
4	0/0	1	-.4490E-20	-.2047E-17	0.	0.	0.	0.
5	0/0	1	.3036E-18	-.1025E-17	0.	0.	0.	0.
6	0/0	1	-.6181E-18	-.1466E-02	0.	0.	0.	0.
7	0/0	1	-.7604E-05	-.1469E-02	0.	0.	0.	0.
8	0/0	1	-.1093E-04	-.1476E-02	0.	0.	0.	0.
9	0/0	1	-.7650E-05	-.1484E-02	0.	0.	0.	0.
10	0/0	1	.5688E-18	-.1487E-02	0.	0.	0.	0.
11	0/0	1	-.6270E-18	-.2807E-02	0.	0.	0.	0.
12	0/0	1	-.2271E-04	-.2818E-02	0.	0.	0.	0.
13	0/0	1	-.3211E-04	-.2849E-02	0.	0.	0.	0.
14	0/0	1	-.2298E-04	-.2881E-02	0.	0.	0.	0.
15	0/0	1	.4773E-18	-.2892E-02	0.	0.	0.	0.
16	0/0	1	-.6872E-18	-.3971E-02	0.	0.	0.	0.
17	0/0	1	-.6177E-04	-.4022E-02	0.	0.	0.	0.
18	0/0	1	-.8219E-04	-.4121E-02	0.	0.	0.	0.
19	0/0	1	-.5642E-04	-.4214E-02	0.	0.	0.	0.
20	0/0	1	.3944E-18	-.4261E-02	0.	0.	0.	0.
21	0/0	1	-.6792E-18	-.4878E-02	0.	0.	0.	0.
22	0/0	1	-.1121E-03	-.4972E-02	0.	0.	0.	0.
23	0/0	1	-.1524E-03	-.5224E-02	0.	0.	0.	0.
24	0/0	1	-.1259E-03	-.5431E-02	0.	0.	0.	0.
25	0/0	1	-.5598E-04	-.5585E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
26	0/0	1	.2831E-18	-.5615E-02	0.	0.	0.	0.
27	0/0	1	-.2832E-18	-.5048E-02	0.	0.	0.	0.
28	0/0	1	-.2060E-03	-.5397E-02	0.	0.	0.	0.
29	0/0	1	-.1873E-03	-.5899E-02	0.	0.	0.	0.
30	0/0	1	-.7038E-04	-.6296E-02	0.	0.	0.	0.
31	0/0	1	-.3193E-04	-.6383E-02	0.	0.	0.	0.
32	0/0	1	.2610E-18	-.6413E-02	0.	0.	0.	0.
33	0/0	1	.1220E-18	-.5170E-02	0.	0.	0.	0.
34	0/0	1	.2240E-03	-.5363E-02	0.	0.	0.	0.
35	0/0	1	-.2450E-04	-.6986E-02	0.	0.	0.	0.
36	0/0	1	-.3132E-04	-.7127E-02	0.	0.	0.	0.
37	0/0	1	-.2307E-04	-.7166E-02	0.	0.	0.	0.
38	0/0	1	-.1091E-04	-.7190E-02	0.	0.	0.	0.
39	0/0	1	.1805E-18	-.7196E-02	0.	0.	0.	0.
40	0/0	1	-.7645E-05	-.7236E-02	0.	0.	0.	0.
41	0/0	1	.8947E-05	-.7226E-02	0.	0.	0.	0.
42	0/0	1	.6395E-05	-.7262E-02	0.	0.	0.	0.
43	0/0	1	.3013E-05	-.7276E-02	0.	0.	0.	0.
44	0/0	1	.3875E-18	-.7281E-02	0.	0.	0.	0.
45	0/0	1	-.1686E-04	-.7365E-02	0.	0.	0.	0.
46	0/0	1	-.3765E-05	-.7366E-02	0.	0.	0.	0.
47	0/0	1	.6116E-05	-.7359E-02	0.	0.	0.	0.
48	0/0	1	.5011E-05	-.7362E-02	0.	0.	0.	0.
49	0/0	1	.5220E-18	-.7361E-02	0.	0.	0.	0.
50	0/0	1	-.1992E-04	-.7505E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
51	0/0	1	-.4983E-05	-.7488E-02	0.	0.	0.	0.
52	0/0	1	.3131E-05	-.7464E-02	0.	0.	0.	0.
53	0/0	1	.5116E-05	-.7439E-02	0.	0.	0.	0.
54	0/0	1	.4141E-18	-.7436E-02	0.	0.	0.	0.
55	0/0	1	-.3847E-04	-.7626E-02	0.	0.	0.	0.
56	0/0	1	-.2376E-04	-.7597E-02	0.	0.	0.	0.
57	0/0	1	-.1089E-04	-.7556E-02	0.	0.	0.	0.
58	0/0	1	-.2816E-05	-.7517E-02	0.	0.	0.	0.
59	0/0	1	.1881E-05	-.7484E-02	0.	0.	0.	0.
60	0/0	1	.6485E-19	-.7476E-02	0.	0.	0.	0.
61	0/0	1	-.1008E-03	-.7766E-02	0.	0.	0.	0.
62	0/0	1	-.8412E-04	-.7710E-02	0.	0.	0.	0.
63	0/0	1	-.6354E-04	-.7651E-02	0.	0.	0.	0.
64	0/0	1	-.3801E-04	-.7575E-02	0.	0.	0.	0.
65	0/0	1	-.2117E-04	-.7516E-02	0.	0.	0.	0.
66	0/0	1	-.3704E-18	-.7491E-02	0.	0.	0.	0.
67	0/0	1	-.1691E-03	-.7849E-02	0.	0.	0.	0.
68	0/0	1	-.1570E-03	-.7803E-02	0.	0.	0.	0.
69	0/0	1	-.1440E-03	-.7757E-02	0.	0.	0.	0.
70	0/0	1	-.1292E-03	-.7705E-02	0.	0.	0.	0.
71	0/0	1	-.1121E-03	-.7630E-02	0.	0.	0.	0.
72	0/0	1	-.5767E-04	-.7525E-02	0.	0.	0.	0.
73	0/0	1	-.6288E-18	-.7509E-02	0.	0.	0.	0.
74	0/0	1	-.2459E-03	-.7924E-02	0.	0.	0.	0.
75	0/0	1	-.2368E-03	-.7873E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITÉS : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
126	0/0	1	-.1019E-03	-.8244E-02	0.	0.	0.	0.
127	0/0	1	-.9419E-04	-.8376E-02	0.	0.	0.	0.
128	0/0	1	-.7423E-04	-.8510E-02	0.	0.	0.	0.
129	0/0	1	-.4592E-04	-.8632E-02	0.	0.	0.	0.
130	0/0	1	-.2594E-04	-.8729E-02	0.	0.	0.	0.
131	0/0	1	-.1293E-04	-.8790E-02	0.	0.	0.	0.
132	0/0	1	-.2544E-18	-.8810E-02	0.	0.	0.	0.
133	0/0	1	-.4387E-05	-.8121E-02	0.	0.	0.	0.
134	0/0	1	-.5003E-05	-.8247E-02	0.	0.	0.	0.
135	0/0	1	-.1967E-04	-.8405E-02	0.	0.	0.	0.
136	0/0	1	-.6154E-05	-.8562E-02	0.	0.	0.	0.
137	0/0	1	.3356E-05	-.8671E-02	0.	0.	0.	0.
138	0/0	1	.5635E-05	-.8746E-02	0.	0.	0.	0.
139	0/0	1	.3335E-05	-.8795E-02	0.	0.	0.	0.
140	0/0	1	.4351E-19	-.8812E-02	0.	0.	0.	0.
141	0/0	1	.9578E-04	-.8119E-02	0.	0.	0.	0.
142	0/0	1	.9795E-04	-.8241E-02	0.	0.	0.	0.
143	0/0	1	.1058E-03	-.8376E-02	0.	0.	0.	0.
144	0/0	1	.5655E-04	-.8595E-02	0.	0.	0.	0.
145	0/0	1	.3871E-04	-.8697E-02	0.	0.	0.	0.
146	0/0	1	.2489E-04	-.8758E-02	0.	0.	0.	0.
147	0/0	1	.1297E-04	-.8800E-02	0.	0.	0.	0.
148	0/0	1	.3405E-18	-.8815E-02	0.	0.	0.	0.
149	0/0	1	.2094E-04	-.8777E-02	0.	0.	0.	0.
150	0/0	1	.3518E-04	-.8767E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPER	LOAD CASE	X (OR X*) DISPLACEMENT	Y (OR Y*) DISPLACEMENT	Z (OR Z*) DISPLACEMENT	X (OR X*) ROTATION (RAD)	Y (OR Y*) ROTATION (RAD)	Z (OR Z*) ROTATION (RAD)
151	0/0	1	.2845E-04	-.8802E-02	0.	0.	0.	0.
152	0/0	1	.1542E-04	-.8825E-02	0.	0.	0.	0.
153	0/0	1	.5486E-18	-.8834E-02	0.	0.	0.	0.
154	0/0	1	-.5188E-05	-.8859E-02	0.	0.	0.	0.
155	0/0	1	.3181E-05	-.8854E-02	0.	0.	0.	0.
156	0/0	1	.9222E-05	-.8856E-02	0.	0.	0.	0.
157	0/0	1	.6543E-05	-.8866E-02	0.	0.	0.	0.
158	0/0	1	.4115E-18	-.8870E-02	0.	0.	0.	0.
159	0/0	1	-.2054E-04	-.8927E-02	0.	0.	0.	0.
160	0/0	1	-.1232E-04	-.8921E-02	0.	0.	0.	0.
161	0/0	1	-.6062E-05	-.8920E-02	0.	0.	0.	0.
162	0/0	1	-.1827E-05	-.8920E-02	0.	0.	0.	0.
163	0/0	1	.2090E-18	-.8920E-02	0.	0.	0.	0.
164	0/0	1	-.2892E-04	-.8988E-02	0.	0.	0.	0.
165	0/0	1	-.2089E-04	-.8984E-02	0.	0.	0.	0.
166	0/0	1	-.1319E-04	-.8981E-02	0.	0.	0.	0.
167	0/0	1	-.6381E-05	-.8979E-02	0.	0.	0.	0.
168	0/0	1	.6729E-19	-.8978E-02	0.	0.	0.	0.
169	0/0	1	-.3433E-04	-.9048E-02	0.	0.	0.	0.
170	0/0	1	-.2611E-04	-.9044E-02	0.	0.	0.	0.
171	0/0	1	-.1758E-04	-.9041E-02	0.	0.	0.	0.
172	0/0	1	-.8775E-05	-.9039E-02	0.	0.	0.	0.
173	0/0	1	.2331E-20	-.9038E-02	0.	0.	0.	0.

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

NODE NUMBER	COORDINATE SYSTEM NUMBER/TYPE	LOAD CASE	X (OR X*) FORCE	Y (OR Y*) FORCE	Z (OR Z*) FORCE	X (OR X*) MOMENT	Y (OR Y*) MOMENT	Z (OR Z*) MOMENT
132	0/0	1	25.442	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140	0/0	1	-4.351	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
148	0/0	1	-34.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
153	0/0	1	-54.863	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
158	0/0	1	-41.152	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
163	0/0	1	-20.901	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
168	0/0	1	-6.729	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
173	0/0	1	-.233	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
T O T A L S =		1	-.1759E-08	.8172E+03	0.			

MEMBRANE ELEMENT STRESSES (LOAD CASES 1- 1)

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS			(Y*)-AXIS		(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES		ANGLE (A) (PHA)
				DIRECT STRESS	DIRECT STRESS	DIRECT STRESS	S(1)	S(2)					
1	1	0	0.00	-20.7905	-101.9776	-.1776	0.0000	-20.7902	-101.9780	-.13			
2	1	0	0.00	-20.6347	-102.3085	-.4205	0.0000	-20.6325	-102.3106	-.29			
3	1	0	0.00	-20.3810	-102.7580	-.4199	0.0000	-20.3789	-102.7602	-.29			
4	1	0	0.00	-20.2201	-103.0878	-.1795	0.0000	-20.2197	-103.0882	-.17			
5	1	0	0.00	-20.3223	-93.7367	-.5220	0.0000	-20.3186	-93.7404	-.41			
6	1	0	0.00	-19.5869	-94.6284	-1.3365	0.0000	-19.5631	-94.6527	-1.02			
7	1	0	0.00	-18.5585	-96.0160	-1.3589	0.0000	-18.5346	-96.0398	-1.00			
8	1	0	0.00	-17.7988	-96.9509	-.5370	0.0000	-17.7951	-96.9545	-.39			
9	1	0	0.00	-21.0185	-83.1479	-1.8793	0.0000	-20.9617	-83.2047	-1.73			
10	1	0	0.00	-18.8092	-86.3020	-4.0553	0.0000	-18.5664	-86.5448	-3.43			
11	1	0	0.00	-16.2086	-90.1082	-3.8708	0.0000	-16.0064	-90.3104	-2.99			
12	1	0	0.00	-14.4701	-92.9738	-1.7215	0.0000	-14.4323	-93.0116	-1.26			
13	1	0	0.00	-23.4585	-67.1170	-4.4472	0.0000	-23.0101	-67.5654	-5.76			
14	1	0	0.00	-18.7184	-76.0782	-10.4040	0.0000	-16.8897	-77.9070	-9.97			
15	1	0	90.00	-13.1746	-83.0624	-12.7838	0.0000	-10.9096	-85.3274	79.95			
16	1	0	0.00	-12.2883	-89.0525	-6.9865	0.0000	-11.6576	-89.6832	-5.16			
17	1	0	0.00	-12.0997	-92.9373	-2.0056	0.0000	-12.0500	-92.9871	-1.42			
18	1	0	0.00	-28.4124	-38.7770	-14.1598	0.0000	-18.5164	-48.6730	-34.95			
19	1	0	0.00	-14.1853	-63.9466	-23.3721	0.0000	-4.9294	-73.2025	-21.60			
20	1	0	0.00	-8.1243	-87.1664	-15.8773	0.0000	-5.0543	-90.2365	-10.94			
21	1	0	0.00	-11.9203	-94.7787	-4.6629	0.0000	-11.6588	-95.0398	-3.21			
22	1	0	0.00	-12.5306	-91.1968	-1.0736	0.0000	-12.5160	-91.2114	-.78			
23	1	0	0.00	.2103	-4.7918	-4.7168	0.0000	7.0481	-7.6296	-31.03			

MANANTAL] EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1)	PRINCIPAL STRESSES S(2)	ANGLE (ALPHA)
24	1	0	0.00	-26.2210	-59.3042	-41.3977	0.0000	1.8176	-87.3429	-34.11
25	1	0	0.00	-14.0034	-111.3209	-12.0082	0.0000	-12.5436	-112.7807	-6.93
26	1	0	98.45	-17.9462	-97.0627	-1.0037	0.0000	-17.9335	-97.0754	-82.27
27	1	0	142.78	-13.8629	-94.2783	-3.4593	0.0000	-13.7143	-94.4269	-39.68
28	1	0	85.32	-16.2323	-91.9710	-.9866	0.0000	-16.2195	-91.9839	84.57
29	1	0	0.00	-14.9867	-91.0079	-.7919	0.0000	-14.9785	-91.0162	-.60
30	1	0	0.00	-27.3197	-180.0648	-36.7265	0.0000	-18.9479	-188.4365	-12.84
31	1	0	0.00	-14.9827	-100.2294	-13.3603	0.0000	-12.9379	-102.2742	-8.70
32	1	0	0.00	-10.7401	-92.7185	-4.7848	0.0000	-10.4618	-92.9968	-3.33
33	1	0	0.00	-10.4935	-87.5527	-1.1740	0.0000	-10.4756	-87.5706	-.87
34	1	0	0.00	-.5631	-134.7389	-1.3285	0.0000	-.5499	-134.7521	-.57
35	1	0	0.00	-17.9491	-122.3181	-13.3728	0.0000	-16.2629	-124.0043	-7.19
36	1	0	0.00	-23.2580	-96.3513	-5.7284	0.0000	-22.8118	-96.7976	-4.45
37	1	0	0.00	-24.7241	-87.9569	-1.1688	0.0000	-24.7025	-87.9785	-1.06
38	1	0	0.00	-1.3559	-131.3506	4.8993	0.0000	-1.1715	-131.5350	2.16
39	1	0	0.00	-6.9250	-114.6028	10.9124	0.0000	-5.8302	-115.6976	5.73
40	1	0	0.00	-18.1547	-94.6865	7.2964	0.0000	-17.4653	-95.3759	5.40
41	1	0	0.00	-25.3069	-81.5254	1.6974	0.0000	-25.2557	-81.5766	1.73
42	1	0	0.00	-.6418	-149.6578	9.3243	0.0000	-.0606	-150.2390	3.57
43	1	0	0.00	-3.2837	-120.0142	19.9580	0.0000	.0344	-123.3322	9.44
44	1	0	0.00	-8.4453	-91.9088	21.1779	0.0000	-3.3792	-96.9750	13.45
45	1	0	0.00	-13.9657	-67.7624	13.3032	0.0000	-10.8558	-70.8723	13.16
46	1	0	73.30	-15.3249	-55.7246	7.9513	0.0000	-13.8163	-57.2332	84.04
47	1	0	0.00	1.2368	-168.1449	5.1432	0.0000	1.3928	-168.3009	1.74
48	1	0	0.00	9.7947	-136.8412	14.7117	0.0000	11.2562	-138.3026	5.67

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1)	PRINCIPAL STRESSES S(2)	ANGLE (ALPHA)
49	1	0	0.00	17.5946	-98.6716	28.7055	0.0000	24.2956	-105.3726	13.14
50	1	0	0.00	12.5504	-56.9253	26.7250	0.0000	21.6411	-66.0161	18.79
51	1	0	0.00	15.8079	-28.1237	8.9373	0.0000	17.5565	-29.8723	11.07
52	1	0	148.50	4.5241	-162.4966	-7.9762	0.0000	4.9041	-162.8766	-34.23
53	1	0	143.84	15.6426	-150.4827	-6.5862	0.0000	15.9033	-150.7434	-38.43
54	1	0	137.86	30.0729	-133.1954	9.3199	0.0000	30.6032	-133.7257	-38.88
55	1	0	151.50	36.2615	-5.8534	23.8698	0.0000	47.0346	-16.6265	-4.20
56	1	0	131.82	45.4242	-8.1054	-8.2547	0.0000	46.6683	-9.3494	-56.75
57	1	0	108.89	2.4521	-174.6371	-.9368	0.0000	2.4571	-174.6421	-71.42
58	1	0	94.51	8.4051	-157.1315	-.4026	0.0000	8.4061	-157.1325	-85.63
59	1	0	79.56	18.9035	-133.9010	6.0125	0.0000	19.1397	-134.1373	81.81
60	1	0	65.90	35.7097	-83.5415	33.5187	0.0000	44.4852	-92.3170	80.57
61	1	0	111.54	100.3418	-71.7581	31.7254	0.0000	106.0038	-77.4202	-58.34
62	1	0	63.43	118.4745	-14.6678	13.9078	0.0000	119.9117	-16.1051	69.34
63	1	0	0.00	1.2315	-157.6268	-8.4660	0.0000	1.6814	-158.0767	-3.04
64	1	0	0.00	3.1414	-152.7586	-14.9631	0.0000	4.5645	-154.1817	-5.43
65	1	0	0.00	5.2423	-154.9933	-12.8246	0.0000	6.2622	-156.0132	-4.55
66	1	0	0.00	5.8147	-178.6059	-.8629	0.0000	5.8187	-178.6099	-.27
67	1	0	0.00	-.8173	-136.1575	-7.6784	0.0000	-.3831	-136.5917	-3.24
68	1	0	0.00	-2.3131	-148.2102	-14.9124	0.0000	-.8044	-149.7188	-5.78
69	1	0	0.00	-3.6429	-164.6987	-11.1127	0.0000	-2.8798	-165.4618	-3.93
70	1	0	0.00	-2.6922	-186.0382	-3.4132	0.0000	-2.6286	-186.1017	-1.07
71	1	0	0.00	-.2671	-116.7451	-6.0841	0.0000	.0498	-117.0621	-2.98
72	1	0	0.00	-1.1118	-143.2392	-12.9147	0.0000	.0522	-144.4032	-5.15
73	1	0	0.00	-.9187	-169.9891	-12.3815	0.0000	-.0168	-170.8910	-4.17

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL S(1)	PRINCIPAL S(2)	ANGLE (ALPHA)
74	1	0	0.00	.0952	-196.2512	-5.7363	0.0000	.2627	-196.4187	-1.67
75	1	0	0.00	.0432	-99.4915	-5.7256	0.0000	.3715	-99.8198	-3.28
76	1	0	0.00	.1421	-136.3495	-12.7212	0.0000	1.3176	-137.5251	-5.28
77	1	0	0.00	.1492	-172.7371	-12.8410	0.0000	1.0977	-173.6856	-4.22
78	1	0	0.00	-.0047	-208.7665	-5.8289	0.0000	.1579	-208.9291	-1.60
79	1	0	0.00	.0174	-82.3313	-6.0024	0.0000	.4526	-82.7665	-4.15
80	1	0	0.00	.2475	-129.3056	-12.8120	0.0000	1.5024	-130.5605	-5.59
81	1	0	0.00	.1476	-175.4909	-12.5843	0.0000	1.0447	-176.3880	-4.08
82	1	0	0.00	-.0514	-221.3368	-5.7179	0.0000	.0962	-221.4845	-1.48
83	1	0	0.00	-.4877	-65.3039	-5.3574	0.0000	-.0478	-65.7437	-4.69
84	1	0	0.00	-1.7784	-121.8767	-12.8812	0.0000	-.4123	-123.2428	-6.05
85	1	0	0.00	-.8273	-178.4836	-13.1516	0.0000	.1410	-179.4519	-4.21
86	1	0	0.00	.3198	-233.9205	-5.7264	0.0000	.4597	-234.0604	-1.40
87	1	0	0.00	-.7174	-51.7448	-3.1587	0.0000	-.5226	-51.9395	-3.53
88	1	0	0.00	-3.2723	-110.8681	-9.2207	0.0000	-2.4878	-111.6526	-4.86
89	1	0	0.00	-7.0498	-178.1956	-16.0779	0.0000	-5.5525	-179.6929	-5.32
90	1	0	0.00	-3.9889	-249.8961	-8.6593	0.0000	-3.6844	-250.2007	-2.01
91	1	0	0.00	1.0097	-41.0589	-2.8577	0.0000	1.2029	-41.2521	-3.87
92	1	0	0.00	3.7433	-104.2254	-6.9125	0.0000	4.1840	-104.6662	-3.65
93	1	0	0.00	4.0235	-164.1542	-7.6723	0.0000	4.3728	-164.5035	-2.61
94	1	0	0.00	1.5858	-272.3861	-19.6742	0.0000	2.9914	-273.7917	-4.09
95	1	0	0.00	3.3625	-30.7124	-7.0560	0.0000	4.7658	-32.1157	-11.25
96	1	0	0.00	11.7306	-97.8789	-15.3992	0.0000	13.8530	-100.0013	-7.85
97	1	0	0.00	29.0766	-170.4105	-12.9037	0.0000	29.9078	-171.2417	-3.69
98	1	0	0.00	55.3832	-199.0997	-27.3272	0.0000	58.2846	-202.0011	-6.06

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIF AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

PAGE 14  
 15/01/79

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL STRESSES S(1)	S(2)	ANGLE (A(PHA))
99	1	0	0.00	120.8301	-87.0362	-51.2057	0.0000	132.7594	-98.9656	-13.11
100	1	0	0.00	170.1075	8.1117	1.6735	0.0000	170.1247	8.0944	.59
101	1	0	0.00	175.0161	-.0796	.4750	0.0000	175.0174	-.0809	.16
102	1	0	0.00	-3.1693	-16.5431	-9.6534	0.0000	1.8870	-21.5994	-27.64
103	1	0	0.00	9.6033	-90.1642	-28.2104	0.0000	17.0276	-97.5886	-14.74
104	1	0	0.00	36.0060	-164.3408	-38.5810	0.0000	43.1788	-171.5136	-10.53
105	1	0	0.00	69.2053	-178.1300	-53.0688	0.0000	80.1109	-189.0357	-11.61
106	1	0	0.00	64.6967	-102.4162	-56.9003	0.0000	82.2309	-119.9504	-17.13
107	1	0	0.00	64.5131	-21.3458	-24.5781	0.0000	71.0510	-27.8837	-14.90
108	1	0	0.00	83.8411	1.7401	-1.8636	0.0000	83.8834	1.6979	-1.30
109	1	0	0.00	-5.4362	.0023	.3104	0.0000	.0200	-5.4538	86.74
110	1	0	0.00	-24.1731	-66.4170	-44.8383	0.0000	4.2691	-94.8592	-32.39
111	1	0	0.00	20.5214	-157.8076	-70.0601	0.0000	44.7533	-182.0395	-19.08
112	1	0	0.00	23.0672	-178.8087	-51.7858	0.0000	35.5763	-191.3178	-13.58
113	1	0	0.00	12.6435	-109.9445	-44.5100	0.0000	27.0997	-124.4007	-17.99
114	1	0	0.00	8.5161	-40.7205	-31.2741	0.0000	23.6988	-55.9033	-25.90
115	1	0	0.00	13.1028	-9.1041	-10.2742	0.0000	17.1270	-13.1283	-21.39
116	1	0	0.00	2.1409	-1.8418	3.3234	0.0000	4.0239	-3.7248	29.54
117	1	0	0.00	-9.9761	4.8668	-6.4580	0.0000	7.2832	-12.3925	-69.49
118	1	0	0.00	-88.8560	-156.6251	-100.8459	0.0000	-16.3542	-229.1269	-35.71
119	1	0	0.00	-52.8348	-201.0147	-52.9215	0.0000	-35.8753	-217.9742	-17.77
120	1	0	0.00	-40.7842	-116.3528	-41.2204	0.0000	-22.6509	-134.4861	-23.75
121	1	0	0.00	-32.3882	-54.0258	-34.6700	0.0000	-6.8882	-79.5258	-36.33
122	1	0	0.00	-29.8926	-25.7235	-12.3216	0.0000	-15.3113	-40.3047	-49.80
123	1	0	0.00	-57.8424	-262.6454	-73.0057	0.0000	-34.4827	-286.0052	-17.74

MANANTAL1 EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALEPIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

PAGE 15  
 15/01/79

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	OUTPUT POINT	ANGLE (BETA)	(X*)-AXIS DIRECT STRESS	(Y*)-AXIS DIRECT STRESS	(X*,Y*)-AXES SHEAR STRESS	(Z)-AXIS DIRECT STRESS	PRINCIPAL S(1)	PRINCIPAL S(2)	ANGLE (ALPHA)
124	1	0	0.00	-55.3587	-124.5523	-58.8184	0.0000	-21.7167	-158.1943	-29.77
125	1	0	0.00	-52.7522	-78.8927	-38.1648	0.0000	-25.4816	-106.1633	-35.55
126	1	0	0.00	-52.6766	-53.1096	-13.5342	0.0000	-39.3572	-66.4290	-44.54
127	1	0	0.00	-.4332	-169.6983	-14.4412	0.0000	.7901	-170.9215	-4.84
128	1	0	0.00	-30.5821	-147.7787	-44.4655	0.0000	-15.6213	-162.7395	-18.60
129	1	0	0.00	-44.2201	-104.6990	-31.9453	0.0000	-30.4718	-118.4473	-23.29
130	1	0	0.00	-50.0162	-87.4241	-11.3919	0.0000	-46.8201	-90.6202	-15.67
131	1	0	0.00	-2.5674	-135.6656	-5.8117	0.0000	-2.3141	-135.9188	-2.50
132	1	0	0.00	-8.2848	-132.5471	-13.3289	0.0000	-6.8711	-133.9607	-6.05
133	1	0	0.00	-21.9889	-121.4727	-15.9086	0.0000	-19.5068	-123.9547	-8.87
134	1	0	0.00	-29.0498	-110.3147	-6.2293	0.0000	-28.5751	-110.7894	-4.36
135	1	0	0.00	-.7133	-123.8847	-.9684	0.0000	-.7057	-123.8923	-.45
136	1	0	0.00	-4.2609	-124.7223	-3.5369	0.0000	-4.1571	-124.8261	-1.68
137	1	0	0.00	-8.0691	-122.1376	-3.8259	0.0000	-7.9409	-122.2657	-1.92
138	1	0	0.00	-11.7703	-119.6555	-1.9833	0.0000	-11.7339	-119.6919	-1.05
139	1	0	0.00	.0745	-120.0089	.2491	0.0000	.0750	-120.0095	.12
140	1	0	0.00	-.0724	-120.5850	.0009	0.0000	-.0724	-120.5850	.00
141	1	0	0.00	-.9327	-120.2733	-.4231	0.0000	-.9312	-120.2748	-.20
142	1	0	0.00	-1.5322	-119.9327	-.1723	0.0000	-1.5319	-119.9330	-.08

J O B S Y N O P S I S

MANANTALI EVACUATEUR DE CRUES SECTION AU DROIT DE LA GALERIE PARTIE AVAL  
 UNITES : TONNES, METRES

MAXIMUM GLOBAL DISPLACEMENTS -

NODE NO.	L C	MAX/MIN DELTA-X	NODE NO.	L C	MAX/MIN DELTA-Y	NODE NO.	L C	MAX/MIN DELTA-Z	NODE NO.	L C	MAX/MIN THETA-X	NODE NO.	L C	MAX/MIN THETA-Y	NODE NO.	L C	MAX/MIN THETA-Z
34	1	.2240E-03	6	1	-.1466E-02	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.
94	1	-.4381E-03	169	1	-.9048E-02	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.

MAXIMUM GLOBAL REACTIONS -

NODE NO.	L C	MAX/MIN X-FORCE	NODE NO.	L C	MAX/MIN Y-FORCE	NODE NO.	L C	MAX/MIN Z-FORCE	NODE NO.	L C	MAX/MIN X-MOMENT	NODE NO.	L C	MAX/MIN Y-MOMENT	NODE NO.	L C	MAX/MIN Z-MOMENT
16	1	.6872E+02	4	1	.2047E+03	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.
10	1	-.5688E+02	1	1	.1018E+03	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.	0	0	0.

MAXIMUM LOCAL MEMBRANE CENTROIDAL STRESSES -

MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN X-STRESS	MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN Y-STRESS	MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN XY-SHEAR	MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN Z-STRESS	MEMBRANE NO.	L C	MAX/MIN PRINCIPAL
101	1	.1750E+03	62	1	.1030E+03	62	1	.4491E+02	0	0	0.	101	1	.1750E+03
57	1	-.1567E+03	94	1	-.2724E+03	118	1	-.1008E+03	0	0	0.	123	1	-.2860E+03

#### 4. CONTRAINTES AU PIED AMONT

##### 4.1. Objet du calcul

Les calculs détaillés au chapitre 2 ont fait apparaître une zone de traction au pied amont du contrefort, sous et à l'amont de la galerie de drainage.

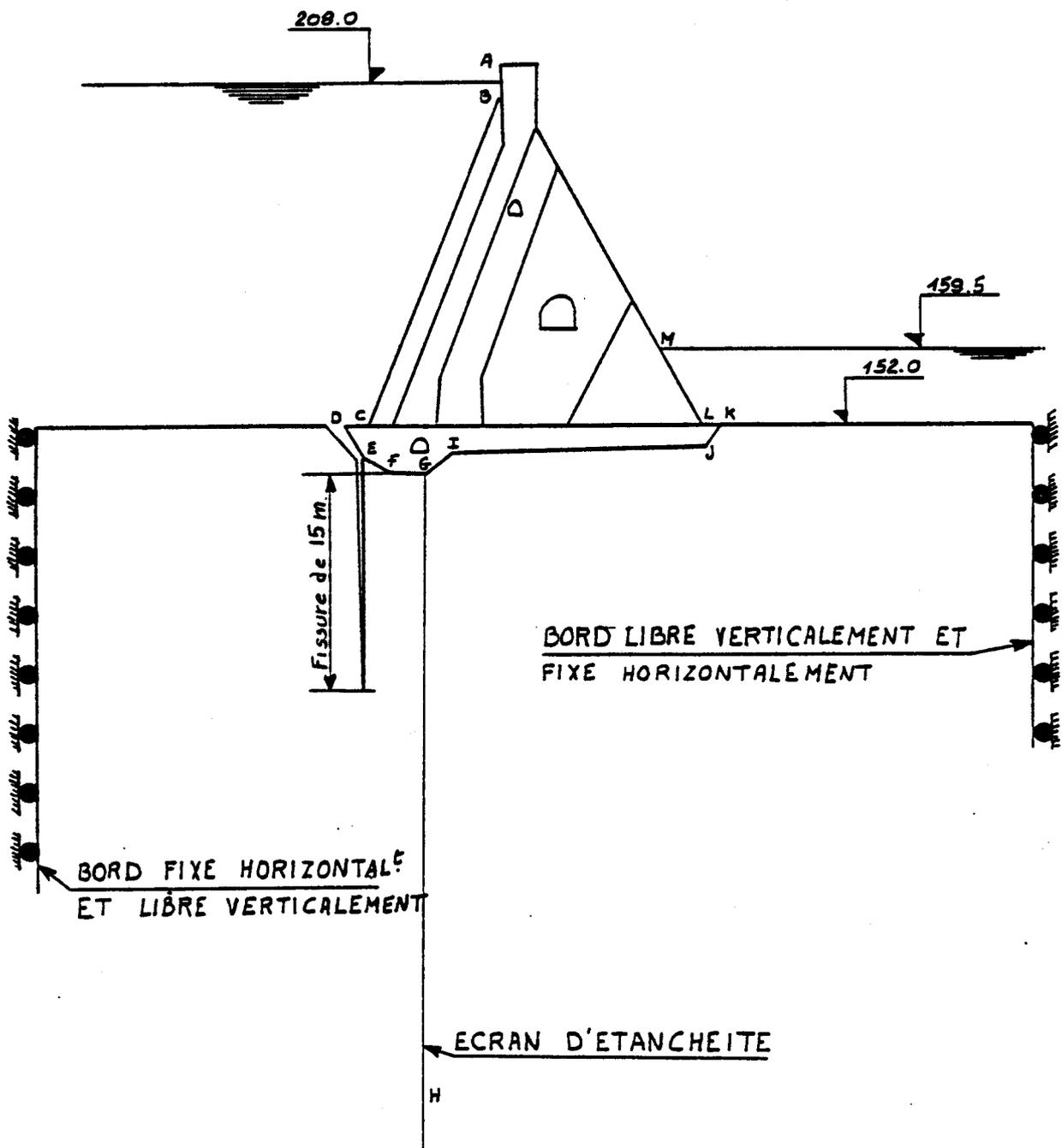
Ce résultat n'était pas inattendu, car il est couramment observé, aussi bien sur modèles mathématiques que par des mesures sur ouvrages existants. Il est bien connu également que cette zone de traction se prolonge dans la fondation et qu'elle donne souvent lieu à la création d'une fissure subverticale dans le terrain au droit de l'extrémité amont de l'ouvrage. On a donc effectué un nouveau calcul en modélisant plus finement cette zone et en simulant une fissure verticale dans la fondation jusqu'à une profondeur de 15 m sous celle-ci.

##### 4.2. Modélisation et charges (voir schémas 222.22 et 23)

Le problème se présente donc comme indiqué au schéma à la page suivante.

Un seul cas de charge est examiné : poids propre + vagues + effort hydrostatique niv. 208 sur la ligne ABCDEFG + effort hydrostatique niv. 159,5 sur la ligne JKLM + sous pression aval sur la ligne HGIJ + sous pression amont sur la ligne GH.

Ce cas correspond au cas 3 du calcul du chapitre 2.



#### 4.3. Analyse des résultats (voir schémas 222.24/25/26/27/28)

##### 4.3.1. Tête amont de la semelle de fondation

Indépendamment de la présence de la galerie de pied, on constate des tractions non négligeables dues à :

- la flexion d'ensemble de la semelle,
- le cisaillement de la tête dû à son renflement vers le bas.

Ces tensions vont jusqu'à 104 t/m<sup>2</sup>.

Autour de la galerie elle-même on trouve des tractions qui ne dépassent cependant pas 30 t/m<sup>2</sup>.

##### 4.3.2. Effets de la fissuration du terrain sur les contraintes dans l'ensemble du contrefort

Par comparaison avec le calcul du chap. 2, on observe les influences suivantes :

###### 4.3.2.1. Tractions (schéma 222.26)

La coupure verticale effectuée dans la fondation empêche le transfert vers l'amont d'une partie des efforts verticaux et horizontaux venant du contrefort.

Il en résulte que les tensions principales de compressions se dirigent plus vers l'aval sous le niveau 160.

La carte des tensions principales et celle des tractions se rapprochent dès lors de celle qu'on a obtenu sans fissure dans la fondation, mais avec séisme dirigé d'amont vers l'aval.

###### 4.3.2.2. Compressions (schéma 222.27)

Autour de la galerie au niveau 164, les compressions n'ont pratiquement pas varié (+ 15 %). Par contre, dans la semelle et la partie aval du voile, on note des accroissements notables de compression : jusqu'à 27 % dans le bec aval de l'épaississement du voile et jusqu'à 45 % à l'extrémité aval de la semelle de fondation.

Les déformations (schéma 222.24), tensions principales (222.25) et cisaillements maxima (222.28) sont également annexés et confirment les observations faites ci-avant.

BIBLIOGRAPHIE (LIVRES)

"LA METHODE DES ELEMENTS FINIS" - O.C. ZIENKIEWICZ

(EDISCIENCE - MCGRAW HILL - 1973).

"TREATISE ON DAMS" - U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR -

BUREAU OF RECLAMATION - 1955

"DESIGN OF SMALL DAMS"- même référence - 1977

"DESIGN OF GRAVITY DAMS"- " " - 1976

BIBLIOGRAPHIE (ARTICLES)

- Proceedings of the International Symposium held at Swansea (U.K.) (Sept.1975).
- "Concrete Dams Problems : an outline of the role, potential and limitations of numerical Analysis" (BONALDI - DI MONACO - FANELLI - GIUSEPPEZZI - RICCIONI)
  - "A critical examination of some design and analysis assumption for concrete dams" (GROBBELAAR - CROUCAMP).
  - "Finite element analysis of concrete dams - Design possibilities and problems" (PANDE - STAGG).
  - "Criteria and assumptions in the conventional design of galleries and other openings in gravity dams" (PANT - KOTH - PATIL).
  - "Finite element methods in analysis and design of dams" (CLOUGH-ZIENCKIEWICZ)
  - "An examination of standard earthquake design forces for concrete gravity dams" (CHOPRA).
  - "Hydrodynamic pressures on dams" (PRATER - WIELAND).
  - "Safety analysis of concrete dams under earthquake" (SHIEH - YEH)
  - "Pore pressure, uplift and failure analysis of concrete dams" (BAZANT)
  - "Analysis of the stresses due to interstitial water in gravity dams and in their rock foundation" (DEHOUSSE - DIAB)
  - "Mutual influence of water flow and state of stress in the analysis of dam foundation" (MANFREDINI - MARTINETTI - RIBACCHI)
  - "Considerations upon the dam-rock interface stresses in buttress dams" (PRISCU - CONSTANTINESCU - COMSA)
  - "Geometrical and material behaviour assumptions for numerical analysis of concrete dams" (HOLAND)
  - "Gravity dam analysis : the effect of valley width" (CAMPBELL - ZIENCKIEWICZ)
  - "Shape optimisation of concrete dams" (RICKETTS - ZIENCKIEWICZ)

A N N E X E

DESCRIPTION DE LA METHODE DE CALCUL PAR ELEMENTS FINIS UTILISEE

Les problèmes réels de stabilité des constructions et de résistance des matériaux mènent à des équations et des conditions aux limites fort complexes qui ne sont intégrables que dans des cas académiques excessivement simples.

La méthode des éléments finis permet de résoudre numériquement des problèmes compliqués ou hautement hyperstatiques, en tenant compte d'un maximum de conditions réelles imposées aux structures.

Le principe essentiel de la méthode consiste à chercher une fonction inconnue (les déplacements des points de la structure "Méthode des Déplacements" cf. "La Méthode des Eléments finis" d'O.C. ZIENCKIEWICZ - ou les contraintes en divers points de la structure "Méthode des forces" cf. "Theory of Matrix structural Analysis" de J.S. Przemieniecki) sous forme de développements polynomiaux de degré faible - donc facilement manipulables sur machine - mais dont l'interpolation n'est valable que dans des régions très restreintes, appelées "éléments finis", et pour autant que l'on admette que le comportement du matériau soit élastique, et ses déformations très petites par rapport aux dimensions de la structure.

La structure étant divisée arbitrairement - mais habilement - en un certain nombre "m" d'éléments finis adjacents, on suppose ces derniers uniquement connectés par leurs sommets, appelés "noeuds".

Le système des charges extérieures est supposé appliqué uniquement aux noeuds de la structure. Les forces réparties (pressions, forces massiques) éventuelles doivent donc au préalable faire l'objet d'une réduction statiquement équivalente.

Cette méthode est aussi bien valable dans l'espace qu'en plan. Pour expliciter cette méthode, supposons un problème plan; la structure a été divisée en m éléments, épinglés entre eux par n noeuds.

Soit, le vecteur des inconnues - par définition des déplacements :

$$\begin{array}{l}
 u = \left[ \begin{array}{l} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ \vdots \\ u_{2n-1} \\ u_{2n} \end{array} \right] \begin{array}{l} = \text{déplacement horizontal du noeud 1} \\ = \text{" vertical du noeud 1} \\ = \text{" horizontal du noeud 2} \\ = \text{" vertical du noeud 2} \\ \vdots \\ = \text{" horizontal du noeud n} \\ = \text{" vertical du noeud n} \end{array} \quad (I)
 \end{array}$$

Soit, le vecteur connu des forces extérieures appliquées à la structure :

$$\begin{array}{l}
 R = \left[ \begin{array}{l} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ \vdots \\ R_{2n} \end{array} \right] \begin{array}{l} = \text{force horizontale appliquée au noeud 1} \\ = \text{force verticale appliquée au noeud 1} \\ = \text{force horizontale appliquée au noeud 2} \\ \vdots \\ = \text{force verticale appliquée au noeud n} \end{array} \quad (II)
 \end{array}$$

Il est évident qu'un certain nombre des composantes  $R_i$  peuvent être nulles. Si elles sont toutes nulles, c'est que la structure ne subit aucun effort extérieur; sa déformation sera donc nulle et tous les  $u_i$  seront nuls.

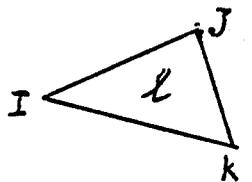
Dans le cadre linéaire de chaque élément fini (on dit aussi parfois "élément discret"), on forme la matrice de rigidité - dite "élémentaire" - de chaque élément, c'est-à-dire la matrice qui relie les forces appliquées aux noeuds de cet élément aux déplacements de ces mêmes noeuds.

Pour ce faire, on supposera qu'il est possible d'approcher les déplacements à l'intérieur de l'élément "1" par un développement linéaire de la forme suivante :

$$\begin{array}{l}
 u_x(x, y) = a_x \cdot x + b_x \cdot y + c_x \\
 u_y(x, y) = a_y \cdot x + b_y \cdot y + c_y
 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} u_x \\ u_y \end{array}} \right\} \quad (III)$$

Ceci peut être tenu pour exact dans un petit domaine de la structure. Si on voulait faire usage de plus grands éléments, on devrait utiliser une fonction plus complexe (quadratique, cubique, quartique, ...) - mais ZIENCKIEWICZ a montré qu'à temps de résolution égaux (et même coûts) un grand nombre de petits éléments à comportement "linéaire" donnaient des résultats aussi précis qu'un petit nombre d'éléments ultra-sophistiqués. En réalité, toute l'efficacité de la méthode réside dans le "doigté" de la discrétisation de la structure.

Pour notre exemple, supposons un élément triangulaire "1" dont les trois sommets sont les noeuds i, j et k. En ces sommets, on aura donc les six relations suivantes :



$$\begin{cases} \mu_{xi} = a_x \cdot x_i + b_x \cdot y_i + c_x \\ \mu_{yi} = a_y \cdot x_i + b_y \cdot y_i + c_y \\ \vdots \\ \mu_{yk} = a_y \cdot x_k + b_y \cdot y_k + c_y \end{cases} \quad (IV)$$

soit :

$$\begin{bmatrix} \mu_{xi} \\ \mu_{yi} \\ \mu_{xj} \\ \vdots \\ \mu_{yk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i & y_i & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_i & y_i & 1 \\ x_j & y_j & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_j & y_j & 1 \\ x_k & y_k & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_k & y_k & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_x \\ b_x \\ c_x \\ a_y \\ b_y \\ c_y \end{bmatrix} \quad (V)$$

soit  $u = \lambda \cdot \alpha$  (VI)

donc  $\alpha = \lambda^{-1} \cdot u$  (VII)

De ce champ de déplacements linéaires dans l'élément 1, on déduit le champ des déformations  $\epsilon$  :

$$\epsilon = \begin{bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mu_x}{\partial x} \\ \frac{\partial \mu_y}{\partial y} \\ \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial \mu_x}{\partial y} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial \mu_y}{\partial x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_x \\ b_y \\ \frac{b_x + a_y}{2} \end{bmatrix} \quad (VIII)$$

En injectant VII dans VIII, on exprime  $\epsilon$  en fonction de  $u$ , et si on appelle  $\beta$  la matrice résultant de la transformation,  $\epsilon = \beta \cdot \mu$  (IX)

Dans le cadre de l'élasticité linéaire classique où nous nous sommes placés, la relation entre les contraintes  $\sigma$  et les déformations  $\epsilon$  est la loi de Hooke, et on aura  $\sigma = C \cdot \epsilon$  (X)

$C$  est fonction du module de Young ( $E$ ) et du coefficient de Poisson ( $\nu$ ). Les formules de l'élasticité plane permettent d'établir aisément  $C$  pour chaque cas.

Par exemple, en contraintes planes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_x = \sigma_x/E - \nu \cdot \sigma_y/E \\ \epsilon_y = -\nu \cdot \sigma_x/E + \sigma_y/E \\ \epsilon_{xy} = 2 \cdot (1+\nu) \sigma_{xy} / E \end{array} \right.$$

D'où, en inversant,  $C = \begin{pmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{pmatrix} \cdot \frac{E}{1-\nu^2}$

N.B. : on utilise parfois aussi les notations :

$$\begin{aligned} \gamma_{xy} &= \epsilon_{xy} \\ \tau_{xy} &= \sigma_{xy} \end{aligned}$$

Ici apparaît un des traits les plus intéressants de la méthode : chaque élément peut être affecté d'un module d'Young, d'un coefficient de Poisson et d'une épaisseur différents.

Aucune théorie d'intégration par calcul manuel ne pourrait aller si loin dans l'approche d'un problème réel.

X et IX donnent  $\sigma = C \cdot \beta \cdot \mu$  (XI)

Par ces contraintes, il devient possible de se relier aux forces extérieures R.

Les déplacements u étant linéaires dans chaque élément,  $\varepsilon$  et  $\overline{\sigma}_y$  sont constants, puisque dérivants linéairement de u (voir VIII).

La matrice de rigidité de l'élément est alors obtenue en exprimant que l'élément  $\ell$  est en équilibre sous l'effet des tensions agissant sur ses faces ij, jk, ki, et de redistribuer l'effet de celles-ci aux noeuds i, j, k.

On obtient ainsi six forces ( $P_{xi}, P_{yi}, \dots, P_{yk}$ ) s'exprimant en fonction des contraintes  $\overline{\sigma}$  à l'aide d'une matrice  $\mathcal{D}$  calculée par cette redistribution des contraintes :

$$\mathcal{P} = \begin{bmatrix} P_{xi} \\ P_{yi} \\ \vdots \\ P_{yk} \end{bmatrix} = \mathcal{D} \cdot \overline{\sigma} \quad (\text{XII})$$

ou

$$\mathcal{P} = \mathcal{D} \cdot \mathcal{E} \cdot \mathcal{B} \cdot u$$

ou, en posant

$$\mathcal{K} = \mathcal{D} \cdot \mathcal{E} \cdot \mathcal{B} ,$$

$$\mathcal{P} = \mathcal{K} \cdot u \quad (\text{XIII})$$

où  $\mathcal{K}$  est la matrice de rigidité de l'élément l, de sommets i, j, k.

Cette matrice  $\mathcal{K}$  exprime les forces qu'il faut appliquer aux sommets de l'élément l pour qu'il soit en équilibre sous l'action des forces élastiques qui se développent au sein du matériau de l'élément lorsqu'on lui fait subir un champ de déplacements u.

Chaque matrice de rigidité ayant été calculée pour tous les éléments, on examine alors chaque noeud en particulier, et on exprime son équilibre horizontal et vertical :

- sous l'action des forces extérieures appliquées à ce noeud (éventuellement nulles)
- sous l'action des forces élastiques  $P_x$  (horizontales) et  $P_y$  (verticales) développées dans chaque élément qui admet ce noeud pour sommet. Ceci constitue un fastidieux exercice de recherche d'éléments, mais qui n'est que jeu d'enfant pour les machines électroniques actuelles.

Chaque  $P_x$ , dans chaque matrice de rigidité, est exprimé en fonction des déformations des 3 noeuds qui constituent le triangle élémentaire; il en va de même pour chaque  $P_y$ .

Dans une grande matrice carrée nulle de dimension  $2n \times 2n$ , il suffit d'ajouter à l'emplacement ad hoc, et en passant les  $n$  éléments et les deux directions en revue, le terme de la matrice  $\mathcal{K}$  de l'élément considéré qui représente l'influence d'un noeud sur l'autre.

Après cette revue, la matrice carrée ainsi obtenue est dite "Matrice de Raideur" de la structure ou  $\mathcal{M}$

On a donc alors l'expression d'équilibre général interne de la structure exprimé par :

$$\begin{pmatrix} \Sigma P_{x1} \\ \Sigma P_{y1} \\ \Sigma P_{x2} \\ \Sigma P_{y2} \\ \Sigma P_{x3} \\ \{ \\ \Sigma P_{xn} \\ \Sigma P_{yn} \end{pmatrix} = \mathcal{M} \cdot \begin{pmatrix} u_{x1} \\ u_{y1} \\ u_{x2} \\ u_{y2} \\ u_{x3} \\ \\ u_{xn} \\ u_{yn} \end{pmatrix} \quad (\text{XIV})$$

ou  $\Sigma = \mathcal{M} \cdot \mathcal{U}$

La relation XIV exprime en clair que si la structure est soumise à un champ de déplacement inconnu  $u$ , la relation entre les forces nodales  $\Sigma P_{xi}$  ou  $\Sigma P_{yi}$  et  $u$  par l'intermédiaire de  $\mathcal{M}$  exprime l'équilibre de chaque noeud, donc que  $\Sigma P_{xi} = 0$ ,  $\Sigma P_{yi} = 0$  en un noeud où aucune force extérieure n'est appliquée (les triangles ayant un sommet commun fournissent sur ce sommet des  $P_{xi}$  et des  $P_{yi}$  s'annulant en somme).

En revanche, là où existe une force extérieure, on aura  $\Sigma P_{xi} = R_{xi}$  et  $\Sigma P_{yi} = R_{yi}$ .

Dans la relation XIV,  $\Sigma$  est donc le  $R_0$  de la relation II;  $M_6$  a été définie et construite élément par élément. Reste  $U_6$ . Dans le champ des déplacements, certains sont connus : appuis, frontières, déplacements imposés, ... A ce stade de l'étude, on peut imposer ces valeurs dans  $U_6$  en trafiquant la ligne de  $M_6$  correspondante au déplacement connu (grands multiplicateurs, annulations de coefficients de la ligne, ...) par l'un ou l'autre artifice; on détient enfin une relation XIV dont seul le vecteur  $U_6$  est inconnu.

Il ne reste plus qu'à inverser  $M_6$ , et on obtient :

$$U_6 = M_6^{-1} \cdot \Sigma = M_6^{-1} \cdot R_0$$

Les déplacements de chaque noeud de la structure sont donc enfin connus.

Enfin, pour connaître les contraintes, il ne reste plus qu'à repasser à  $\sigma$  à l'aide de la relation XI.

Les grandes phases d'une étude par éléments finis sont donc :

- 1) la détermination des données (géométrie, épaisseurs,  $E$ ,  $\nu$ , conditions d'appui, efforts extérieurs, ...)
- 2) la discrétisation de la structure, avec affinage aux endroits de concentration supposée des contraintes
- 3) la mise en données, laquelle peut se révéler fastidieuse si on ne possède pas de pré-processeur
- 4) la vérification des données, où la table traçante est très utile
- 5) la saisie par le computer de ces données, la détermination des matrices de rigidité élémentaires et de raideur générale, l'inversion de celle-ci, la détermination des déplacements et des contraintes
- 6) le dépouillement des résultats, grandement facilité par la table traçante.

Pour cette étude, on a utilisé le SAP IV de BATHE - WILSON - PETERSON (University of California) comme noyau, muni d'un pré-processeur mis au point à TRACTIONEL pour la génération et la visualisation des données, et d'un post-processeur pour le dépouillement des résultats et leur dessin à la table traçante, aussi élaboré par TRACTIONEL.



## PREAMBULE

La deuxième phase des études du projet de barrage à MANANTALI a consisté essentiellement en l'établissement du projet définitif du barrage et la définition complète des ouvrages en vue de la rédaction des documents d'appel d'offres.

Ces études ont été réparties en neuf missions différentes ayant fait l'objet de rapports individuels édités en version provisoire au début de l'année 1979 :

- Mission A.2.1 : Reconnaissances complémentaires
  - Volume 1 : Topographie - Hydrométrie - Analyses d'eau
  - Volume 2 : Géologie et géotechnique
  - Volume 3 : Ciments, agrégats et bétons.
  
- Mission A.2.2 : Modèles physique et mathématique
  - Volume 1 : Modèle réduit hydraulique
  - Volume 2 : Modèle mathématique.
  
- Mission A.2.3 : Projet définitif des ouvrages de génie civil
  - Volume 1 : Mémoire descriptif
  - Volume 2 : Plans et figures
  - Volume 3 : Notes de calcul (en édition restreinte).
  
- Mission A.2.4 : Projet définitif des équipements du barrage
  
- Mission A.2.5 : Cahier des prescriptions spéciales du génie civil
  - Volume 1 : Cahier des prescriptions administratives
  - Volume 2 : Cahier des prescriptions techniques
  - (Lors de l'édition définitive, les prescriptions spéciales du génie civil sont incorporées au dossier d'appel d'offres).

- Mission A.2.6 : Cahier des prescriptions techniques et administratives pour les équipements du barrage.  
(Lors de l'édition définitive, ces prescriptions sont incorporées au dossier d'appel d'offres).
- Mission A.2.7 : Gestion de l'ouvrage.
- Mission A.2.8 : Organisation des travaux.
- Mission A.2.9 : Dossier d'appel d'offres.

Le présent document constitue le rapport final de la Mission A.2.2 :  
Modèles physique et mathématique - Volume 1 : Modèle réduit hydraulique.

RESUME DES ESSAIS SUR MODELE

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude du projet définitif du barrage de MANANTALI, des essais sur modèle réduit ont été entrepris afin de vérifier le fonctionnement correct des ouvrages proposés et de les modifier éventuellement à la lumière des essais, de manière à obtenir les formes optimales.

En accord avec l'O.M.V.S., le Groupement MANANTALI a confié ces études au Laboratoire de Constructions Fluviales Théodor REHBOCK de l'Université de Karlsruhe.

## 2. BUTS ET REALISATION DES MODELES

Afin de mieux cerner les problèmes à étudier, deux modèles réduits différents ont été réalisés :

- un modèle réduit tridimensionnel à l'échelle 1/100 sur lequel ont été étudiés et vérifiés l'implantation générale des ouvrages, l'évacuation correcte des crues et leurs conditions d'écoulement, ainsi que le fonctionnement du bassin d'amortissement,
- un modèle réduit bidimensionnel à l'échelle 1/40 sur lequel ont été étudiées les conditions d'écoulement sur l'évacuateur de surface et dans les vidanges de fond, et les répartitions de pression le long des ouvrages.

## 3. RESUME DES ESSAIS

### 3.1. Evacuateur de surface

Les conditions d'écoulement à l'entrée du déversoir sont satisfaisantes et ne nécessitent pas un remodelage des têtes de piles.

La capacité d'évacuation d'une passe a été vérifiée sur les deux modèles qui fournissent des résultats parfaitement concordants et le débit maximum observé, pour un niveau amont égal à 211,05 m, diffère très peu des valeurs avancées par le Groupement.

Les pressions mesurées le long du coursier laissent apparaître à certains endroits une légère dépression mais dont la faible valeur (0,1 bar) est tout à fait acceptable et sans aucun danger.

### 3.2. Vidanges de fond

Les conditions d'écoulement à l'amont et à l'entrée des pertuis de vidange de fond ont été soigneusement examinées. Les études menées ont abouti à l'ajustement des parois entourant les tulipes d'entrée et à une adaptation du niveau de la plate-forme située en amont des vidanges.

La nouvelle forme de l'approche des pertuis minimise les risques de vortex et améliore les conditions d'écoulement à l'amont.

La capacité d'évacuation des vidanges de fond a été mesurée et trouvée conforme aux valeurs avancées par le Groupement.

Toutefois, pour garantir ces débits, il faut veiller à ce qu'aucune perturbation n'apparaisse dans l'écoulement au travers des pertuis, et il faut notamment éviter tout jet d'eau parasite au travers du puits de manoeuvre de la vanne de garde.

La face inférieure des appuis de vanne-segment a été légèrement remontée de manière à ne pas gêner l'écoulement lorsque les vannes sont complètement ouvertes.

Quelle que soit l'ouverture des vannes, aucune dépression n'a été observée tout au long des pertuis.

Pour éliminer les inconvénients qui pouvaient résulter de l'action de la lame d'eau déversée par les évacuateurs de surface sur les orifices des vidanges, des murs défecteurs ont été prévus et adaptés de manière à obtenir les résultats optimum et minimiser les dépressions apparues au niveau de l'arête de sortie des vidanges de fond sur le parement aval.

### 3.3. Bassin d'amortissement

L'utilisation de dents de REHBOCK ayant l'avantage de limiter les excavations du bassin d'amortissement produisait une bonne dissipation de l'énergie mais engendrait des dépressions sur les faces latérales et à l'aval des dents. Aussi a-t-il été jugé préférable de les supprimer, ce qui a entraîné un approfondissement du bassin jusqu'à une cote suffisante (145 m IGN) pour un fonctionnement correct en toutes circonstances. Il en a résulté également un allongement de 26 mètres du bassin.

Un grand nombre de cas d'exploitation possibles ont été envisagés et ils ont abouti à la définition de consignes précises quant aux combinaisons d'ouvertures des vannes de surface et de fond.

En effet, certaines d'entre elles doivent être évitées car elles engendrent des tourbillons importants dans le bassin d'amortissement.

## 4. APPLICATION DES RESULTATS DES ESSAIS AU PROJET DEFINITIF

On trouvera ci-après, point par point, les suites réservées aux remarques formulées par le laboratoire lors des essais.

### 4.1. Jonction entre les piles et le déversoir (page 13)

Il n'est pas possible d'adopter un profil des piles centrales similaire à celui des piles de rive en raison de la présence des dispositifs de levage des vannes de garde. Il faut toutefois remarquer que cette disposition des ouvrages n'est pas préjudiciable au bon écoulement au-dessus des seuils.

### 4.2. Influence du puits de la vanne de garde (page 16)

Lors des premiers essais, la vanne de garde n'était pas en place et un certain débit parasite venait perturber l'écoulement dans les pertuis de vidanges de fond. Il est toutefois précisé dans les spécifications techniques relatives aux équipements que le Constructeur des vannes de garde devra veiller tout spécialement à ce qu'aucune perturbation induite par le puits de la vanne n'apparaisse dans l'écoulement au travers des vidanges de fond.

4.3. Écoulement à l'entrée et dans les vidanges de fond (pages 17 et 18)

La plate-forme à l'amont des vidanges a été adaptée conformément aux résultats des essais et arasée à la cote 148 m sur une distance de 25 m, avant de rejoindre le lit moyen de la rivière à la cote 153 m.

Les parois entourant les tulipes d'entrée ont été modifiées conformément aux essais.

Des précautions seront prises pour éviter les écoulements parasites au travers des puits des vannes de garde et l'appui des vannes-segments a été rehaussé jusqu'à la cote 160,7 afin de ne pas gêner l'écoulement lorsque celles-ci sont levées au maximum.

4.4. Forme de la sortie des vidanges de fond (page 21)

Les déflecteurs testés et mis au point lors des essais formeront la protection des orifices de sortie des vidanges.

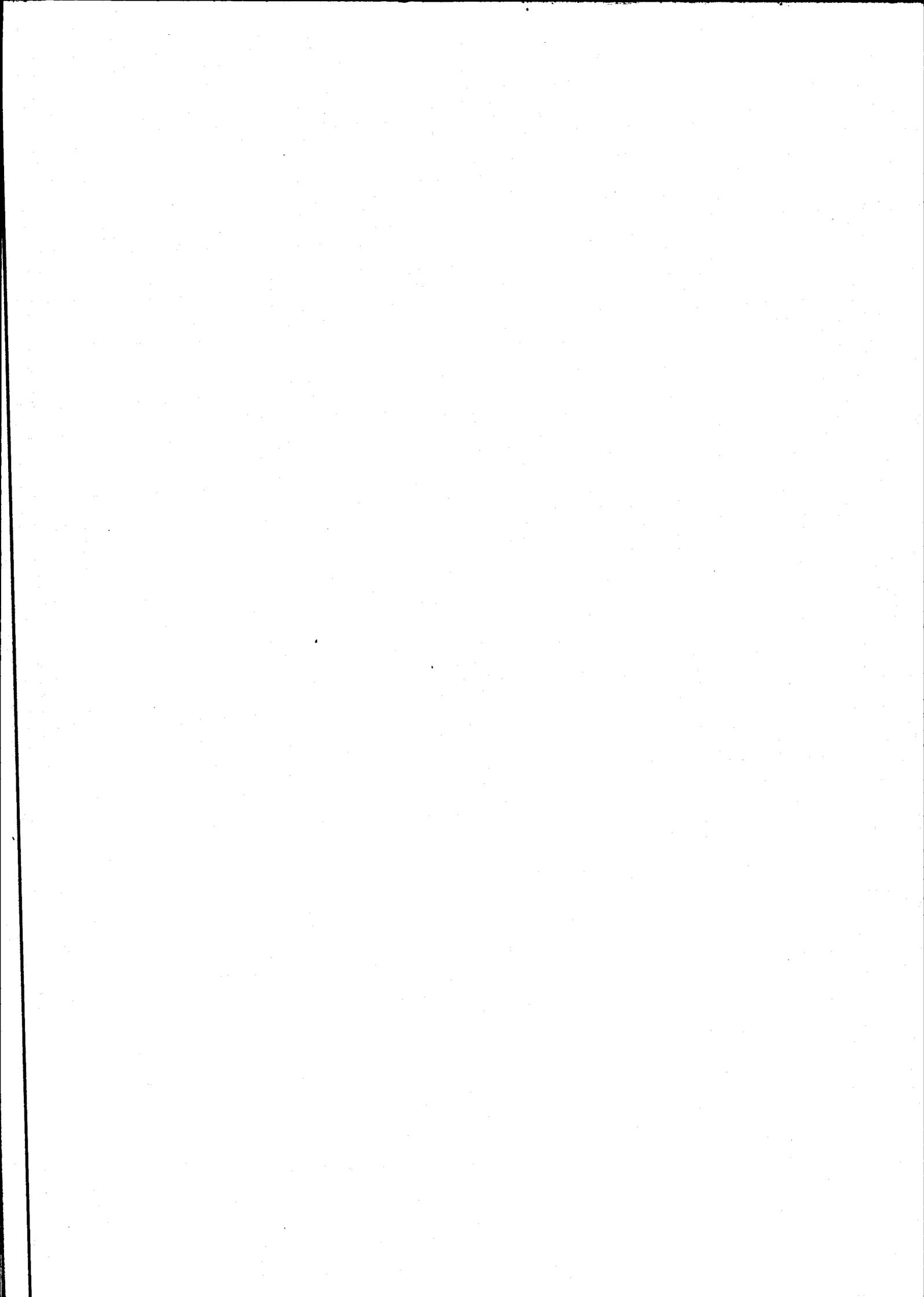
4.5. Bassin d'amortissement (page 26)

Après la suppression des dents de REHBOCK, le bassin s'est trouvé approfondi jusqu'à la cote 145 m et sa longueur a été portée à 80 m environ. Les murs latéraux ont été surmontés d'un léger surplomb incliné de manière à rejeter dans le bassin les vagues se produisant lors de l'évacuation d'un débit de 5.100 m<sup>3</sup>/s correspondant à la crue millénaire.

5. CONCLUSION

Les essais réalisés conjointement sur les deux modèles ont mis en lumière un certain nombre d'améliorations à apporter aux ouvrages tels qu'ils avaient été proposés par le Groupement.

Toutes les remarques formulées ont été prises en compte et l'on peut garantir un fonctionnement correct de l'aménagement.



*Groupement Manantali*

*Barrage de Manantali*

*Essais sur modèles réduits*

*Laboratoire de constructions fluviales Theodor Rehbock  
Université de Karlsruhe*

*Karlsruhe, République fédérale d'Allemagne  
Janvier 1979*

## Sommaire

	pages
1. Introduction	1
1.1 Aperçu général	1
1.2 Description sommaire du projet	3
1.3 But des essais	3
2. Construction des modèles	5
2.1 Elaboration des plans	5
2.2 Documentation	10
3. Méthodes de mesures	11
4. Essais sur modèle bidimensionnel	13
4.1 Evacuateur de surface	13
4.1.1 Conditions d'écoulement à l'entrée du déversoir	13
4.1.2 Capacités d'évacuation	14
4.1.3 Répartition des pressions sur le radier du déversoir	14
4.2 Vidanges de demi-fond	16
4.2.1 Conditions d'écoulement à l'entrée	16
4.2.2 Capacités d'évacuation	19
4.2.3 Influence des appuis de vannes segments	20
4.2.4 Répartition des pressions sur le radier des vidanges	20
4.2.5 Forme de la sortie des vidanges	21
4.3 Dimensionnement du bassin d'amortissement	24
5. Essais sur modèle tridimensionnel	29
5.1 Evacuateur de surface	29
5.1.1 Conditions d'écoulement à l'entrée du déversoir	29
5.1.2 Capacités d'évacuation	29
5.2 Vidanges de demi-fond	31
5.2.1 Conditions d'écoulement	31
5.2.2 Capacités d'évacuation	31
5.3 Bassin d'amortissement	32
6. Prescriptions et recommandations d'exploitation	34

## Figures

- Figure 1: Localisation du site du barrage de Manantali
- Figure 2: Modèle tridimensionnel
- Figure 3: Vues générales du modèle tridimensionnel
- Figure 4: Modèle bidimensionnel
- Figure 5: Vues générales du modèle bidimensionnel
- Figure 6: Appareils de mesures
- Figure 7: Forme proposée pour les piles médianes
- Figure 8: Formation de vortex avec entraînement d'air
- Figure 9: Dent de Rehbock avec prises de pression
- Figure 10: Diagramme de fréquence des types de dissipateur d'énergie
- Figure 11: Fonctionnement du bassin d'amortissement initial sans les dents
- Figure 12: Lignes d'écoulement à l'entrée du déversoir

## Annexes

- Annexe 1: Phases de construction et d'opération (modèle tridimensionnel)
- Annexe 2: Phases de construction et d'opération (modèle bidimensionnel)
- Annexe 3: Capacités d'évacuation du déversoir en fonction du niveau de la retenue et des levées de vanne
- Annexe 4: Répartition des pressions sur le radier du déversoir
- Annexe 5: Conditions d'écoulement à l'entrée d'une vidange de demi-fond
- Annexe 6: Détermination de la longueur optimale de l'excavation de la plate-forme à l'amont des vidanges de demi-fond
- Annexe 7: Vitesses de l'écoulement à l'entrée d'une vidange de demi-fond
- Annexe 8: Forme proposée pour l'entrée d'une vidange de demi-fond
- Annexe 9: Capacités d'évacuation d'une vidange de demi-fond en fonction du niveau de la retenue et des levées de vannes.
- Annexe 10: Exemples d'interpolation pour la capacité d'évacuation d'une vidange de demi-fond
- Annexe 11: Influences du puits de la vanne de garde et de la nature de l'écoulement sur la capacité d'évacuation d'une vidange de demi-fond
- Annexe 12: Vidanges de demi-fond (forme proposée)
- Annexe 13: Répartitions des pressions sur le radier d'une vidange de demi-fond (forme initiale)
- Annexe 14: Répartitions des pressions à la sortie d'une vidange de demi-fond (variante)
- Annexe 15: Répartitions des pressions à la sortie d'une vidange de demi-fond (forme proposée)
- Annexe 16: Bassin d'amortissement (variante)
- Annexe 17: Bassin d'amortissement proposé
- Annexe 18: Fonctionnement du bassin d'amortissement proposé
- Annexe 19: Répartitions des pressions sur le plancher du bassin d'amortissement
- Annexe 20: Niveaux d'eau et leurs fluctuations dans le bassin d'amortissement
- Annexe 21: Vidanges de demi-fond en opération
- Annexe 22: Evacuateur de surface en opération

## 1. Introduction

### 1.1 Aperçu général

L'édification par l'O.M.V.S. (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal) du barrage de Manantali sur la rivière Bafing, affluent du fleuve Sénégal; s'inscrit avec celle du barrage de Diama (26 km en amont de St.Louis) dans le cadre de la 1<sup>ere</sup> phase d'aménagement du bassin du Sénégal.

Cet investissement d'envergure est de la plus haute importance pour le développement des pays membres de l'O.M.V.S., dont l'économie de type sahélien continue de subir les conséquences désastreuses du cycle de la sécheresse qui sévit depuis 1966 dans la Région.

La localisation du site du barrage de Manantali est montrée sur la figure no. 1.

L'aménagement a pour but l'irrigation des terres, l'amélioration des conditions de navigation entre St. Louis du Sénégal et Kayes au Mali par un contrôle des crues du Bafing et la production d'énergie hydroélectrique.

Les essais sur modèles réduits, dont traite le présent rapport ont débuté au mois de juin 1978 pour le modèle bidimensionnel et au mois d'Octobre 1978 pour le tridimensionnel. Les investigations ont été effectuées d'après les normes et conditions définies dans le contract du 19.4.1978, conclu entre le Groupement Manantali et le Laboratoire de constructions fluviales Theodor Rehbock de L'Université de Karlsruhe.

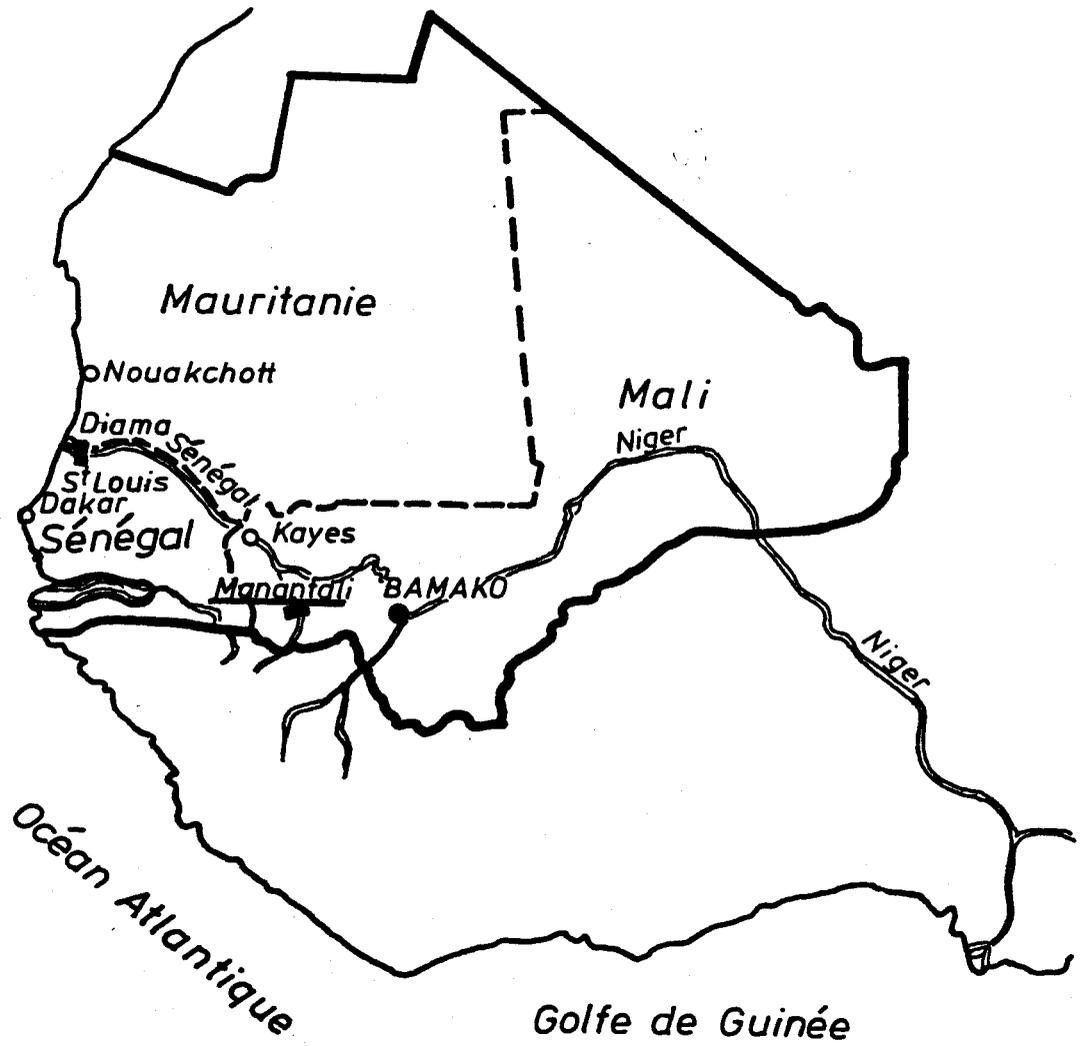


fig. no. 1: Localisation du site du barrage de Manantali

### 1.2 Description sommaire du projet

La retenue d'une capacité totale de 11 milliards de m<sup>3</sup>, sera formée par un ouvrage mixte regroupant dans sa partie médiane un barrage en béton (structure à contreforts) de 492 m et une digue en enrochements sur les deux ailes de 992 m de long au total.

La hauteur maximale de l'ouvrage est d'environ 62 m au dessus du niveau du lit de la rivière.

La crue millénaire estimée à 7 000 m<sup>3</sup>/s sera évacuée par un déversoir équipé de 8 vannes-segments de 9 x 6,5 m et de 7 pertuis de demi-fond de 3,80 x 4,80 m.

Le laminage de cette crue nécessite l'évacuation d'un débit de 5 100 m<sup>3</sup>/s.

L'usine située au pied du barrage en béton et l'évacuateur de crue sont regroupés sur la rive gauche.

La centrale sera équipée de 5 turbines totalisant un débit maximal de 575 m<sup>3</sup>/s.

### 1.3 But des essais

La grande diversité des questions à traiter:

- Conditions d'écoulement en cas de crues,
- Détermination des dimensions que requiert un bon fonctionnement du bassin d'amortissement
- Capacités d'évacuation de l'évacuateur de crues,
- Détermination des forces hydrodynamiques et de la répartition des pressions,

ne permettait pas de limiter les investigations à un seul modèle. C'est pour cette raison que le laboratoire a jugé nécessaire de construire deux modèles (bidimensionnel échelle 1/40, tridimensionnel 1/100).

Les objectifs visés par les essais sont les suivants:

-vérifier sur modèle réduit tridimensionnel (échelle 1:100) que l'implantation générale des ouvrages élaborée par le Groupement Manantali dans son rapport provisoire, assure en cas de crue une bonne condition des écoulements en amont et en aval du barrage ainsi qu'un fonctionnement satisfaisant du bassin d'amortissement.

Au cas où cette implantation générale n'assurait pas des conditions d'écoulement et de fonctionnement satisfaisantes, le laboratoire devait proposer des solutions mieux adaptées, développées au cours des essais.

-déterminer sur modèle bidimensionnel (échelle 1:40) les capacités d'évacuation du déversoir et des vidanges de fond, la répartition des pressions le long du déversoir, au plancher des vidanges et aux points où le risque d'apparition de la cavitation paraît élevé.

-définir les dimensions exactes que requiert un bon fonctionnement du bassin d'amortissement pour l'évacuation d'un débit de  $5.100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 2. Construction des modèles

### 2.1 Elaboration des plans

Les modèles ont été construits selon les plans et indications fournis par le Groupement Manantali.

Les calculs hydrauliques ont été effectués sur la base de la loi de Froude eu égard aux conditions d'écoulement qui sont déterminées par les forces de gravitation et d'inertie.

Les principaux facteurs d'échelle, sur la base des quels les calculs ont été effectués sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

Dénomination	Facteur d'échelle		
	$\lambda$	Modèle 1	Modèle 2
longueur, (m)	$\lambda$	40	100
temps (s) } vitesse (m/s) }	$\lambda^{0,5}$	6,324	10
débit (m <sup>3</sup> /s)	$\lambda^{2,5}$	10119,29	100.000
pression (bar)	$\lambda$	40	100

Pour assurer des conditions d'écoulement similaires à celles en nature, la portion de retenue nécessaire aux investigations en modèle tridimensionnel, a été construite selon les indications données dans les figures no. 2 et 3.

En modèle bidimensionnel deux passes du déversoir et deux pertuis de vidanges de fond ont été seulement reproduits (figures no. 4;5). Un mur latéral et les vidanges de ce modèle

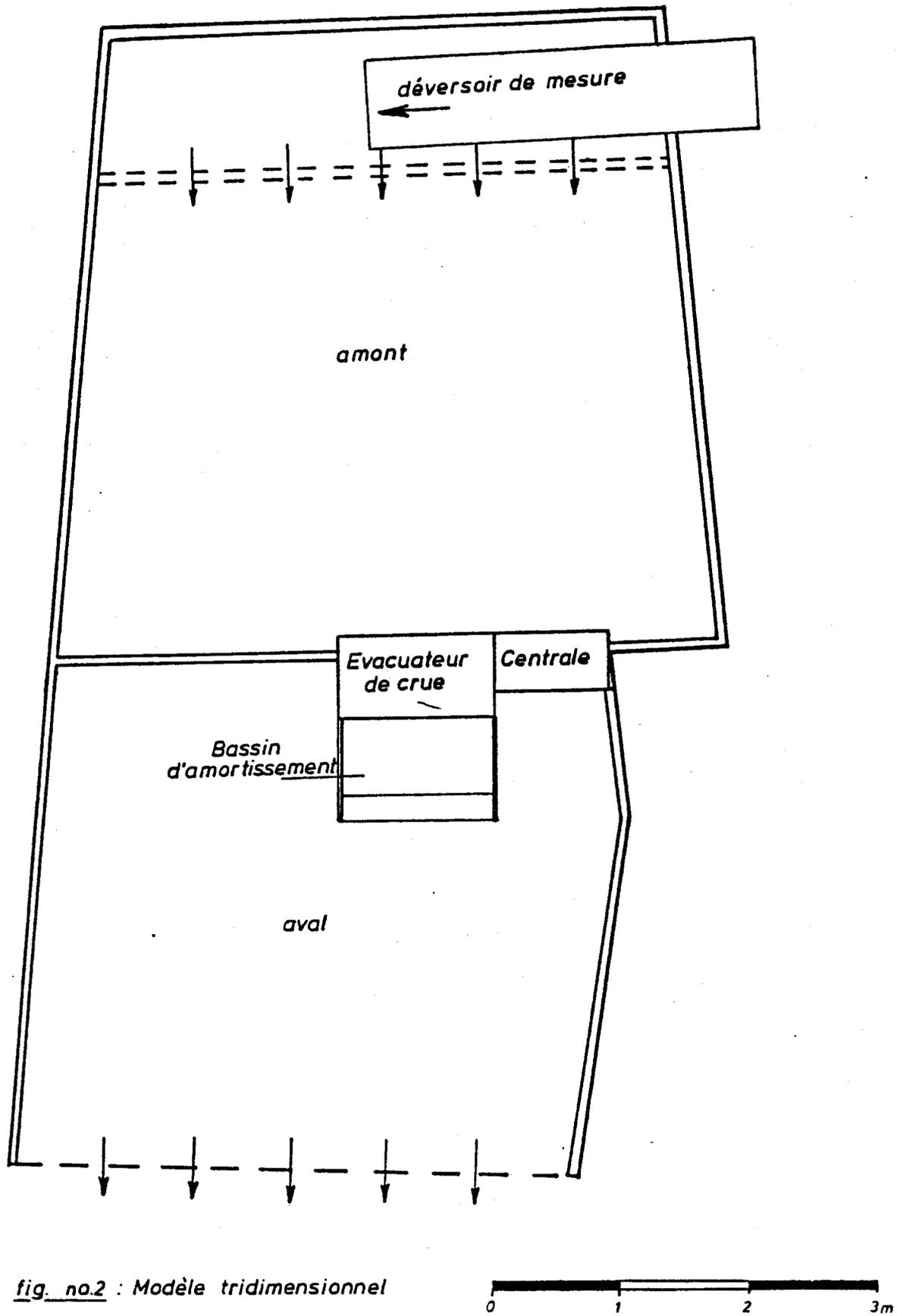
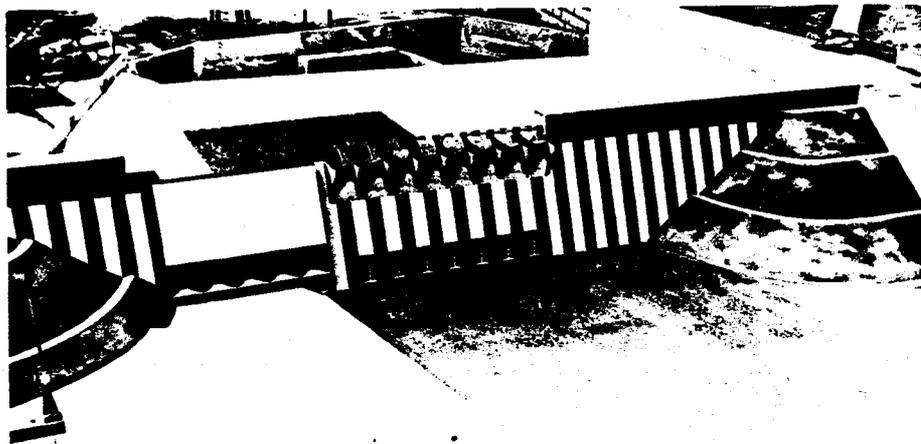
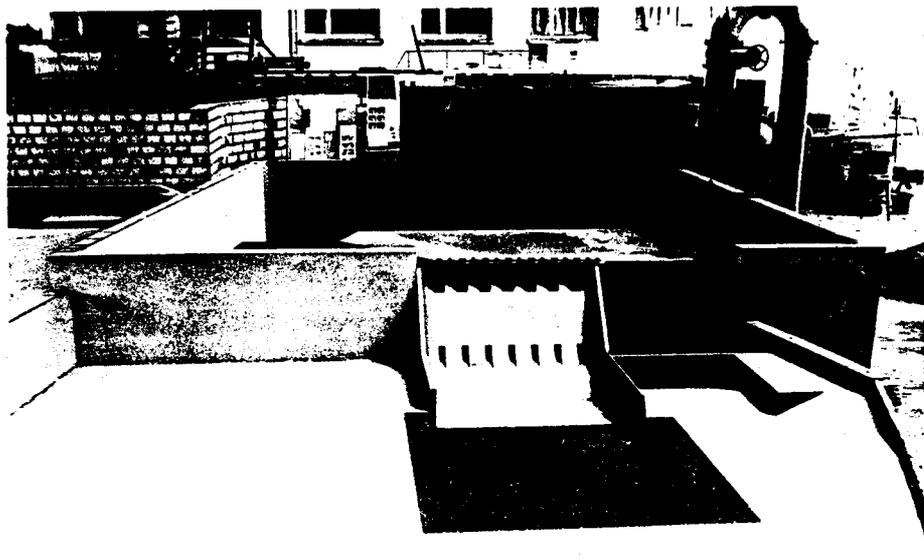


fig. no.2 : Modèle tridimensionnel



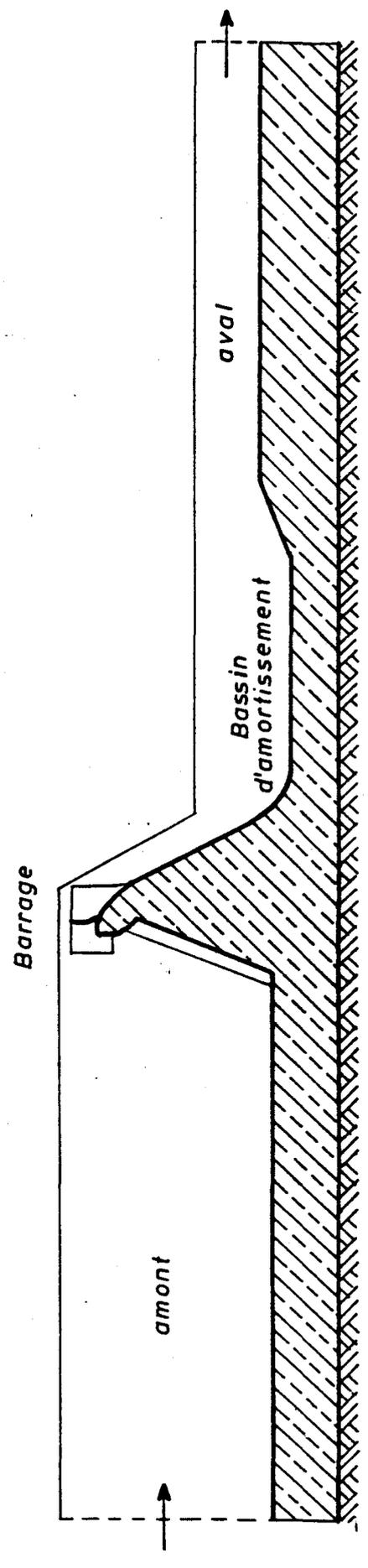
vue de l'amont



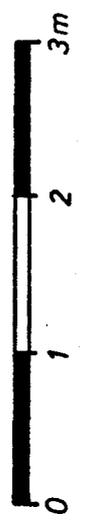
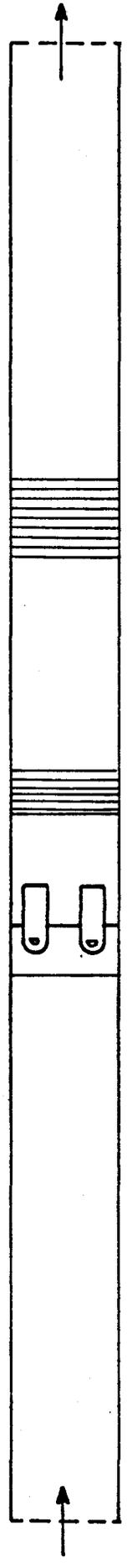
vue de l'aval

fig.no. 3: Vues générales du modèle tridimensionnel

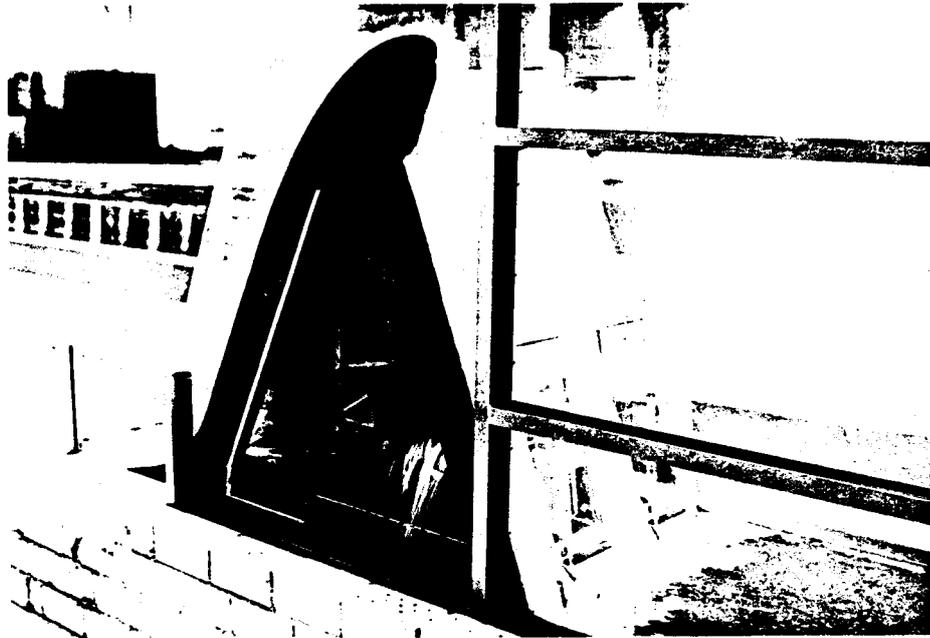
*Vue de profil*



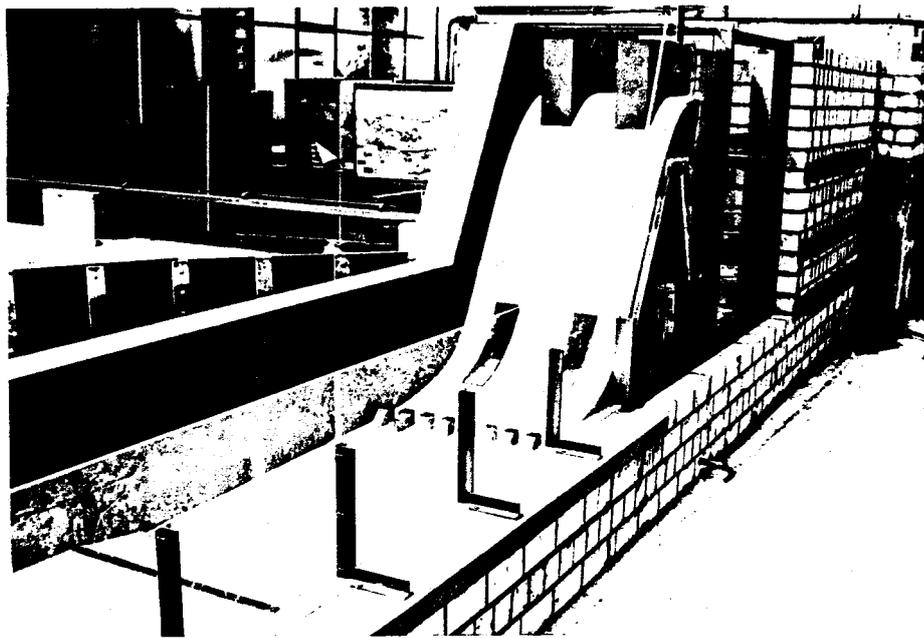
*Vue en plan*



*fig. no.4 : Modèle bidimensionnel*



vue de l'amont



vue de l'aval

fig.no. 5: Vues générales du modèle bidimensionnel

ont été exécutés en plexiglass afin de pouvoir observer les caractères de l'écoulement.

Des photos des deux modèles pendant leurs phases de construction et d'opération figurent en annexes no.1 et 2.

## 2.2 Documentation

Pour la construction des modèles le laboratoire a eu à sa disposition les plans suivants:

- Rapport Provisoire, Volume II du Groupement Manantali  
Etude d'exécution du barrage et de l'usine hydroélectrique  
de Manantali
- Evacuateur de crues, Formes hydrauliques 1:100  
Groupement Manantali, Dessin n° ST 1, 27.4.1978
- Vidanges de fond, Formes hydrauliques 1:100  
Groupement Manantali, Dessin n° ST 2, 27.4.1978
- Implantation de barrage pour modèle réduit  
Groupement Manantali plan No. 100, 7.8.1978
- Canal de fuite et poste plan de localisation  
Groupement Manantali plan No. 121, 28.9.1978
- Barrage-Topographie, Profils 24.10.1977  
Groupement Manantali plan No. 300, 302, 303, 304, 305, 306,  
307, 308, 309, 330 et 333

### 3. Méthodes de mesures

Les mesures de débits en modèle sont effectuées à l'aide d'un déversoir de mesure de forme rectangulaire et à crête pointue dont les caractéristiques sont déterminées à l'avance.

Pour les mesures de vitesse, l'on se sert d'un moulinet dont les rotations sont liées à la vitesse de l'écoulement par une fonction mathématique (type "Ott", Kempton).

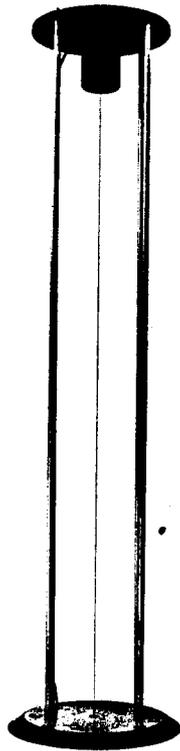
Afin d'atténuer les fluctuations dues à la turbulence, les mesures sont effectuées dans des intervalles de temps égaux (50 ou 100s) et les valeurs moyennes sont introduites dans les calculs.

Les mesures de niveaux d'eau sont assurées au moyen d'échelles hydrométriques à aiguille fixes ou mobiles.

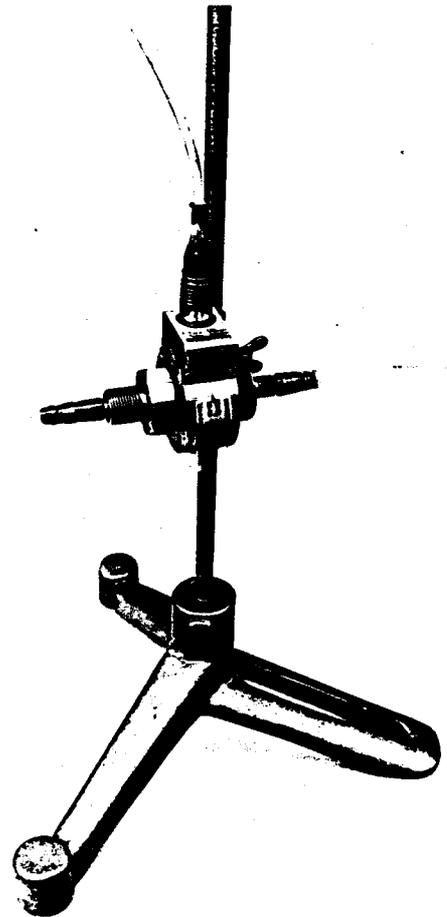
A l'aide d'une sonde électrique spécialement mise en œuvre par le laboratoire, les fluctuations de niveau d'eau sont observées et mesurées. (cf. "Water level transducer for niveau and wave measurements", IAHR, Baden-Baden, Vol.6, p.587, 1977) La capacité électrique du fil placé entre les deux plaques d'isolation de la sonde change en fonction du niveau d'eau. Les variations de cette capacité sont amplifiées et transcrites par un appareil enregistreur (voir fig.no.6).

Les pressions moyennes sont mesurées à l'aide de piézomètres. Aux points suspects d'enregistrer la cavitation ou la vibration, les pressions sont déterminées avec une plus grande exactitude. Pour ce faire on se sert d'un appareil capteur de pressions le "Druckdose". Cette méthode de mesure électronique permet outre la détermination des valeurs moyennes de pressions, celle des maximas et des minimas ("Druckdose", type P1 et PD1, Hottinger & Baldwin, Meßtechnik, Darmstadt, fig.no.6).

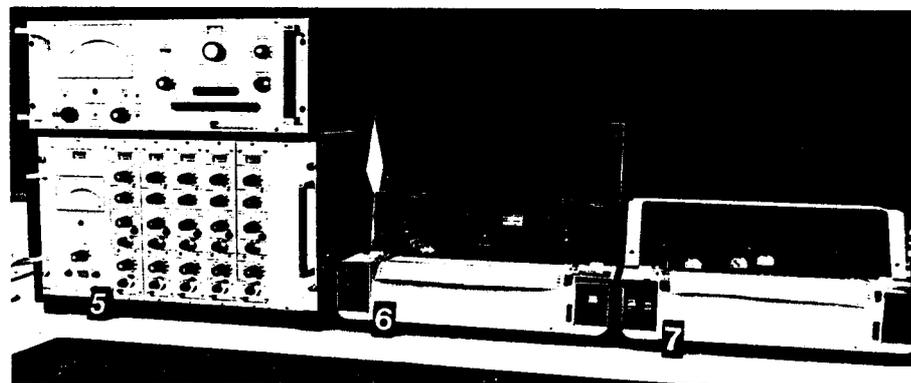
La qualité de l'écoulement à l'entrée des pertuis du déversoir, des vidanges de fond et dans le bassin d'amortissement est jugée optiquement à l'aide de colorants chimiques ou de petits morceaux de papier.



Sonde capacitive



"Druckdose"  
capteur de pressions



(5) amplificateur (6;7) enregistreurs

fig. no. 6: Appareils de mesures

#### 4. Essais sur modèle bidimensionnel

##### 4.1 Evacuateur de surface

###### 4.1.1 Conditions d'écoulement à l'entrée du déversoir

La très grande profondeur de l'eau en amont du barrage a engendré des vitesses d'écoulement faibles à l'entrée du déversoir. En conséquence le déversement au dessus du seuil et l'adhérence de la nappe aux parois des piles se font sans difficultés. Ces observations permettent donc de conclure que le profilage des piles est satisfaisant.

Néanmoins, du point de vue hydraulique, une connexion inclinée entre les piles médianes et le corps du déversoir à l'image de celle des piles de rive serait souhaitable (voir fig.no.7)

Toutefois, si ce remodelage devait entraîner des coûts économiques supplémentaires, le profil initial pourrait être conservé sans un grand désavantage.

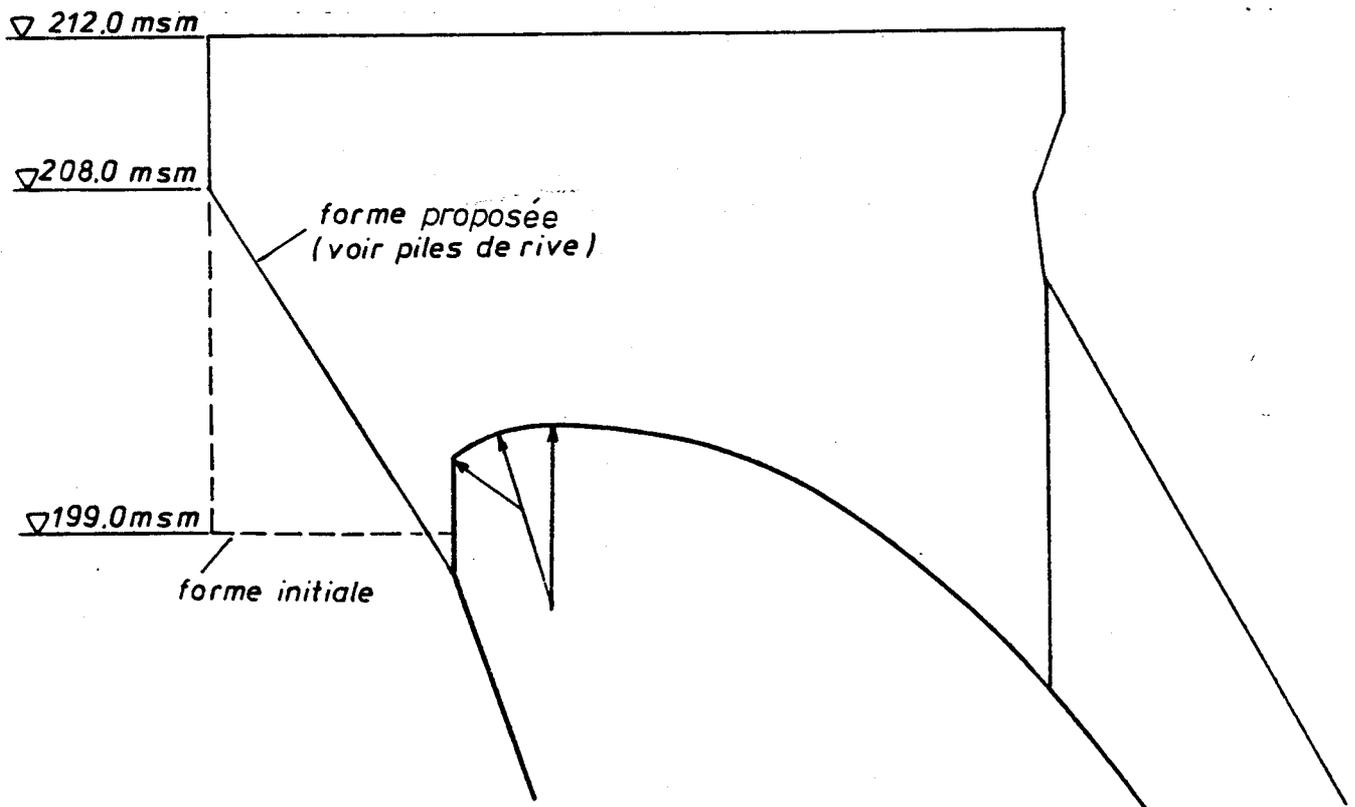


fig. no. 7: Forme proposée pour les piles médianes

#### 4.1.2 Capacités d'évacuation

Les capacités d'évacuation du déversoir ont été déterminées pour le cas de l'écoulement symétrique (opération symétrique des vannes et ouvertures égales).

Les débits mesurés ont été rapportés à un seul pertuis. La courbe qui figure en annexe no. 3 représente alors celle des capacités d'évacuation d'une vanne en fonction du niveau d'eau amont et des levées.

L'opération asymétrique des vannes donne des capacités d'évacuation moins grandes. (La vérification sur le modèle tridimensionnel a montré que cette différence était due au non respect de la symétrie nécessaire en modèle bidimensionnel.)

La courbe tracée est valable pour des levées de 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4,0; 4,8; 5,6 m et les vannes entièrement ouvertes.

Toutefois les capacités d'évacuation pour d'autres ouvertures de vanne peuvent être obtenues par une simple interpolation.

La capacité d'évacuation maximale du déversoir (tous les pertuis entièrement ouverts, niveau d'eau amont 211.05 msm) déterminée sur modèles réduits est inférieure de 4% à celle calculée par le Groupement Manantali. (crue millénale).

Selon les expériences vécues, l'on pourrait cependant admettre que la capacité d'évacuation réelle en nature sera un peu plus élevée à cause de la diminution des pertes dues au frottement.

#### 4.1.3 Répartition des pressions sur le radier du déversoir

La connaissance de la répartition des pressions le long du profil du déversoir est d'une grande importance pour la stabilité et la conservation des ouvrages en béton.

Les pressions mesurées dans l'axe d'une passe du déversoir avec différents débits figurent dans l'annexe no. 4.

La valeur maximale mesurée pour les souppressions moyennes est de 0,1 bar et peut être considérée non dangereuse. Les fluctuations mesurées à l'aide du "Druckdose" aux points présentant les maximas de souppressions sont admissibles.

Néanmoins, à cause des très grandes vitesses d'écoulement le long du coursier du déversoir, la mise en oeuvre du béton doit être d'une très bonne qualité, car toute irrégularité de la surface du béton peut engendrer d'une manière très défavorable une variation des pressions.

## 4.2 - Vidanges de demi-fond

### 4.2.1 Conditions d'écoulement à l'entrée

L'entrée des vidanges de demi-fond a été exécutée comme conçue par le Groupement Manantali (voir fig.no.3;5). La plate-forme à l'amont du barrage était arasé à la côte 148 msm.

Les premières observations ont montré que le puits de la vanne de garde, par le jet d'eau qui s'en échappait, étranglait l'écoulement dans le pertuis des vidanges et la capacité d'évacuation de celui-ci s'en trouvait diminuée de façon notable.

A l'issue des discussions entre le Groupement Manantali et le laboratoire sur ce problème, il a été décidé de continuer les essais avec le puits fermé et que l'entreprise qui sera chargée de la fourniture de l'équipement hydromécanique devra veiller à éviter tout écoulement perturbateur par le puits.

L'influence du puits de la vanne de garde sur la capacité d'évacuation des vidanges est traitée plus en détail dans le paragraphe 4.2.2.

Les investigations ont montré que pour une meilleure conception de la forme de l'entrée des vidanges il est nécessaire de prendre en compte certains facteurs: côte de la plate-forme amont, répartition des vitesses autour de l'entrée, disposition générale des lignes d'écoulement par rapport au talus amont du barrage.

La forme initiale n'assurait pas la répartition régulière des vitesses autour de l'entrée à cause de la protubérance brusque de celle-ci sur le talus amont (formation de contre-courants, de zones de tourbillonnement - voir annexe no. 5).

Par ailleurs l'élevation de la côte du terrain naturel amont (148 à 153) due à la révision de l'implantation de l'évacuateur de crue, engendre la formation de vortex avec entraînement d'air (voir figure no. 8).



fig.no.8 Formation de vortex avec entraînement d'air  
Ceci s'explique par le fait que la côte d'arasement du seuil d'entrée des vidanges étant très peu élevée par rapport à celle du terrain naturel, les vecteurs de vitesse dirigés de bas en haut sont presque nuls tandis que ceux dirigés de haut en bas sont fortement accentués.

Les investigations ont permis de constater que le vortex ainsi formé peut être réduit à une grandeur qui serait sans danger pour l'exploitation future des ouvrages. Pour ce faire, il est nécessaire de conserver la côte 148 sur une distance minimale de 25 m à l'amont immédiat des vidanges (voir annex no. 6).

À l'aide d'un moulinet, les vitesses ont été mesurées à une distance de 10 m de l'entrée des pertuis. Les résultats de ces mesures pour les 2 variantes (terrain amont arasé à 148 et à 153 msm) figurent en annexe n° 7.

Au terme de sérieuses recherches, le laboratoire a mis au point la forme des parois d'approche vers les tulipes d'entrée (annexe 5 et 8 - obturation des zones en retrait séparant les entrées de vidange de fond voisines).

Le problème de la formation de vortex est traité en détail dans un manuel américain (\*). Dans son article l'auteur met l'accent sur le fait que pour éviter la formation de vortex une connexion plane de l'entrée avec le talus amont du barrage s'avère nécessaire.

#### 4.2.2 Capacités d'évacuation des vidanges

Après remodelage des entrées, les capacités d'évacuation des vidanges ont été déterminées pour les cas d'écoulement symétrique (opération symétrique des vannes et ouvertures égales). Les mesures ont été effectuées pour des levées de 0,4; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 m et vannes totalement ouvertes.

Les résultats ont été rapportés à un seul pertuis et figurent en annexe no. 9.

Dans le tableau ci-bas sont mentionnées les valeurs mesurées par le laboratoire et celles calculées par le Groupement Manantali pour le cas de l'ouverture totale des vannes.

H (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)		
	mesurées	calculées	différence %
187	2541	2537	0,1
200	3115	3080	1,1
211.05	3556	3513	1,2

Les débits correspondant à d'autres ouvertures de vanne peuvent être obtenus par simple interpolation (voir annexe no. 10 ).

La capacité totale d'évacuation de l'évacuateur de crues est obtenue par superposition des courbes pour le déversoir et pour les vidanges.

L'influence du puits de la vanne de garde sur la capacité d'évacuation des vidanges, partiellement traitée dans le paragraphe 4.2.1. a été étudiée plus à fond. Les recherches

ont permis de tracer le diagramme qui figure en annexe no.11. Ce diagramme montre que le jet qui s'échappe par le puits, diminue d'environ 8% la capacité réelle d'évacuation des vidanges de demi-fond.

Les mesures ont été effectuées pour la pleine ouverture des vannes.

#### 4.2.3 Influence des appuis de vannes segments

Les premiers essais sur modèle bidimensionnel ont montré que les appuis de vannes segments constituaient une gêne pour l'écoulement dans les vidanges lorsque celles-ci étaient complètement ouvertes.

Ce phénomène constitue un danger pour la stabilité des vannes elles mêmes à cause des vibrations et diminue l'entraînement de l'air dans les vidanges de demi-fond.

Après discussion avec le Groupement Manantali sur ce problème, il a été décidé que la côte d'arasement des appuis sera ramenée à 0,50 m plus haut (voir annexe no. 12).

L'étranglement du jet par rétrécissement du pertuis en amont des vannes pourrait également constituer une solution, mais ceci entraînerait une diminution de capacité d'évacuation pour le cas des vannes entièrement ouvertes.

#### 4.2.4 Répartition des pressions sur le radier des vidanges

Pour les cas d'opération les plus défavorables (niveau d'eau amont 211,05 m, ouvertures de vanne différentes), les vitesses moyennes d'écoulement dans les vidanges sont de l'ordre de 30 m/s. Dès lors il apparaît indispensable de veiller à la formation de zones de séparation capables d'engendrer des valeurs de dépression qui créent la cavitation.

C'est ainsi que des prises de pression ont été fixées au plancher des vidanges de demi-fond le long de leur axe. Les valeurs de pression mesurées pour les cas les plus importants (niveau d'eau amont 211,05 m, ouvertures de vanne différentes) figurent en annexe no. 13.

Ces résultats montrent que la forme initiale des vidanges n'engendre pas de souppressions. La valeur moyenne de 0,1 bar de pression ne présente pas de danger pour les ouvrages même si des fluctuations étaient observées.

#### 4.2.5 Forme de la sortie des vidanges

Au cours des essais, il a été constaté qu'à cause des grandes vitesses d'écoulement, l'eau déversée par les pertuis de surface pouvait provoquer une érosion du béton à la sortie des vidanges et engendrer des dépressions dans ces dernières par une diminution de l'air entraîné.

Pour éviter ces inconvénients, le laboratoire a décidé de protéger la sortie des vidanges par des murs-déflcteurs. Le type de déflcteur qui a été élaboré pour la circonstance, satisfait à la fois les exigences hydrauliques et économiques (voir annexe no. 12).

Le premier type de déflcteur envisagé n'assurait pas des conditions d'écoulement satisfaisantes et fut par conséquent abandonné.

Bien que la forme initiale des vidanges assurait une répartition de pressions satisfaisante, il a été nécessaire de la modifier sur le tronçon entre les vannes et le bassin d'amortissement afin d'assurer une meilleure dissipation d'énergie.

La nouvelle forme proposée (voir annexe no.12) assure des conditions d'écoulement et de dissipation d'énergie meilleures mais présente cependant un inconvénient à cause de l'arête vive qui sépare la sortie de la vidange et le bassin d'amortissement (danger de soustractions).

Des mesures de pressions ont été effectuées au niveau de cette arête pour divers cas d'opération. Les résultats de ces mesures qui figurent en annexe no.14 ont donné comme valeur moyenne de pression - 0,2 bar. Pour le cas le plus défavorable cette valeur moyenne s'élève à -0,5 bar.

Les fluctuations de pression pour ce cas ont été mesurées à l'aide du "Druckdose", les maximas sont de l'ordre de -0,75 bar.

Cette grandeur de soustraction est déjà dangereuse pour le béton à cause de la cavitation qui peut en résulter. Pour lever cette ambiguïté il a fallu trouver un moyen pour réduire au niveau de l'arête la violence du courant qui rétablit l'équilibre de niveau aux 2 côtés du jet sans pour autant que le bon fonctionnement du bassin soit perturbé.

Les investigations ont permis de découvrir qu'une prolongation de 1 m vers le bas des murs-défecteurs qui protègent la sortie des vidanges remplissait cette condition.

Des mesures de pression effectuées aux mêmes points et dans les mêmes conditions d'exploitations ont montré que les maximas de dépression avec les murs prolongés étaient réduits à une valeur acceptable ( 0,4 bar).

Les résultats des mesures avec ou sans prolongement des murs figurent en annexes n° 14 et 15.

Pour éviter toute dégradation éventuelle par cavitation, les arêtes devront être protégées soit par un blindage, soit par la mise en oeuvre de bétons époxydiques et elles devront être soumises à un contrôle périodique.

Par ailleurs, une observation stricte des prescriptions et recommandations d'exploitation (voir paragraphe 6) permettra éviter que les dépressions n'atteignent une valeur critique.

L'influence du changement de forme de la sortie de la vidange sur le fonctionnement du bassin d'amortissement est traitée plus en détail dans le paragraphe 5.3.

#### 4.3 Dimensionnement du bassin d'amortissement

Le bassin d'amortissement proposé par le Groupement Manantali assurait une dissipation convenable de l'énergie, mais des mesures ponctuelles effectuées sur les dents de Rehbock ont montré que les faces aval et latérales de celles-ci (voir figure no.9 ) étaient exposées à la cavitation dans tous les cas d'opération.

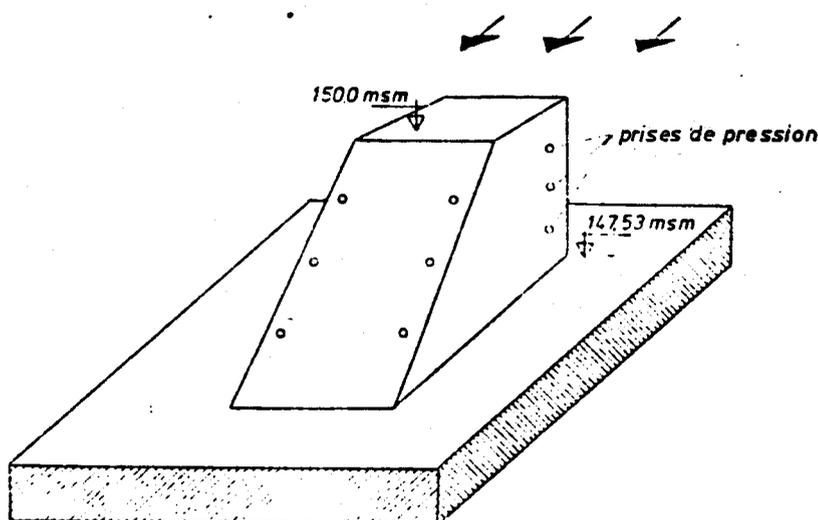


fig.no. 9: Dent de Rehbock avec prises de pression

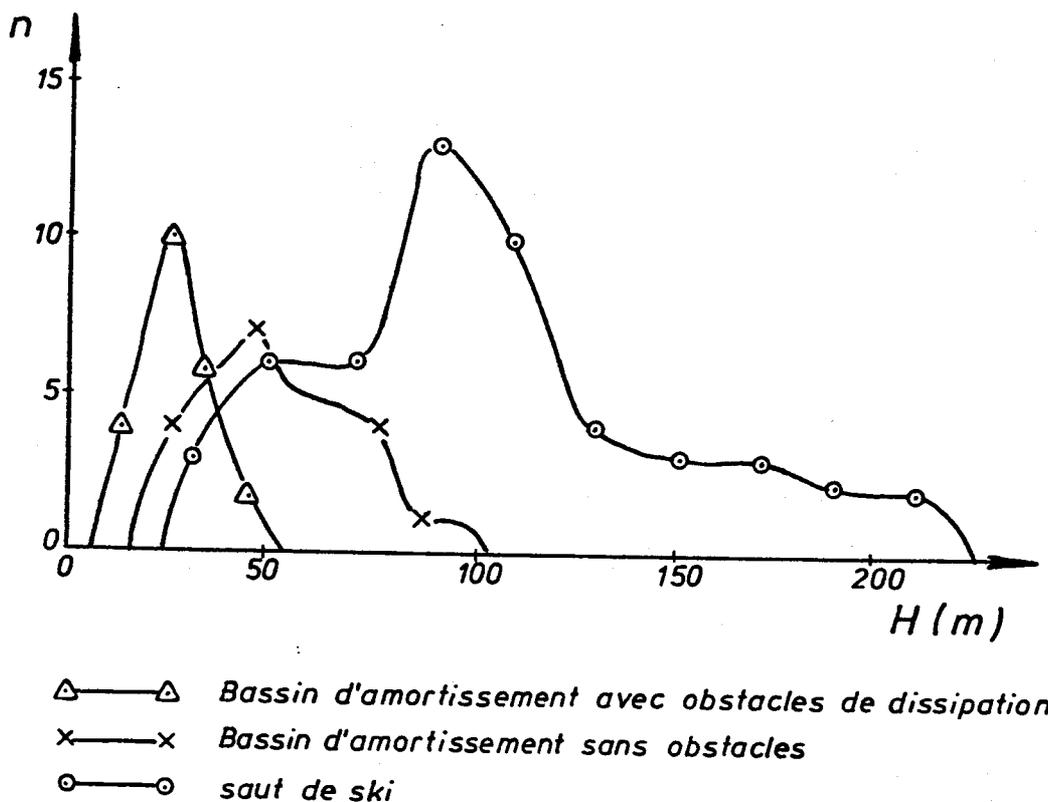
La valeur de la souspression mesurée était toujours de l'ordre de 1,0 bar (vide). Ces résultats joints à ceux observés sur d'autres modèles, permettent d'affirmer que les dents de Rehbock très efficaces pour les ouvrages à petite chute ne sont point recommandables pour le barrage de Manantali dont la chute est beaucoup plus élevée (62 m).

Les exemples donnés dans le rapport de l'ICOLD, Madrid 1973 (\*) confirment cette affirmation.

---

\* 11<sup>e</sup> Congrès des Grands Barrages, ICOLD, Madrid 1973, Vol.II  
R 16: Spillway energy dissipator problems

Une analyse statistique menée par le laboratoire sur les méthodes de dissipation d'énergie aux barrages déjà construits, a permis de dresser l'histogramme représenté sur la figure no.10.



*n* - nombre d'échantillons (barrages)  
*H* - Hauteur des barrages

fig.no.10: Diagramme de fréquence des types de dissipateur d'énergie

Sur le graphique on peut constater que pour un barrage de la hauteur de Manantali, il est à recommander un bassin sans obstacles et même mieux un dissipateur d'énergie avec auge de pied.

Cette dernière solution a été écartée parce qu'elle nécessite des excavations (jusqu'à la côte 138 ) qui risquent

non seulement de grêver les coûts économiques mais de poser également des problèmes pour la stabilité même des ouvrages.

Toutefois, la suppression des dents nécessite un approfondissement du bassin pour une bonne dissipation de l'énergie (voir figure no.11).

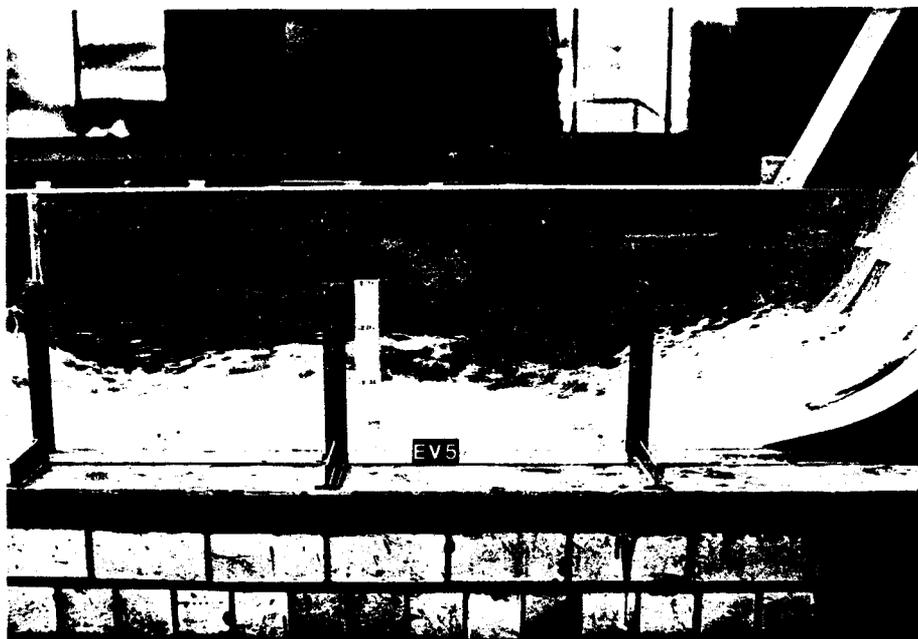


fig.no.11: Fonctionnement du bassin d'amortissement initial sans les dents

Le laboratoire a alors proposé un bassin arasé à la côte 143 (voir annexe no. 16). Après discussion avec le Groupement la côte a été ramenée à 145 eu égard aux coûts très élevés des excavations en milieu rocheux et aux risques de perturbations dans la conception des fondations du barrage que la première solution pourrait entraîner.

Il est à noter qu'à longueur égale, le fonctionnement du bassin avec la côte 145, bienque satisfaisant est moins efficace que celui du bassin avec la côte 143.

Pour compenser cette différence d'efficacité due à la diminution de 2 m du coussin d'eau dissipateur d'énergie, le bassin arasé à la côte 145 a été prolongé de 26 m (voir annexe no.17).

Cette nouvelle dimension permet une dissipation parfaite de l'énergie tout en respectant les contraintes fixées par le Groupement: limiter autant que possible les excavations, assurer un bon fonctionnement du bassin pour l'évacuation de la crue de 5.100 m<sup>3</sup>/s.

La solution du seuil denté aval que le laboratoire avait proposé en vue de réduire les risques d'érosion a été écartée. En effet, le Groupement a donné des assurances quant à l'inexistence de danger d'érosion et que le rocher du site est en mesure de supporter les vitesses estimées à la sortie du bassin.

Le fonctionnement du bassin d'amortissement définitif proposé figure sur les photos de l'annexe no.18.

Pour rendre ce fonctionnement parfait, il a été également indispensable de modifier la sortie des vidanges (voir paragraphe 4). Ainsi l'eau y sortant plonge en jet libre dans le bassin.

Les mesures de pressions effectuées au plancher du bassin d'amortissement après modification de la sortie des vidanges figurent dans l'annexe no. 19 et les charges exercées par le jet d'eau sont admissibles.

Pour juger de la hauteur des murs latéraux du bassin telle que conçue par le Groupement, des mesures de niveaux d'eau et de leurs fluctuations ont été effectuées à l'aide de la sonde capacitive (voir résultats en annexe no.20).

Pour l'évacuation du débit de  $5.100 \text{ m}^3/\text{s}$ , qui constitue un cas extrême d'exploitation, les maximas de fluctuations de niveau dépassent la hauteur actuelle des murs (164 msm).

## 5. Essais sur modèle tridimensionnel

### 5.1 Evacuateur de surface

#### 5.1.1 Conditions d'écoulement à l'entrée du déversoir

Les conditions d'écoulement pour l'évacuateur de surface ont été étudiées avec soin sur le modèle bidimensionnel; c'est pourquoi il est apparu inutile de s'attarder sur cette question en modèle tridimensionnel. Toutefois, les effets pouvant résulter de la transition de modèles (du bidimensionnel au tridimensionnel) et des cas d'exploitation exceptionnels consignés par le Groupement Manantali, ont été auscultés. Les conclusions établies antérieurement restent sans changements.

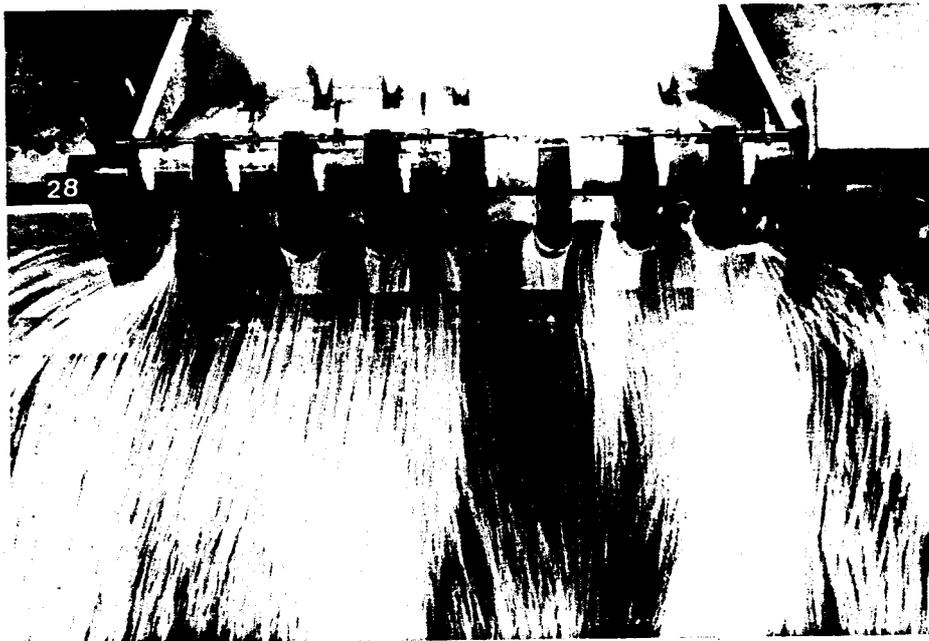
Comme mentionné au paragraphe 4.1.1 les vitesses d'écoulement à l'entrée du déversoir sont si faibles qu'aucun décollement n'est observé pour tous les cas d'opération.

La disposition générale des lignes d'écoulement pour un cas d'exploitation normale (toutes les vannes ouvertes) et pour un cas d'urgence (7 vannes ouvertes, une fermée) est montrée sur les photos de la figure no.12.

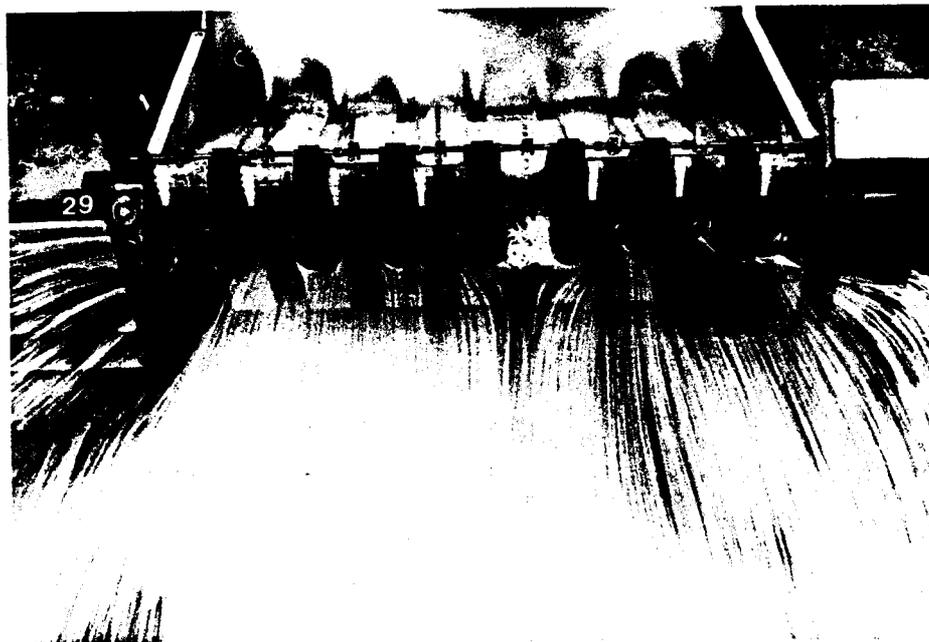
#### 5.1.2 Capacités d'évacuation

Les capacités d'évacuation du déversoir déterminées avec vannes totalement ou partiellement ouvertes sur modèle bidimensionnel, ont été vérifiées sur modèle tridimensionnel. Les résultats des mesures sur les deux modèles ont été classés dans une même annexe no. 3 afin de mieux pouvoir les comparer.

Le peu de différences observé est dû d'une part aux forces de frottement qui ne sont pas les mêmes sur les deux modèles et aux précisions des mesures d'autre part (à cause des échelles). En considérant ces différences comme nég-



Toutes les vannes ouvertes



Une vanne fermée

fig.no.12: Lignes d'écoulement à l'entrée du déversoir

ligeables, on peut affirmer que les résultats obtenus sur les deux modèles sont identiques.

Pour les cas d'opération asymétrique, une diminution notable de capacité d'évacuation n'a pas été observée. Ainsi les résultats obtenus peuvent servir pour l'évaluation de la capacité d'évacuation pour tous les cas d'opération. La capacité totale d'évacuation du barrage est déterminée par interpolation et superposition.

## 5.2 Vidanges de demi-fond

### 5.2.1 Conditions d'écoulement

Les conditions d'écoulement et les problèmes inhérents (répartition des vitesses à l'entrée, formation de vortex et de zones de séparation) ont été largement étudiés en modèle bidimensionnel. Les modifications à effectuer sont indiquées dans le paragraphe 4.2.1.

La faiblesse des vitesses d'écoulement en modèle tridimensionnel n'a pas permis d'en faire les mesures. Par ailleurs il est apparu inutile de reprendre les mêmes mesures déjà effectuées en modèle bidimensionnel.

Avec la côte de la plate-forme amont arasée à 153 msm la formation de vortex a été également observée en modèle tridimensionnel. Cela permet d'affirmer que la formation des vortex en modèle bidimensionnel n'était nullement causée par les murs latéraux, mais due à la côte de la plate-forme amont.

Pour les cas d'exploitation exceptionnels (réparation d'une ou de plusieurs vannes) aucun phénomène inacceptable n'a été observé.

### 5.2.2 Capacités d'évacuation

La capacité d'évacuation, déterminée sur modèle bidimensionnel a été vérifiée pour les mêmes ouvertures de vanne en modèle tridimensionnel. Les résultats figurent dans l'annexe no. 9. On peut constater que les résultats obtenus sur les deux modèles concordent bien. Les essais ont montré que pour les vidanges de demi-fond on peut également superposer les courbes de capacité d'évacuation si les vannes ont des ouvertures différentes. Les différences sont très petites et dues aux précisions de mesures.

### 5.3 Bassin d'amortissement

Pour une meilleure conception du bassin d'amortissement, des essais ont été menés parallèlement sur les deux modèles.

La forme initiale élaborée par le Groupement n'a pas été exécutée en modèle tridimensionnel à cause de la cavitation enregistrée sur les dents en modèle bidimensionnel.

Le premier bassin élaboré par le laboratoire a donné satisfaction pendant les essais sur modèle bidimensionnel. En modèle tridimensionnel, même en cas d'écoulement symétrique, la formation de grands tourbillons était observée.

Le jet qui sortait des vidanges perturbait l'équilibre du coussin d'eau du bassin et il en résultait une différence de niveau aux deux côtés du jet. Cette différence de niveau était à l'origine de la formation des tourbillons qui s'amplifiaient si un ou plusieurs pertuis voisins étaient fermés.

Pour lever cette ambiguïté et rendre le fonctionnement du bassin satisfaisant, il a été nécessaire de modifier la forme de la sortie des vidanges. Cette nouvelle forme permit la chute de l'eau en jet libre dans le bassin tout en maintenant l'équilibre du coussin. Ainsi les forces de rotation qui engendrent les tourbillons sont anéanties.

Toutefois il n'a pas été facile de déterminer l'angle optimal sous lequel le jet devait sortir des vidanges pour ne pas perturber l'équilibre du coussin. Un angle trop petit n'assurait pas la formation de jet libre tandis qu'un angle trop grand projetait le jet à une distance telle qu'il aurait fallu prolonger le bassin d'amortissement.

Pour satisfaire à la fois les exigences d'exploitation rationnelle et économiques, le laboratoire a élaboré la forme qui est proposée en annexe no. 17 (voir aussi annexe no. 12).

Les photos de l'annexe no. 21 montrent les vidanges de demi-fond en opération séparée et permettent de juger du fonctionnement du bassin en fonction de la forme de la sortie des vidanges.

L'opération symétrique de toutes les vannes permet d'éviter la formation des tourbillons.

Pour le cas d'urgence où une vanne est hors d'usage par conséquent fermé, les tourbillons sont sans danger. Par contre il en est autrement pour le cas où deux vannes voisines sont fermées et les autres ouvertes (voir les deux dernières photos annexe no. 21 ).

L'opération séparée du déversoir est montrée sur les photos de l'annexe no. 22. La formation de tourbillons est également observée quand plusieurs passes voisines sont fermées.

Les deux photos de l'annexe no. 18 montrent le fonctionnement du bassin quand le déversoir et les vidanges sont simultanément mis en service (toutes vannes ouvertes)

De ces photos on peut noter que même l'évacuation de la crue catastrophique de  $7.100 \text{ m}^3/\text{s}$  n'est pas préjudiciable au bon fonctionnement du bassin d'amortissement; seuls les murs latéraux sont débordés par les niveaux d'eau, comme mentionné au paragraphe 4.3.

## 6. Prescriptions et recommandations d'exploitation

L'exploitation rationnelle des ouvrages en général et du bassin d'amortissement en particulier exige que les prescriptions et recommandations que les essais sur modèles ont permis d'établir soient strictement observées.

A l'issue des investigations, les conclusions suivantes ont été tirées:

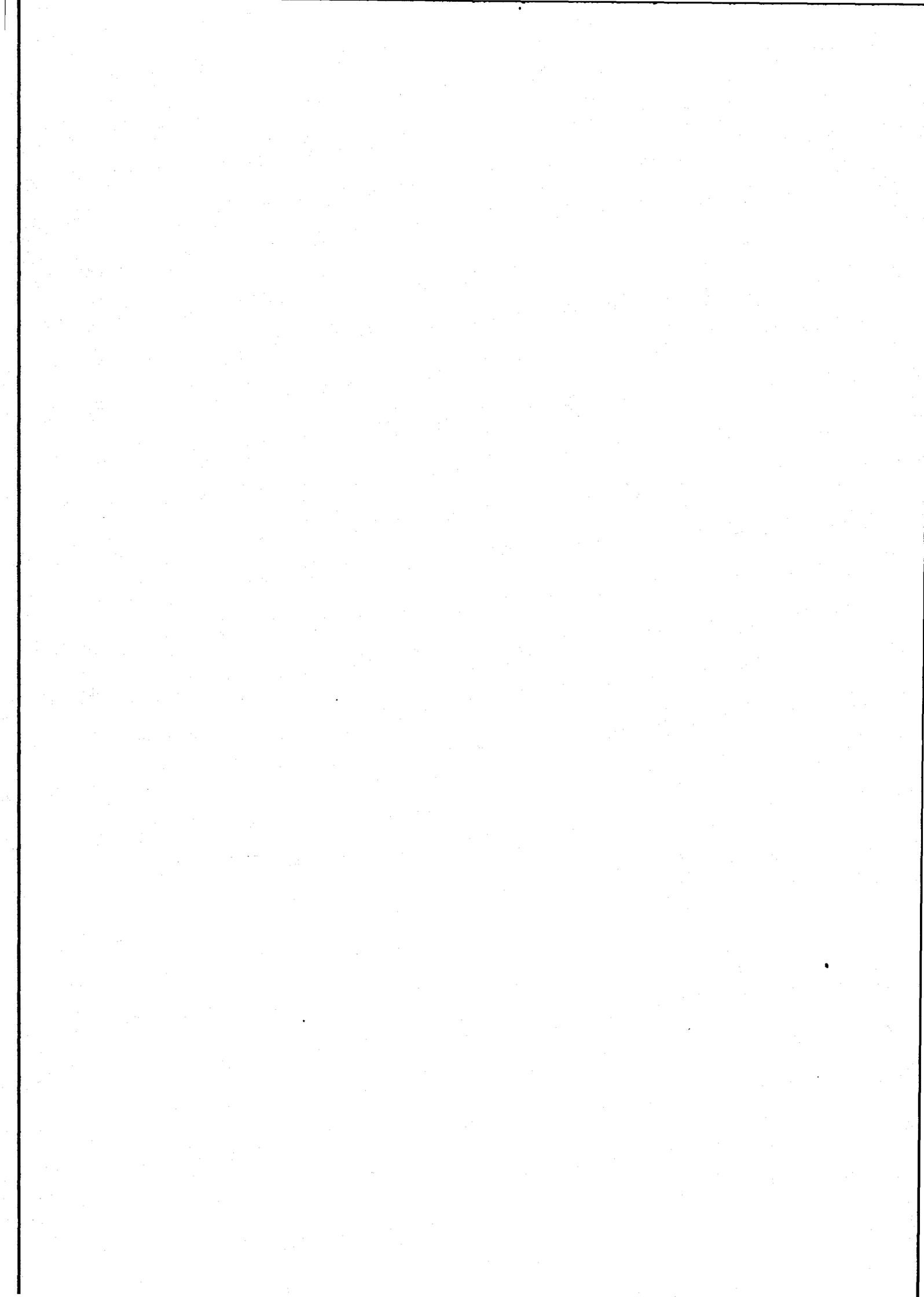
1. Le bassin d'amortissement fonctionne mieux pour une opération séparée de l'évacuateur de surface et des vidanges de demi-fond.
2. L'opération du déversoir est préférable à celle des vidanges pour les côtes de retenue supérieures à 202 m. Plusieurs raisons expliquent cette préférence:
  - Le jet plus étalé du déversoir assure un meilleur fonctionnement du bassin, alors que celui des vidanges est plus compact
  - L'efficacité de fonctionnement du bassin d'amortissement est moins sensible à une opération asymétrique des vannes de surface qu'à celle des vannes de demi-fond
  - L'opération séparée des vannes de surface n'engendre pas de soupresions au niveau des arêtes de sortie des vidanges
3. Les cas d'exploitation les plus défavorables (déversoir et vidanges opérant ensemble ou séparément) sont les suivantes:
  - a Deux ou plusieurs vidanges voisines fermées
  - b Les deux vidanges extrêmes fermées
  - c Deux ou plusieurs vannes de surface voisines fermées
  - d Les vannes de surface extrêmes fermées.

Ces cas d'exploitation engendrent la formation de grands tourbillons dans le bassin d'amortissement. Les tourbillons, par les sédiments (débris rocheux) qu'ils entraînent, peuvent entamer le béton du bassin en y creusant des marmites.

Pour atténuer la formation de ces tourbillons dans les cas d'exploitation 3.e;3.d (ci-haut) avec niveau de retenue supérieure à 202 m, il est nécessaire d'ouvrir la vidange située entre les deux vannes de surface fermées. L'équilibre est ainsi établi par la répartition symétrique du débit sortant.

Karlsruhe, janvier 1979

  
(Prof. Dr. E. Mosonyi)

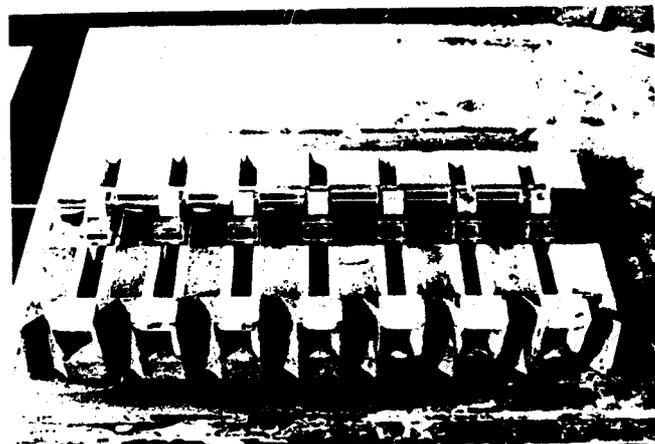


# *ANNEXES*

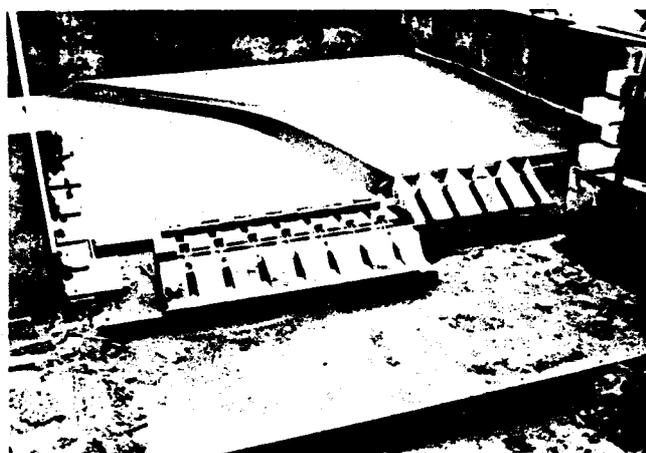
Phases de construction et d'opération  
(modèle tridimensionnel)



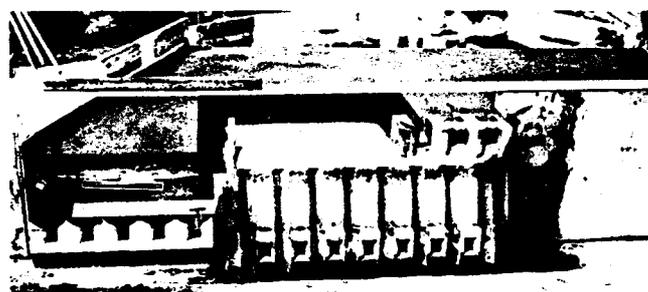
*préparation du terrain*



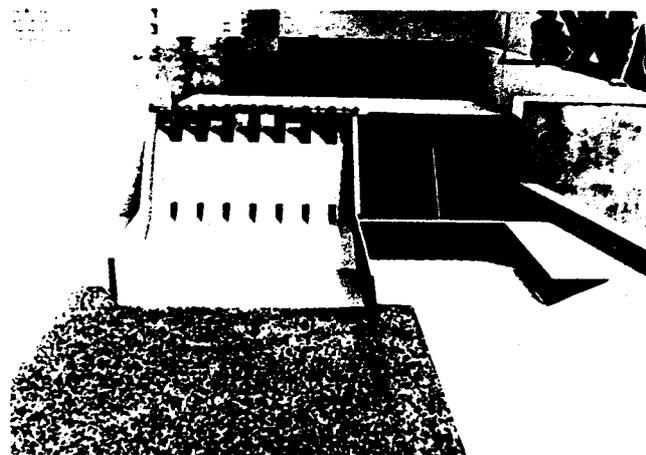
*installation des vidanges*



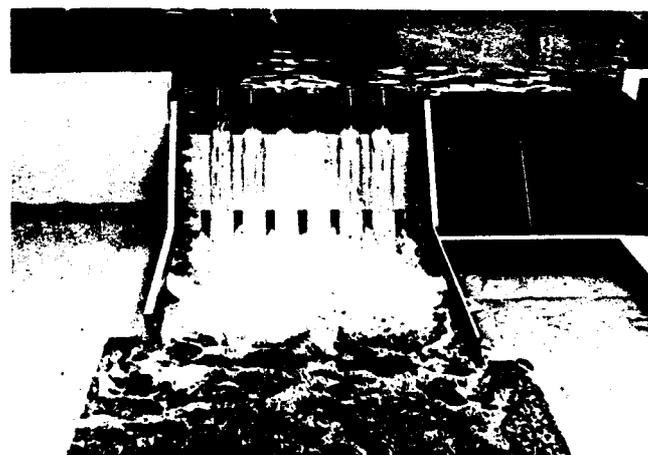
*construction de la centrale*



*installation du déversoir*

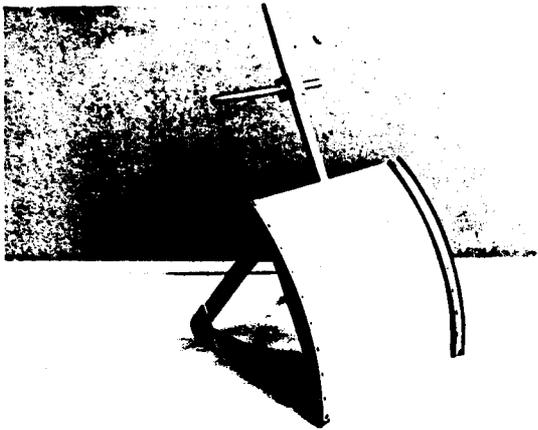


*modèle prêt pour les opérations*

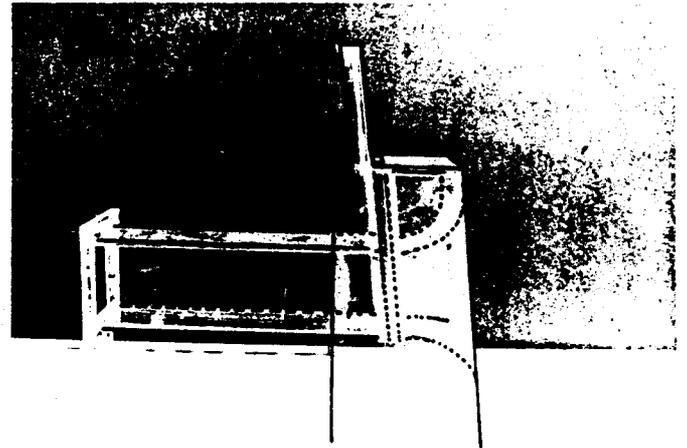


*modèle en opération*

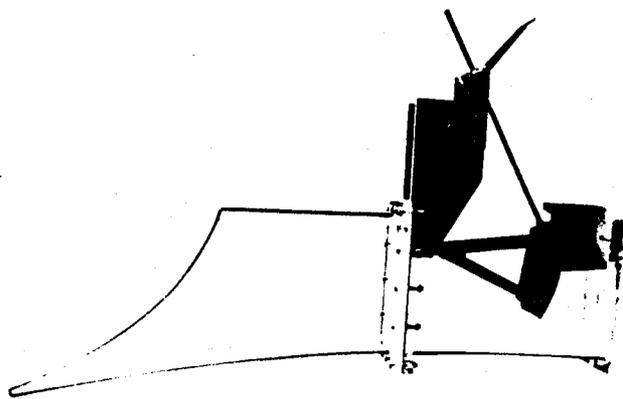
Phases de construction et d'opération  
(modèle bidimensionnel)



*vanne - segment*



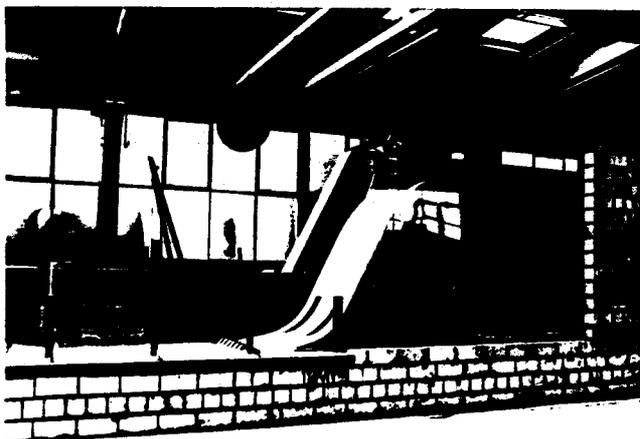
*entrée d'une vidange*



*sortie d'une vidange*



*construction du déversoir*



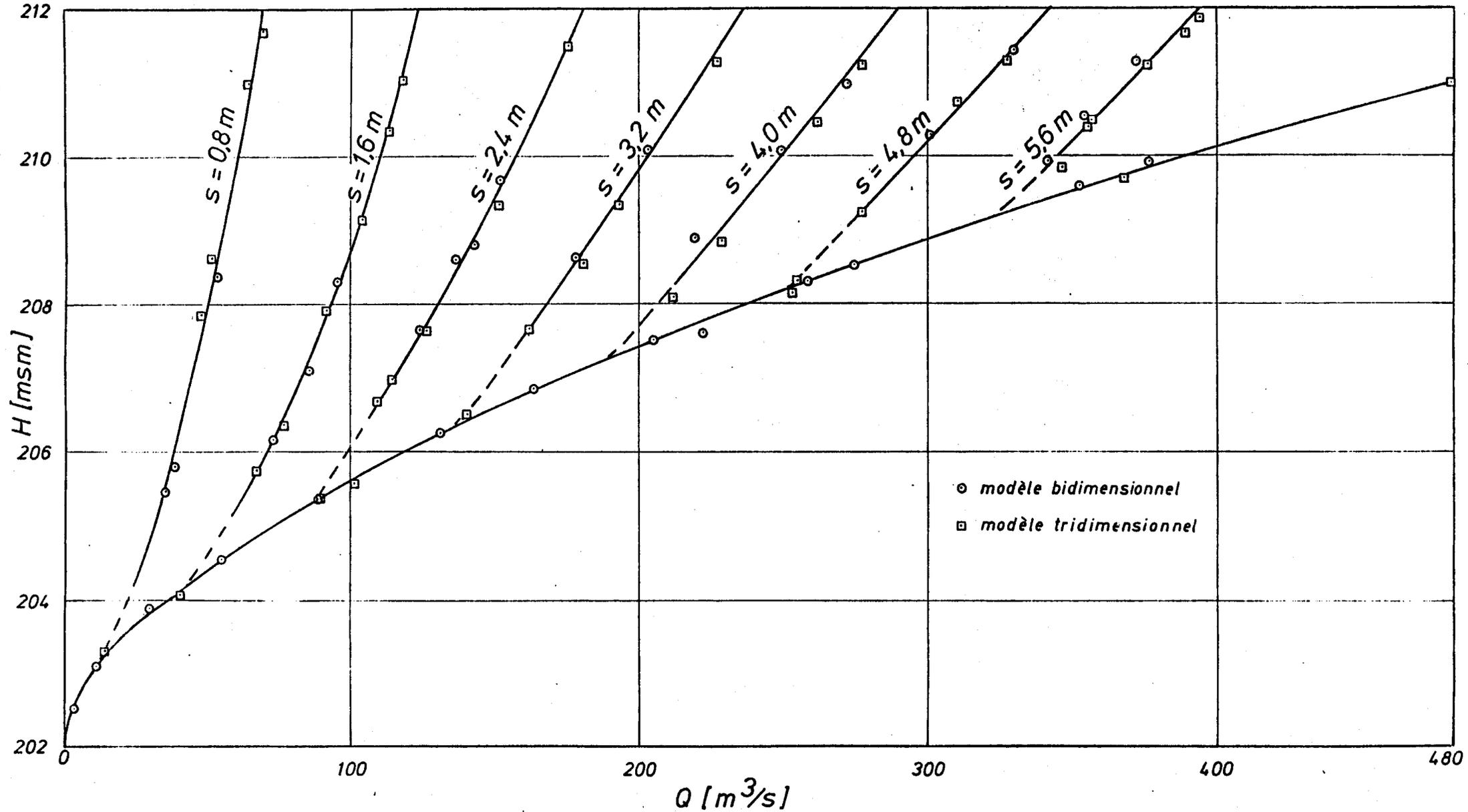
*modèle prêt pour les opérations*



*modèle en opération*

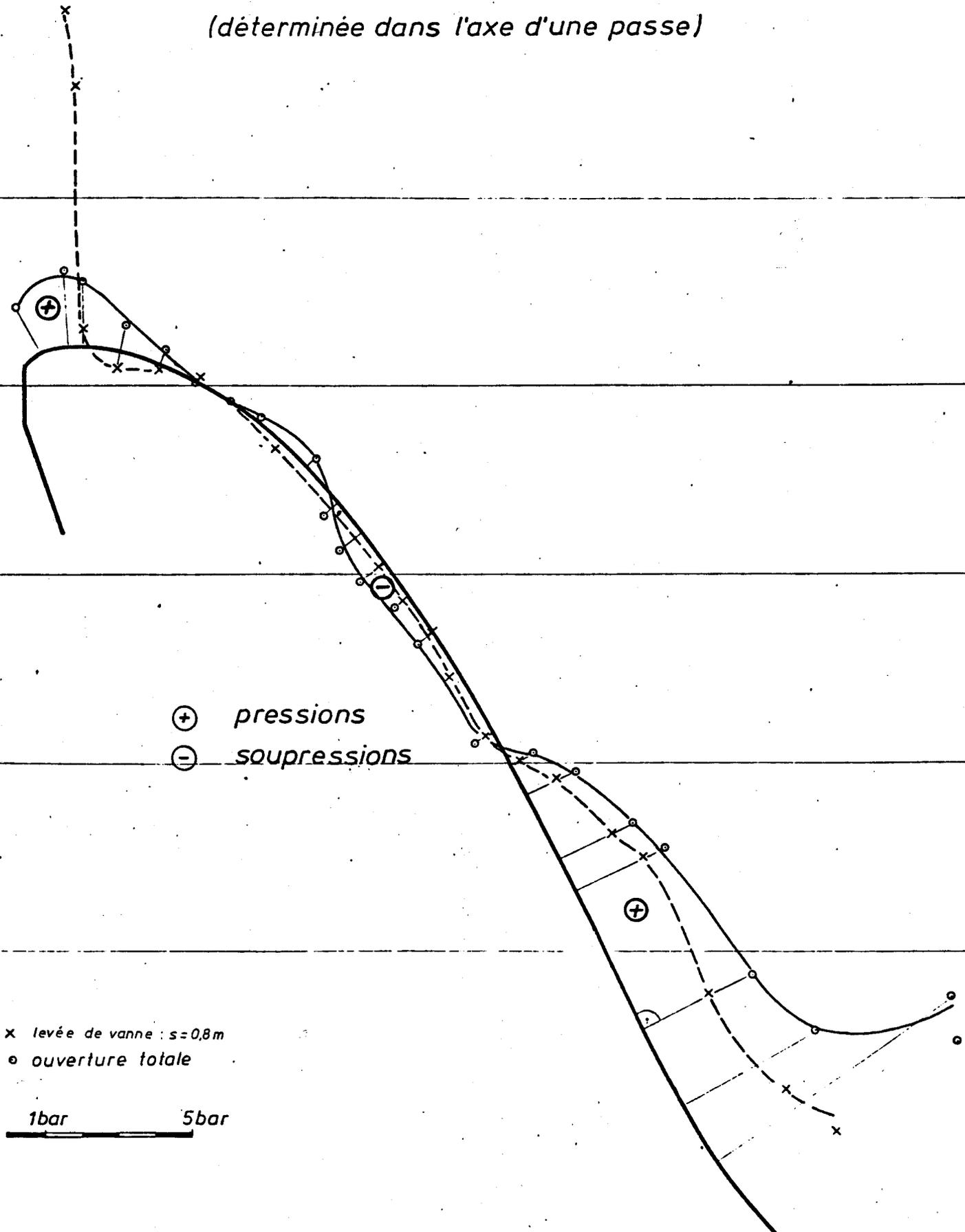
Capacité d'évacuation du déversoir en fonction du niveau  
de la retenue et des levées de vanne

( pour 1 passe )

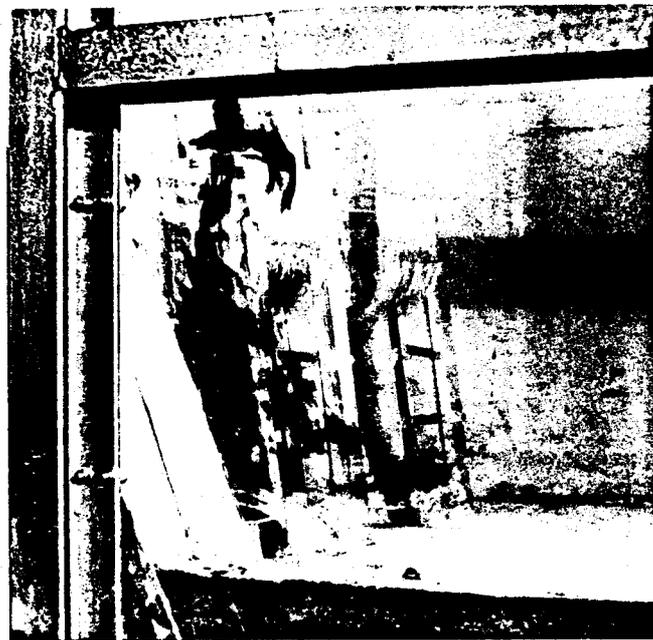


# Repartition des pressions sur le radier du deversoir

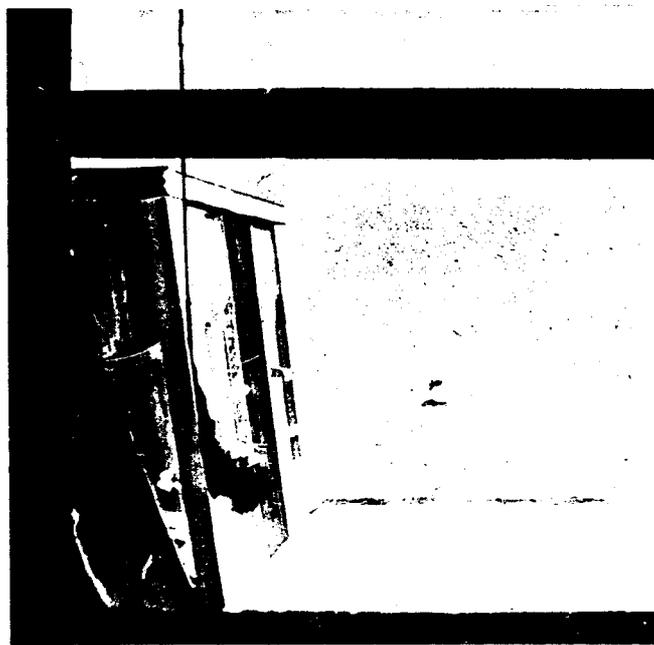
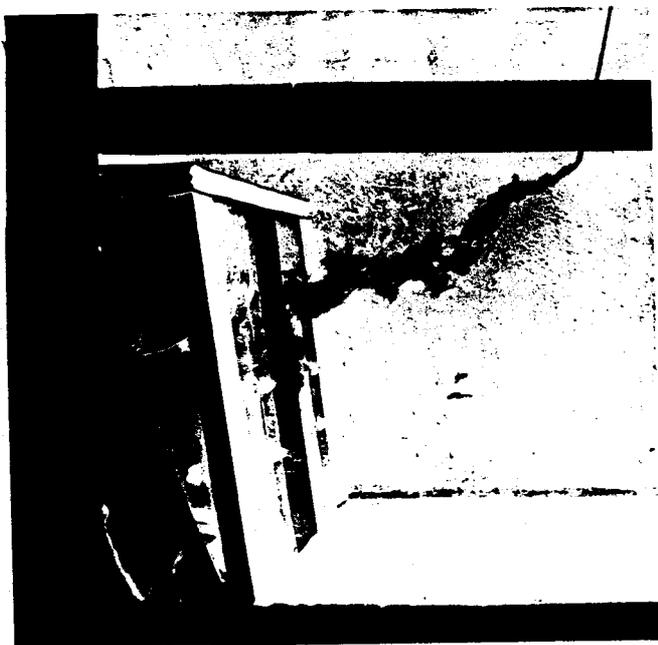
(déterminée dans l'axe d'une passe)



Conditions d'écoulement à l'entrée  
d'une vidange de demi-fond



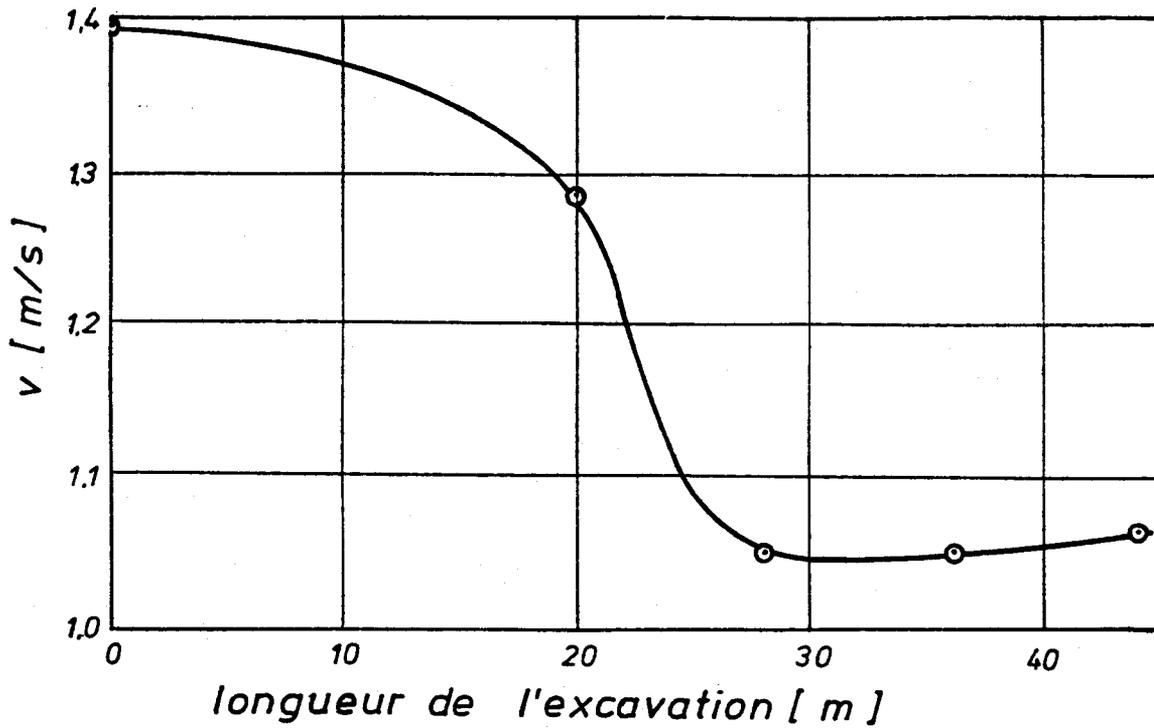
*forme initiale*



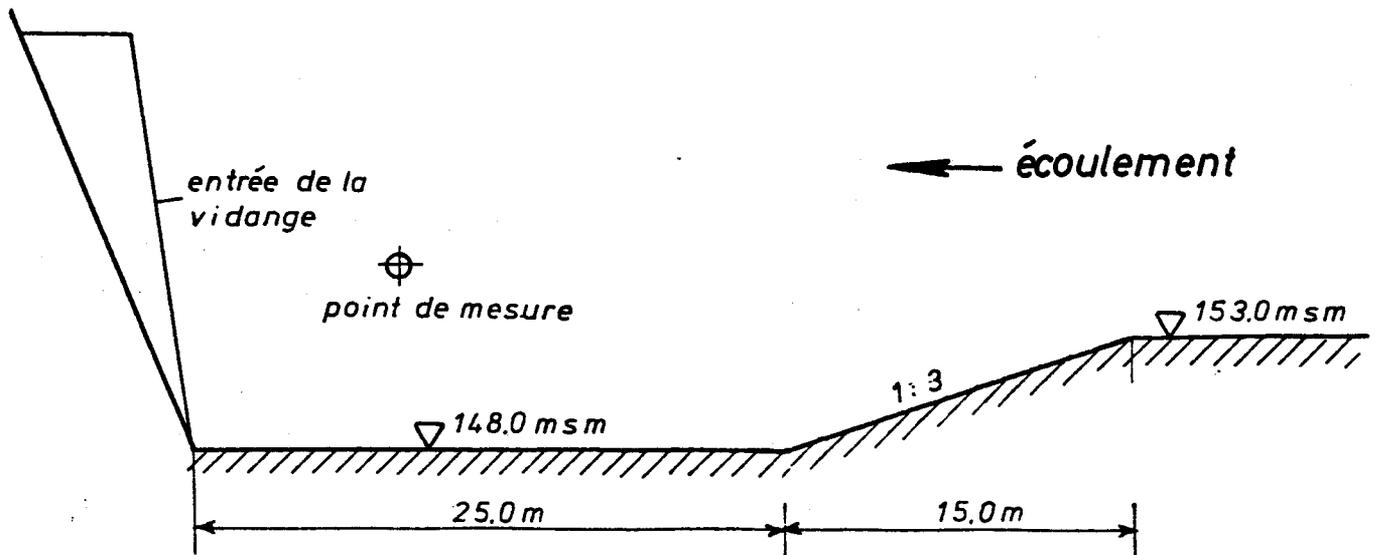
*forme proposée*

Détermination de la longueur optimale de l'excavation  
de la plate forme à l'amont des vidanges

(de la côte 153,0 à 148,0 msm)



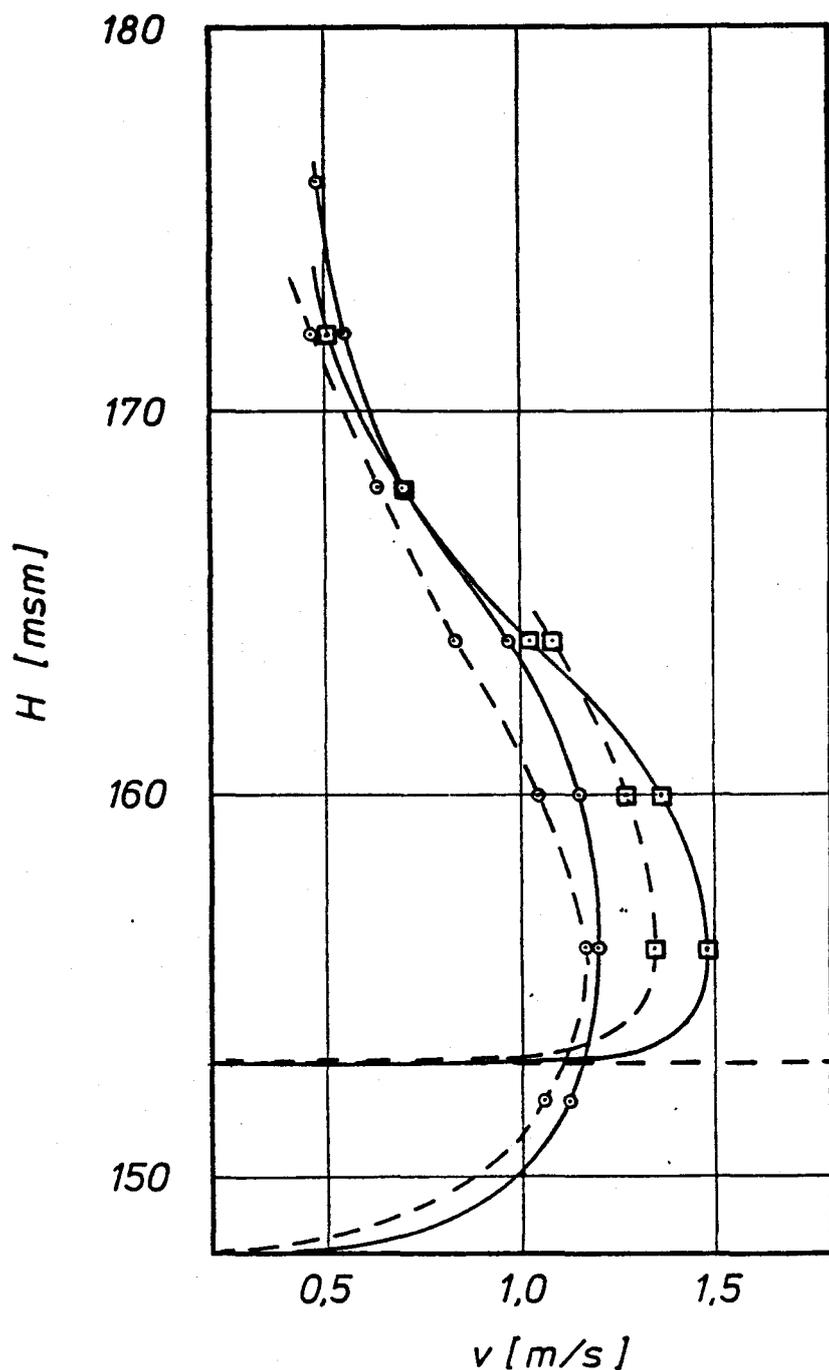
Vitesse de l'écoulement en fonction de la longueur de l'excavation



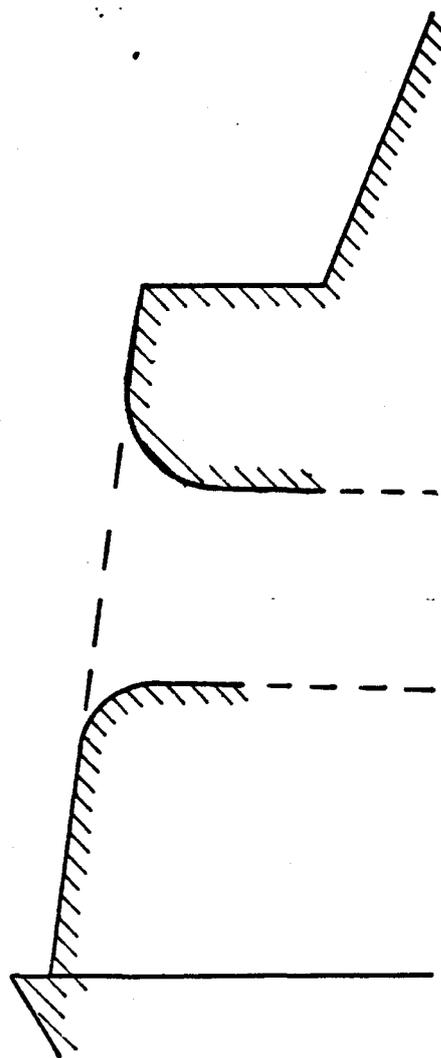
Profil propose pour l'excavation

Vitesses de l'écoulement à l'entrée  
d'une vidange de demi-fond

- |         |   |                           |
|---------|---|---------------------------|
| ○—○     | valeurs mesurées dans l'axe de l'entrée | } côte du terrain 148 msm |
| ○- - -○ | valeurs mesurées entre deux entrées     |                           |
| □—□     | valeurs mesurées dans l'axe de l'entrée | } côte du terrain 153 msm |
| □- - -□ | valeurs mesurées entre deux entrées     |                           |

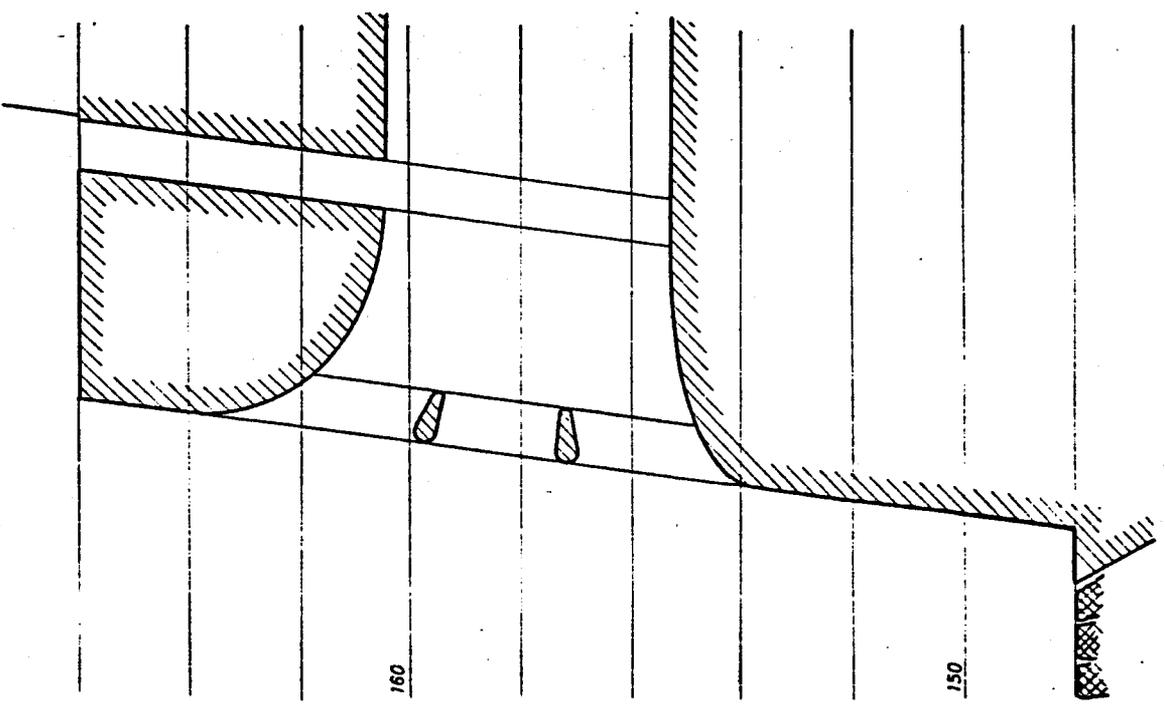


Coupe dans l'axe  
d'une vidange de demi-fond

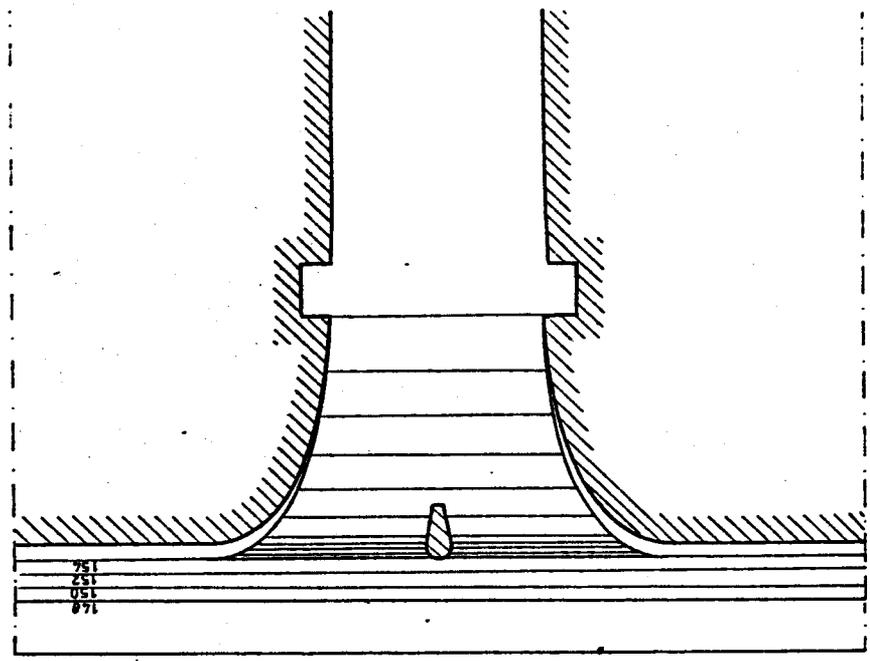


Forme proposée pour l'entrée d'une vidange de demi-fond

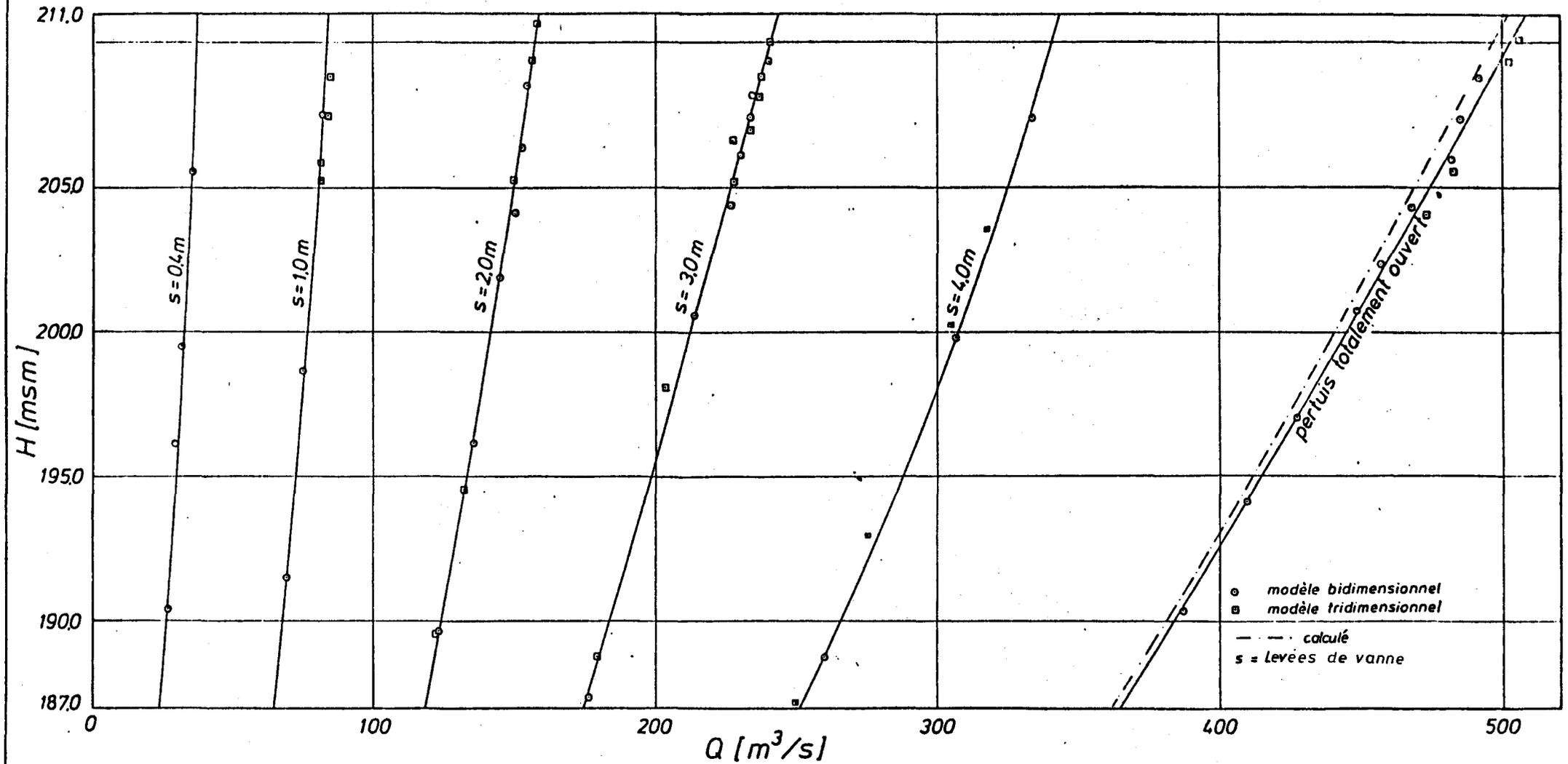
Coupe dans l'axe de l'entrée



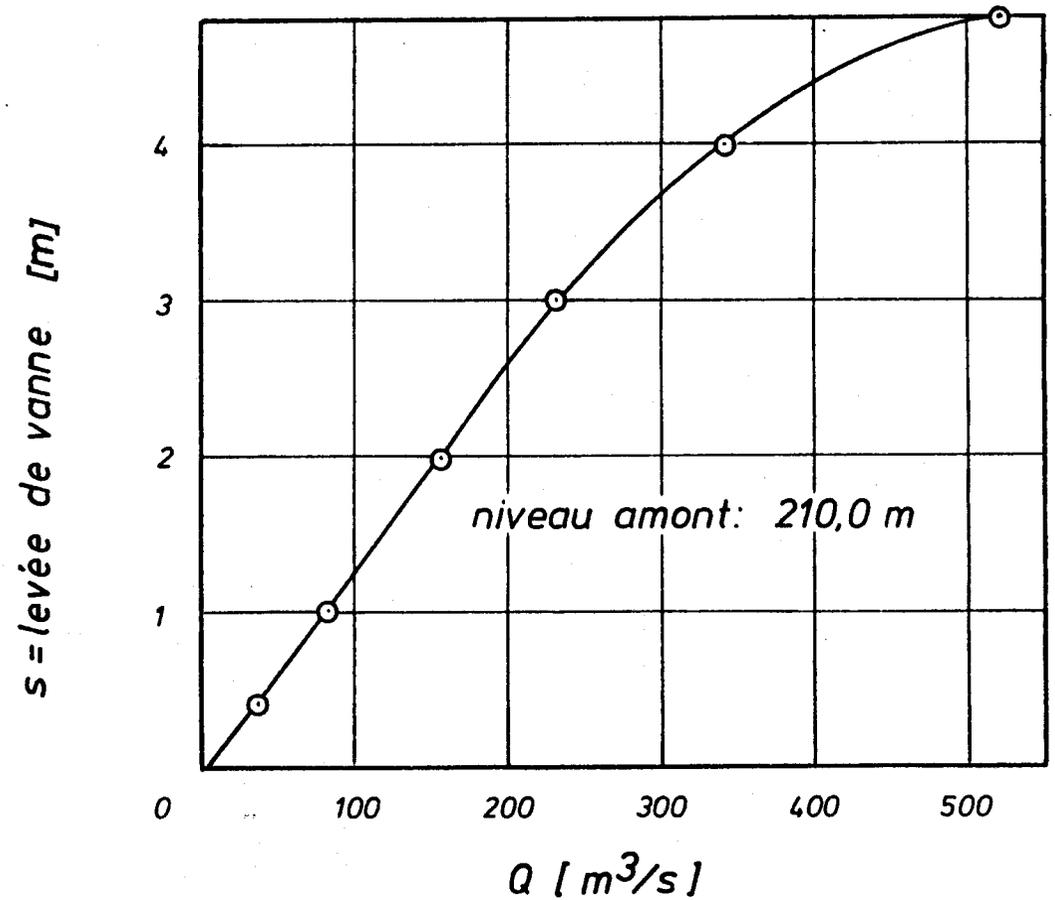
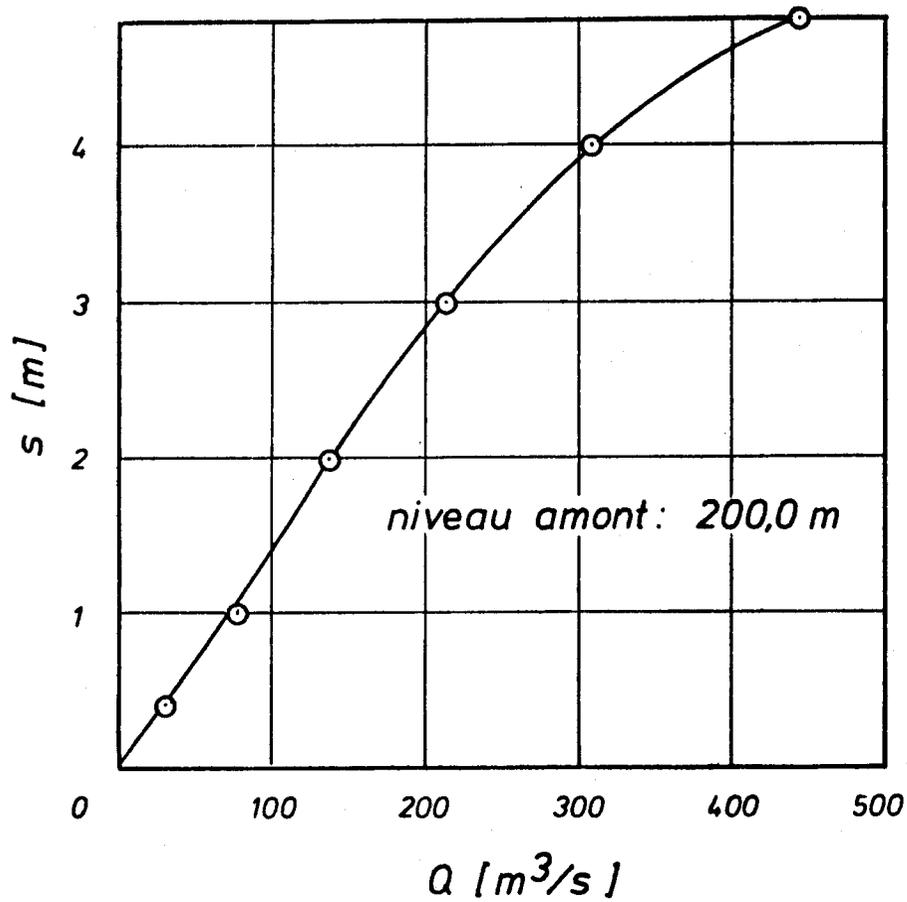
Coupe horizontale au niveau 156.0



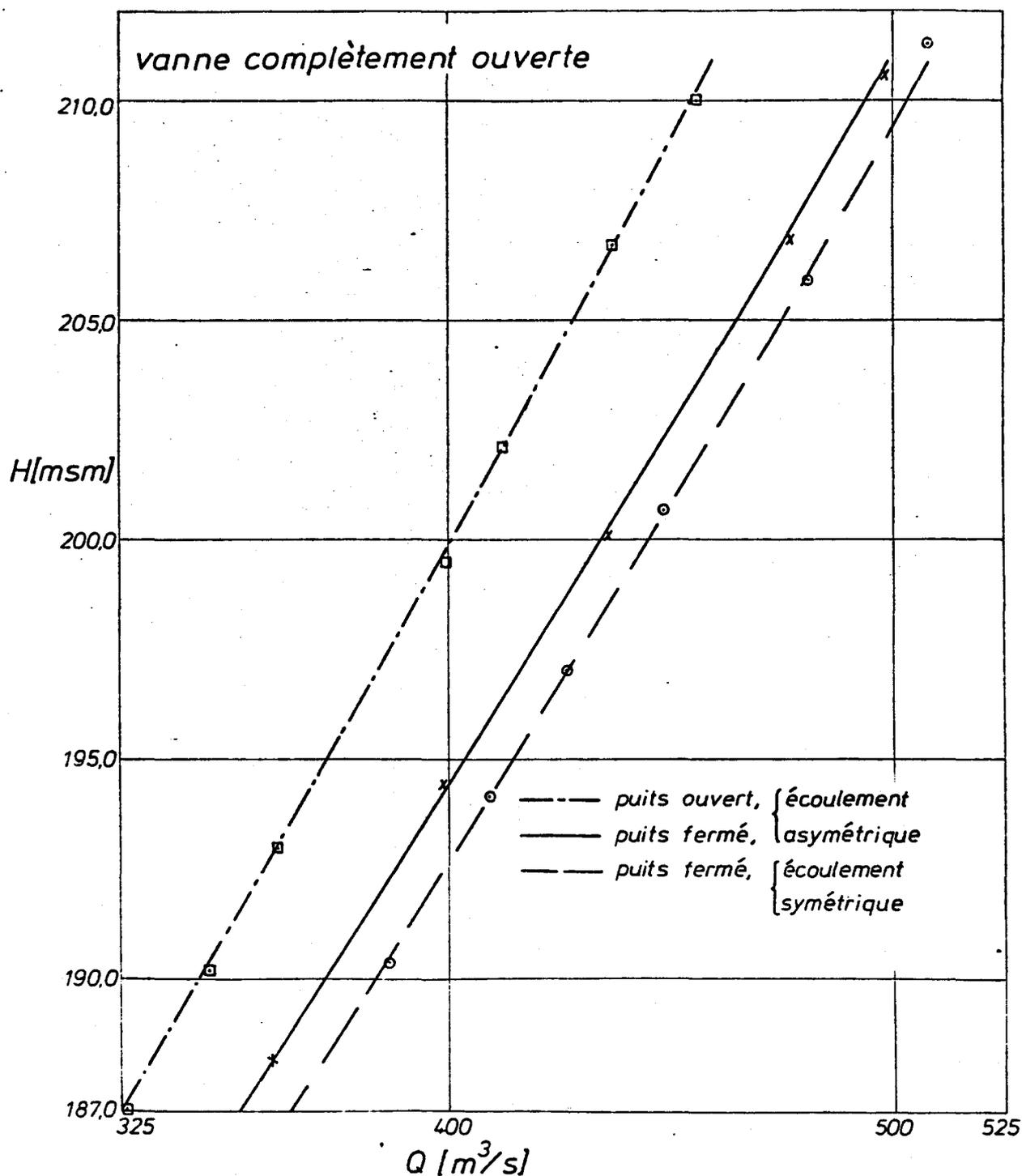
Capacité d'évacuation d'une vidange de demi-fond en fonction du niveau de la retenue et de l'ouverture du pertuis (écoulement symétrique)



Exemples d'interpolation pour la capacité d'évacuation  
d'une vidange de demi-fond

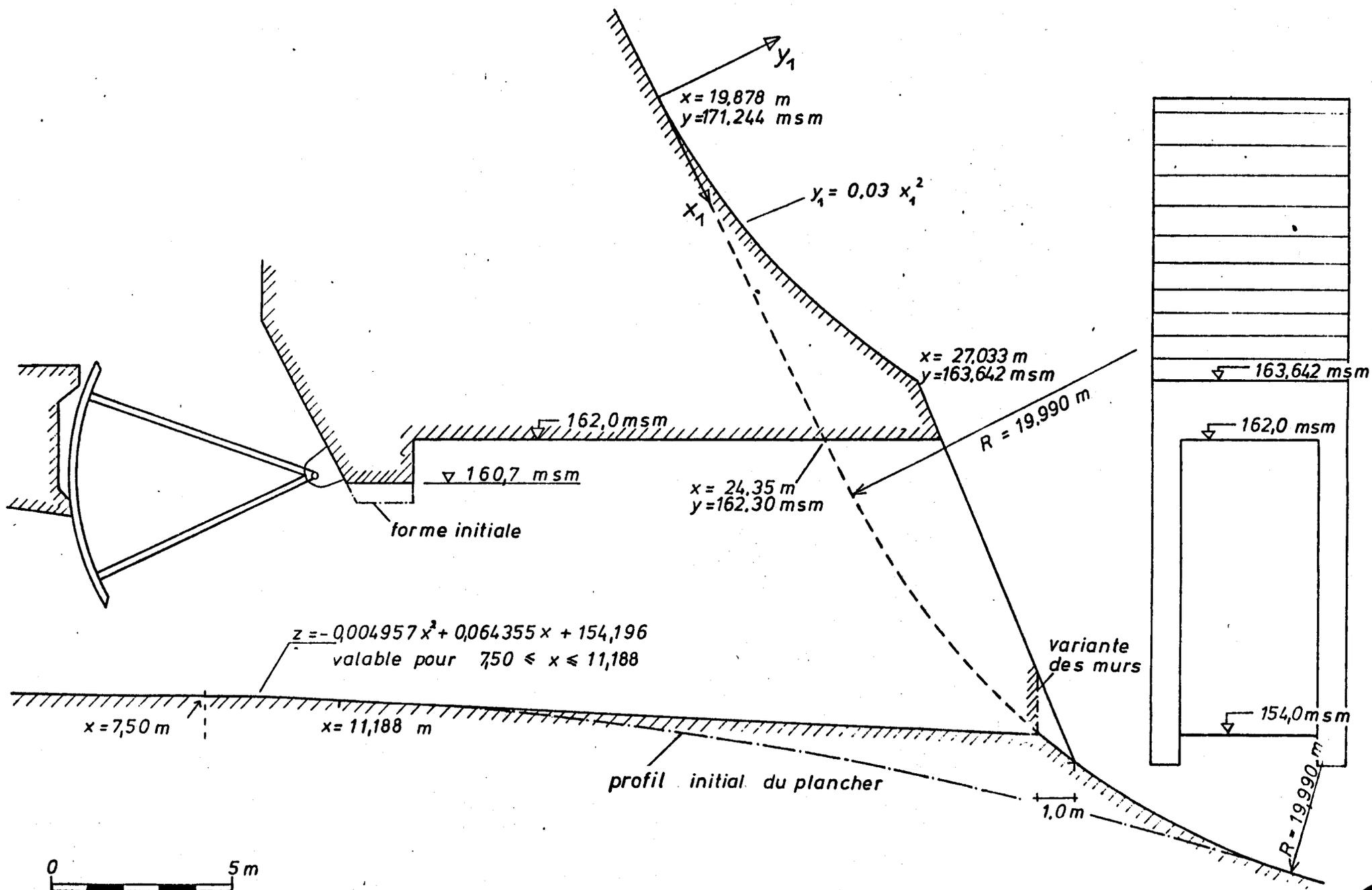


Influences du puits de la vanne de garde  
et de la nature de l'écoulement sur la  
capacité d'évacuation d'une vidange de demi-fond



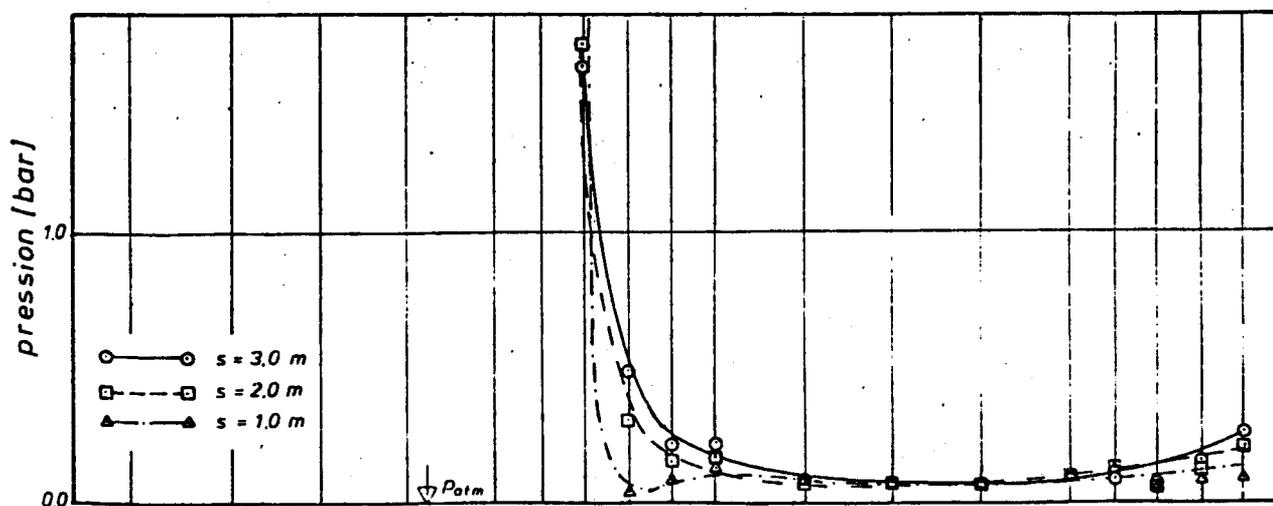
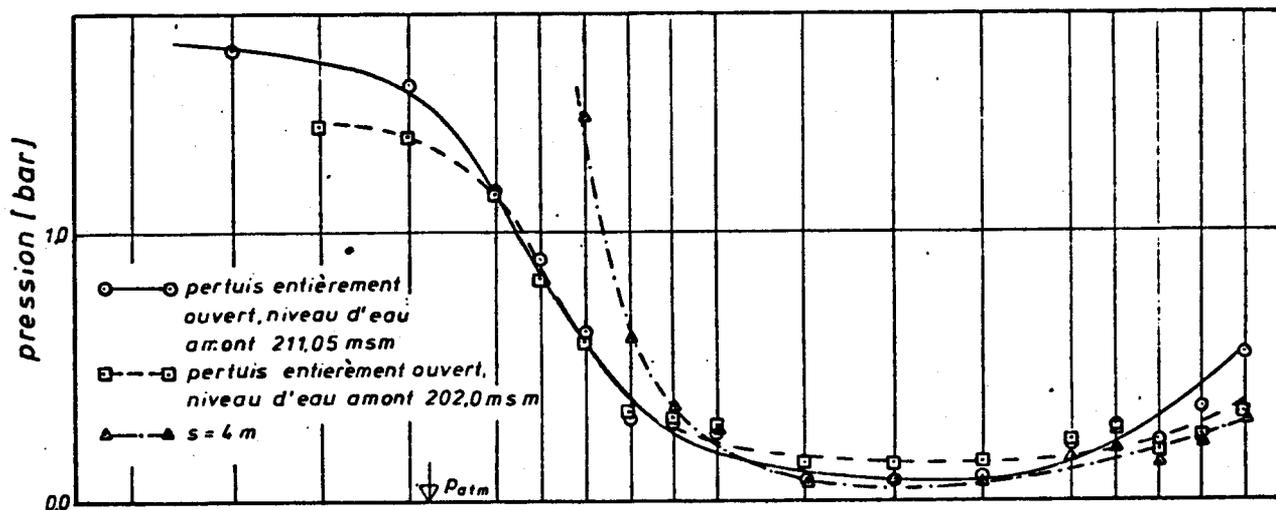
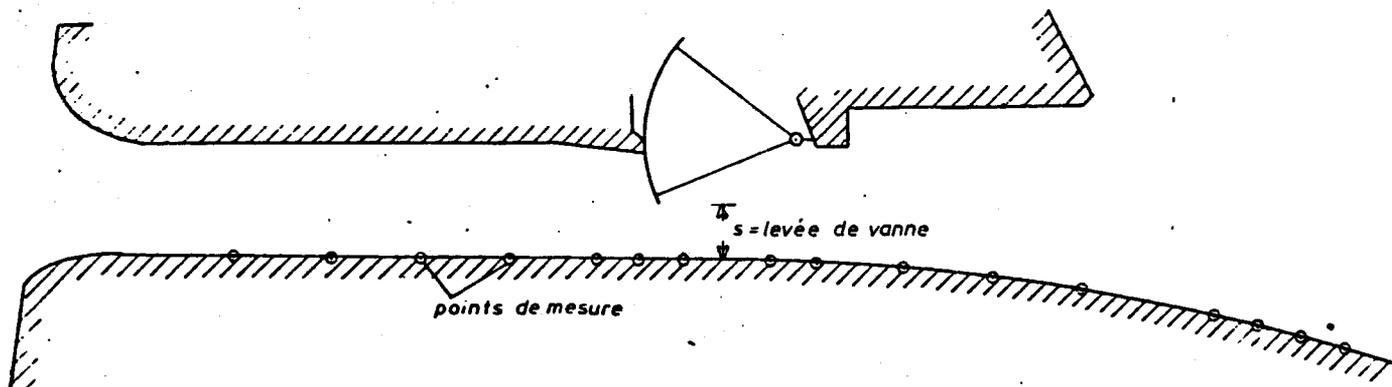
# Vidanges de demi-fond

(Profil proposée)

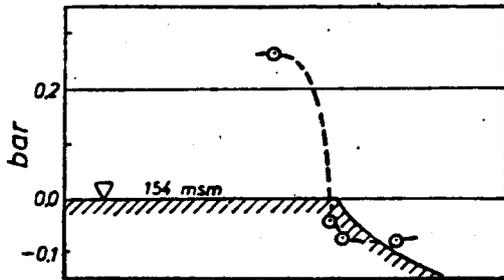


# Repartitions des pressions sur le radier d'une vidange de demi-fond

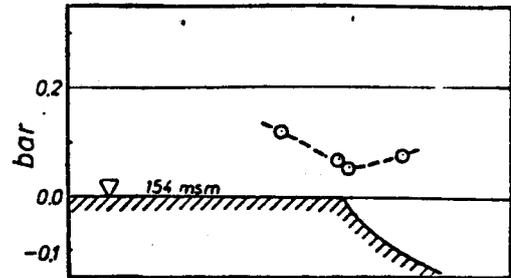
(Forme initiale)



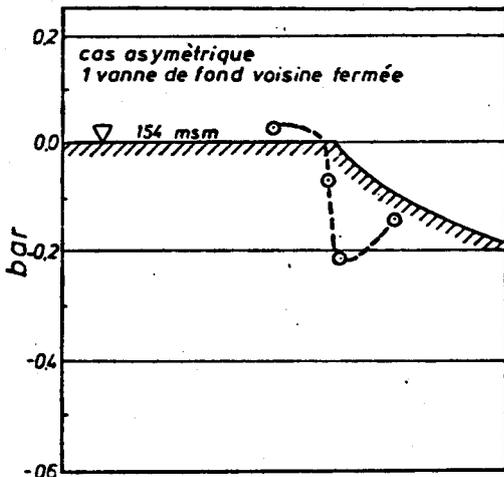
## Repartition des pressions à la sortie d'une vidange de demi-fond (Variante, voir Annexe 12)



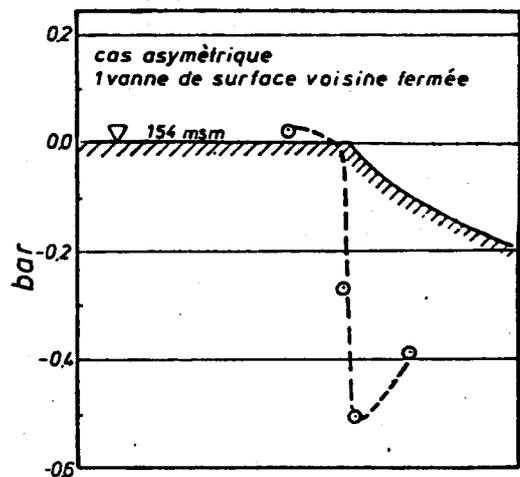
niveau amont: 205.0 m  
8 vannes de surface complètement ouvertes  
7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (2,2m)



niveau amont: 205.0 m  
toutes les vannes de surface fermées  
7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (4,1m)



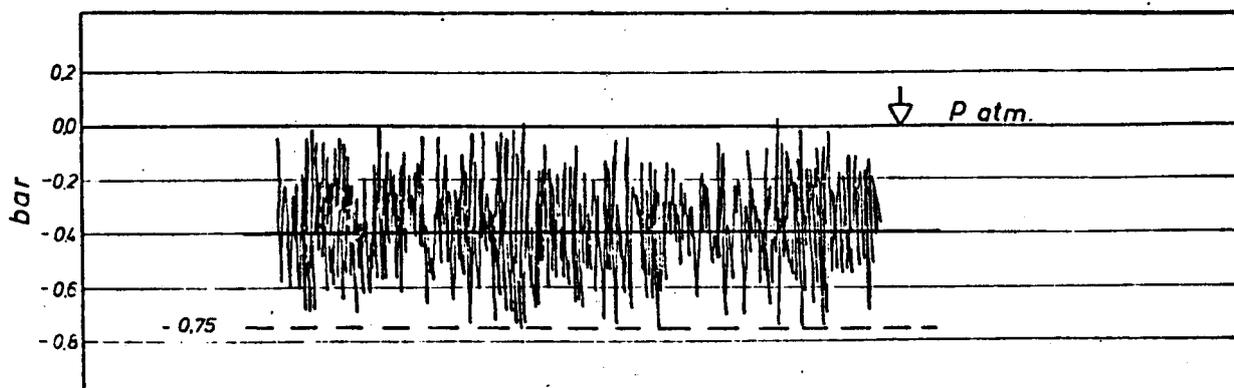
cas asymétrique  
1 vanne de fond voisine fermée  
niveau amont: 205.0 m  
toutes les vannes de surface fermées  
6 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (4,4m)



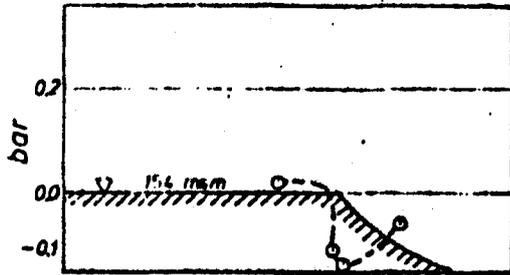
cas asymétrique  
1 vanne de surface voisine fermée  
niveau amont: 208.0 m  
6 vannes de surface partiellement ouvertes (2,1m)  
7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (3,15m)

### Fluctuations de pression

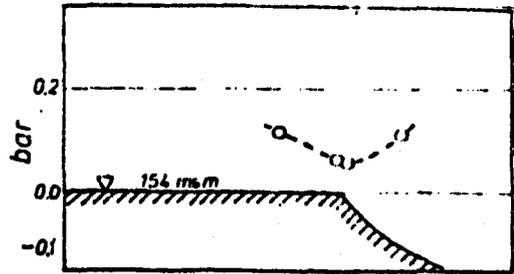
(cas le plus défavorable, écoulement asymétrique: 1 vanne de surface voisine fermée)



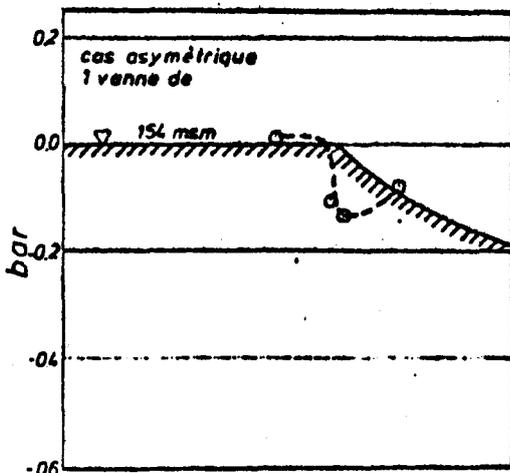
Repartition des pressions à la sortie d'une vidange de demi-fond  
(Forme proposée, voir Annexe 12)



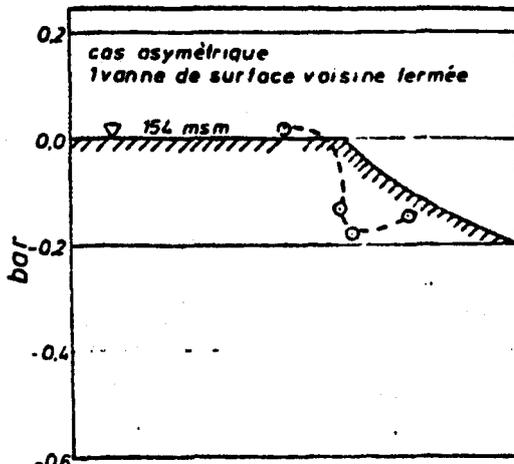
niveau amont: 205,0 m  
8 vannes de surface complètement ouvertes  
7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (2,2m)



niveau amont: 205,0 m  
toutes les vannes de surface fermées  
7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (4,1m)



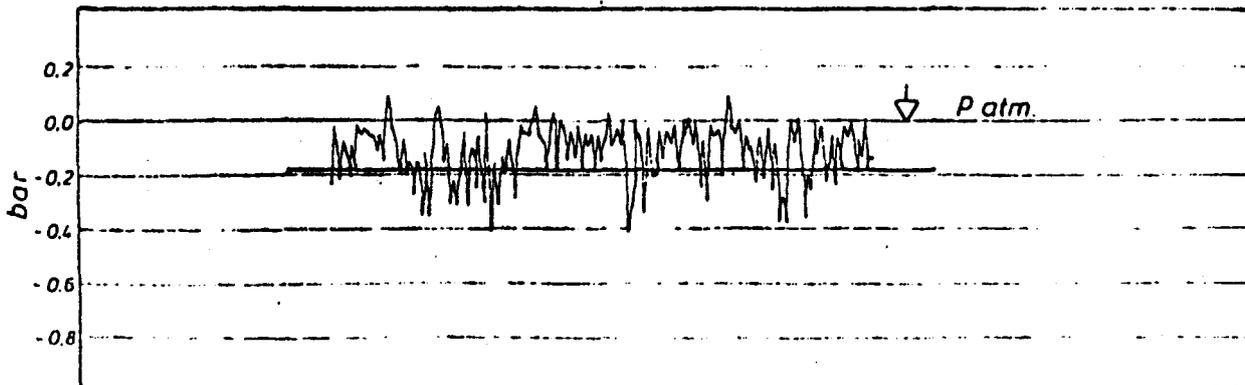
cas asymétrique  
1 vanne de  
niveau amont: 205,0 m  
toutes les vannes de surface fermées  
6 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (4,4m)



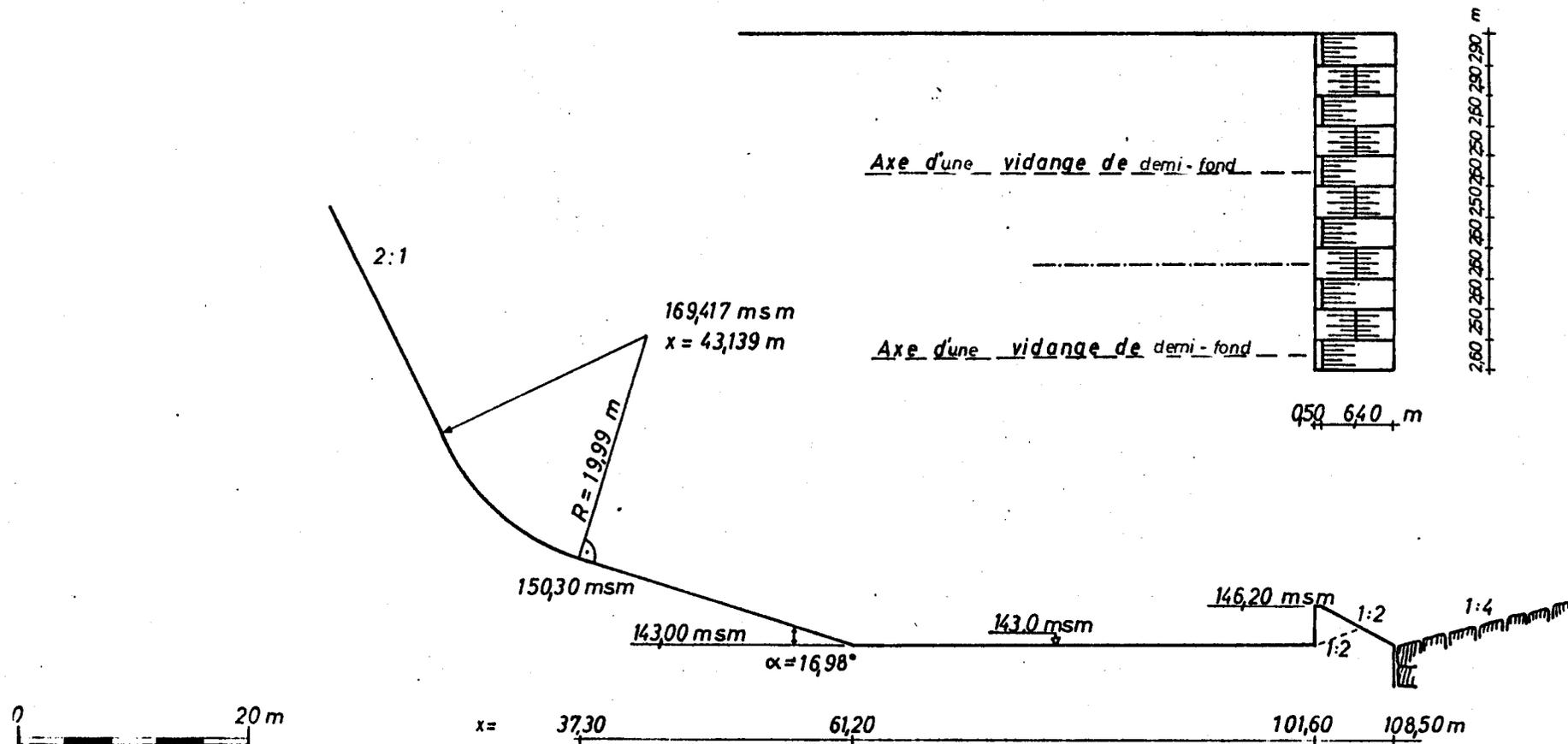
cas asymétrique  
1 vanne de surface voisine fermée  
niveau amont: 208,0 m  
6 vannes de surface partiellement ouvertes (2,1m)  
7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (11,5m)

Fluctuations de pression

(cas le plus défavorable, écoulement asymétrique: 1 vanne de surface voisine fermée)



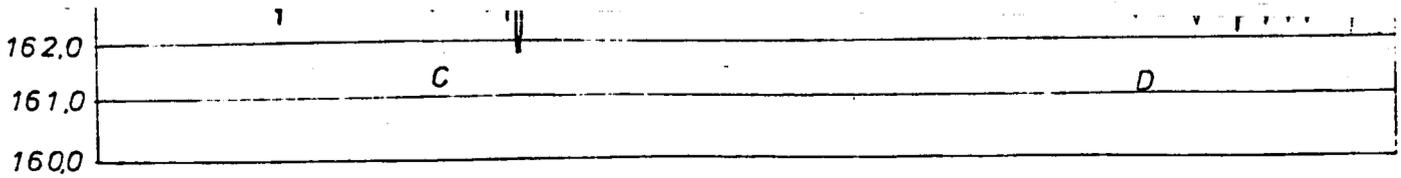
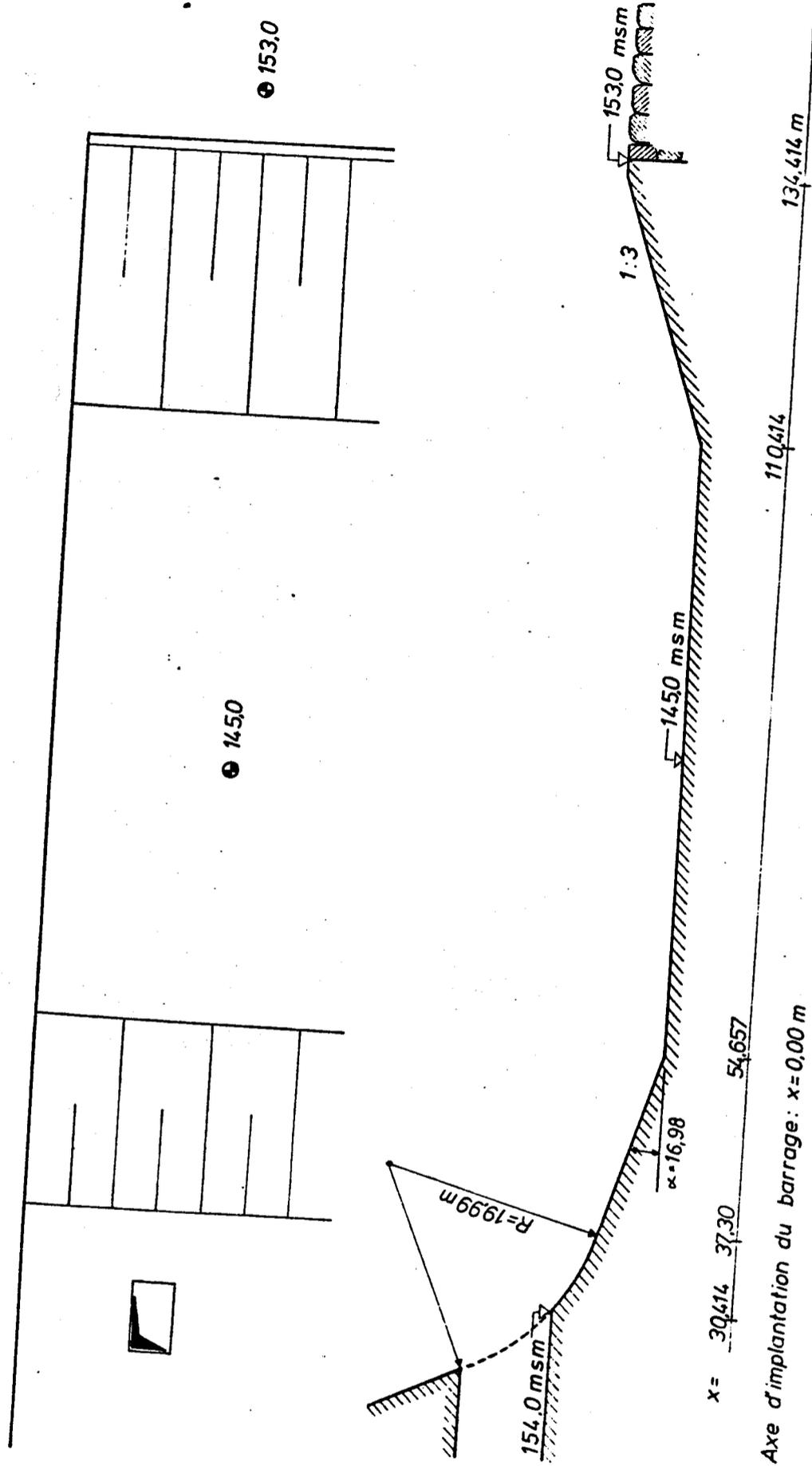
Formes hydrauliques



Axe d'implantation du barrage :  $x = 0,00 \text{ m}$

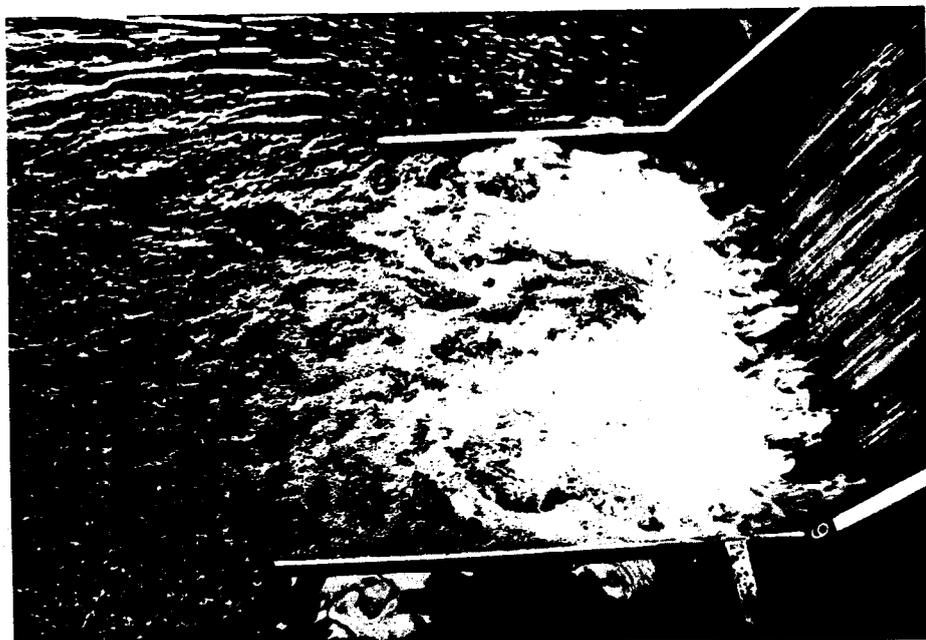
# Bassin d'amortissement propose

Formes hydrauliques

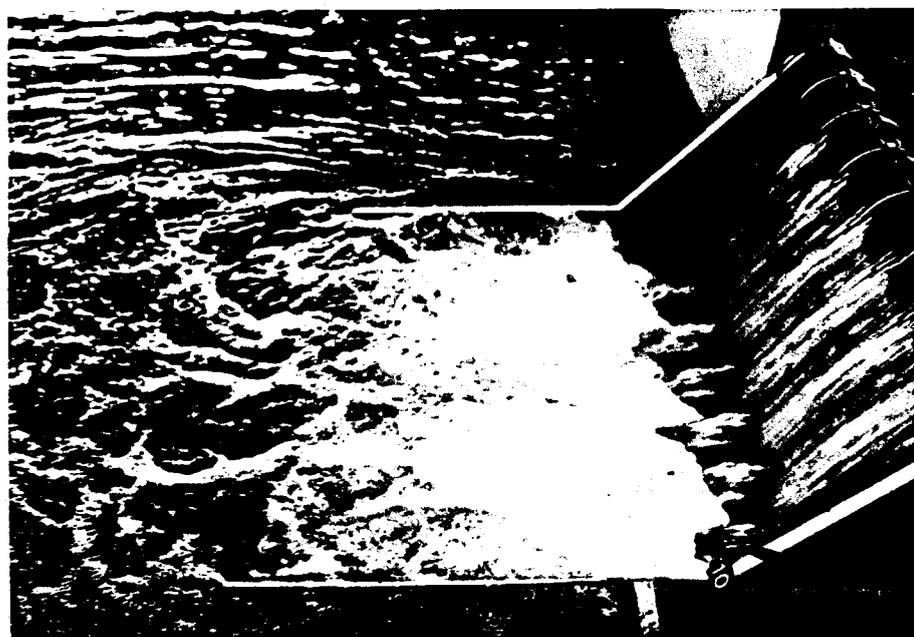


Exemples de mesures de fluctuations du niveau d'eau dans le bassin d'amortissement (niveau amont 211.0;  $Q = 5100 m^3/s$ )

Fonctionnement du bassin d'amortissement  
proposé

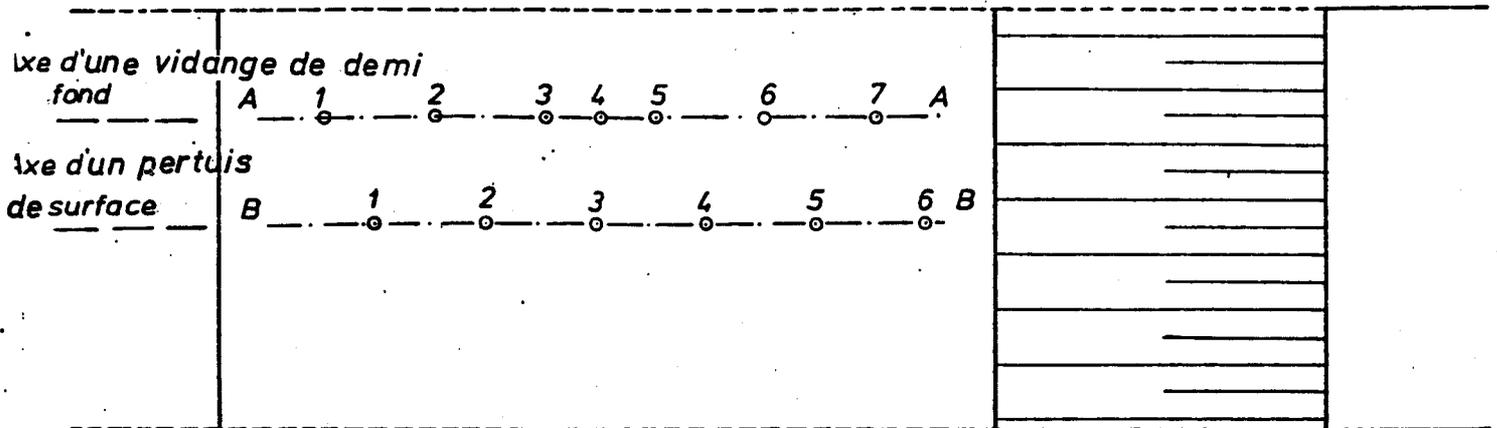


*évacuateur de surface complètement ouvert et vidanges partiellement ouvertes (1,6 m), débit: 4760 m<sup>3</sup>/s*

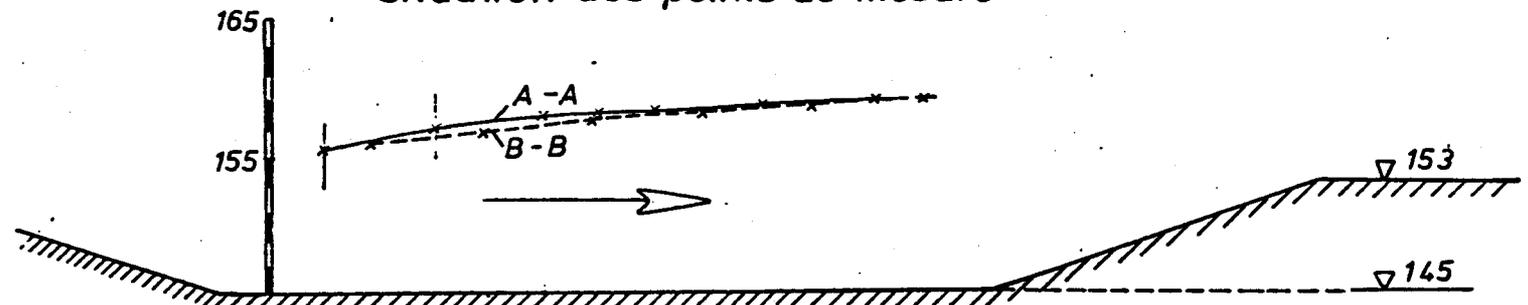


*évacuateur de surface et vidanges complètement ouverts, débit: 7100 m<sup>3</sup>/s*

# Repartition des pressions sur le plancher du bassin d'amortissement

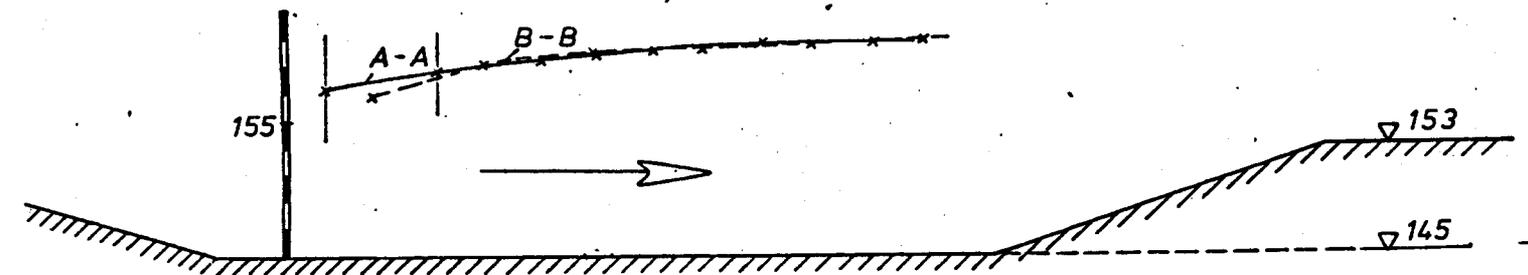


*Situation des points de mesure*



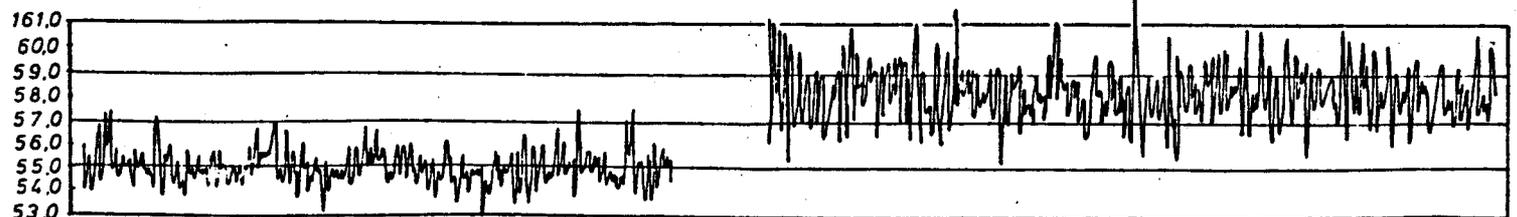
**Cas 1: Niveau amont 205.0,  $Q = 2500 \text{ m}^3/\text{s}$**

Toutes les vannes de surface fermées, 7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes  $\sim 4,10 \text{ m}$



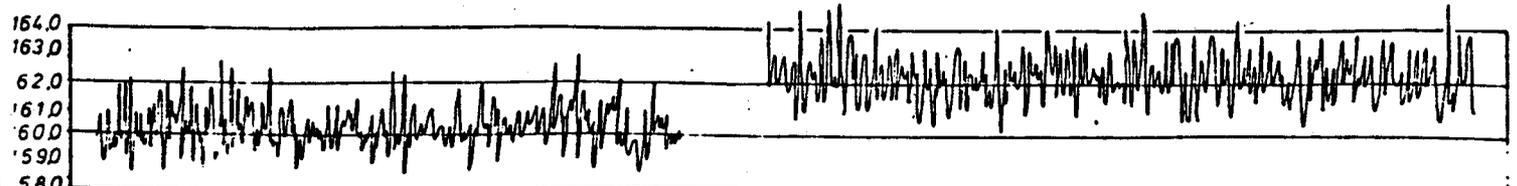
**Cas 2: Niveau amont 210.6  $Q = 4760 \text{ m}^3/\text{s}$**

8 vannes de surface complètement ouvertes ( $\sim 3520 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes ( $\sim 1,60 \text{ m}$ )



Cas 1: Point de mesure A1

Cas 2: Point de mesure A1

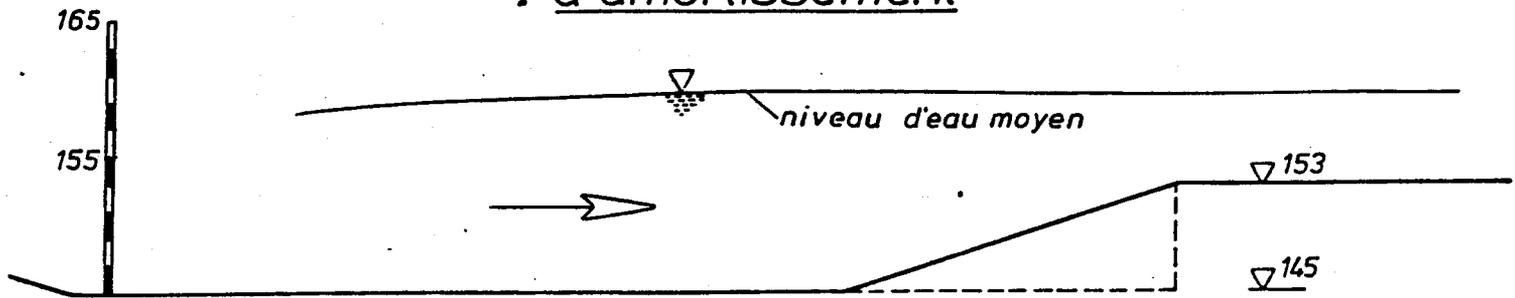


Cas 1: Point de mesure A2

Cas 2: Point de mesure A2

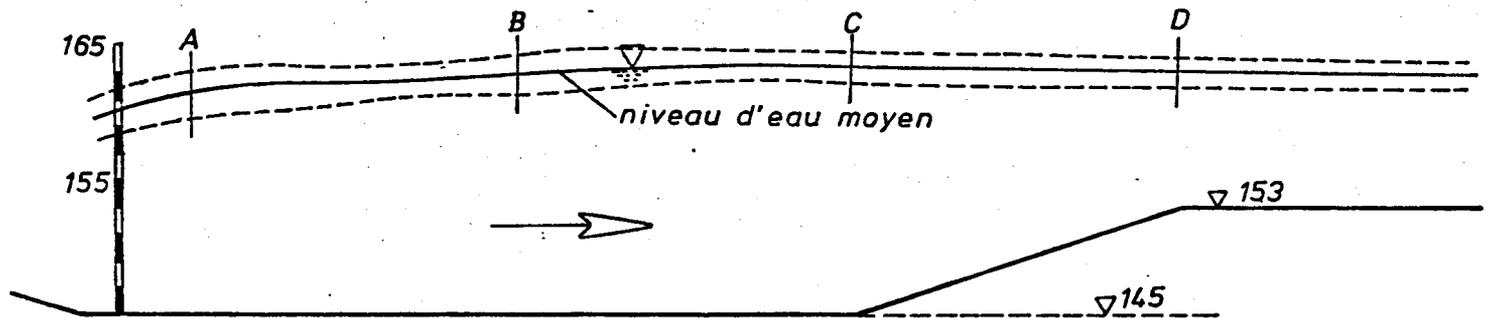
*Exemples de mesures des fluctuations de pression dans le bassin d'amortissement*

## Niveaux d'eau et leurs fluctuations dans le bassin d'amortissement



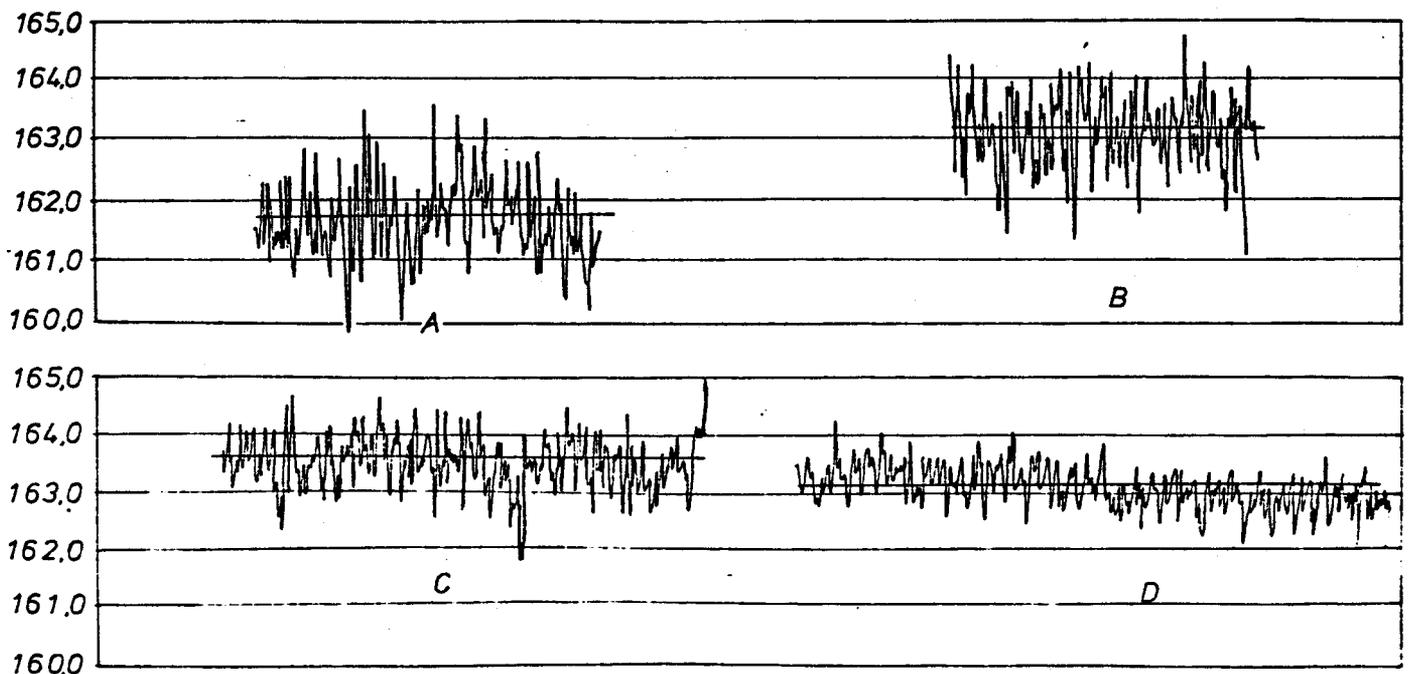
Niveau amont 205.0;  $Q = 2500 \text{ m}^3/\text{s}$

Toutes les vannes de surface fermées, 7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes ~ 4,10 m



Niveau amont 211.0;  $Q = 5100 \text{ m}^3/\text{s}$

8 vannes de surface complètement ouvertes, 7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes ~ 2,90 m



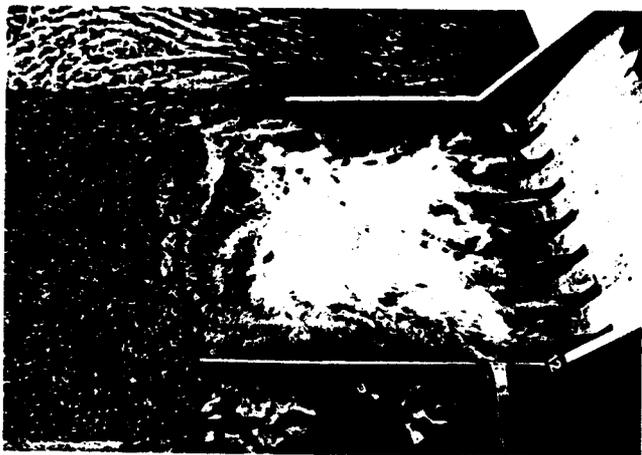
Exemples de mesures de fluctuations du niveau d'eau dans le bassin d'amortissement  
(niveau amont 211,0;  $Q = 5100 \text{ m}^3/\text{s}$ )

## Vidanges de demi-fond en operation

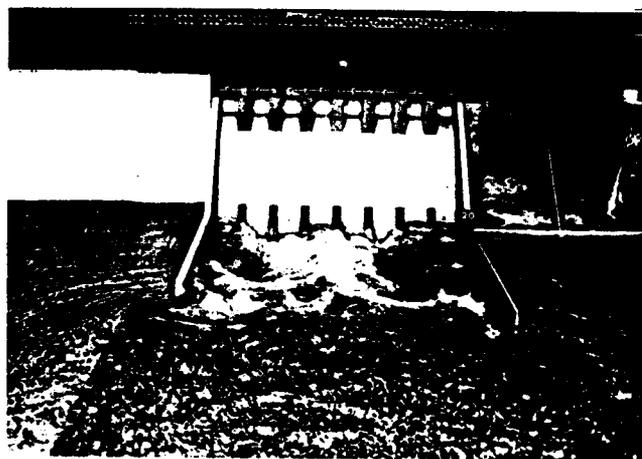
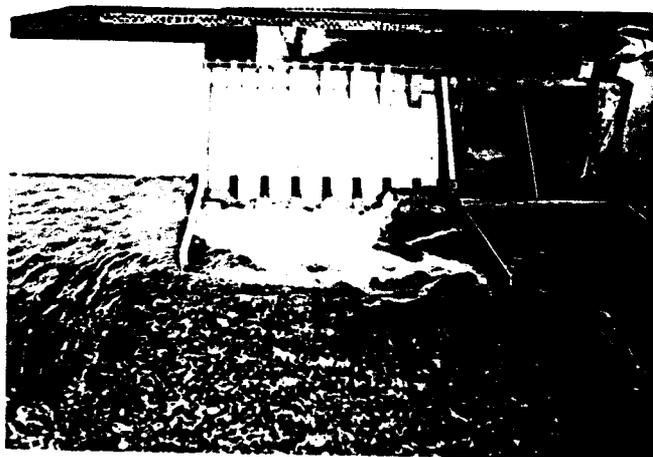
(niveau amont 205,0 msm, toutes les vannes de surface fermées)

profil proposé

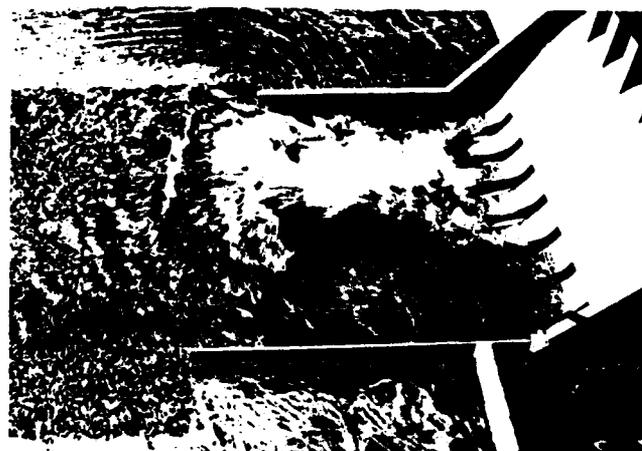
profil initial



7 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (4,10 m)



6 vannes de demi-fond partiellement ouvertes (4,4 m), 1 vanne fermée

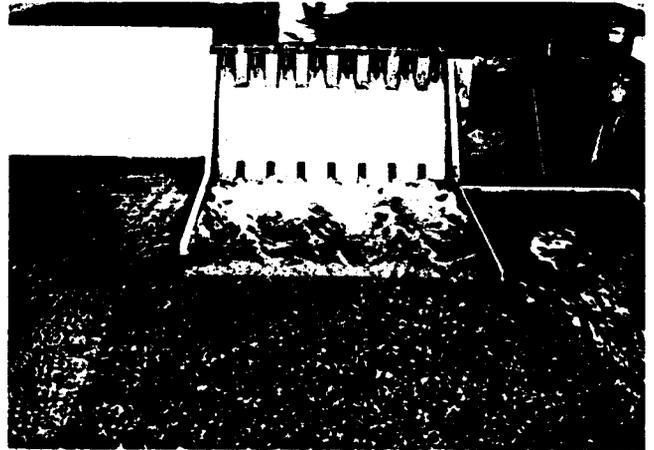
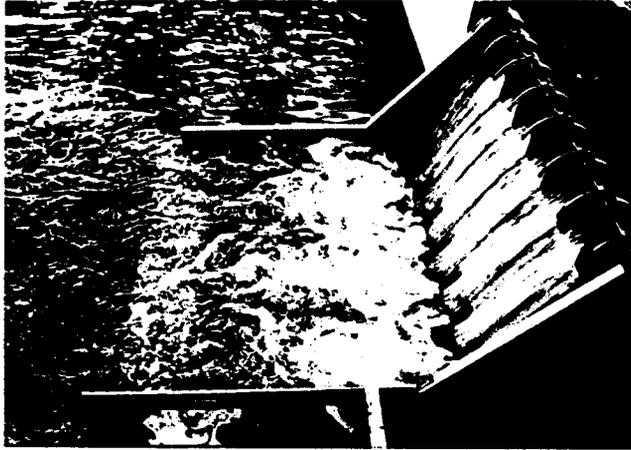


5 vannes de demi-fond entièrement ouvertes, 2 vannes fermées

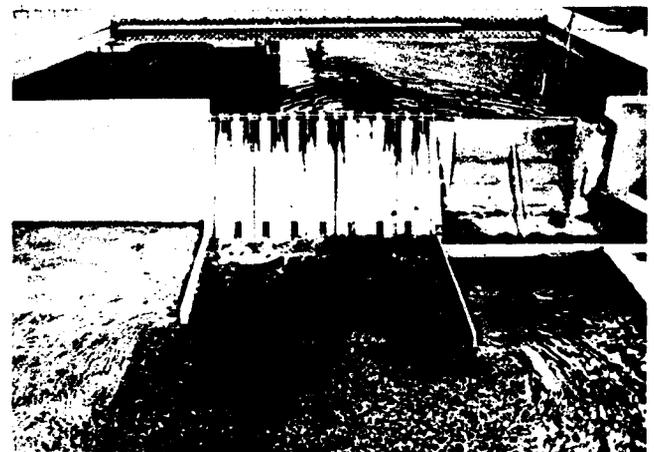
Opération inacceptable (voir "prescriptions d'exploitation")

Evacuateur de surface en opération

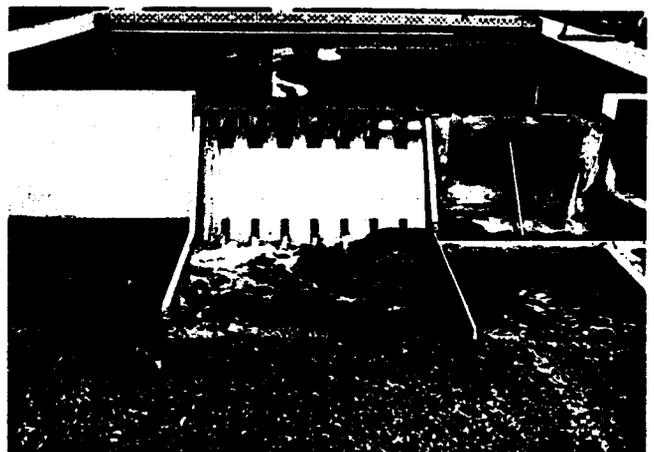
(niveau amont 210,0 msm, toutes les vannes de demi-fond fermées)



toutes les vannes de surface entièrement ouvertes



7 vannes entièrement ouvertes, 1 vanne fermée



6 vannes entièrement ouvertes, 2 vannes fermées