

وزارة الجامعات
Ministère aux Universitaires

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

2 ex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

GENIE HYDRAULIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ECOULEMENT SOUS UNE VANNE,
SURMONTANT UN SEUIL DEVERSANT
CAS D'UN SEUIL A FENTE ASPIRATRICE
MUNI DE PILES

Proposé par :
Mr B.BOUACHE

Etudié par :
Mr NAMOUCHI ALI

Dirigé par :
Mr M.BERKANI

PROMOTION
JUN 1991

وزارة الجامعات
Ministère aux Universitaires

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

GENIE HYDRAULIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ECOULEMENT SOUS UNE VANNE
SURMONTANT UN SEUIL DEVERSANT
CAS D'UN SEUIL A FENTE ASPIRATRICE
MUNI DE PILES

Proposé par :
Mr B.BOUACHE

Etudié par :
Mr NAMOUCHI ALI

Dirigé par :
Mr M.BERKANI

PROMOTION
JUN 1991

À mes enseignants

*Alors qu' il vient d' obtenir le prix Nobel,
Camus écrit le 19 Novembre 1957, à M. Germain son
ancien instituteur.*

"Quand j' ai appris la nouvelle, ma première pensée, après ma mère a été pour vous. Sans vous, sans cette main affectueuse que vous avez tendue au petit enfant pauvre que j'étais, sans votre enseignement et votre exemple, rien de tout cela ne serait arrivé. Je ne me fait pas un monde de cette sorte d' honneur. Mais celui-là est du moins une occasion pour vous dire ce que vous avez été et êtes toujours pour moi, et pour vous assurer que vos efforts, votre travail et le coeur généreux que vous y mettiez sont toujours vivants chez l' un de vos petits écoliers qui, malgré l'âge, n' a pas cessé d' être votre reconnaissant élève."

A. CAMUS

Remerciements

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Enfin, il me reste le plus agréable à accomplir, c'est à dire à remercier chaleureusement ceux qui ont participé à l'élaboration de cette thèse: M^R BERKANI, du plaisir et de l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'être mon promoteur et, qui, par ailleurs, a bien voulu procéder à l'examen critique de cette étude.

M^{lle} BENMAMAR, du privilège qu'elle m'a accordé en acceptant de lire ce travail et du soin particulier qu'elle a apporté à la correction du texte.

M^R DECHMI, M^R BIRMAD, M^R MERABTENE, M^R CHAMBAZ, et M^R BENZIADA de l'aide appréciable qu'il m'ont apporté en ce qui concerne la réalisation du modèle et la saisie du texte de cette thèse.

M^R ABDERRAHIM pour son aide précieuse et l'encouragement qu'il m'a témoigné durant la réalisation du modèle.

M^R MELBOUCY pour son aide appréciable et son soutien au cours des expériences.

Mes derniers remerciements, mais non les moindres, vont à M^{lles} BENMILUOD, qui ont si patiemment apporté un soin particulier à la correction et à la saisie du texte et qui m'ont grandement aidé à améliorer la clarté de la présentation.

Sommaire

SOMMAIRE

SOMMAIRE

CHAPITRE I
 ECOULEMENT PAR LES DEVERSOIRS

I.1.	GENERALITES.....	6
I.2.	DEFINITION.....	7
I.3.	TYPES DE DEVERSOIRS.....	7
I.3.1.	Deversoir a mince paroi ou acrete mince;;.....	8
I.3.2.	Deversoir a mince epais.....	8
I.3.3.	Deversoir au profil curviligne.....	09
I.4.	RECHERCHE DU PROFIL TYPE D'UN DEVERSOIR.....	10
I.4.1.	Geometrie de la nappe inferieure.....	
I.4.1.5.	Deversoir du type Bazin.....	14
I.4.1.6.	Profil deprime avec aspiration de la cuche limite.....	15
I.5.	EFFET DE LA CHARGE SUR LE DEVERSOIR.....	16
I.6.	INFLUENCE DE LA COUREURE DE LA TRAJECTOIRE.....	18
I.6.1.	Gradient transversal des pressions.....	18
I.6.2.	Gradient transversal des vitesses.....	19
I.6.3.	Effet de la force centrifuge.....	20
I.7.	NOTION DE LA COUCHE LIMITE.....	21

I.7. .Generalites.....	21
I.7.2.Decollement de la couche_limite.....	22
I.7.3.4Aspiration de la couche_limite.....	24
I.8. ETUDE DES PHENOMENES D'ENTRAINEMENT D'AIR.....	25
I.8. .Cavitation.....	25
I.8. . .Description physique de la cavitation.	25
I.8.2.Les phenomenes d'entrainement d'air.....	26
I.8.2. .Description.....	26

CHAPITRE II

PROFIL DEVERSANT SURMONTE D'UNE VANNE

II. .GENERALITES.....	30
II.2. VANNE PLANE VERTICALE.....??...	31
II.3. ETUDE DE L'ECOULEMENT.....	33
II.3 .Etude de l'ecoulement pour une vanne partiel_	
lement ouverte.....	34

II.3.2.Observation expérimentale.....	35
II.3.3.Expression du débit.....	36
II.3.3.1.Formule de Toricelli.....	36

CHAPITRE III

DEVERSOIRS AVEC PILES

III.1.GENERALITES.....	40
III.2.FORME OPTIMUM DES PROFILS/PROFIL AERODYNAMIQUE..	41
III.2.1.Etude expérimentale de la forme des lignes de courant.....	42
III.2.2.Corps fuseles;;;.....	42
III.2.3.Profil aerodynamique de joukovsky;;;:..	42
III.3.ETUDE DESCRIPTIVE	45
III.3.1.DIVERS TYPES D'ECOULEMENT.....	45
III.3.2.Etude qualitative des lignes d'eau.....	46
III.3.3.Calcul du remous d'exhaussement.....	49
III.3.3.1.Methode d'Aubuisson//.....	49
III.3.3.2.Methode de Rehbock.....	50

CHAPITRE IV

ETUDE EXPERIMENTALE

IV.1. DESCRIPTION DELL'INSTALLATION.....	52
IV.2. DESCRIPTION DU MODELE.....	52
IV.3. SIMILITUDE ENTRE MODELE ET CONDITIONS REELLES..	5 55
IV.3.1. LOIS DE SIMILITUDE.....	58
IV.4. ETUDE SUR MODELE.....	59
IV.5. PRESENTATION DES RESULTATS.....	60
IV.5.1. Etude de la repartition des pressions sur le seuil;;.....	60
IV.5.2. Etude du coefficient de debit;.....	60
IV.5.3. Influence des des piles et de vanne.....	61
IV.5.3.1. Etude des piles.....	61
IV.5.3.2. Etude de la vanne.....	61

CONCLUSION GENERALE

CNCLUSION GENERALE.F.....	76
---------------------------	----

Introduction

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

INTRODUCTION

"Un déversoir est un obstacle ou une partie de celui-ci qui est placé sur toute la largeur d'une veine liquide à surface libre et ne permet ainsi un écoulement que par dessus son arrête supérieure.

Selon le rôle que l'on attribue à ces ouvrages, leurs dimensions mais aussi leur forme sont différentes.

Lorsqu'il s'agit de barrage déversoir, le but essentiel est de provoquer une surélévation du plan d'eau amont mais ils doivent aussi assurer l'évacuation des gros débits de crues exceptionnelles. Le problème majeur concerne alors la résistance mécanique et la stabilité du barrage soumis à des forces et à des vibrations dont certaines proviennent de l'écoulement par déversement au dessus de l'ouvrage. Par contre une application très répandue de déversoir concerne la mesure de débit dans les écoulements à surface libre. Il s'agit alors d'ouvrages plus petits mais pour lesquels on doit connaître la loi de débit avec précision.

Suivant ces deux rôles, nous nous intéressons au déversoir en tant que barrage déversoir et plus particulièrement à l'effet de la lame déversante sur la stabilité de ce dernier."^(*)

Les propriétés de l'écoulement dépendent de sa forme géométrique.

(*) BERKANI

Aussi la réalisation de la surface du déversoir nécessite autant de soin que tout le déversoir.

Le profil adopté ne doit pas donner naissance à des dépressions risquant d'entraîner des conséquences néfastes.

A cette notion s'ajoute un coefficient de débit aussi élevé que possible.

C'est sous ces deux aspects et avec une sécurité supplémentaire que GREAGER a réalisé son profil pratique.

Celui-ci est peu employé en pratique en raison des risques d'instabilité de la lame déversante pour des coefficients de débit élevés.

De plus sa réalisation est si délicate qu'elle risque d'entraîner des dépenses importantes.

C'est dans cet esprit que nous cherchons à réaliser un seuil non profilé du type à crête circulaire avec parement aval plan incliné à 45°.

La forme envisagée pour le seuil présente un avantage constructif certain.

Très souvent dans la pratique, les seuils déversants sont surmontés par des vannes permettant de maintenir le plan d'eau en amont du déversoir à la cote atteinte lors du passage des plus hautes eaux. Dans ce cas, un déversoir de largeur importante est subdivisé par des piles qui servent de supports aux vannes.

Nous avons voulu nous rendre compte de l'influence des perturbations produites, d'une part par des piles, d'autre part par les vannes sur les conditions d'écoulement.

C'est dans cet esprit que s'inscrit notre présente étude. Celle-ci comporte cinq parties essentielles :

la première partie traite l'écoulement par les déversoirs. Quant au second chapitre, on y fait une description des déversoirs contrôlés par des vannes.

Le troisième chapitre concerne les déversoirs avec piles, on introduit dans le quatrième chapitre l'expérimentation.

Nous résumons dans le cinquième chapitre les résultats obtenus dans cette étude expérimentale.

Nous allons examiner l'écoulement du point de vue stabilité de la lame déversante et l'emplacement optimum de la vanne sur le seuil.

Chapitre I

ÉCOULEMENT

PAR LES DEVERSOIRS

CHAPITRE I

ÉCOULEMENT PAR LES DEVERSOIRS

I.1 GENERALITES:

Les déversoirs, jouent un rôle important dans les constructions hydrauliques.

Ils sont utilisés comme évacuateurs de crues et comme régulateurs du plan d'eau.

Les formes géométriques les plus importantes sont représentées à la (fig.I.1)

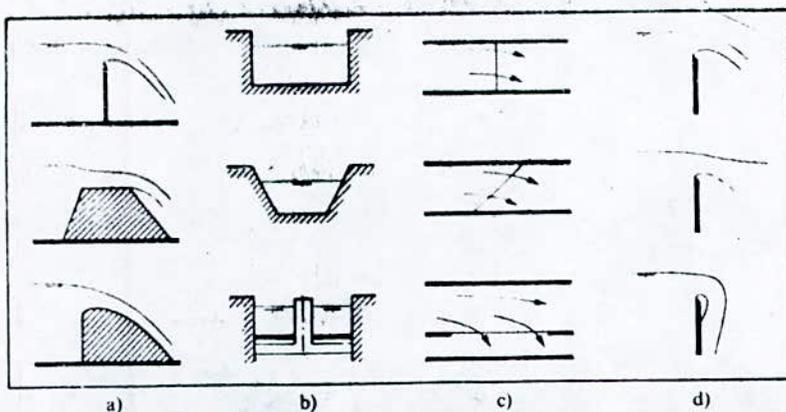


fig.I.1 Types de déversoirs

a) coupe longitudinale (en mince paroi, à seuil épais et à crête arrondie)

b) coupe transversale (profil rectangulaire, trapézoïdal, rectangulaire avec piles)

c) vue en plan (à crête perpendiculaire et oblique à l'axe, déversoir latéral)

d) type d'écoulement (dénoyé, noyé, adhérent)

I.2 DEFINITION

Un déversoir est un orifice superficiel ouvert à sa partie supérieure et pratiqué dans une paroi généralement verticale^(*) (fig. I.2)

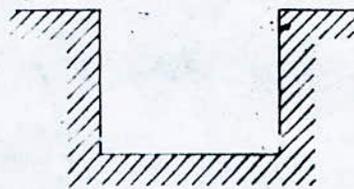


fig. I.2 Déversoir rectangulaire

I.3 TYPES DE DEVERSOIRS

Du point de vue de la forme et des dimensions de la coupe transversale, on distingue:

^{*}) CARLIER

I.3.1 Déversoir à mince paroi ou à crête mince

Ce type de déversoir permet de déterminer le débit connaissant uniquement la hauteur à l'amont de l'ouvrage (fig. I.3)

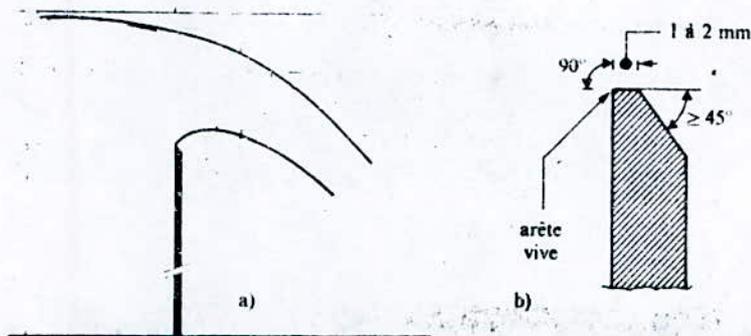


fig. I.3 Déversoir en mince paroi standard

- a) Définition de la géométrie
- b) Détail de la crête

I.3.2 Déversoir à seuil épais

Comparé au déversoir en mince paroi, deux paramètres supplémentaires relatifs à la pente amont (θ) et la longueur (L) de la crête doivent être considérés (fig. I.4)

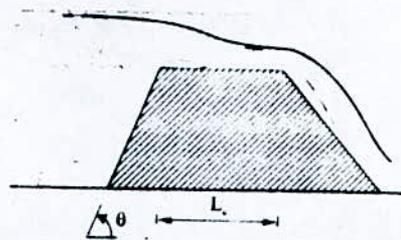


fig. I.4 Déversoir à seuil épais, géométrie polygonale.

I.3.3 Déversoir au profil curviligne

Un déversoir dont la géométrie de la nappe inférieure est celle d'un déversoir à mince paroi, est appelé déversoir curviligne.

Ce type de déversoir est illustré par la (fig. I.5).

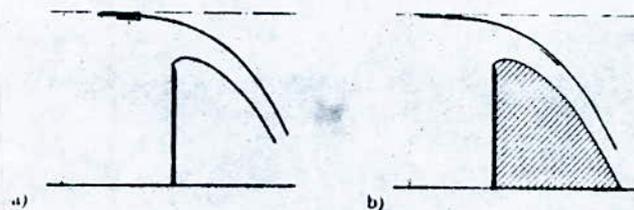


Fig. I.5. a) Déversoir en mince paroi standard
b) déversoir standard correspondant

I.4 RECHERCHE DU PROFIL TYPE D'UN DEVERSOIR

Un tel déversoir doit présenter les qualités techniques suivantes :

- un coefficient de débit aussi élevé que possible;
- le profil du parement aval ne doit pas être soumis à des dépressions qui risquent de provoquer des vibrations, des décollements de la couche limite et engendré par conséquent des phénomènes de cavitation.

Le déversoir ainsi réalisé est tel, qu'en chaque point de son parement aval, la pression est égale à la pression atmosphérique (fig. I.6).

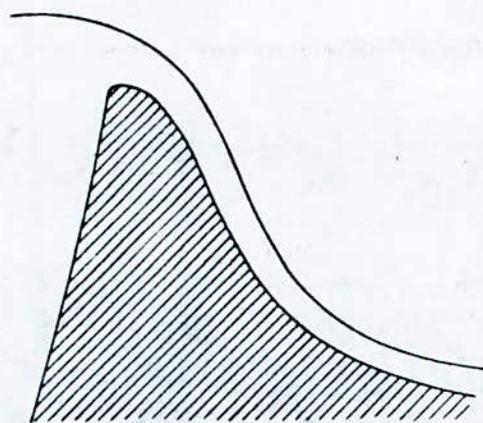


Fig. I.6. Barrage déversoir évacuateur.

I.4.1 Géométrie de la nappe inférieure

Plusieurs recherches ont été effectuées pour satisfaire les qualités précédentes et déterminer la géométrie de la nappe inférieure.

Elles ont conduit aux résultats présentés dans ce qui suit :

I.4.1.1 SCIMENI a donné l'équation suivante :

$$\frac{Y}{H} = 0,5 \left(\frac{X}{H} \right)^{1,85}$$

(Profil 1 de la fig. I.7)

I.4.1.2 CREAGER a préconisé un profil situé légèrement au dessus du profil type de la nappe libre dont l'équation est :

$$\frac{Y}{H} = 0,47 \left(\frac{X}{H} \right)^{1,80}$$

(Profil 2 de la fig. I.7).

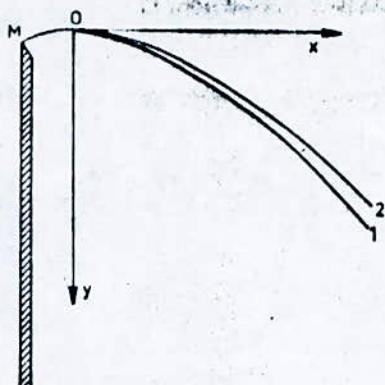


Fig. I.7. Profil du parement aval d'un barrage déversoir évacuateur

I.4.1.3 Quant au "UNITED STATES ARMY'S CORPS OF ENGINEERS" (USCE)

Il a proposé pour le parement amont vertical une courbe se composant de trois arcs circulaires au quadrant amont ($X \leq 0$) et de la fonction

$$\frac{Y}{H} = \frac{1}{2} \left(\frac{X}{H} \right)^{1,85} \text{ pour } X > 0$$

La géométrie de la nappe inférieure d'un déversoir en mince paroi standard est représentée par la (fig. I.8).

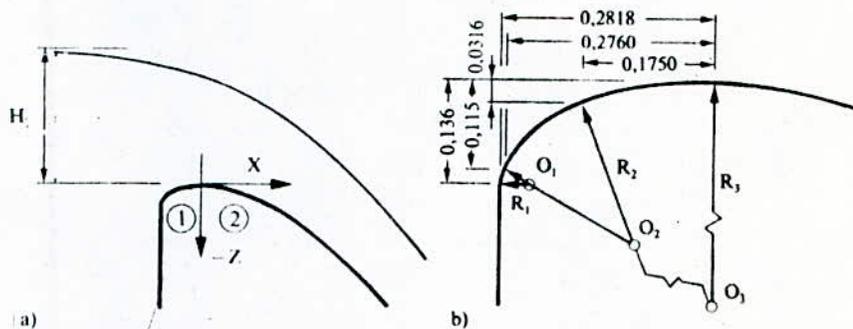


Fig. I.8 : Géométrie de la crête du déversoir standard à parement amont vertical.

- a) Définition du système des coordonnées;
 (1) quadrant amont, (2) quadrant aval;
 b) détail du quadrant amont.

Les origines des arcs circulaires et les rayons correspondants sont indiqués au tableau I.1.

Tableau I.1.: Origine O , rayons de courbure R et domaines de validités relatifs à H du déversoir standard (quadrant amont).

i	O_i/H	R_i/H	
1	(-0,2418/-0,1360)	0,04	$-0,2818 \leq X \leq -0,276$
2	(-0,1050/-0,2190)	0,20	$-0,276 \leq X \leq -0,175$
3	(0/-0,5000)	0,50	$-0,175 \leq X \leq 0$

I.4.1.4 Les essais établis par "UNITED STATES BUREAU OF RECLAMATION" (USBR) ont abouti à l'équation suivante du profil :

$$Y = \frac{X^n}{K \cdot H^{n-1}}$$

où K et n : coefficients dépendant du profil amont.

Les coordonnées du profil sont données sur le tableau I.2.

I.4.1.5 Déversoir du type BAZIN

Le profil de la nappe libre obtenu avec un déversoir vertical à crête mince sans contraction latérale, varie très peu avec le rapport (H/Y) pour une gamme étendue des valeurs de la charge ($0,12 < H < 2,3$ m).

BAZIN et SCIMINI ont montré que le profil de la nappe ne dépend que de la charge H.

L'équation est :

$$\frac{Y}{H} = 0,5 \left(\frac{X}{H} \right)^{1,85}$$

Les coordonnées du profil de la nappe sont indiquées sur la (fig. I.9).

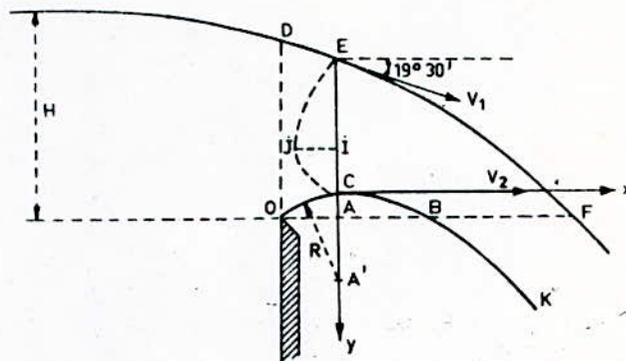


Fig. I.9.: Profil de la nappe libre du déversoir type BAZIN.

$OA = 0,25 H;$	$CE = 0,65 H$
$OD = 0,85 H;$	$CI = CE/3 = 0,22 H$
$OB = 0,67 H;$	$IJ = 0,18 H$
$OF = 1,38 H;$	$V_1 = 0,475 \sqrt{2g H}$
$AC = 0,112 H;$	$V_2 = 0,946 \sqrt{2g H}$

I.4.1.6 Profil déprimé avec aspiration de la couche limite

Mr. ESCANDE a montré, qu'en appliquant aux déversoirs le principe de l'aspiration de la couche limite, on peut obtenir

des seuils à dépression très grande et à coefficient de débit élevé dépassant celui du seuil CREAGER classique. Ceci peut être obtenu au moyen d'une fente disposées au sommet du parement aval du déversoir, et débouchant dans un collecteur relié lui-même à un tuyau débouchant à l'aval du barrage. L'ensemble fonctionne comme un siphon et le décollement de la lame déversante disparaît (fig. I.10).

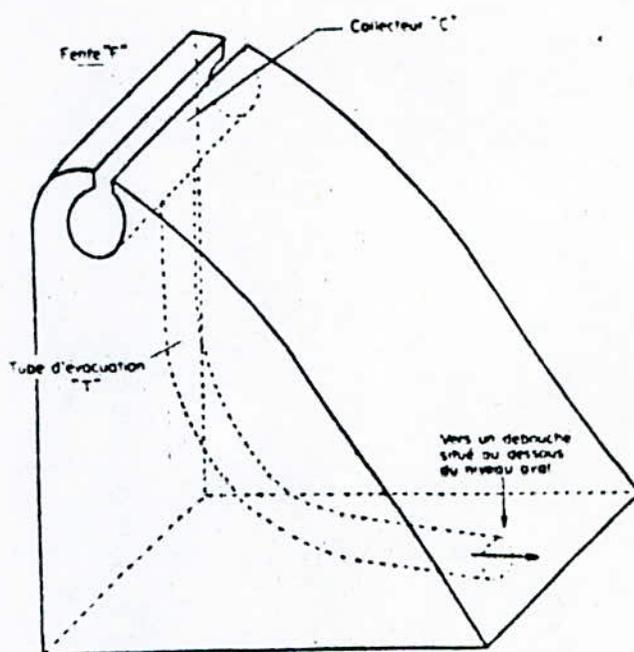


Fig. I.10.: Barrage déversoir à fente aspiratrice.

I.5 EFFET DE LA CHARGE SUR LE DEVERSOIR

Considérons le déversoir montré sur la (fig. I.11) caractérisé par la charge de dimensionnement H_D .

Observons ce qui se passe lorsque la charge H , sur ce même déversoir varie (fig. I.11).

- Si $H < H_D$, la nappe inférieure du déversoir sera plus fortement courbée vers le bas.
- Si $H > H_D$, la nappe sera moins courbée vers le bas.

La courbure des lignes de courant influence considérablement les pressions internes d'un écoulement.

En d'autres termes, plus la courbure sur un radier fixe est forte, plus l'écart de la pression par rapport à la pression hydrostatique est important.

D'autre part, plus la charge croît, moins la pression sur le fond du déversoir par rapport à la pression hydrostatique est positive H/H_D , égale à zéro pour $H/H_D = 1$ et négative pour $H/H_D < 1$

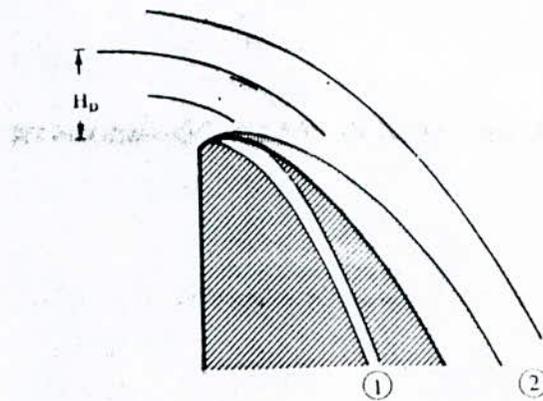


Fig. I.11.: Déversoir standard et nappes provenant de déversoir en mince paroi standard.

(1) $H/H_D = 1/2$ et (2) $H/H_D = 3/2$

I.6 INFLUENCE DE LA COURBURE DE LA TRAJECTOIRE

I.6.1 Gradient transversal des pressions

Supposons le mouvement permanent sous l'action des forces dérivant d'un potentiel U .

L'écoulement s'effectue dans le champ de la pesanteur.

Le potentiel est donc $U = -g z$

L'équation d'EULER s'écrit alors :

$$\frac{1}{\rho} \vec{\text{grad}} p = \vec{\text{grad}} U - \vec{\gamma}$$

avec : p : pression latérale (force de surface)

γ : force d'inertie par unité de masse

ρ : masse volumique.

Supposons des trajectoires circulaires et concentriques, et désignons par R le rayon de courbure de ces trajectoires. Projétons l'équation sur la normale principale \vec{n} , à la trajectoire. (Fig. I.12).

cette normale étant orientée positivement vers le centre de courbure principal, il vient :

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} = \frac{\partial U}{\partial n} - \frac{V^2}{R}$$

$$U = -g z$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial n} = -g \frac{\partial z}{\partial n} - \frac{V^2}{R}$$

$$\omega = \rho g$$

$$P^* = P + \omega z$$

L'équation devient $\frac{\partial P^*}{\partial n} = -\rho \frac{V^2}{R}$

Ce qui montre qu'au gradient de pression $\frac{\partial P^*}{\partial n} = 0$ résultant de la loi hydrostatique, s'ajoute le terme $(-\rho \frac{V^2}{R})$

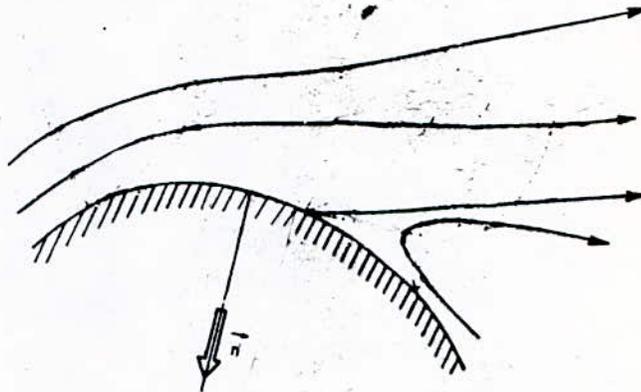


Fig I.12 : Trajectoire de la particule

I.6.2 Gradient transversale des vitesses.

Plaçons nous sur l'un des filets liquides, en le suivant et en négligeant les frottements, la relation de BERNOULLI donne :

$$P^* + \rho \frac{V^2}{2} = C^{te}$$

La relation de la pression étant donnée par : $-\frac{\partial P^*}{\partial n} = \rho \frac{V^2}{R}$, on obtient par élimination de la pression P : $\frac{dV}{dn} = \frac{V}{R}$

Soit en posant : $dn = -dr$.

A chaque charge constante, la vitesse est répartie dans la section selon la loi : $V R = Cte$.

I.6.3 Effet de la force centrifuge

De l'équation $\frac{\partial P^*}{\partial n} = -\rho \frac{V^2}{R}$, on peut constater que la force centrifuge fait décroître la pression vers le centre de courbure des trajectoires, et la fait croître dans le sens contraire.

Les filets liquides intérieurs ont tendance à se décoller de la paroi (gradient longitudinal de pression positif) et à créer une zone de sillage tourbillonnaire où les vitesses sont très instables.

On constate que toute courbure génère dans l'écoulement des forces centrifuges qui détruisent l'uniformité initiales des pressions ou des vitesses dans la section.

I.7 NOTION DE LA COUCHE LIMITE

I.7.1 Généralités

L'expérience montre que la courbe de répartition des vitesses dans une section transversale d'un courant liquide en régime turbulent à l'allure générale indiquée sur la (fig. I.14)

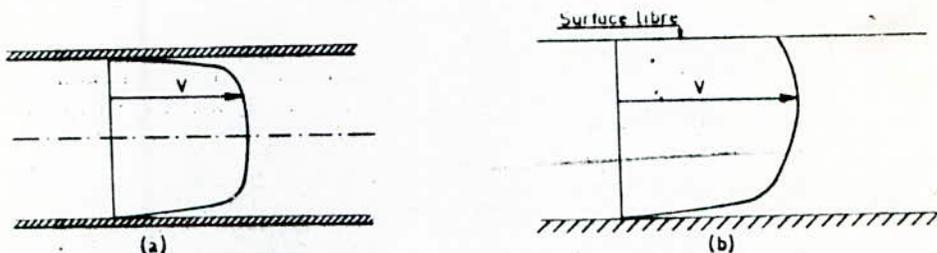


Fig. I.14: Répartition des vitesses dans une section transversale d'un courant liquide en régime turbulent.

- a) Canalisation en charge
- b) Ecoulement à surface libre

Les recherches approfondies de PRANDTL ont montré que toute les pertes dues aux frottement ont lieu à l'intérieur d'une couche mince située au voisinage immédiat de la paroi solide.

La vitesse du fluide nulle sur la paroi, croit lentement de zéro à une vitesse constante V lorsqu'on s'éloigne de celle-ci.

Les variations de la vitesse du fluide le long d'une normale à la paroi sont très rapides lorsque la distance à la paroi passe de zéro à une valeur δ contre la paroi est appelée: couche limite (fig. I.15)

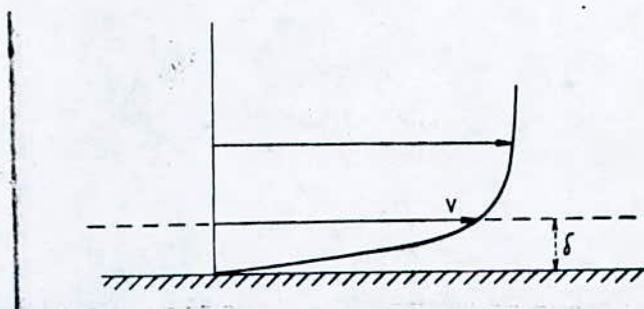


fig. I.15: couche limite

Elle est caractérisée par un gradient de vitesse élevé et des forces de viscosité prépondérantes.

I.7.2 Décollement de la couche limite

Considérons un obstacle quelconque placé dans un écoulement permanent.

L'équation de BERNOULLI s'écrit alors : $P + \rho \frac{V^2}{2} = C^{te}$

Dérivons cette équation, le long d'une ligne de courant dans le

sens de l'écoulement, il vient: $\frac{\partial P}{\partial S} + \rho V \frac{\partial V}{\partial S} = 0$

on obtient ainsi les résultats indiqués sur la (fig. I.16)

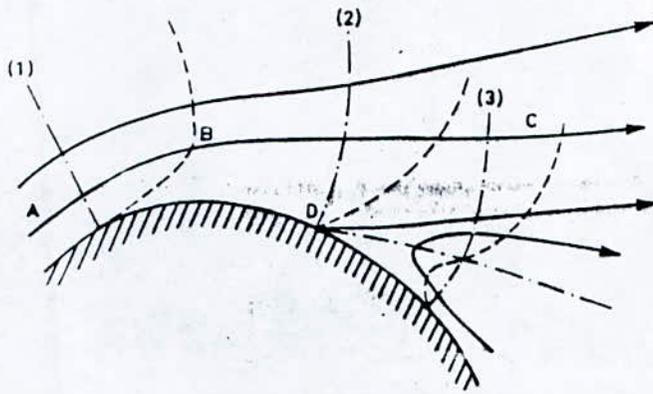


fig. I.16 Décollement de la couche limite

De A en B, la pression décroît et la vitesse augmente, mais au delà de B la pression augmente de nouveau et il en résulte une brusque diminution de vitesse.

La courbe de répartition des vitesses dans la direction normale à la paroi se déforme, et on arrive à un point D au voisinage immédiat du quel le fluide est au repos, appelé point de décollement.

Au delà de ce point la vitesse le long de la paroi est en sens contraire de l'écoulement général.

I.8- ETUDE DES PHENOMENES D'ENTRAINEMENT D'AIR

I.8.1 Cavitation

I.8.1.1- Description physique de la cavitation

Dans le cas d'un écoulement potentiel, les valeurs extrêmes de la vitesse et de la pression se retrouvent toujours aux bords limitant l'écoulement, mais jamais à l'intérieur de celui-ci. La pression devient évidemment minimale là où la vitesse est maximale, et vice versa.

Le maximum de la vitesse d'un écoulement par dessus un déversoir est atteint sur la crête elle même.

La (fig. I.18) représente la répartition de la pression p et de la composante horizontale u de la vitesse dans la section du déversoir

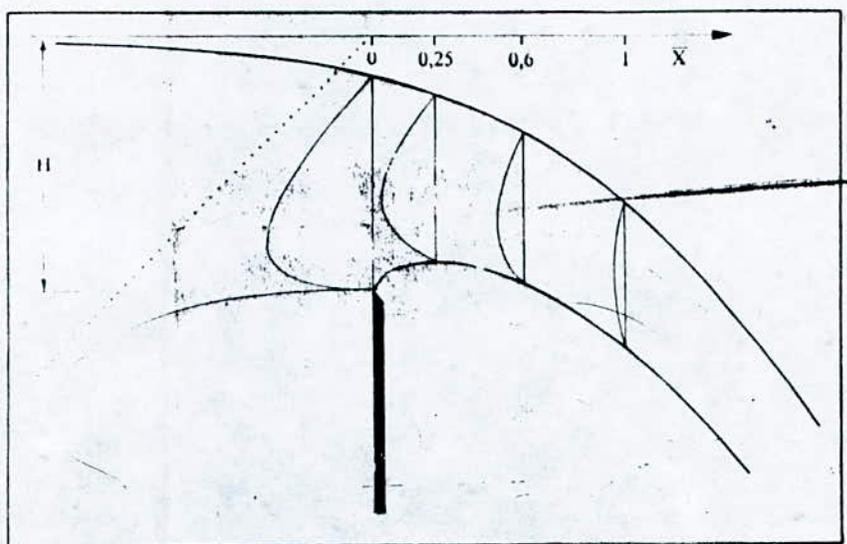


Fig. I.18 Répartition transversales de la pression relative : $P/(\rho g h)$ et de la composante horizontale de la vitesse relative : $u/(2 g H)^{1/2}$

La (fig. I.19) montre des cas typiques pour les quels le phénomène de la cavitation peut apparaitre.

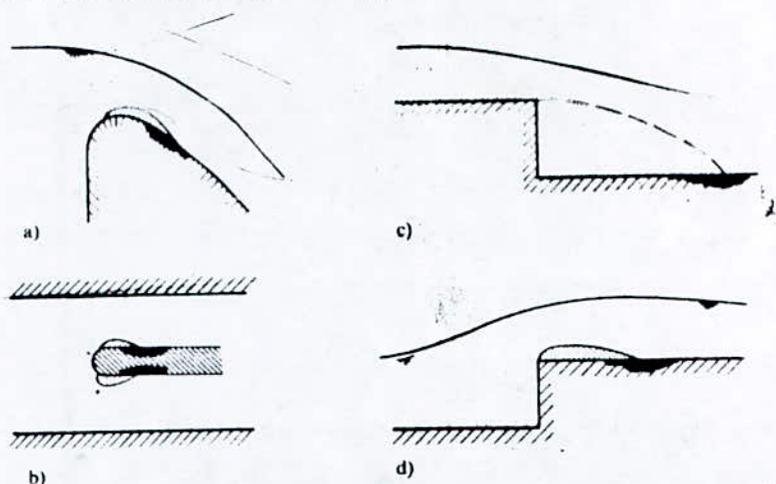


Fig. I.19- Apparitions typiques des effets de cavitation:

- a) déversoir
- b) obstacle dans un canal ou dans une conduite
- c) marche négative
- d) marche positive.

Un abaissement de la pression dans l'eau produit tout d'abord une sécrétion de gaz dissous et, dès que la pression de vapeur est atteinte, des bulles de vapeur se forment.

Dès que la bulle considérée est transportée par l'écoulement dans des zones de pressions croissantes, elle implose en un temps extrêmement court et entraîne une érosion de la surface rigide.

I.8.2 Les phénomènes d'entraînement d'air

I.8.2.1 Description

L'écoulement dans un long canal à pente forte du radier comporte plusieurs régions, comme représenté à la (fig. I.20).

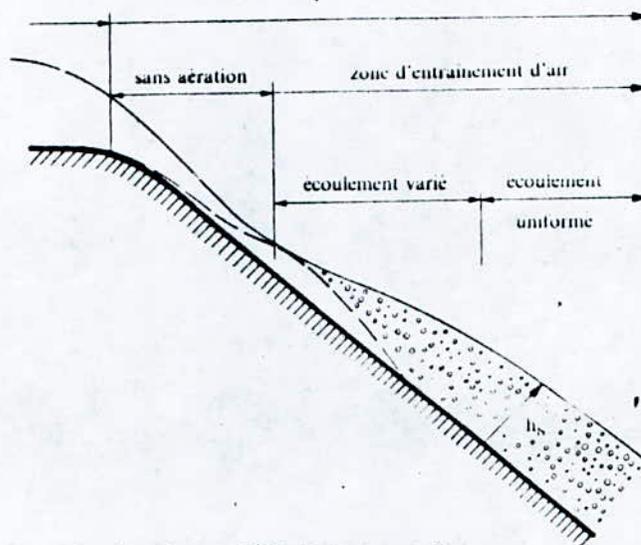


Fig. I.20: Développement d'un écoulement biphasique dans un long canal à forte pente constante.

- 1- la zone sans aération
- 2- la zone d'entraînement d'air, caractérisée par un écoulement varié et un écoulement uniforme.

La zone d'écoulement non aérée est caractérisée par l'impossibilité de transfert d'air entre les régions supérieure et

inférieure dans le tronçon amont du canal avec une couche limite turbulente qui s'épaissit dans le sens de l'écoulement. Au moment où cette dernière atteint la surface libre, le mécanisme d'entraînement d'air se développe.

En aval, dans la région d'écoulement graduellement varié le profil de concentration en air se redistribue lentement et tends vers le profil d'équilibre dans la région d'écoulement uniforme.

Chapitre II

**PROFIL DEVERSANT
SURMONTE D'UNE VANNE**

CHAPITRE II

PROFIL DEVERSANT SURMONTE D'UNE VANNE

II.1 GENERALITES

Une vanne est un organe mobile permettant de régler la hauteur d'eau amont à un niveau désiré.

Le mouvement de l'organe est glissant, roulant ou tournant. La vanne peut être appuyée latéralement sur des rails, des rouleaux ou des crémaillères. Elle est logée dans des niches ou tourne autour d'un axe de rotation.

On ne considèrera par la suite que la vanne plane verticale sur déversoir qui est d'une utilisation courante.

La (fig. II.1) représente une vanne plane verticale installée sur un déversoir standard.

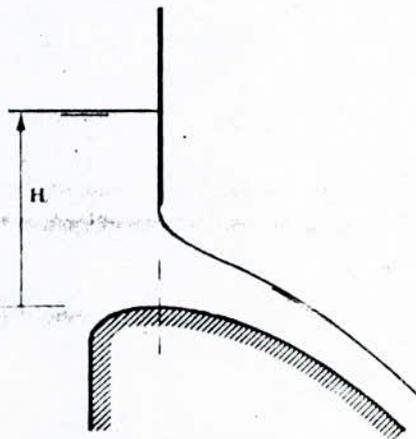


Fig. II.1 Vanne plane verticale installée sur un déversoir standard

II.2 VANNE PLANE VERTICALE

L'écoulement en dessous d'une vanne est particulièrement influencé par la géométrie de son arrête inférieure.

La (fig. II.2) représente diverses configurations courantes.

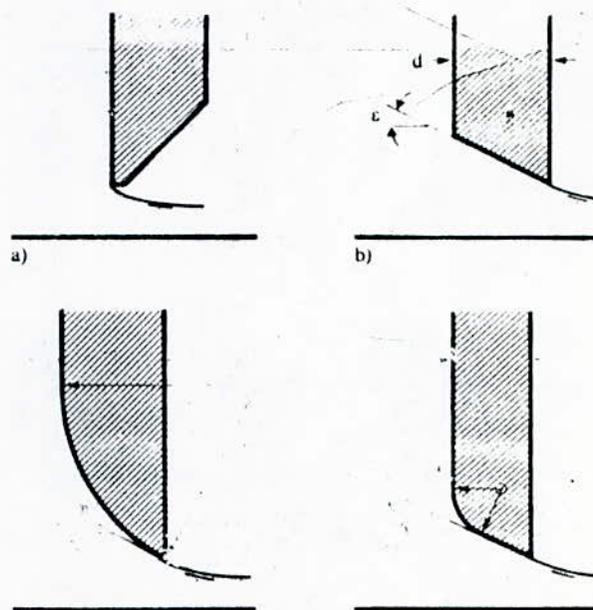


Fig. II.2: Schéma de types de vannes.

Le coefficient de débit C_d depend fortement du rapport $\bar{A} = \frac{a}{h_e}$ et de la géométrie de la vanne considérée.

ou :

a : est l'ouverture de la vanne

h_e : est la hauteur à l'amont de la vanne (fig. II.3)

Fig. II.3: Ecoulement schématisé

La (fig. II.4) représente le coefficient de débit C_d en fonction de l'ouverture relative \bar{A} et de l'inclinaison δ .

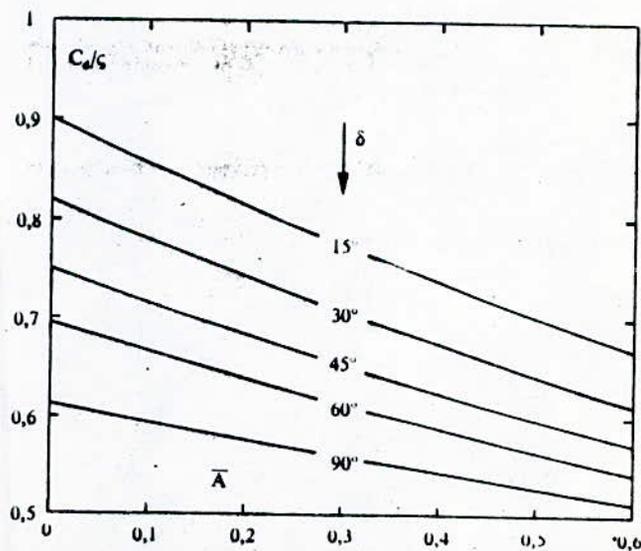


Fig. II.4: coefficient de débit C_d en fonction de

l'ouverture relative $\bar{A} = \frac{a}{h_e}$, et de l'inclinaison

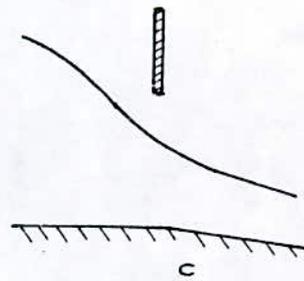
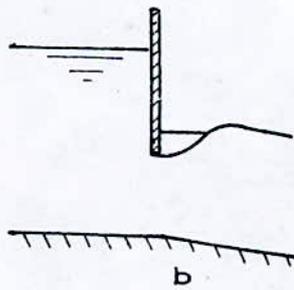
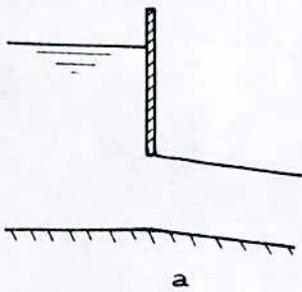
II.3 ETUDE DE L'ÉCOULEMENT

L'écoulement peut prendre des aspects différents selon les combinaisons des grandeurs qui le régissent et qui sont:

- 1- La côte du plan d'eau en amont;
- 2- La position de la vanne.

La vanne peut présenter trois types d'écoulements.

- a- l'affleurement: un écoulement non noyé;
- b- Un ressaut noyé;
- c- La vanne présente une grande ouverture.



II.3.1 Etude de l'écoulement pour une vanne partiellement ouverte

Nous allons examiner l'écoulement provoqué par une vanne en position d'ouverture très faible (fig. II.5)

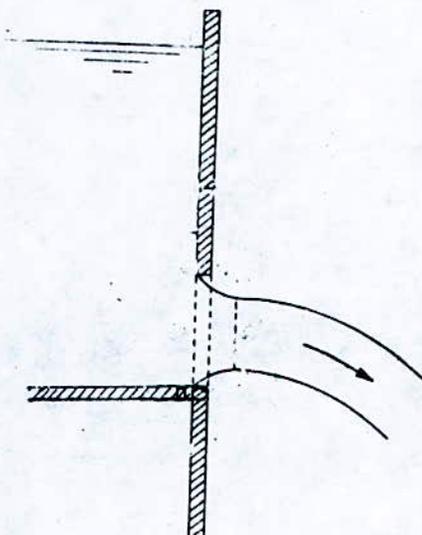


Fig. II.5: Ecoulement par un orifice en mince paroi non noyé

Nous supposons que la surface d'appui de la vanne est horizontale et que les particules fluides sont soumises aux seules forces de gravité.

La trajectoire du fluide représente une parabole d'équations:

$$\text{suisant } ox: X = V_0 t = t \sqrt{2 g H}$$

$$\text{suisant } oy: Y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{On en déduit que : } \frac{Y}{H} = 0.2 \left(\frac{X}{H} \right)^{1/2}$$

Le profil de la nappe inférieure est supérieur à celui de GREAGER.

la lame se décollera donc de ce **profil** pourra provoquer des dépressions importantes.

Il faut donc choisir la position de la vanne pour que à des vitesses élevées, la nappe liquide ne provoque pas le long du parement du déversoir ou se produit le décollement des régimes capables de donner la cavitation.

II.3.2- Observation expérimentale

L'expérimentation montre qu'en ouvrant l'orifice, les filets liquides sont convergents à leur sortie jusqu'à une section transversale MN (fig. II.6) et ils se courbent par la suite de manière que la courbure compense le gradient transversal des

pressions suivant la loi : $\frac{\partial P^*}{\partial n} = - \rho \frac{V^2}{R}$

La veine liquide a subi donc une contraction entre CD et MN, ce phénomène est connue sous le nom de "contraction de la veine."

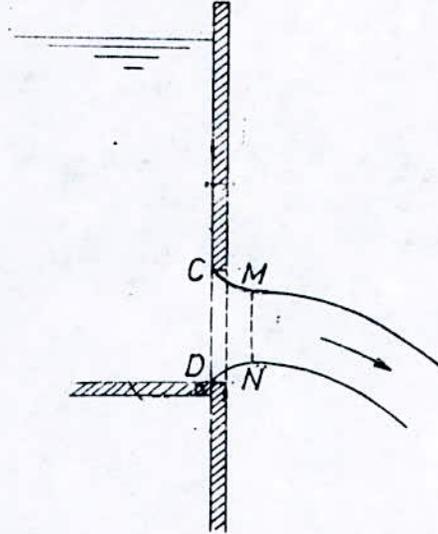


Fig. II.6: Contraction de la veine à la sortie d'un orifice en mince paroi

II.3.3- Expression du débit

II.3.3.1- Formule de Toricelli

Appliquons le théorème de BERNOULLI, moyennant les hypothèses suivantes:

- Supposons que les dimensions du réservoir sont suffisamment grandes pour qu'en puisse négliger la variation du niveau de la surface libre pendant un certain intervalle de temps Δt ;
- Considérons le mouvement comme permanent;
- Les lignes de courant sont parallèles et pratiquement rectilignes, l'écoulement est du type convergent;
- Les pertes de charge sont négligeables.

En appliquant le théorème de BERNOULLI entre I et I'

fig. (II.7), on obtient $v^2 = 2 g H$ et $v = \sqrt{2 g H}$

$$v = \sqrt{2 g H} \quad : \text{ Formule de TORIELLI}$$

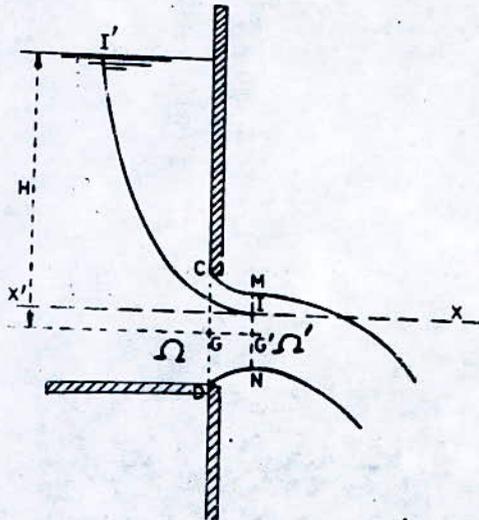


fig. II.7: Ecoulement par un orifice en mince paroi non noyé.

II.3.3.2 Calcul du débit

le débit mesuré à travers la section contracté Ω' sera:

$$Q = \int_{\Omega'} \sqrt{2 g H} dw$$

On rapporte Ω à Ω' (Ω aire de l'orifice)

$m = \frac{\Omega'}{\Omega}$: est le coefficient de contraction

$$\text{On aura : } Q = \int_{m\Omega} \sqrt{2 g H} dw$$

C'est une intégrale qui n'est pas toujours facile à calculer.

Pour palier à cette difficulté, on fait la double approximation suivante:

- On admet que la vitesse moyenne dans toute la section contractée est celle de la molécule au centre de gravité;
- On admet que le plan horizontal passe par le centre de gravité en MN et CD.

La valeur approchée du débit est $Q = m \Omega \sqrt{2 g H}$

Chapitre III

DEVERSOIRS AVEC PILES

CHAPITRE III

DEVERSOIRS AVEC PILES

III.1- GENERALITES

Un déversoir de largeur importante est souvent subdivisé par des piles de différentes formes et tailles (fig III.1).

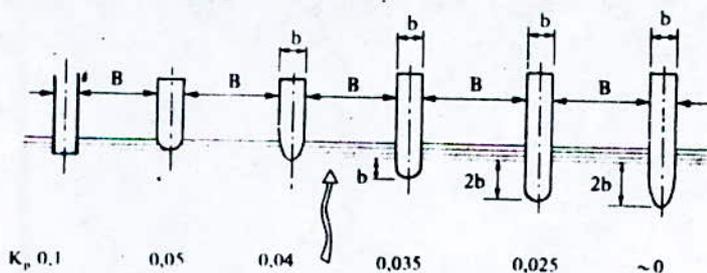


Fig III.1 Types de piles simples et coefficients de contraction latérale K_p

b et B : caractérisent l'épaisseur des piles et la distance entre ceux-ci.

Les piles constituent des obstacles au mouvement qui peut-être, sous leurs actions, profondément modifié.

Le dimensionnement des piles se fait expérimentalement, en se basant sur certains échantillons de quelques chercheurs, notamment les recherches sur l'écoulement de l'eau entre les piles de pont.

III.2 FORME OPTIMUM DES PROFILS : PROFIL AERODYNAMIQUE.

Un corps peut se déplacer dans un fluide immobile (avion, sous-marin, etc ...).

Il peut être immobile et immergé dans un fluide en mouvement.

Pour l'étude des phénomènes et la réduction des actions qui apparaissent entre un corps et un fluide, on introduit la notion de profil aérodynamique.

III.2.1 Etude expérimentale de la forme des lignes de courant

Les observations effectuées en soufflerie à l'aide de fumées ont montré que l'aspect de l'écoulement varie en fonction du nombre de Reynolds.

III.2.2 Corps fuselés

En fuselant un cylindre, la trainée est considérablement réduite, le point de décollement est reculé vers l'aval et la zone de suppression amont est plus réduite. Le coefficient de trainée globale peut atteindre 0.048 contre 0.3 pour un cylindre.

La (fig III.3) représente un corps fuselé cylindrique

La (fig III.4) donne la répartition des pressions

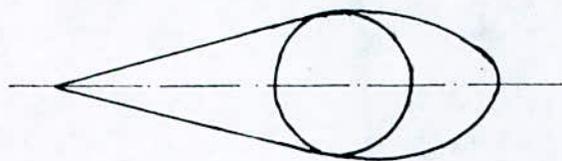


Fig III.3 Corps fuselé

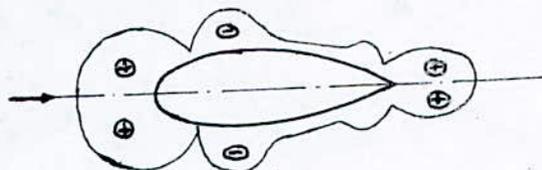


Fig III.4 Répartition des pressions sur un corps fuselé de révolution

III.2.3 Profil aérodynamique de JOUKOVSKY

La meilleure façon de diminuer les contractions consiste à donner à la tête de la pile la forme d'un profil aérodynamique que l'on recommande de tracer au moyen de la construction graphique de

TREFFTZ (fig III.6) facilitée par l'abaque que Monsieur Escande a établi, un diagramme fixant la longueur minimum de pile en fonction de la charge au dessus du seuil.

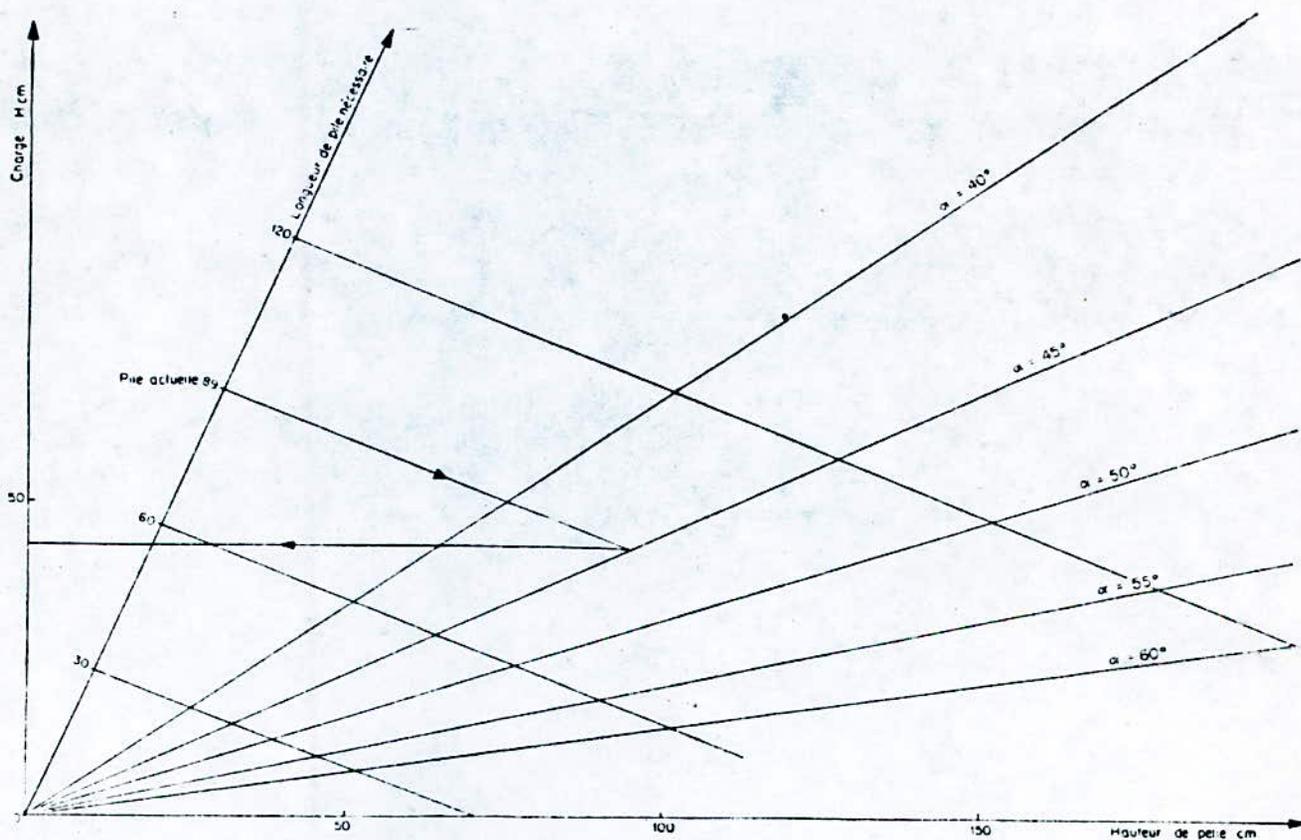


Fig III.5 - Diagramme de longueur de pile

La méthode de construction se fait par les étapes suivantes

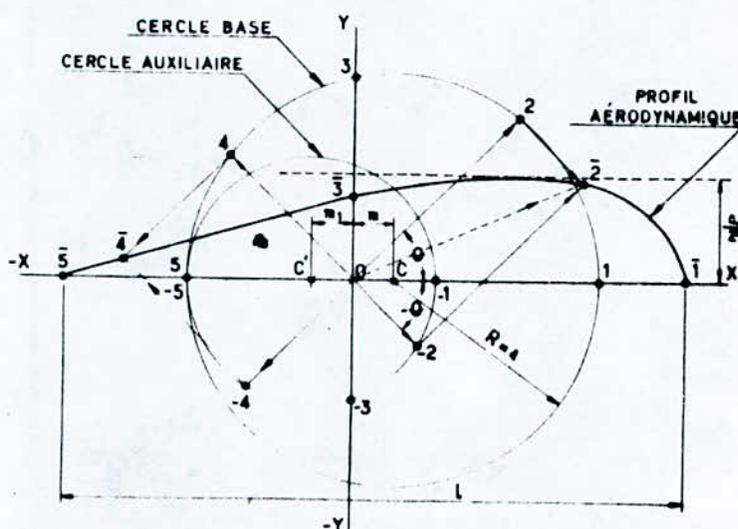


Fig III.6 - Construction graphique de Trefftz

1 - On trace un système d'axe OX , Oy .

2 - On fixe l'épaisseur e et la longueur l du profil, on calcul le rapport e/l , à partir duquel on obtient de l'abaque (III.1), la valeur d'un paramètre : $s = m / a$.

3 - A partir de la valeur de s , on obtient au moyen de l'abaque (III.1) la valeur c/a ou de l/a .

Comme on connaît e ou l , on détermine la valeur de a qui est le rayon d'un cercle que nous appellerons le cercle de base du tracé. L'abscisse du centre de ce cercle sera : $m = a s$.

III.3 ETUDE DESCRIPTIVE

III.3.1 Divers types d'écoulement

Les piles dans les deversoirs provoquent une réduction de la longueur effective du seuil deversant qui se traduit par une contraction de la veine liquide.

L'analyse des perturbations provoquées par le rétrécissement au voisinage des piles dans la section du canal nous permet d'étudier les différents régimes d'écoulement

- a - Régime noyé;
- b - Cas intermédiaire;
- c - Régime dénoyé.

Dans la section contractée on constate une diminution de la largeur de la section d'écoulement, donc augmentation de la vitesse qui se traduit par un creu dans la surface libre.

Cette contraction est suivie d'un élargissement brusque qui provoque des pertes de charges du type Borda .

Ce qui importe le plus en pratique, c'est la détermination de la surélévation correspondante de la surface libre à l'amont des piles.

La notion de charge spécifique est d'une grande utilité pour ce problème.

Pour un débit et une pente constantes, la variation de la hauteur en fonction de la largeur est donnée par la (fig III.7)

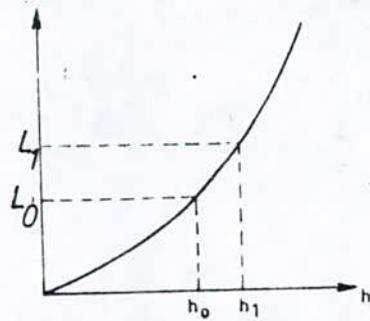


Fig. III.7 - Variation de la hauteur en fonction de la largeur

III.3.2 Etude qualitative des lignes d'eau

L'équation de l'énergie spécifique sera donnée par

$$E = h + \frac{Q}{2g L^2 h^2}$$

III.3 ETUDE DESCRIPTIVE

III.3.1 Divers types d'écoulement

Les piles dans les deversoirs provoquent une réduction de la longueur effective du seuil deversant qui se traduit par une contraction de la veine liquide.

L'analyse des perturbations provoquées par le retrecissement au voisinage des piles dans la section du canal nous permet d'étudier les différents régimes d'écoulement

- a - Régime noyé;
- b - Cas intermédiaire;
- c - Régime dénoyé.

Dans la section contractée on constate une diminution de la largeur de la section d'écoulement, donc augmentation de la vitesse qui se traduit par un creu dans la surface libre.

Cette contraction est suivie d'un élargissement brusque qui provoque des pertes de charges du type Borda .

Ce qui importe le plus en pratique, c'est la détermination de la surélévation correspondante de la surface libre à l'amont des piles.

La notion de charge spécifique est d'une grande utilité pour ce problème.

Pour un débit et une pente constantes, la variation de la hauteur en fonction de la largeur est donnée par la (fig III.7)

ou

- E : énergie spécifique
- Q : débit dans le canal
- h : hauteur d'eau dans le canal
- L : largeur de la section

Nous désignons par :

- L_1 : largeur de la section courante
- L_2 : largeur entre les piles

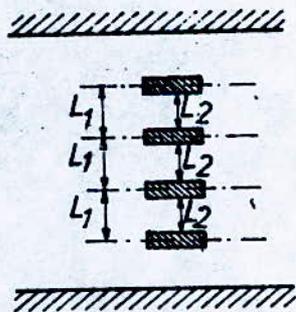


Fig. III.8

L'énergie spécifique critique sera donnée par : $E_c = \frac{3}{2} h_c$
 dans tous les cas on calcule h_{c1} , h_{u1} , h_{c2}

L'indice 1 est lié à la section courante

L'indice 2 est lié à la section contractée

L'indice c correspond au régime critique

L'indice u correspond au régime uniforme

Plaçons nous dans le cas le plus fréquent où $E_{u1} > E_{c2}$
 c'est le cas où on a une forte pente de fond (Fig. II.9)

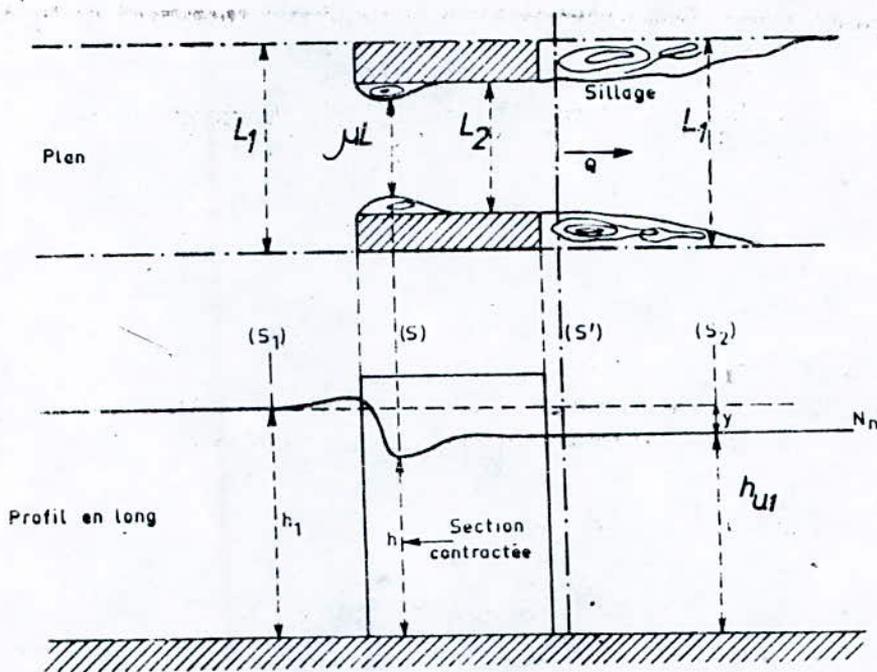


Fig. III.9 - 1) Section courante
 2) Section rétrécie

III.3.3 Calcul du remous d'exhaussement

Deux méthodes sont utilisées le plus souvent pour calculer le remous d'exhaussement $r = h_1 - h_{u1}$ (fig III.10 et fig III.11)

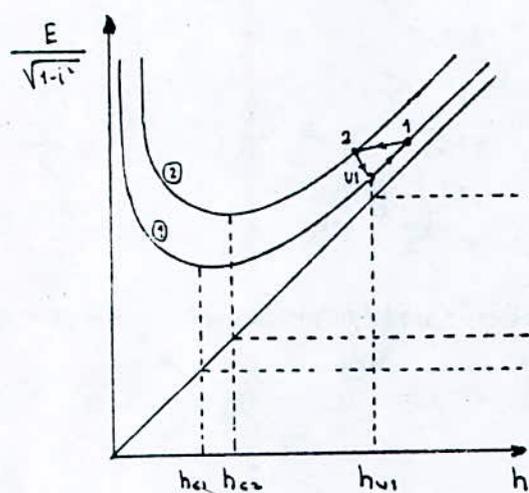


Fig. III.10

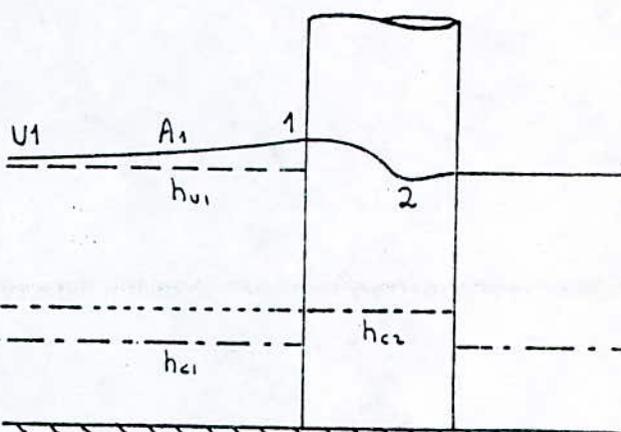


Fig. III.11

III.3.3.1 Méthode de d'AUBUISSON

On écrit l'équation de bernoulli entre les points (1) et (2) en incluant les pertes de charge dans le coefficient de contraction μ_A

$$h_1 + \frac{Q^2}{2g L_1 h_1^2} = h_2 + \frac{Q^2}{2g l_2 h_2^2}$$

AUBUISSON considère que h_2 n'est pas très différent de h_{u1} ce qui permet d'écrire l'équation de remous.

$$r = h_1 - h_{u1} = \frac{Q^2}{2g} \left[\frac{1}{\mu_A^2 L_2 h_{u1}^2} - \frac{1}{L_1^2 h_1^2} \right]$$

Cette équation se résout par itération. La valeur de μ_A est donnée en fonction du rapport $\sigma = \frac{L_1 - L_2}{L_1}$ (Abaque III.2)

III.3.3.2 Methode de REHBOCK

C'est une formule empirique qui donne directement la valeur du remous en fonction d'un coefficient μ_R caractéristique de la forme des piles et du taux de réduction :

$$\sigma = \frac{L_1 - L_2}{L_1}$$

La formule s'écrit :

$$r = h_1 - h_{u1} = \left[\mu_R - \alpha(\mu_R - 1) \right] \left[0.4\sigma + \sigma^2 + 9\sigma^4 \right] \left[1 + \frac{V_{u1}^2}{g h_{u1}} \right] \frac{V_{u1}^2}{2g}$$

ou' V_{u1} est la vitesse moyenne correspondant au régime uniforme en section courante

Chapitre IV

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE IV

ETUDE EXPERIMENTALE

IV.1- DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

L'installation est représentée sur la (fig. IV.1)

Elle représente un canal hydraulique, celui-ci comprend deux parties:

- 1- Tête du canal
- 2- Partie de travail du canal

La partie de travail du canal est une auge à section carrée ($0.3 \times 0.3 \text{ m}^2$) dans laquelle sont installés le modèle, et un déversoir à échancrure triangulaire pour mesurer les débits.

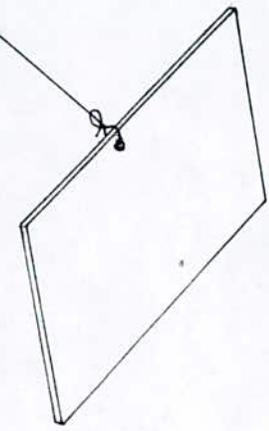
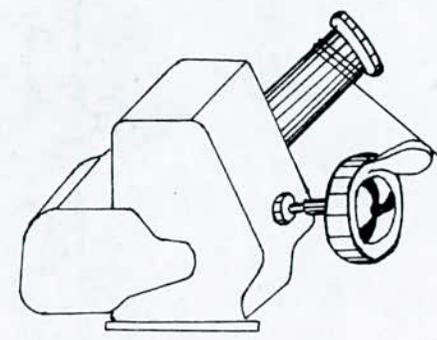
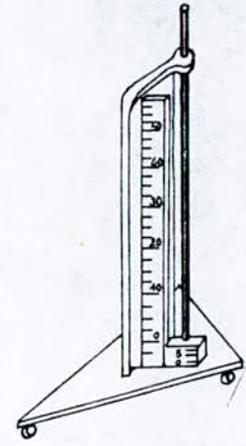
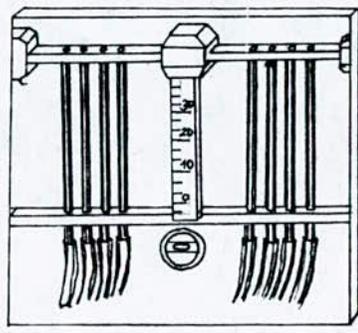
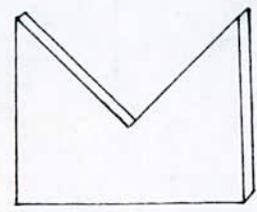
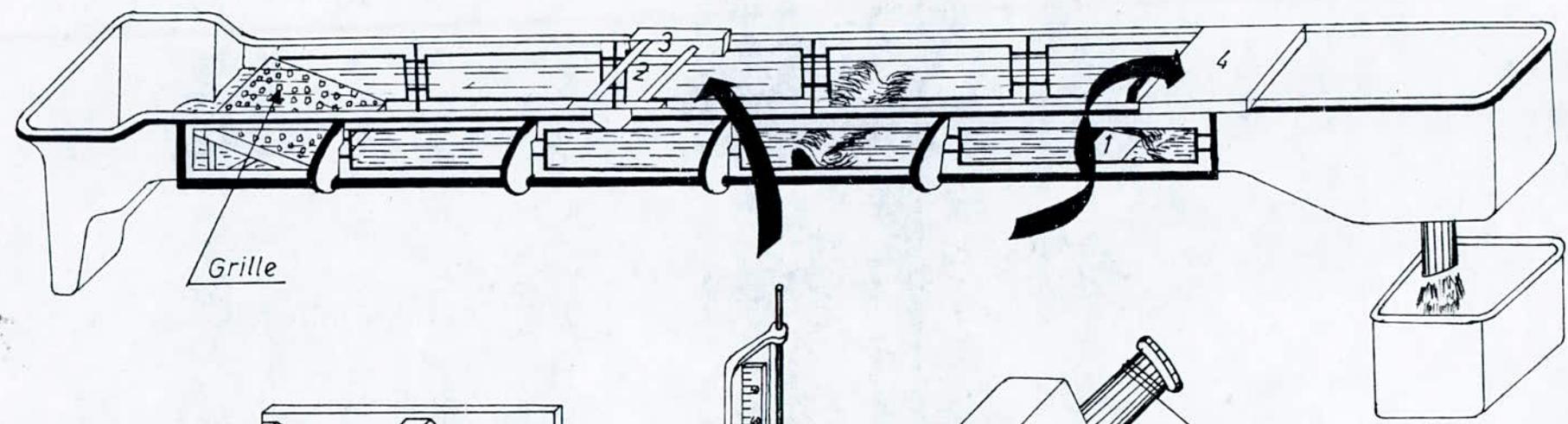
A la fin de cette partie, une vanne est montée sur le canal permettant de régler le plan d'eau.

Les niveaux d'eau ont été mesurés à l'aide de pointes limnimétriques droites.

La partie de travail du canal est vitrée, ce qui permet d'observer et de photographier l'écoulement.

IV.2 DESCRIPTION DU MODELE

Le déversoir est du type inhabituel, c'est un seuil à fente aspiratrice du type à crête circulaire et à parement aval plan, incliné de 45° .



1_ Déversoir triangulaire

2_ Piezometres

3_ Limnimetre

4_ Vanne

Fig IV.1 INSTALLATION

Le déversoir modèle avec ces piles ont été construits en un seul élément en plexiglace.

Des prises de pression, réparties le long du seuil, mesurent la répartition des pressions sur le parement.

Les dimensions du modèle sont imposées par le canal utilisé et le débit fourni par les pompes dans le laboratoire.

Les tableaux ci-dessous donnent les caractéristiques du modèle.

CARACTERISTIQUES DU MODELE

DEVERSOIR						
Hauteur de pelle	Charge max	Largeur	Rayon du seuil	Largeur de la fente	Diamètre tuyaux d'aspiration	Nombre de tuyaux
cm	cm	cm	cm	cm	cm	
19.5	4.0	22.5	1.5	0.2	1.0	4.0

PILES			
Epaisseur	Hauteur	Rayon	Largeur
cm	cm	cm	cm
2.5	15.0	2.5	20.0

Le seuil déversant avec ces piles est donné par la (fig. IV.2)

IV.3 SIMILITUDE ENTRE MODELE ET CONDITIONS REELLES

En ce qui concerne l'écoulement à surface libre pris en compte dans les études du modèle, on sait que les forces de pesanteur et d'inertie l'emportent sur la viscosité et la tension superficielle.

Ceci étant, nous utiliserons les lois de Froude pour le calcul des rapports d'échelle.

$$V_m / \sqrt{g h_m} = V_p / \sqrt{g h_p}$$

où V, h et g représentent respectivement la vitesse, la profondeur et l'accélération due à la pesanteur, les indices m et p désignant respectivement le modèle et les conditions à simuler.

Les lois données ci-dessus déterminent comme suit la relation entre les paramètres du modèle et les paramètres réels.

Longueur	Vitesse	Débit	Pression
L_m/L_p	$(L_m/L_p)^{1/2}$	$(L_m/L_p)^{5/2}$	(L_m/L_p)

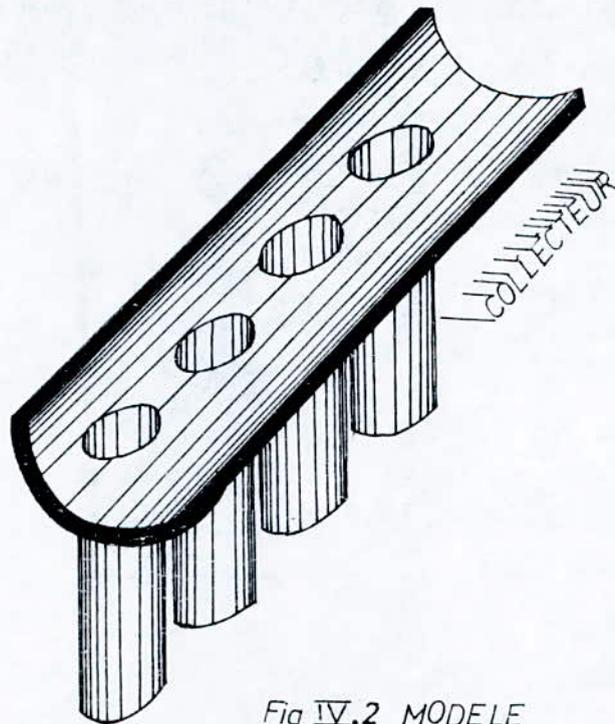
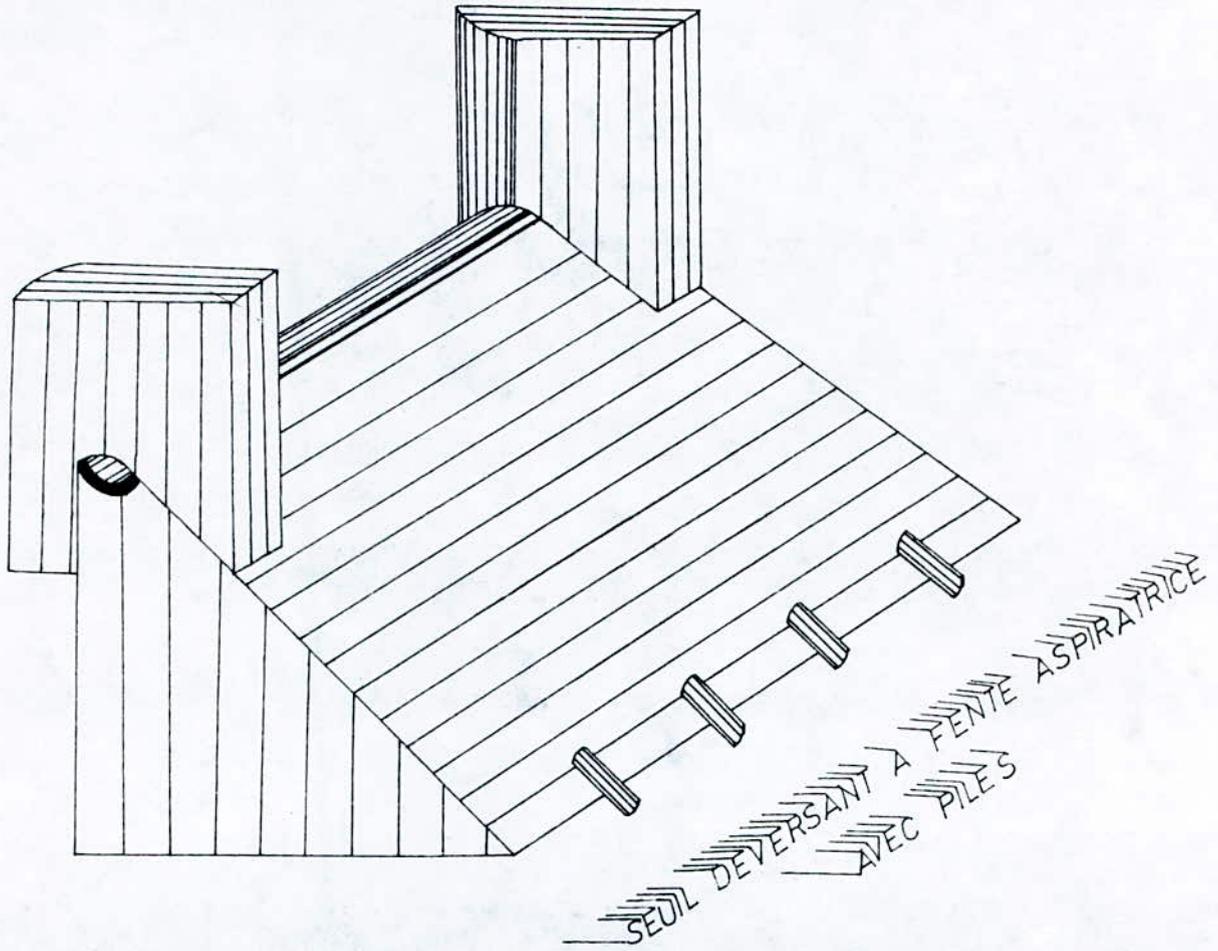
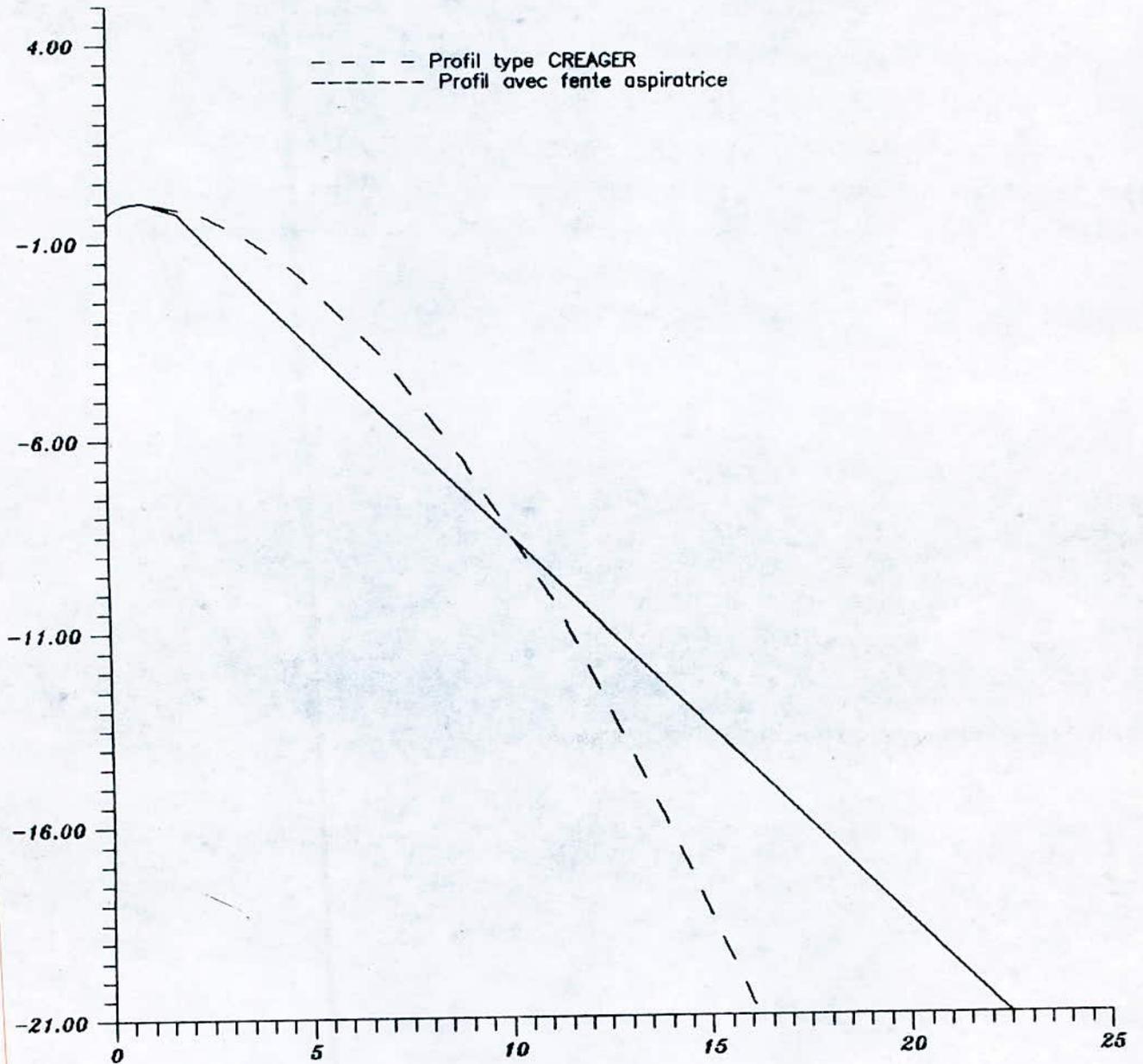


Fig IV.2 MODELE

COMPARAISON DES PROCÉDES



IV.3.1 Lois de similitude

Nous désirons étudier un phénomène, formé par l'écoulement d'un liquide sous une vanne surmontant un seuil déversant à fente aspiratrice avec piles.

Les grandeurs entrant dans la formation du phénomène:

Géométriques: e: ouverture de la vanne
a: emplacement de la vanne par rapport au parement amont
Hydrauliques: Q: débit
H: charge sur le seuil
Dynamiques : ρ : masse volumique
g: accélération de la pesanteur

Nous utiliserons dans ce qui suit le théorème fondamental de l'analyse dimensionnelle est le théorème de Π .

Les variables à usage répété dans notre expérience sont le débit Q, l'ouverture de la vanne e et la masse volumique ρ .

Les grandeurs physiques caractérisant le phénomène étudié sont a, e, Q, H, ρ , g

$$a[L] ; e[L] ; Q[L^3 T^{-1}] ; H[L] ; \rho[M L^{-3}] ; g[L T^{-2}]$$

Soit n le nombre de ces grandeurs donc $n=6$

Le nombre de grandeurs fondamentales intervenant dans la définition de ces n grandeurs est $r=3$; (Q, E, ρ)

Le nombre de paramètres Π pouvant être formé est $n-r=3$ donc on peut écrire $F(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3)=0$

$$\Pi_1 = Q^x e^y \rho^z H \quad , \quad \Pi_1 = H/e$$

$$\Pi_2 = Q^x e^y \rho^z a \quad , \quad \Pi_2 = H/a$$

$$\Pi_3 = Q^x e^y \rho^z g \quad , \quad \Pi_3 = Q^{-2} e^5 g ; \quad F_r = 1/\Pi_3 = Q^2/g e^5$$

$$F(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3) = (H/e, H/a, F_r)$$

IV.4 ETUDE SUR MODELE

L'un des objectifs des essais réalisés à l'aide du modèle était l'obtention par l'emploi des fentes aspiratrices de seuils à dépression élevée et à grand coefficient de débit.

Nous avons effectué une série d'expériences pour des conditions d'expérimentation données, citons :

- Déversoir sans aspiration, sans vanne et sans piles;
- Déversoir avec aspiration, en fonction du nombre de tuyaux en service.
- Déversoir sans vanne, avec aspiration et piles;
- Déversoir à fente aspiratrice avec vanne et piles.

Dans chacun de ces cas, nous avons étudié la variation du coefficient de débit en fonction de la charge et la répartition des pressions sur le parement pour différentes valeurs de la charge.

IV.5. PRESENTATION DES RESULTATS

L'intérêt que suscite actuellement les seuils déversants à fente aspiratrice est lié au grand coefficient de débit et à la stabilité de la lame déversante que l'on est susceptible d'obtenir en créant une dépression élevée.

La présente étude a l'avantage d'accéder aux profils avec parement aval plan.

Les quelques expériences présentées ont conduit aux résultats suivants.

IV.5.1. Etude de la répartition des pressions sur le seuil

Nous avons relevé la répartition des pressions pour différentes valeurs de la charge.

Les résultats obtenus sont représentés sur les figures IV.4., IV.5.

On remarque que la crête circulaire est toujours en dépression, cette dépression disparaît sur le parement aval, ce qui constitue une amélioration de la stabilité de la lame déversante.

IV.5.2. Etude du coefficient de débit

Sur la figure IV.12, nous avons porté les courbes de variation du coefficient de débit en fonction de la charge.

Nous constatons que le coefficient de débit des seuils à fente aspiratrice ($C_d = 0.5 + 0.6$) dépasse celui du seuil créger ($C_d = 0.48 + 0.495$).

IV.5.3 Influence des piles et de vanne

IV.5.3.1 Etude des piles

La figure IV.7 donne la répartition des pressions sur le seuil.

La figure IV.13 donne la variation du coefficient de débit en fonction de la charge.

La présence des piles ne modifie pas les résultats obtenus.

Les pressions sont légèrement supérieures à celle obtenues par un seuil sans piles; en raison de la contraction de la veine liquide.

IV.5.3.2 Etude de la vanne

Pour différentes ouvertures de la vanne nous avons représenté la répartition des pressions sur le parement et la variation du coefficient de débit en fonction de la charge.

Les résultats obtenus sont représentés sur les figures IV.9, IV.11 et IV.15.

Nous constatons que le coefficient de débit du seuil à fente aspiratrice est inférieur à celui du seuil sans aspiration, ceux-ci s'explique, par un décollement et que l'aspiration est impuissante à le supprimer et ceux-ci dans les limites de nos expériences.

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

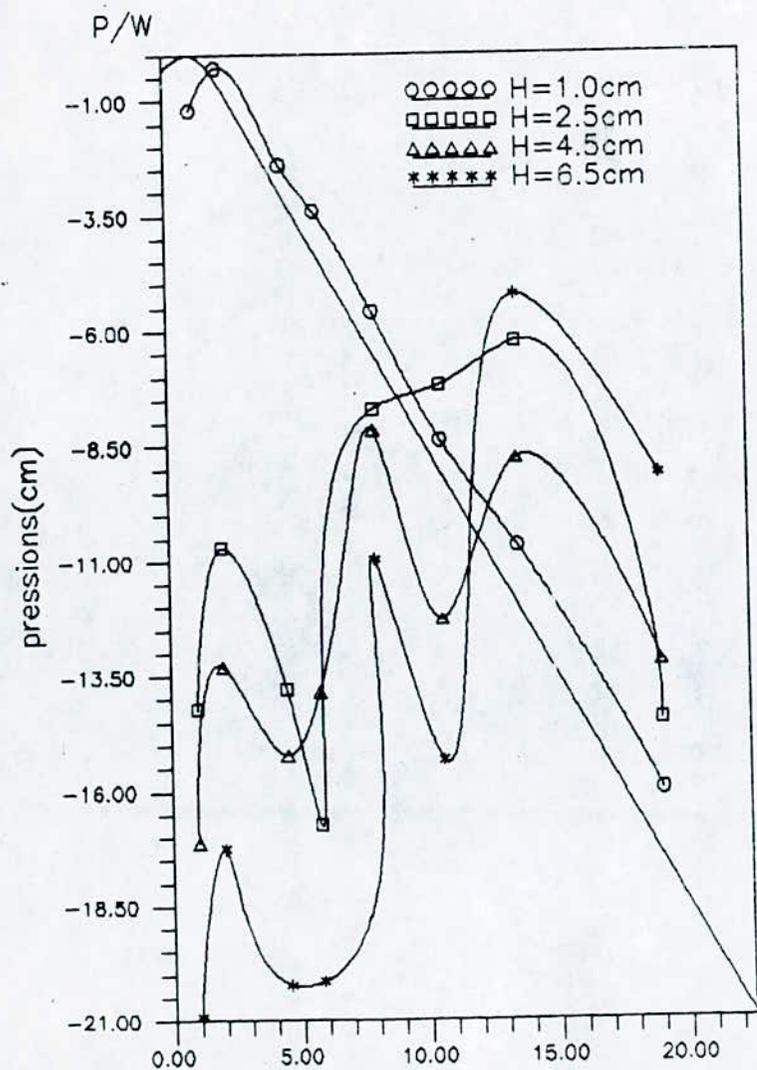


Fig IV.3 Seuil sans aspiration sans vanne et sans piles

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

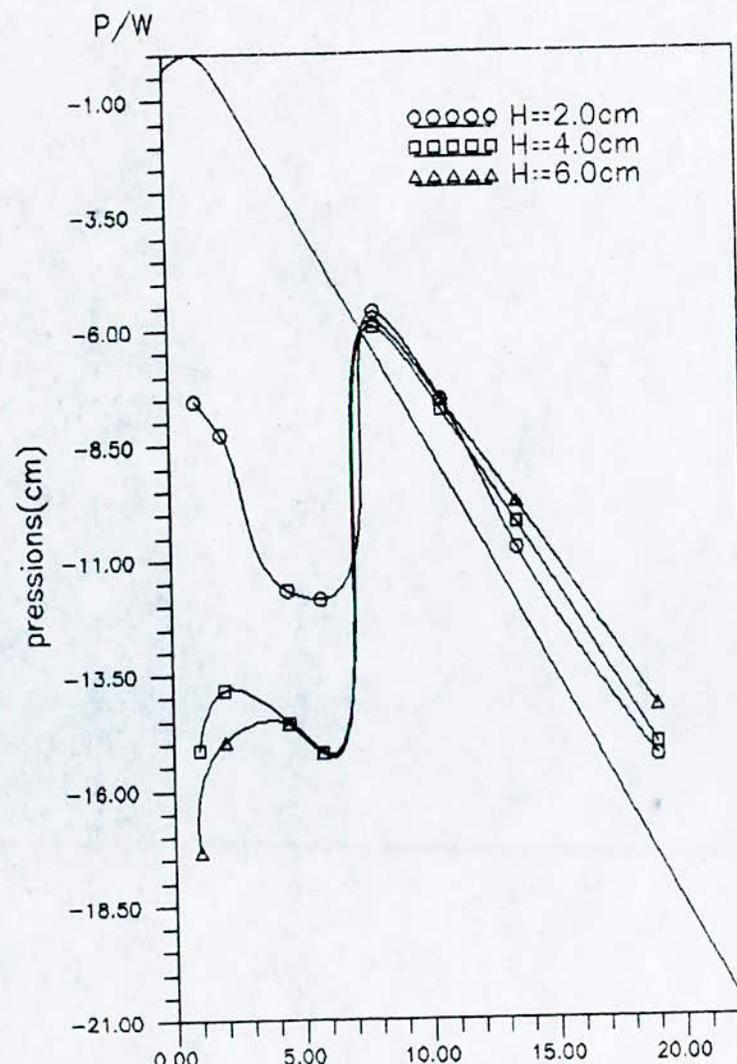


Fig IV.4 Seuil avec aspiration sans vanne et sans piles (02 tuyaux d'aspiration)

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

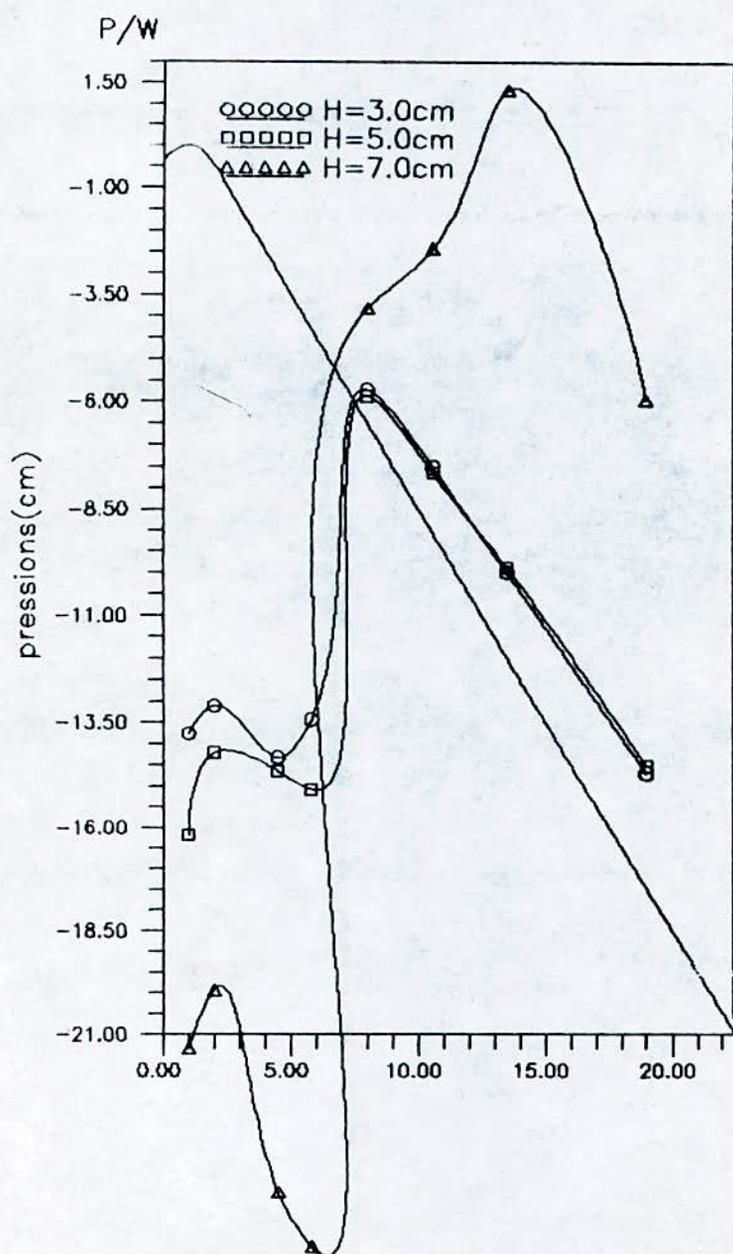


Fig IV.5 Seuil avec aspiration sans vanne et sans piles (04 tuyaux d'aspiration)

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

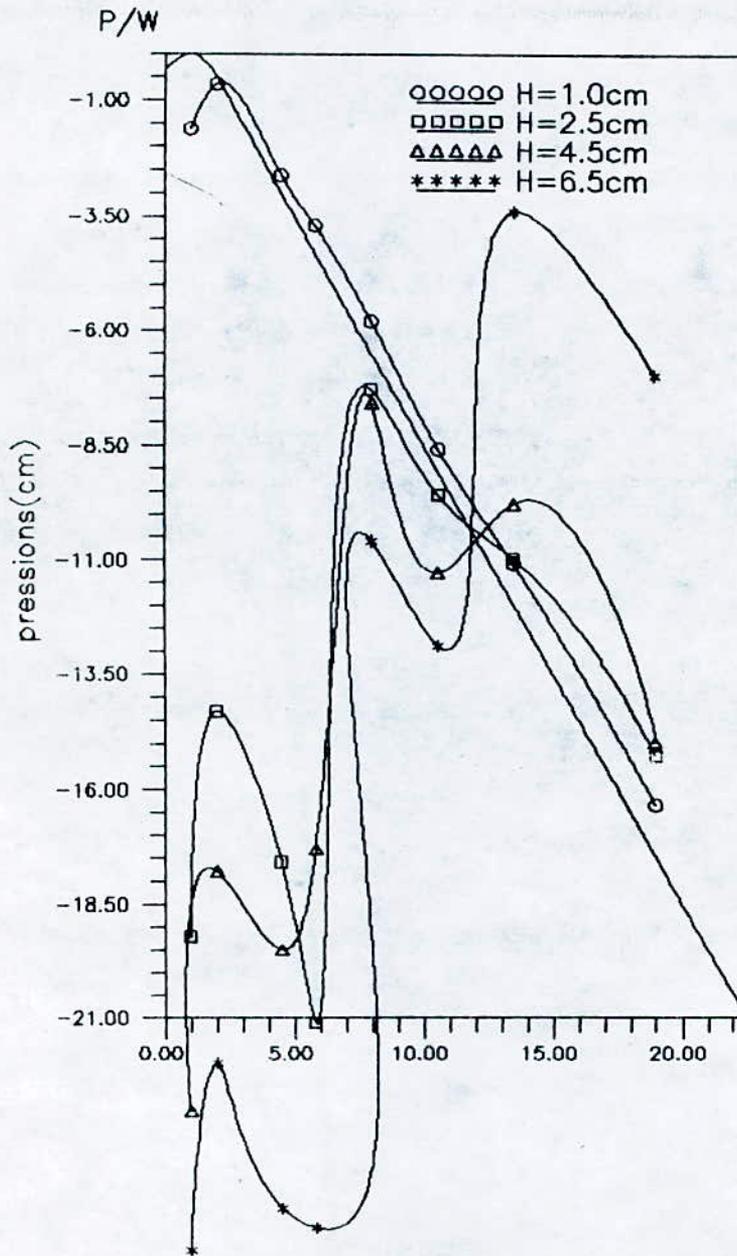


Fig IV.6 Seuil sans aspiration sans vanne et avec piles

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

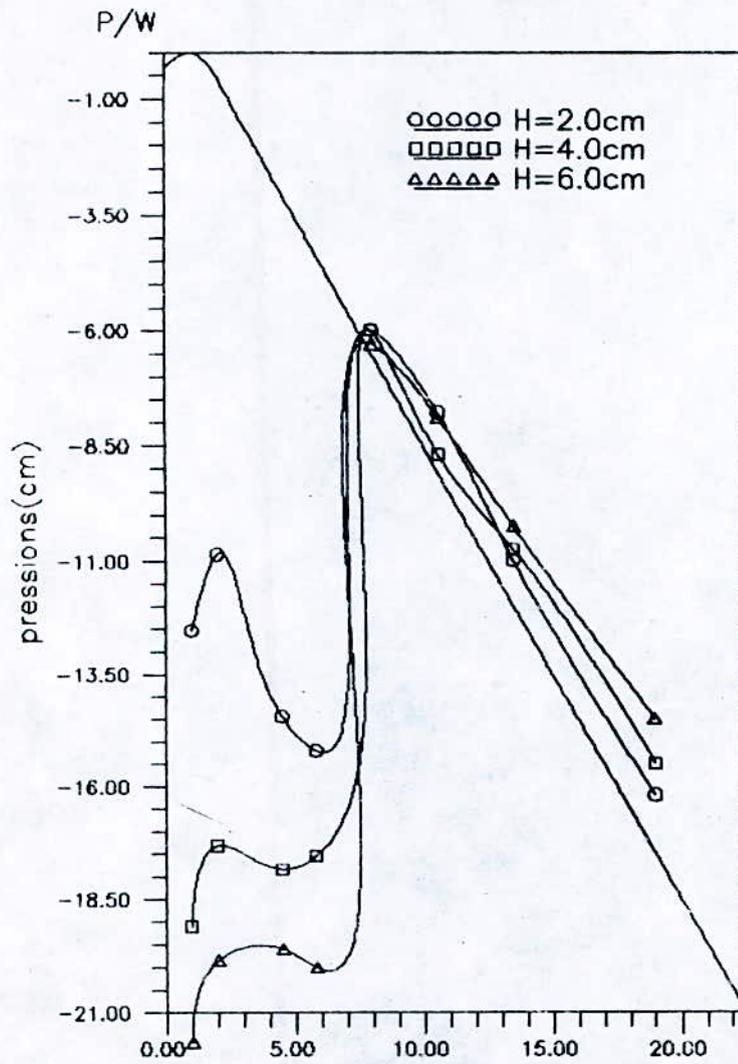


Fig IV.7 Seuil avec aspiration sans vanne et avec piles (04 tuyaux d'aspiration)

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

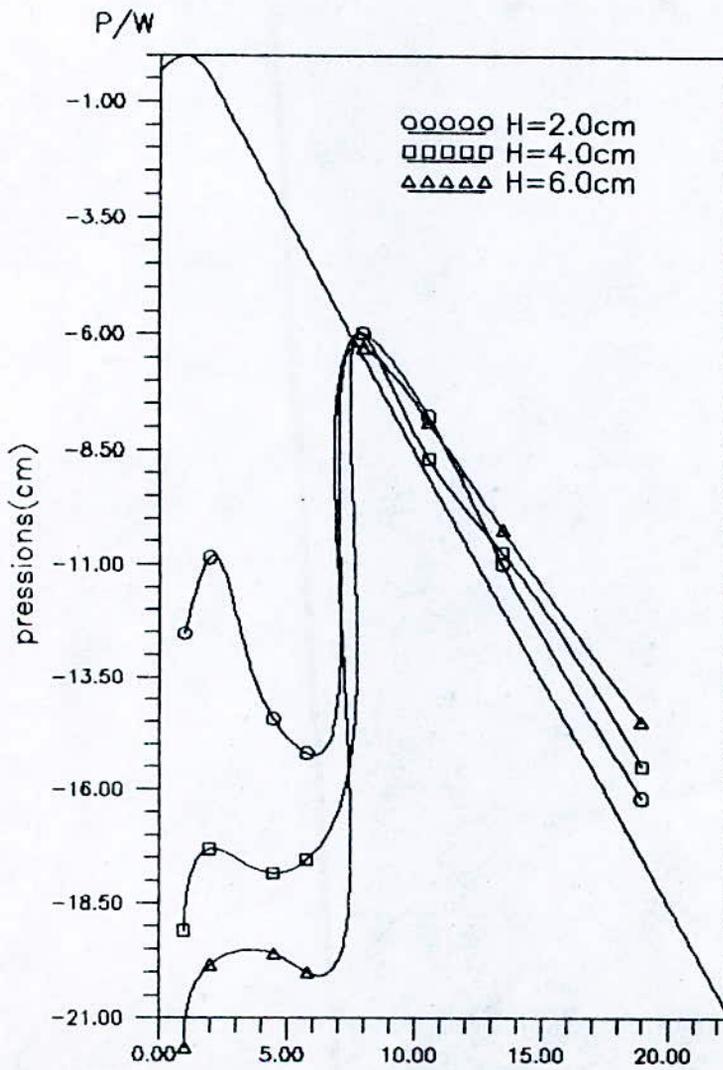


Fig IV.7 Seuil avec aspiration sans vanne et avec piles (04 tuyaux d'aspiration)

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

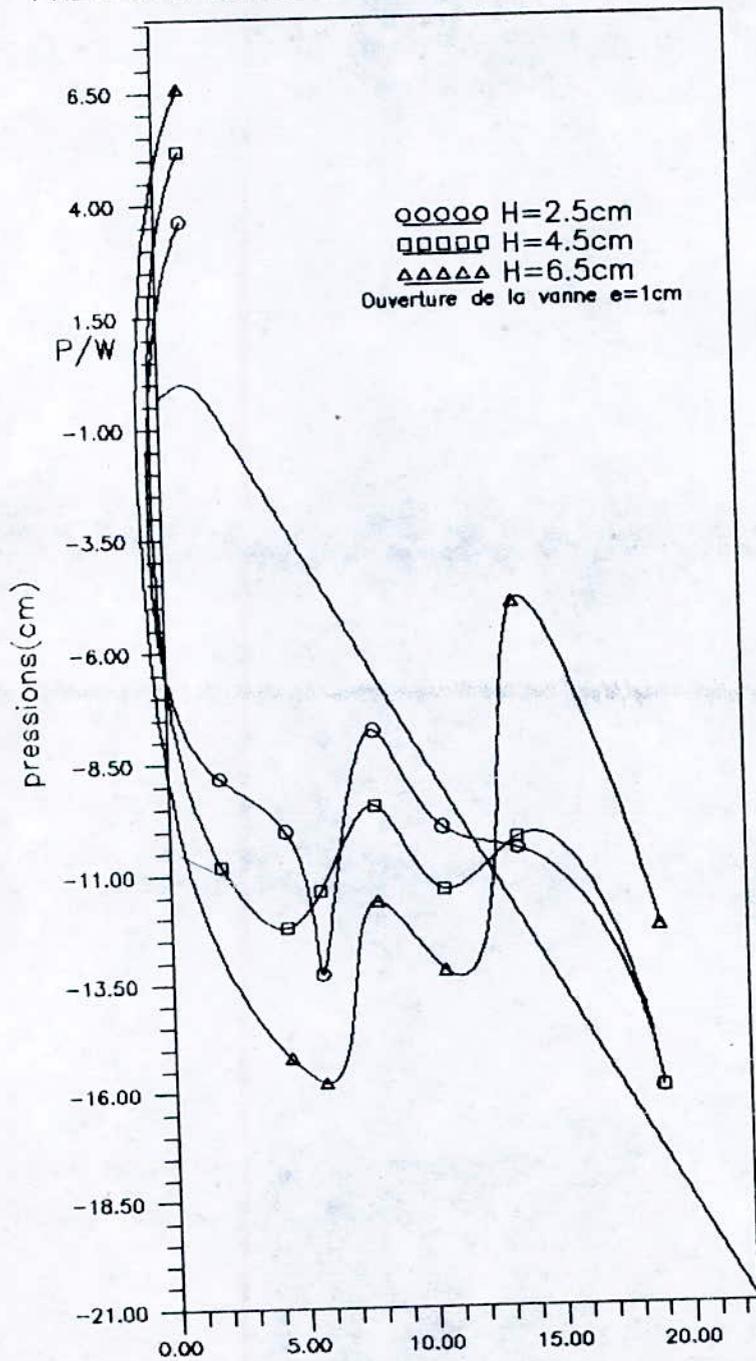


Fig IV.8 Seuil sans aspiration avec vanne et avec piles

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

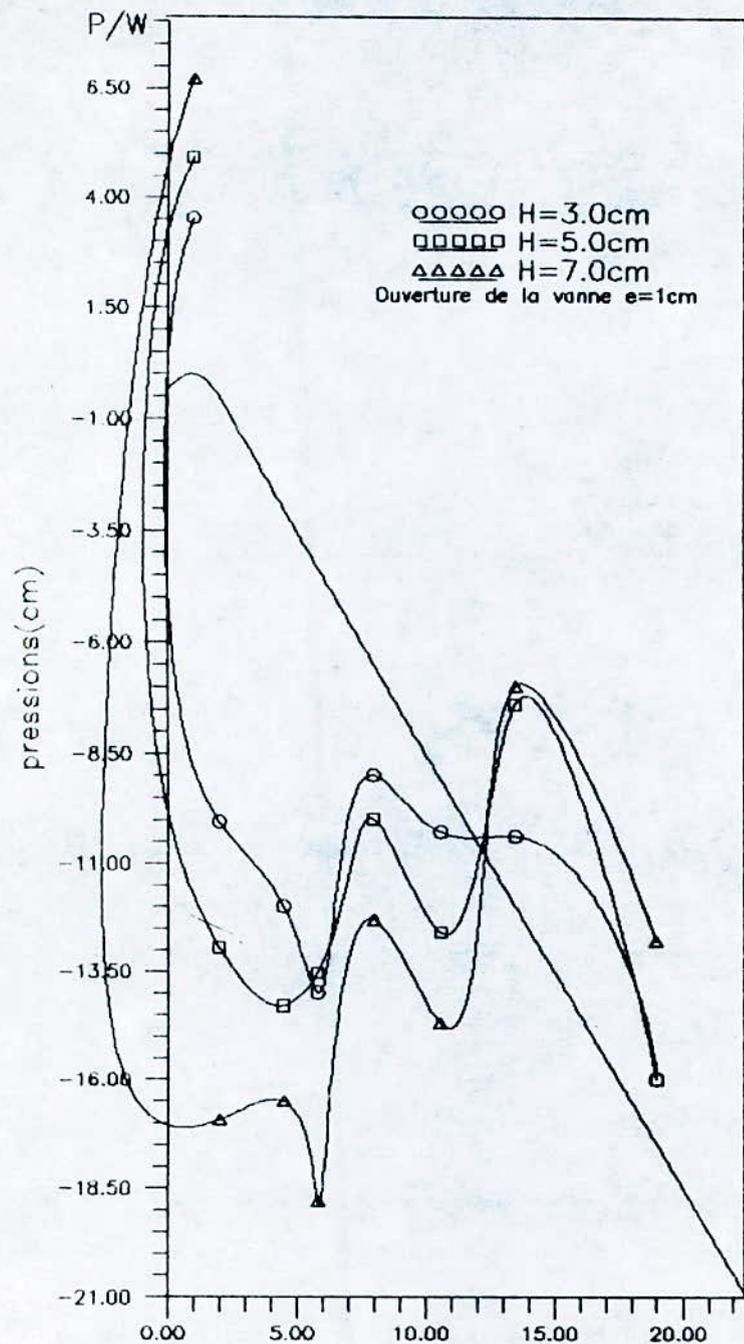


Fig IV.9 Seuil avec aspiration avec vanne et avec piles (04 tuyaux d'aspiration)

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

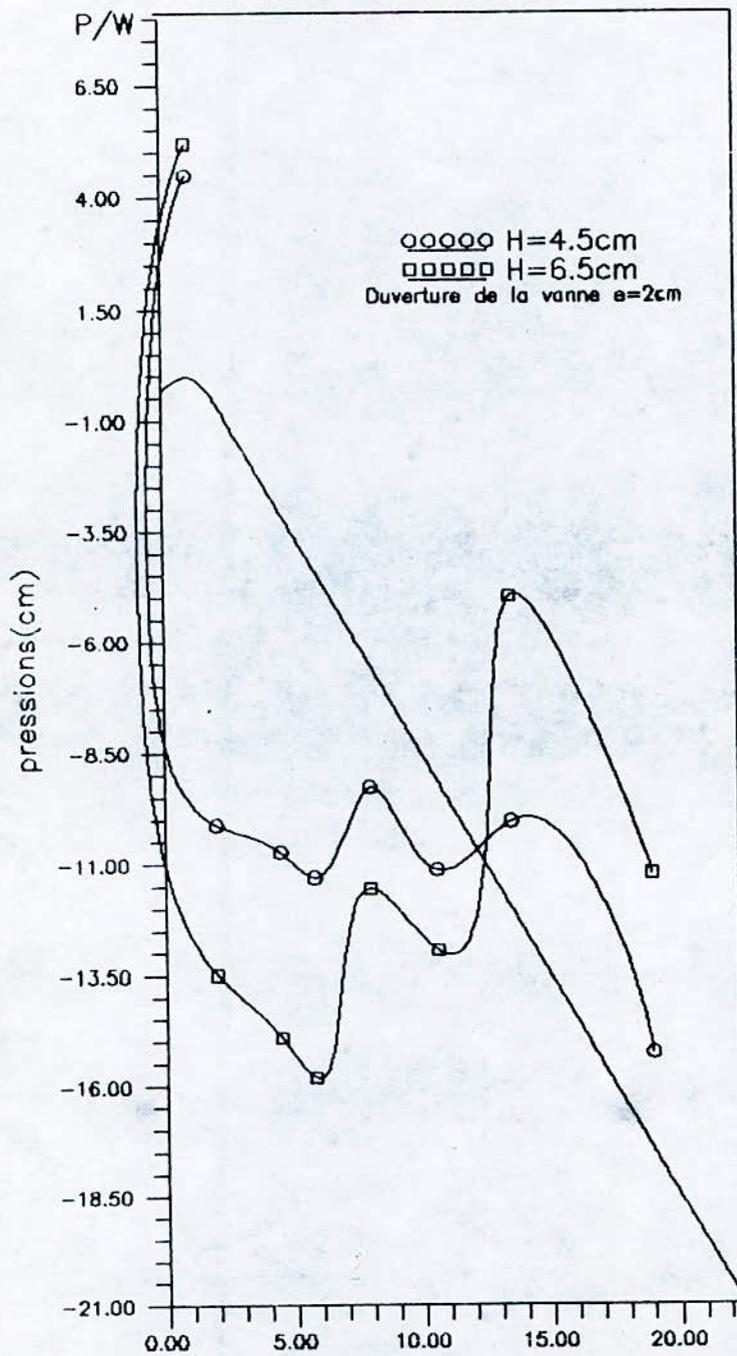


Fig IV.10 Seuil sans aspiration avec vanne et avec piles

PRESSIONS RELEVÉES SUR LE SEUIL DEVERSANT

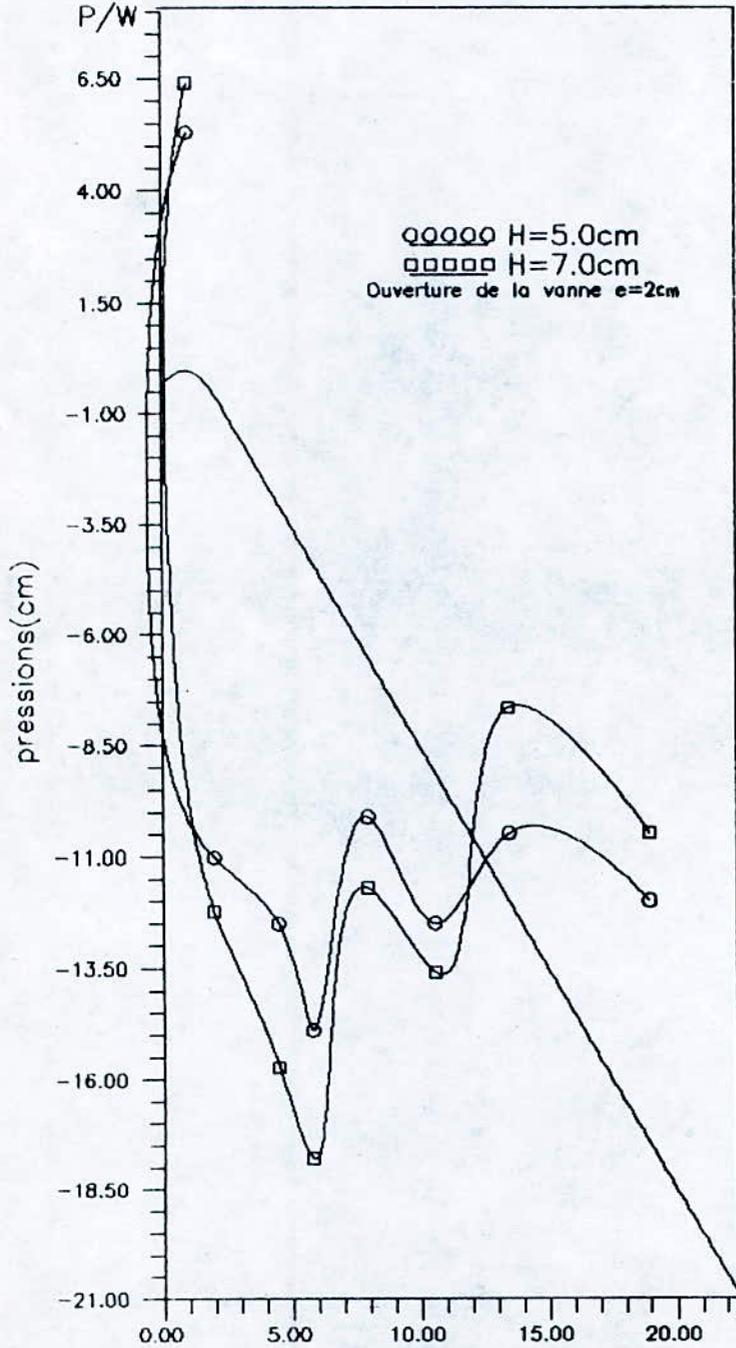


Fig IV.11 Seuil avec aspiration avec vanne et avec piles (04 tuyaux d'aspiration)

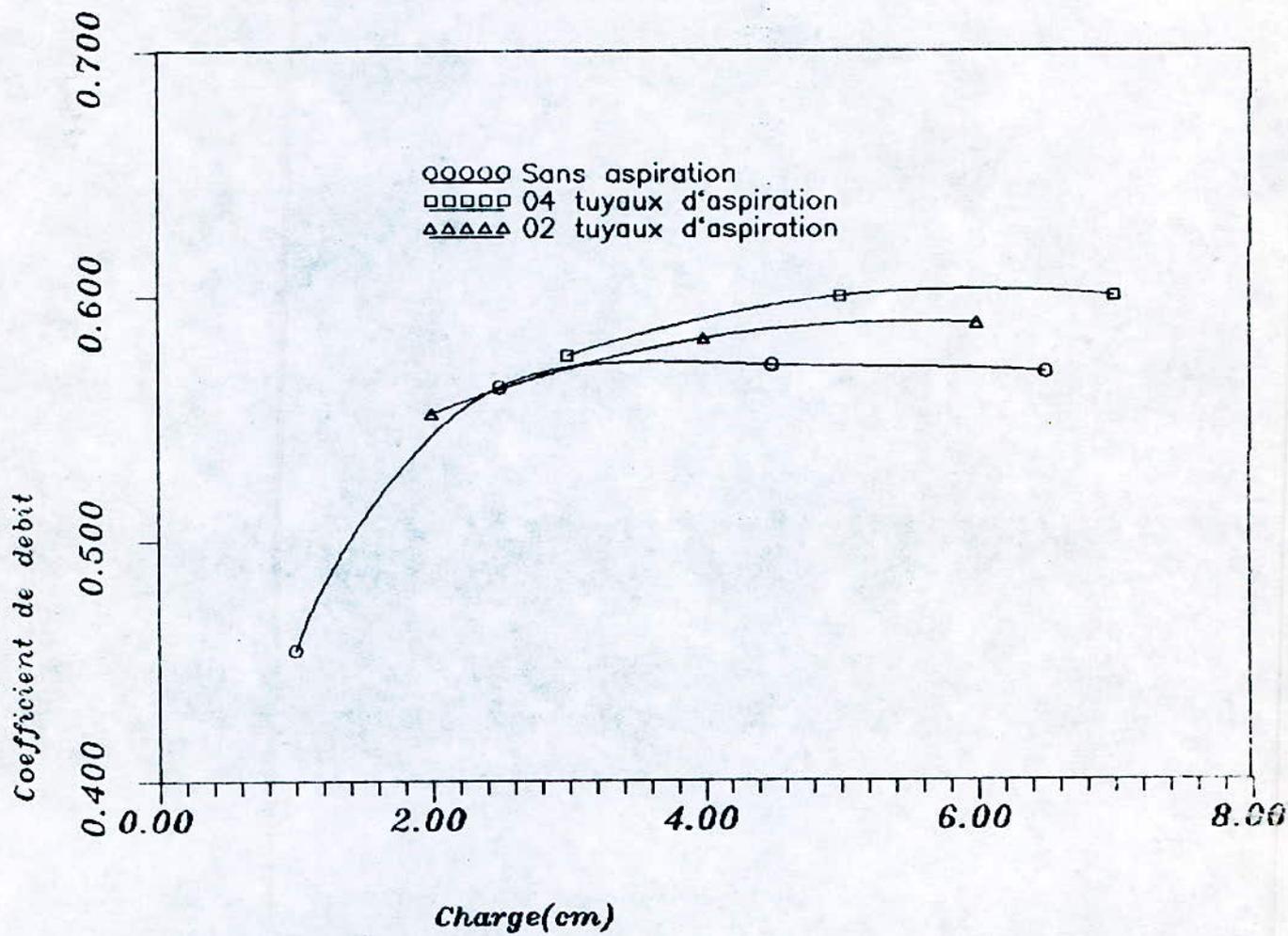


Fig IV.12: Courbe de coefficient de debit en fonction du nombre de tuyaux

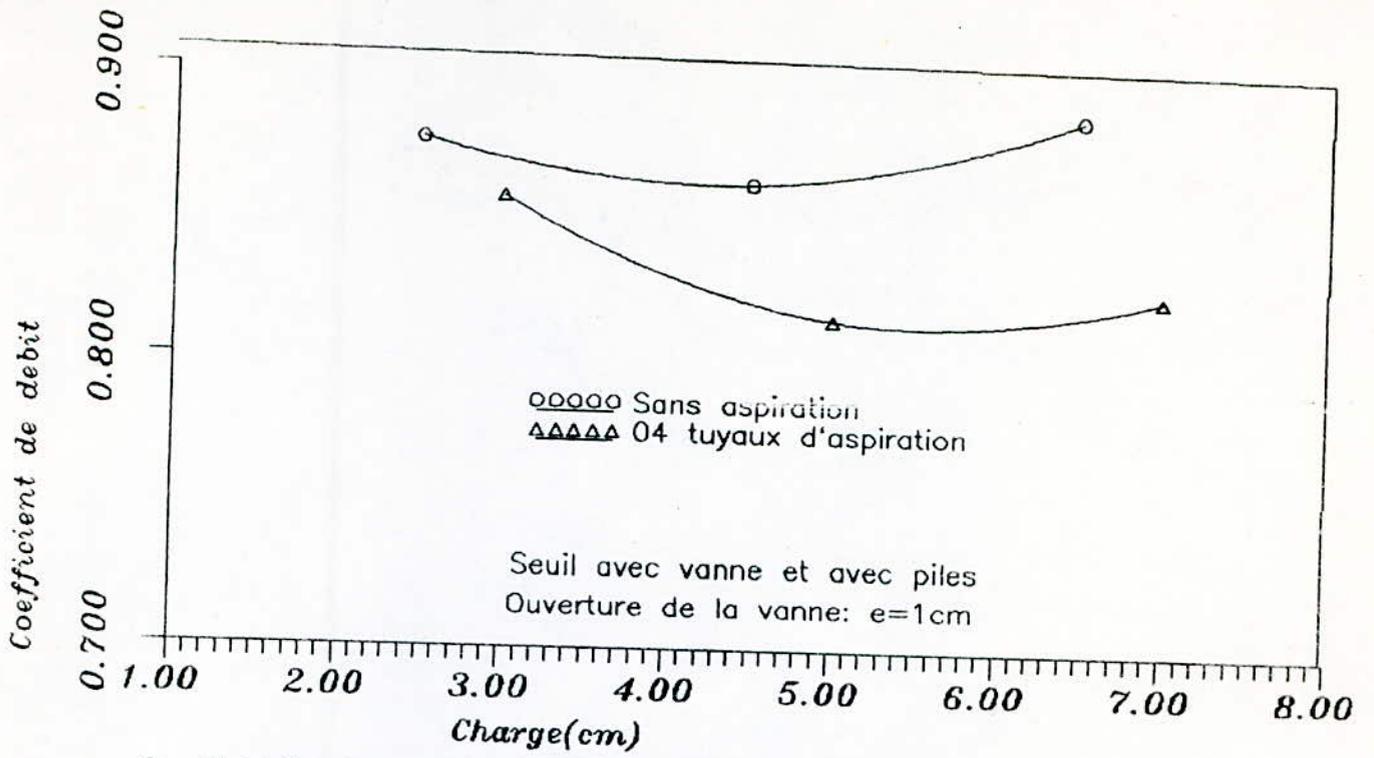


Fig IV.14: Courbe de coefficient de debit en fonction du nombre de tuyaux

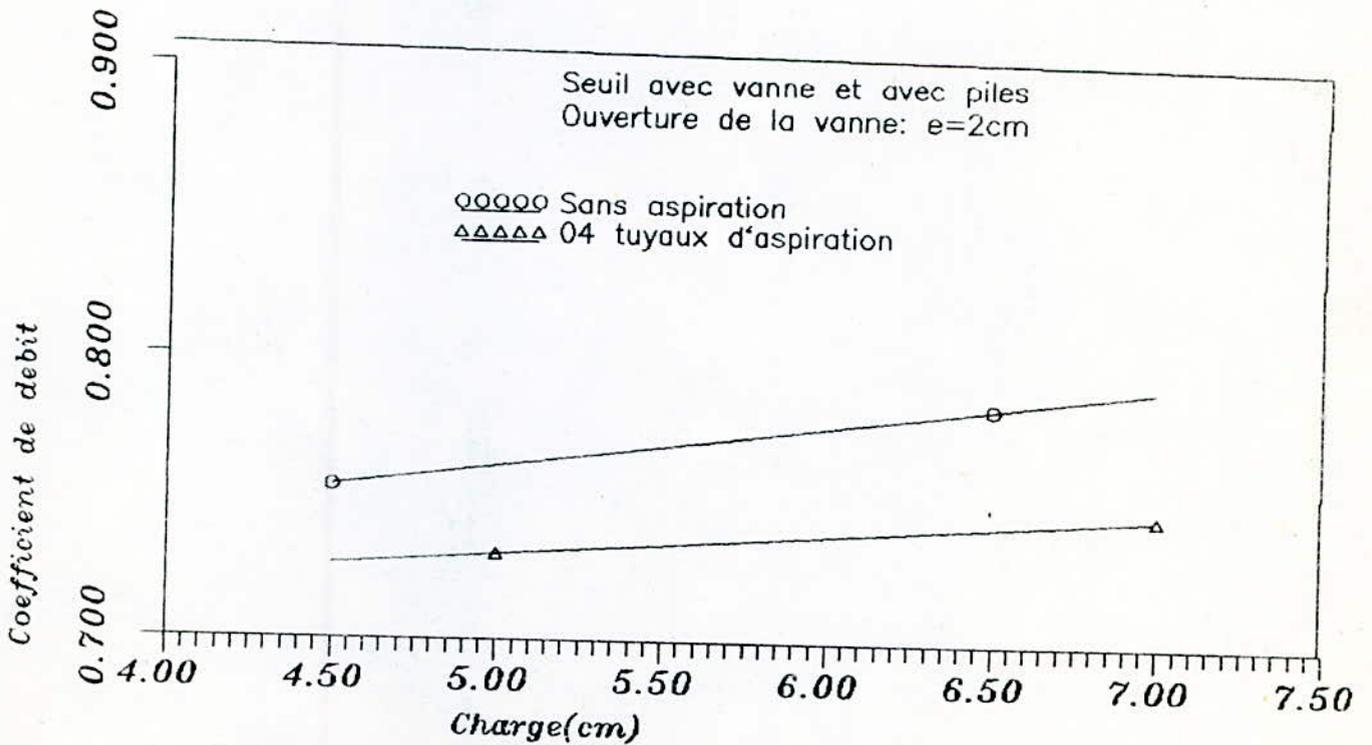


Fig IV.15: Courbe de coefficient de debit en fonction du nombre de tuyaux

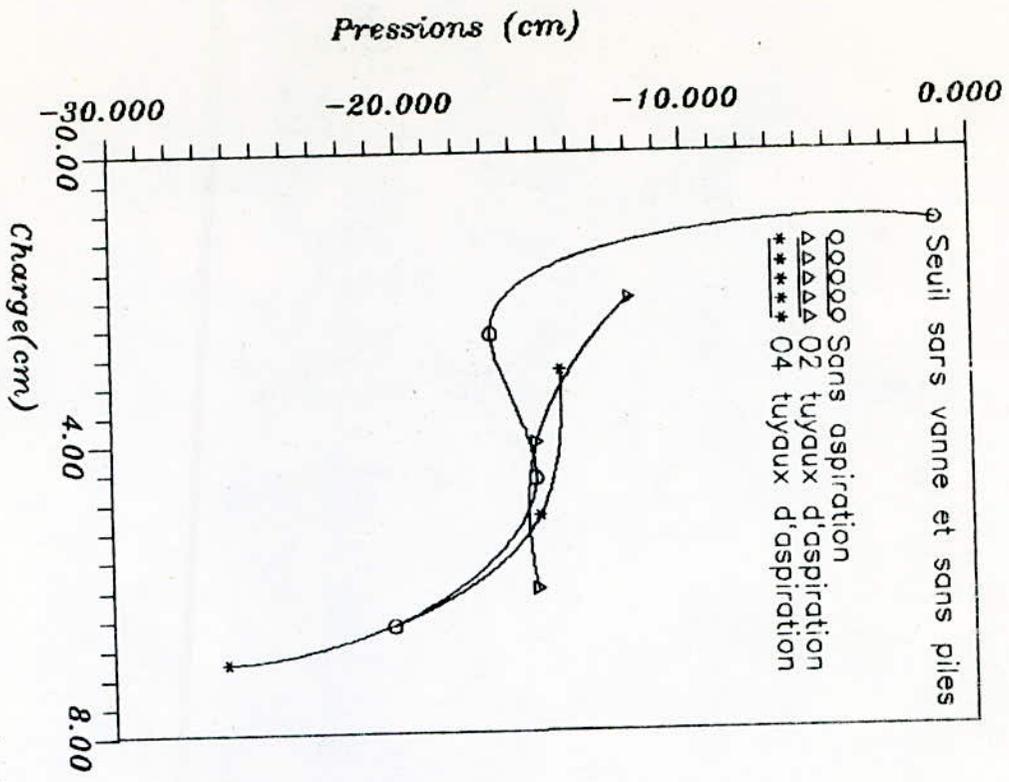


Fig IV.16: Courbe de pression en fonction de la charge

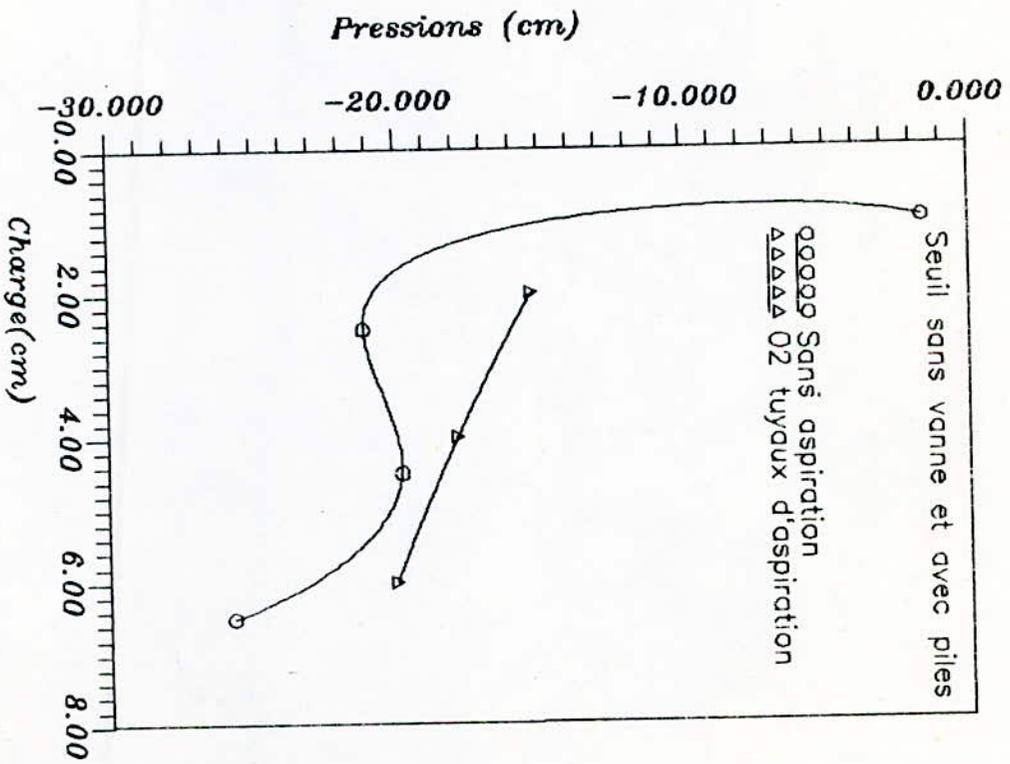


Fig IV.17: Courbe de pression en fonction de la charge

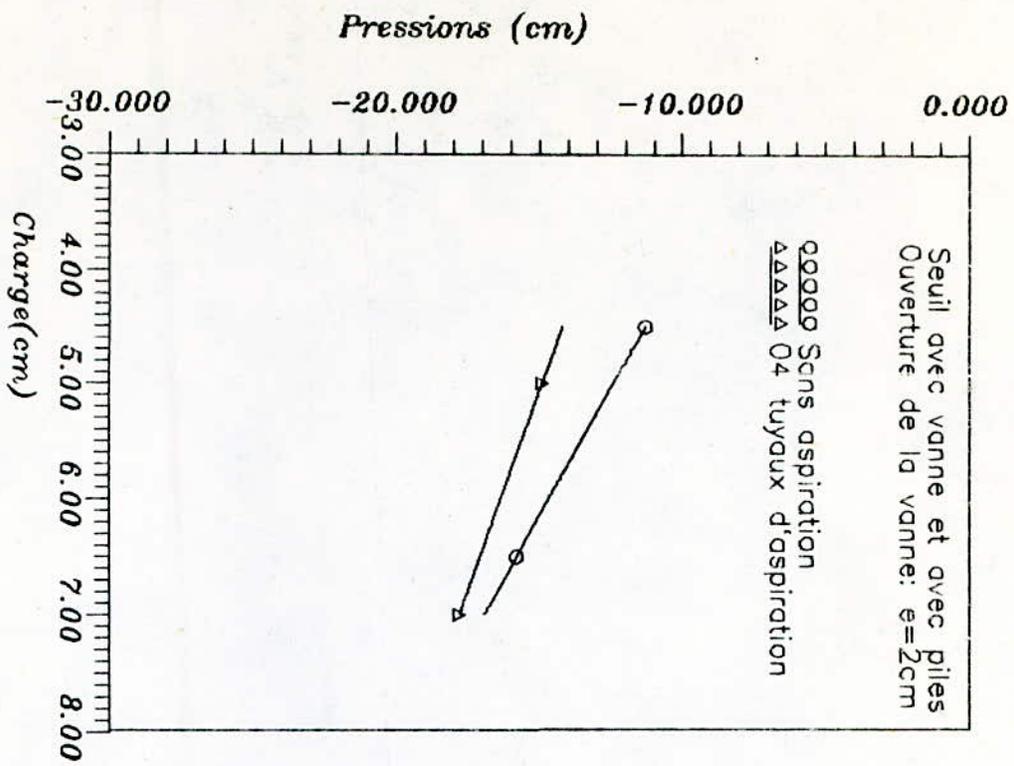


Fig IV.19: Courbe de pression en fonction de la charge

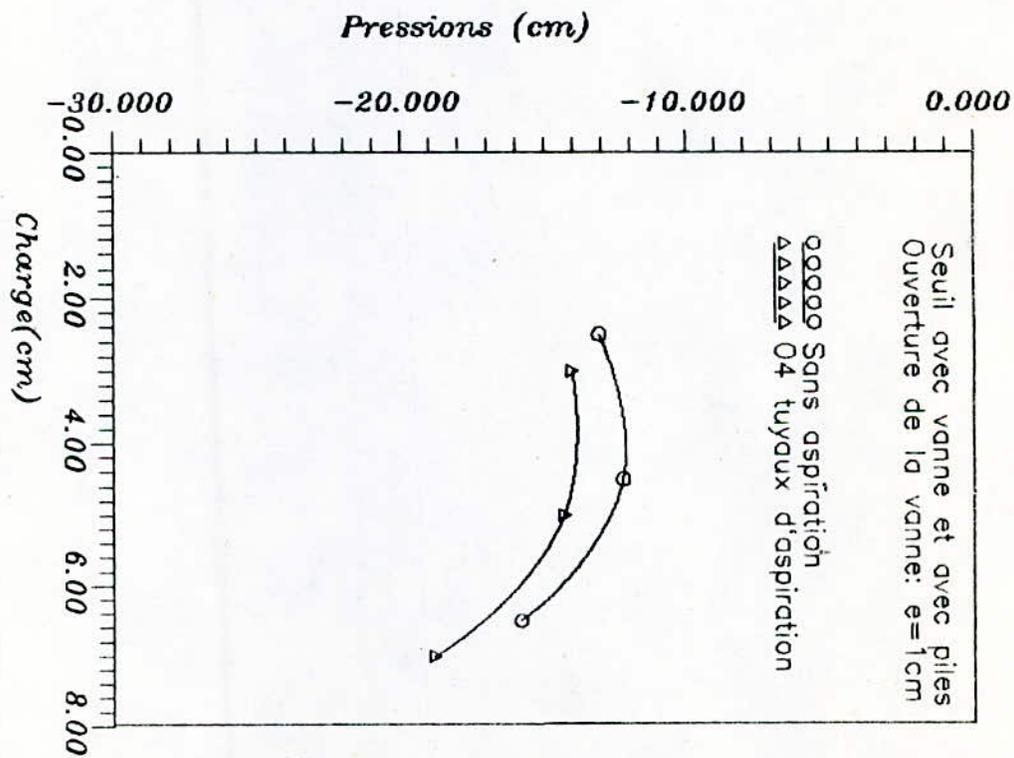


Fig IV.18: Courbe de pression en fonction de la charge

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Il est important de souligner quelques remarques au terme de cette étude.

- Les difficultés rencontrées lors de la conception du modèle et la réalisation des expériences portent à croire que cette étude n'aurait pas été effectuée.

- Lors de la réalisation du modèle, on été amené à réviser à plusieurs reprises les diamètres des tuyaux d'aspiration et de la fente aspiratrice, pour éviter la formation de vortex dans le collecteur des diamètre de dix (10) mm pour les tuyaux d'aspiration et deux (2) mm pour la fente aspiratrice.

- Il faut également rappeler qu'une charge maximale de huit (8) cm sur le déversoir est apparue insuffisante, il faut alors réviser les dimensions du modèle afin d'offrir une hauteur plus grande.

- Les résultats obtenus ont une valeur plus théorique, mais le modèle développé permet de prédire que le coefficient de débit augmente en appliquant le principe d'aspiration.

- La conception du modèle a été vérifié à l'échelle du laboratoire.

- Le principe de base du seuil déversant à fente aspiratrice s'est révélé hydrauliquement satisfaisant.

- Le déversoir s'est bien comporté et a permis l'évacuation satisfaisante des débits.

- La dépression maximale intervient en crête du seuil, dans une région très limitée et donc facile à renforcer, en utilisant des betons speciaux ou des revêtements en acier.

- Eu égard aux avantages qu'offre un seuil déversant a fente aspiratrice, nous proposons pour étendre cette étude un axe de recherche basé sur :

- a/ La position optimale de la fente aspiratrice.
- b/ Le nombre des tuyaux d'aspiration.
- c/ Le diamètre des tuyaux d'aspiration.
- d/ L'angle d'inclinaison du parement aval.

- Il serait très intéressant de disposer d'un canal semi industriel dans notre école pour nous placer dans les conditions pratiques d'application du principe de l'aspiration de la couche limite.

BIBLIOGRAPHIE

10- LENCASTRE A.

Etat de connaissance sur le
dimensionnement des évacuateurs de
crues des barrages. La houille blanche,
N° 1, 1991.

11- ZECH Y.

Cours d'hydraulique générale -
Ecoulements à surface libre, 1991.

ANNEXE

FORMULE FONDAMENTALE DES DEVERSOIRS

La formule fondamentale du calcul de la capacité d'écoulement de tous les types de déversoirs (fig 1) a l'expression suivante :

$$Q = \sigma_n C_d \varepsilon b (2 * g)^{1/2} H_o^{3/2} \quad (1)$$

où

Q : débit en volume (m³/s)

C_d : coefficient de débit dépendant du type de déversoir

b : largeur sommaire de tous les orifices du déversoir
(longueur déversante) (m)

g : accélération de la pesanteur (m/s²)

$H_o = H + \alpha V^2 / (2 g)$: charge totale sur le seuil du déversoir (m)

H : charge géométrique sur le seuil du déversoir (m)

α : coefficient de l'énergie cinétique ($\alpha = 1.05 + 1.1$)

σ_n : coefficient de noyage

$\sigma_n = f (h_n / H_o , \text{type de déversoir})$

h_n : excès du niveau du bief aval au dessus de la crête du déversoir (m)

ε : coefficient de contraction latérale

On peut déterminer ce coefficient par la formule de Francis-Creager

$$\epsilon = 1 - 0.1 n \xi (H_0 / b)$$

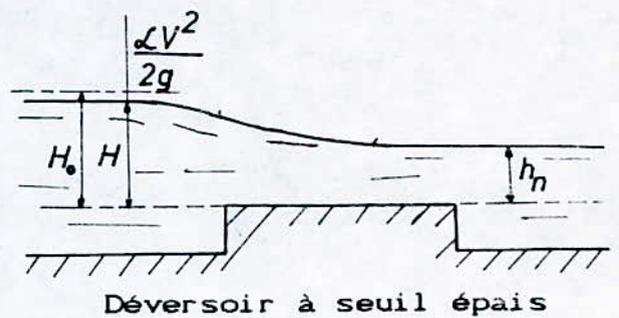
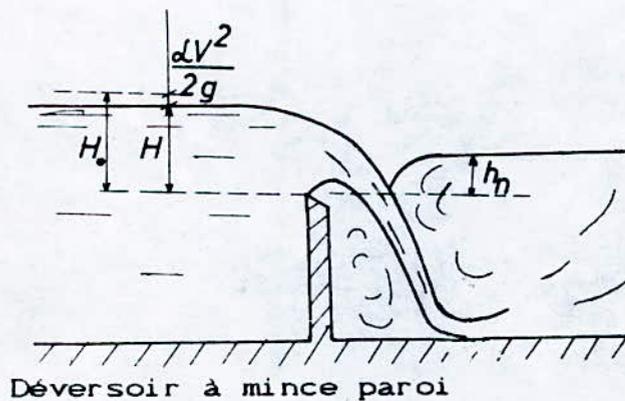
où

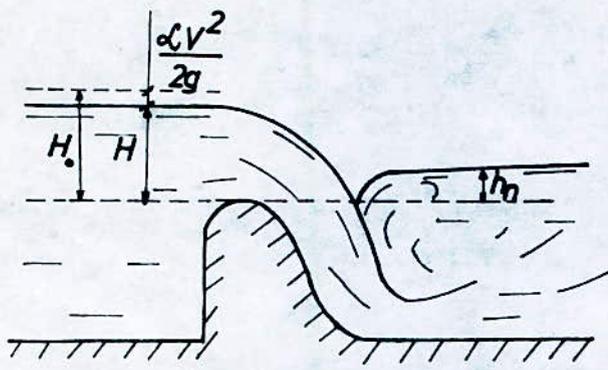
b : largeur d'un orifice (m)

H_0 : charge totale sur le déversoir (m)

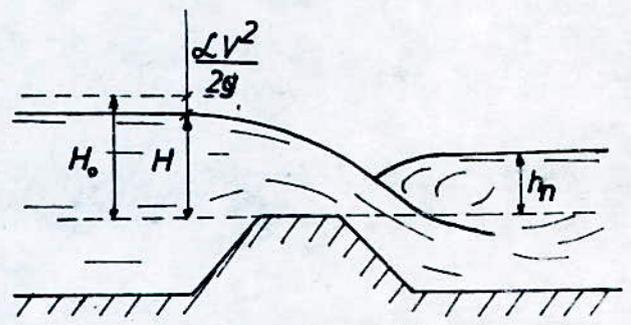
n : nombre de contractions latérales d'un orifice (fig 2)

ξ : coefficient de configuration des piles (fig 3)





Déversoir au profil
curviligne



Déversoir au profil
polygonal

Fig 1 - Types des déversoirs

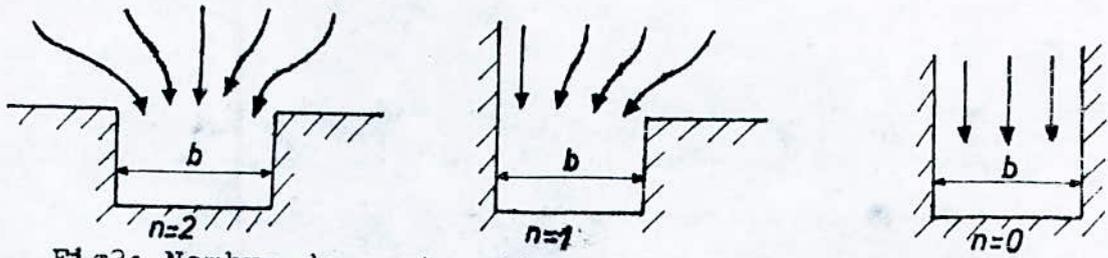


Fig2: Nombre de contractions laterales d'un orifice

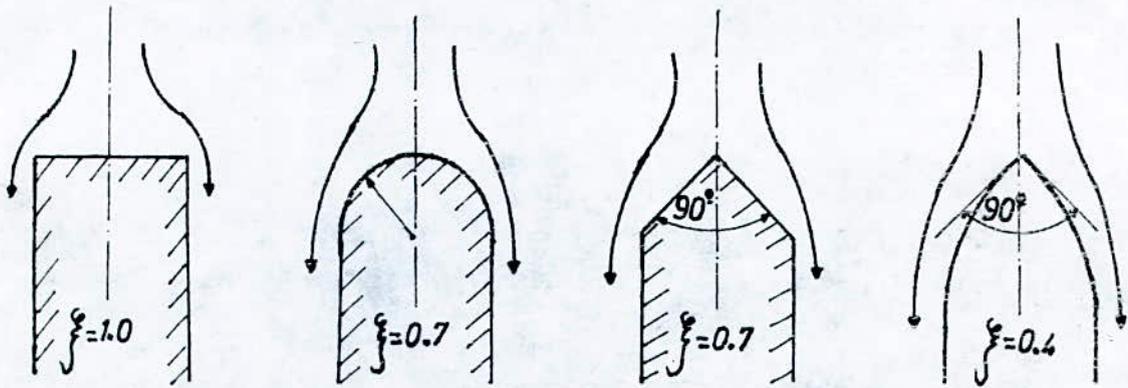


Fig3: Coefficient de la configuration des piles

TABLEAU I.2

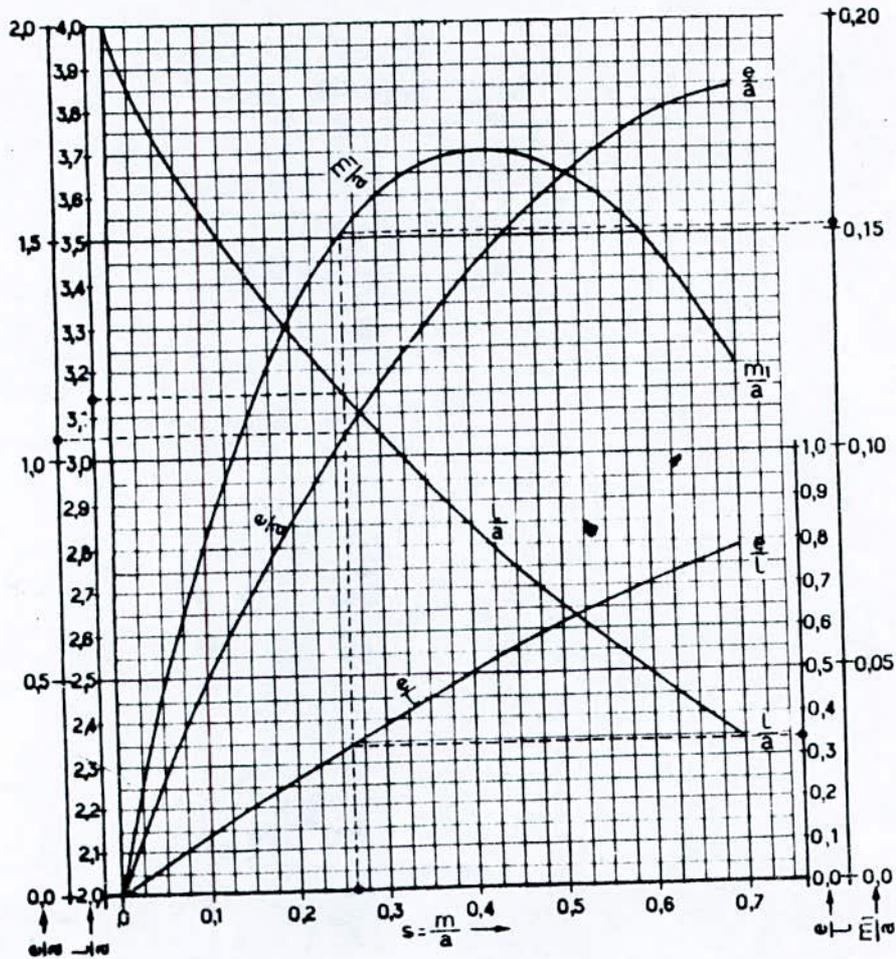
Face inferieure de la veine liquide

(Valeur de Y/H)

K/H X/H ↓	a/b = 0 (Vertical)					
	0,002	0,020	0,060	0,160	0,140	0,010
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
02	0280	0265	0235	0200	0180	0,0272
04	0490	0460	0400	0340	0300	0,0473
06	0650	0605	0530	0447	0400	0,0625
08	0765	0720	0630	0540	0470	0,0740
0,10	0,0860	0,0810	0,0710	0,0602	0,0520	0,0832
12	0940	0880	0770	0655	0560	0,0907
14	1000	0940	0820	0686	0580	0,0967
16	1045	0980	0845	0716	0595	1,0000
18	1080	1010	0870	0730	0600	1,0041
0,20	0,1105	0,1030	0,0880	0,0740	0,0590	1,0063
22	1120	1040	0885	0742	0590	1,0116
24	1120	1050	0880	0740	0577	1,0000
26	1120	1045	0875	0720	0560	1,078
28	1115	1040	0860	0700	0535	1,073
0,30	0,1105	0,1020	0,0845	0,0673	0,0503	1,052
32	1090	1005	0820	0642	0477	1,043
34	1070	0980	0785	0604	0440	1,020
36	1040	0950	0750	0570	0397	0,990
38	1010	0910	0710	0524	0353	0,954
0,40	0,0970	0,0870	0,0670	0,0480	0,0303	0,914
42	0920	0820	0620	0430	0250	0,864
44	0870	0775	0565	0370	0195	0,817
46	0820	0715	0515	0315	0138	0,762
48	0760	0660	0455	0253	0060	0,704
0,50	0,070	0,060	0,039	0,018	-0,001	0,644
54	056	046	025	004	017	0,504
58	040	031	009	-0,013	034	0,350
62	024	013	-0,009	031	052	0,179
66	004	-0,006	028	050	071	0,055
0,70	-0,016	-0,028	-0,049	-0,071	-0,091	-0,025
74	038	049	072	093	114	-0,044
78	062	072	095	116	137	0,076
82	086	097	120	142	162	0,072
86	112	122	146	168	188	0,176
0,90	-0,138	-0,150	-0,173	-0,195	-0,216	1,447
94	167	179	202	224	244	1,737
98	198	208	231	254	274	2,036
1,00	214	224	247	270	290	2,196
10	300	310	330	352	372	3,056
1,20	-0,393	-0,402	-0,422	-0,443	-0,463	3,980
30	495	504	522	543	563	5,000
40	606	614	632	650	670	6,104
50	724	733	750	769	784	7,200
60	850	860	874	895	904	8,500

ABAOUE III.1

Construction d'un profil aerodynamique



Exemple : $\frac{c}{l} = 0,33$. De l'abaque : $s = 0,26$; $\frac{c}{a} = 1,05$; $\frac{l}{a} = 3,14$; $\frac{m_1}{a} = 0,151$

