



OUVRAGES ANNEXES

Hafid SOUNNY / DAH

www.GenieCivilPDF.com

PLAN DE L'EXPOSE

- ◆ Introduction
- ◆ Evacuateur des crues
 - Objet, effet de laminage, types
 - Conception
- ◆ Vidange de fond

INTRODUCTION

Les barrages sont généralement équipés d'ouvrages annexes qui sont :

- les ouvrages évacuateurs de crues.
- les ouvrages de vidanges
- les ouvrages de prise

INTRODUCTION



EVACUATEUR DE CRUES

EVACUATEUR DE CRUES

Objectif

- Évacuation du surplus d'eau qui ne peut être stockée, au passage d'une crue
- Doit avoir une capacité suffisante pour permettre le passage de 'la crue de projet' sans causer de dégâts au barrage :
 - ✓ Crue millénaire Q_{1000} pour barrage en béton
 - ✓ Crue décennale Q_{10000} pour barrage en terre
- Doit être judicieusement placé, correctement dimensionné et construit selon les règles de l'art en Gci. Pour qu'il assure ses fonctions le plus convenablement possible

EVACUATEUR DE CRUES

Effet de laminage

- Lors d'évènements de crues, les retenues de barrage ont pour effet de laminier ou d'atténuer les débits instantanés de la crue entrante : le débit qui passe par l'évacuateur de crues est inférieur au débit de pointe de la crue à l'entrée de la retenue
- L'effet du laminage dépend de :
 - la forme de l'hydrogramme de la crue
 - la capacité d'évacuation de l'EC
 - La forme de la partie supérieure de la retenue

EVACUATEUR DE CRUES

Effet de laminage

Mécanisme du laminage :

$$Q_{\text{entrant}}(t) dt = Q_{\text{sortant}}(z) dt + A_{\text{(aire du plan d'eau)}}(z) dz$$

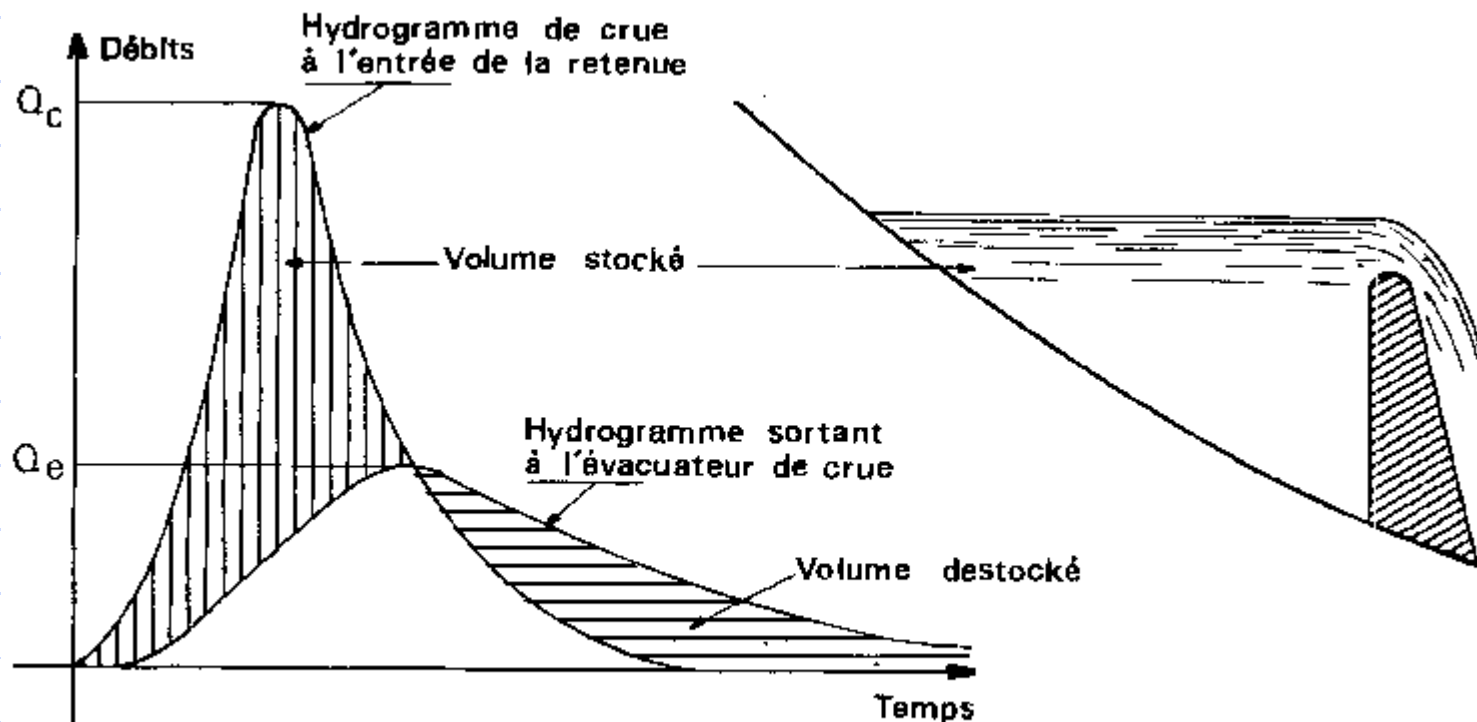


Figure III.33 - Laminage de crue par la retenue

EVACUATEUR DE CRUES

Types d'EC



EVACUATEUR DE CRUES

Types d'EC



EVACUATEUR DE CRUES

Types d'EC



EVACUATEUR DE CRUES

Tilupe



EVACUATEUR DE CRUES

Conception de l'EC

Le choix de l'emplacement, du type et des composantes d'un évacuateur de crues dépend :

- conditions topographiques du site (volume des déblais...)
- conditions géologiques : assise de l'ouvrage, stabilité des talus d'excavation, ...
- débit des crues (vanné ou non vanné)
- type de barrage considéré (emplacement et types évidents pour le barrage en béton de longueur suffisante)

Le choix de la taille de l'évacuateur de crue se fait par l'intermédiaire d'un calcul économique de l'ensemble combinée (barrage+ évacuateur)

EVACUATEUR DE CRUES

Conception de l'EC

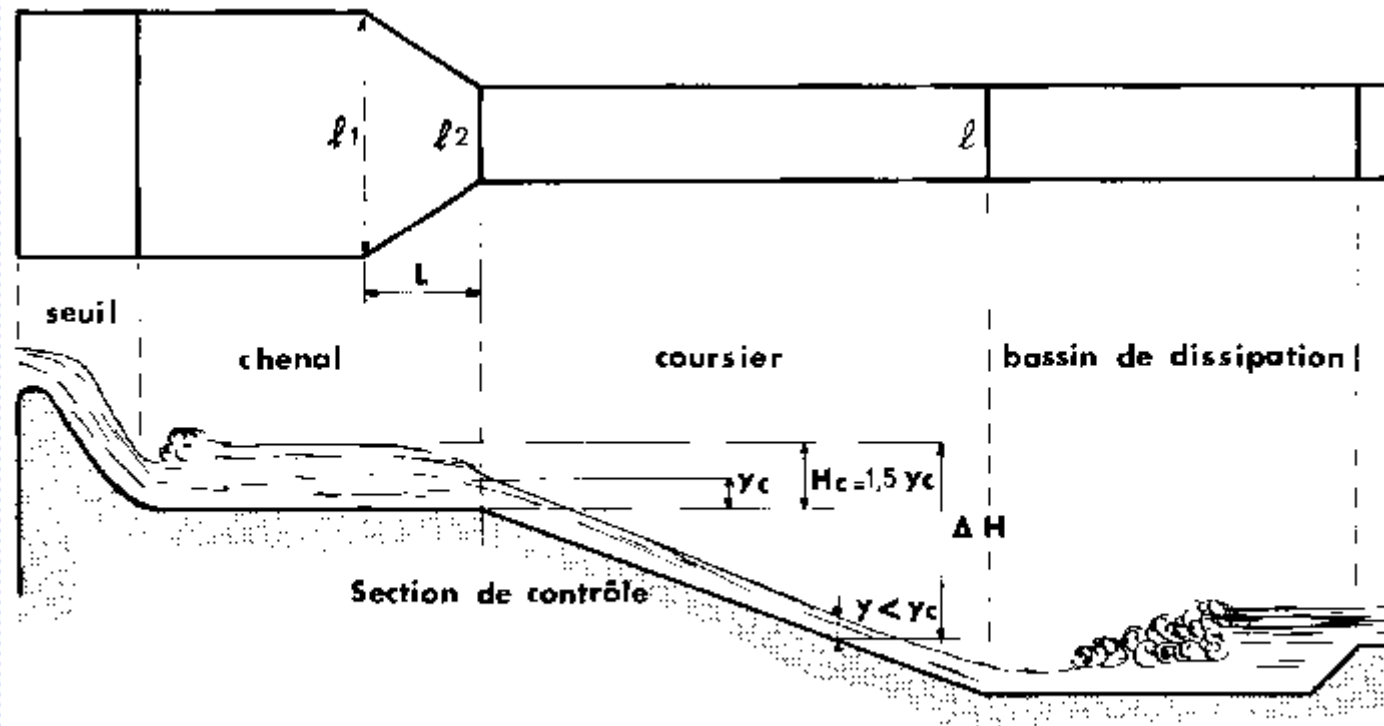


Figure III.50. – Tirant d'eau dans le coursier

EVACUATEUR DE CRUES

seuil de contrôle

En général, on choisit un seuil épais 'normal' de type « *Creager* » défini par la formule :

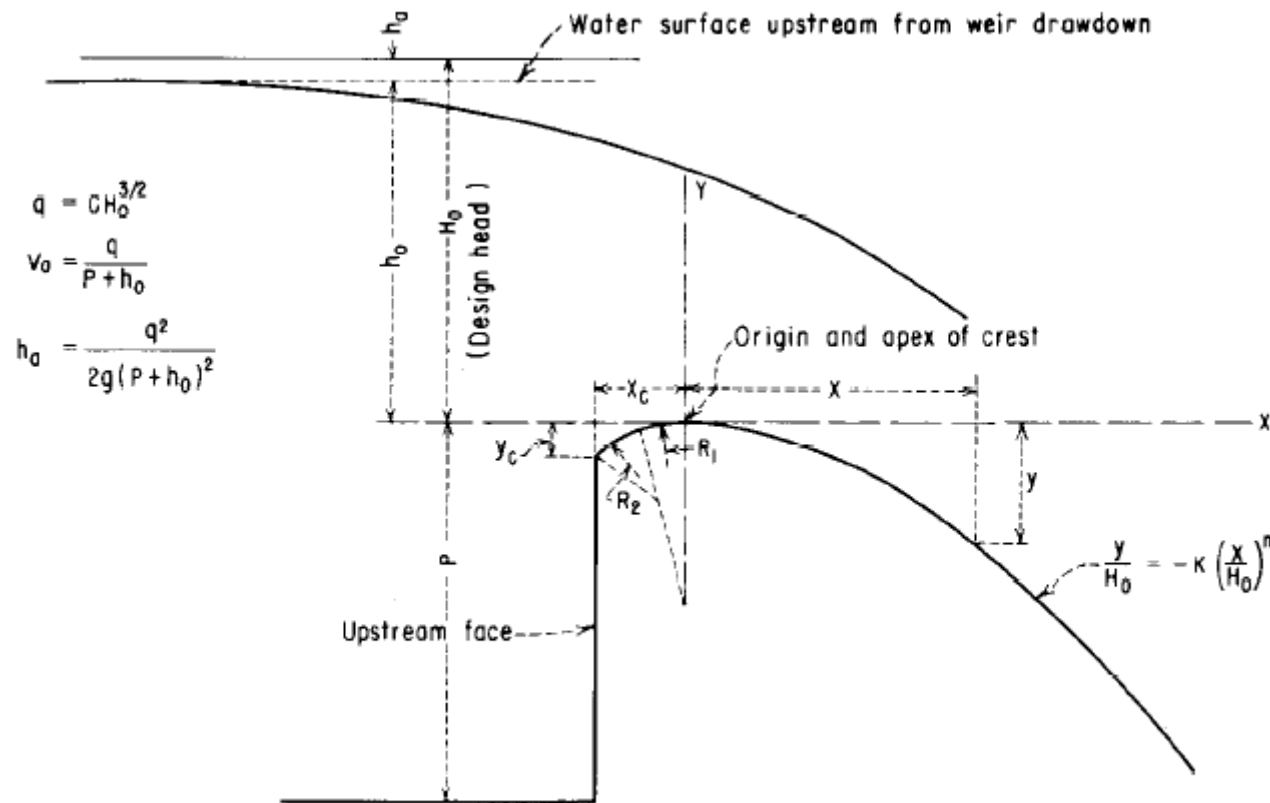
$$(Y / H_0) = - k (X / H_0)^n$$

H_0 : hauteur de dimensionnement

k et n : paramètres du seuil Creager définis par les abaques

EVACUATEUR DE CRUES

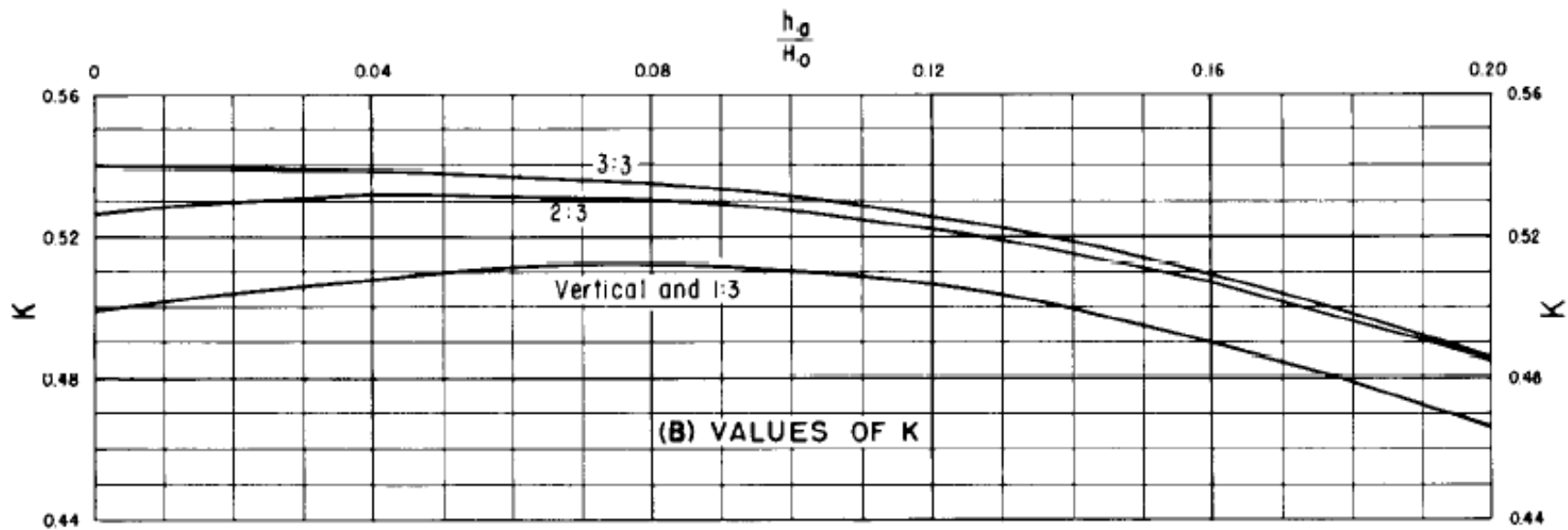
seuil de contrôle Creager



(A) ELEMENTS OF NAPPE-SHAPED CREST PROFILES

EVACUATEUR DE CRUES

seuil de contrôle Creager



EVACUATEUR DE CRUES

seuil de contrôle Creager

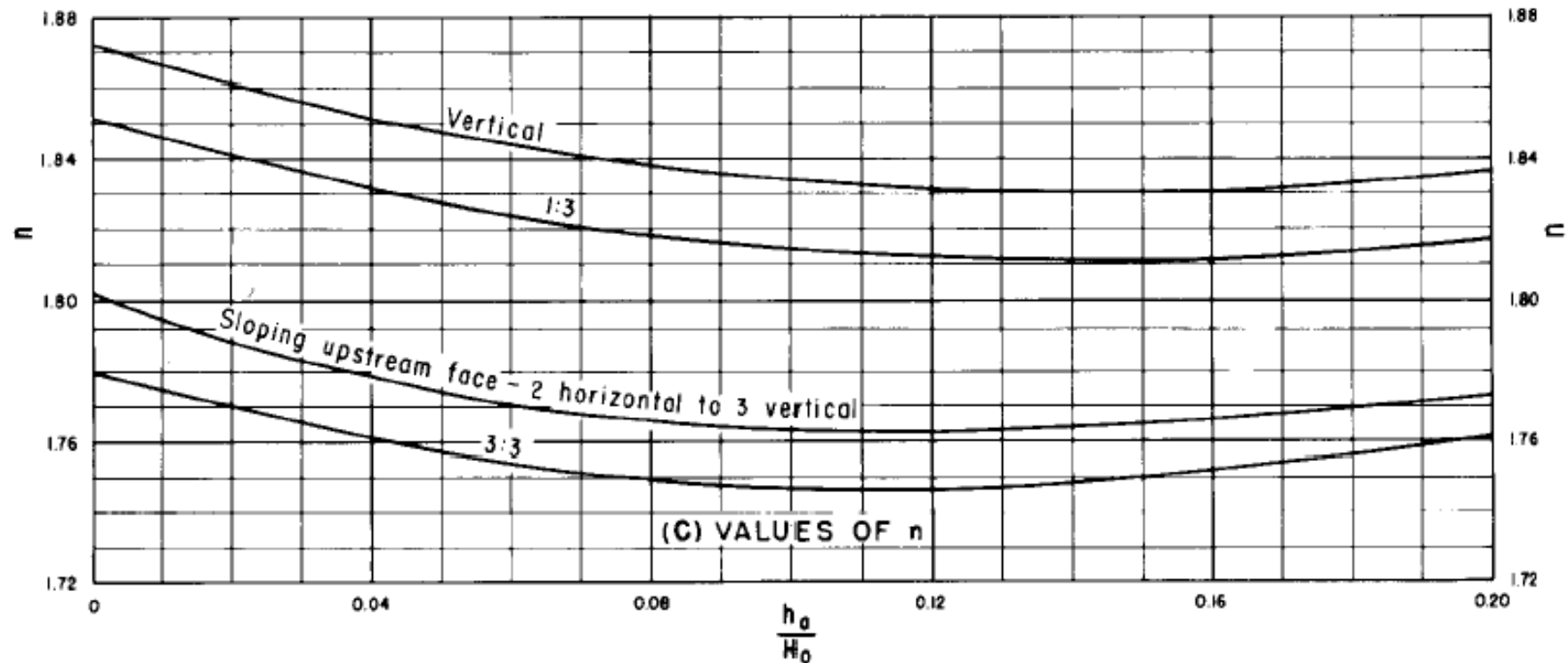
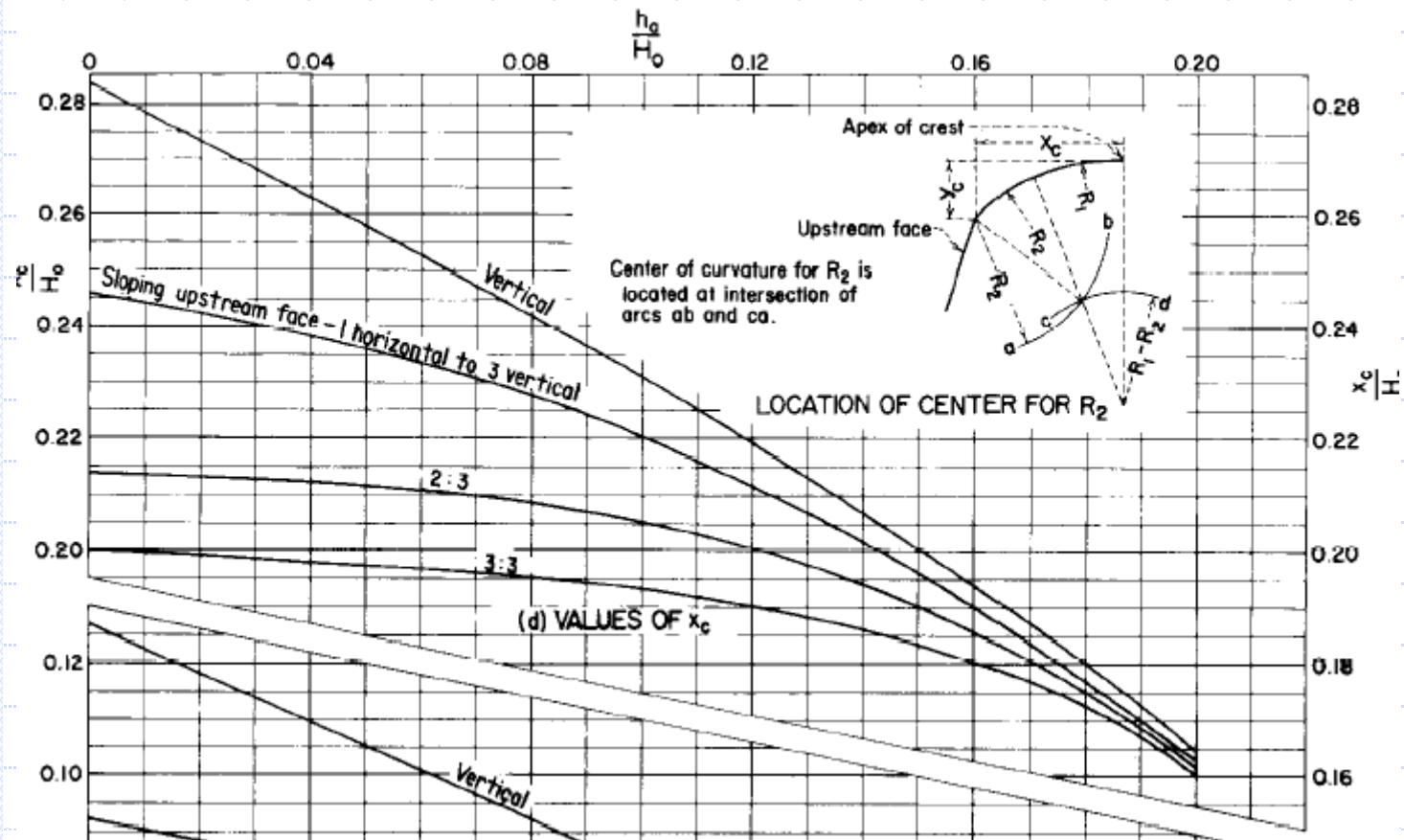


Figure 9-21.—Factors for definition of nappe-shaped crest profiles. 288-D-2406. (Sheet 1 of 2).

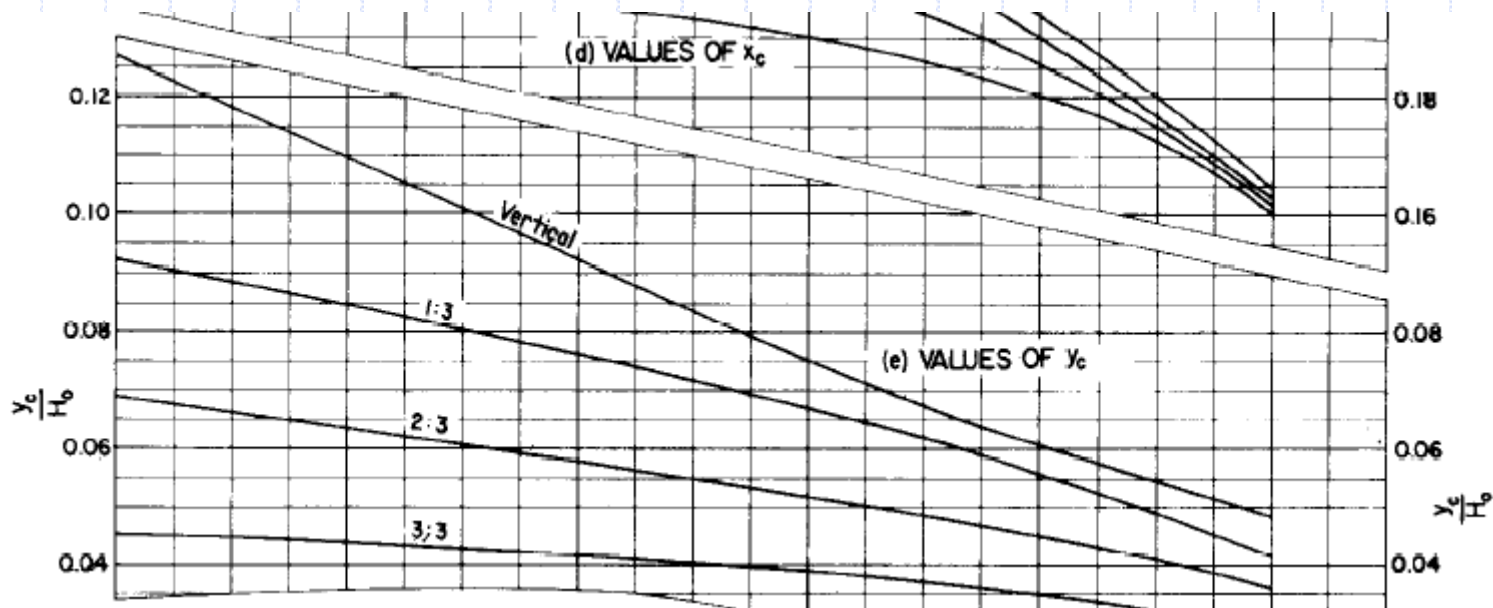
EVACUATEUR DE CRUES

seuil de contrôle Creager



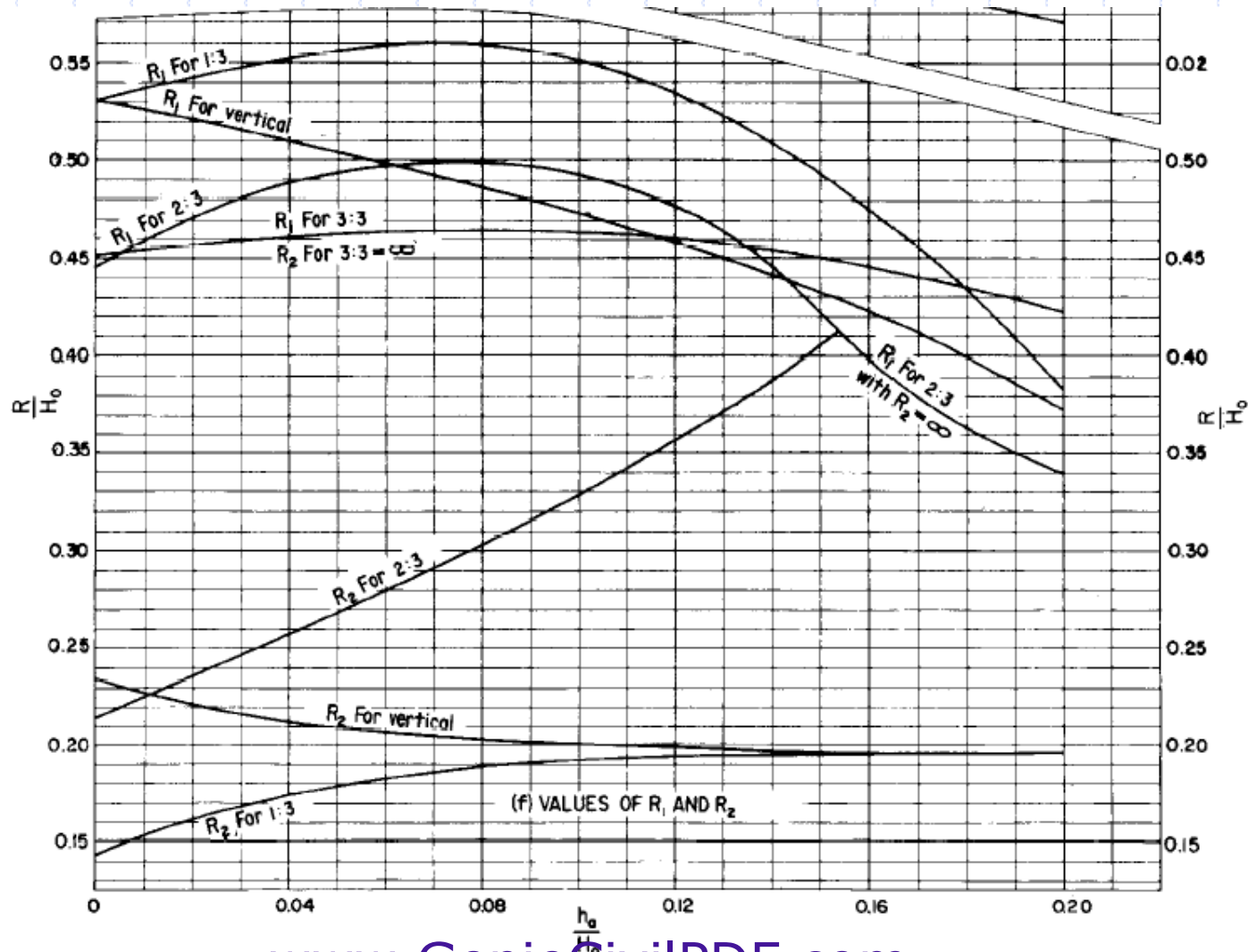
EVACUATEUR DE CRUES

seuil de contrôle Creager



EVACUATEUR DE CRUES

seuil de contrôle Creager



EVACUATEUR DE CRUES

Débit transité

Débit à travers un EC à seuil libre :

$$Q = C L H_0^{3/2}$$

H_0 : Charge d'eau au dessus du seuil

C : coefficient de débit dépendant de la charge

L : longueur effective déversante = $L' - 2 (N k_p + k_a) H_e$

L' : longueur totale

N : nombre de piles

k_p : coef de contraction due à une pile (0-0.02)

k_a : ... murs latéraux (0-0.2)

EVACUATEUR DE CRUES

Coefficient de débit

Parement vertical

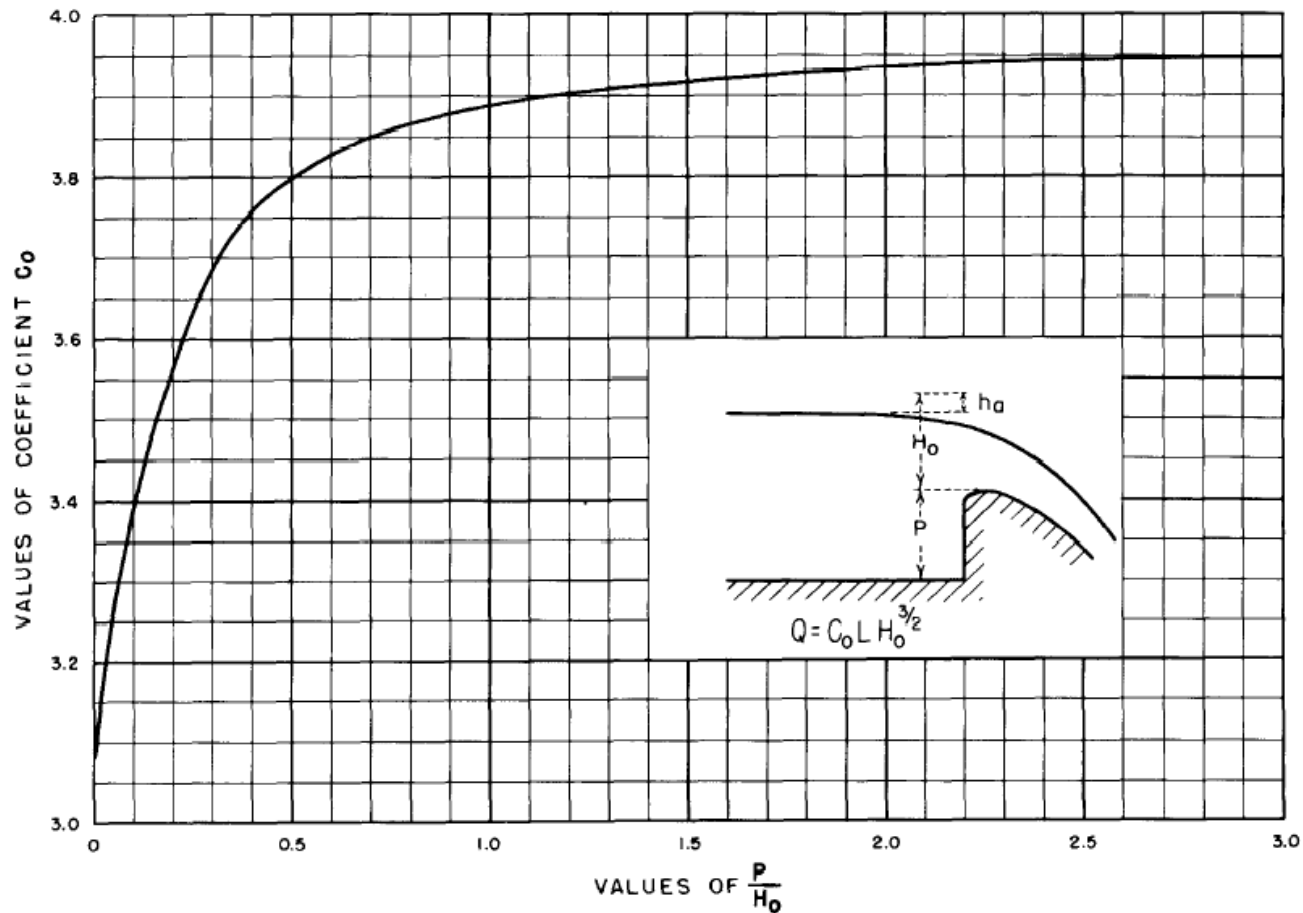


Figure 9-23.—Discharge coefficients for vertical-faced ogee crest. 288-D-2409.

EVACUATEUR DE CRUES

Coefficient de débit

Parement incliné

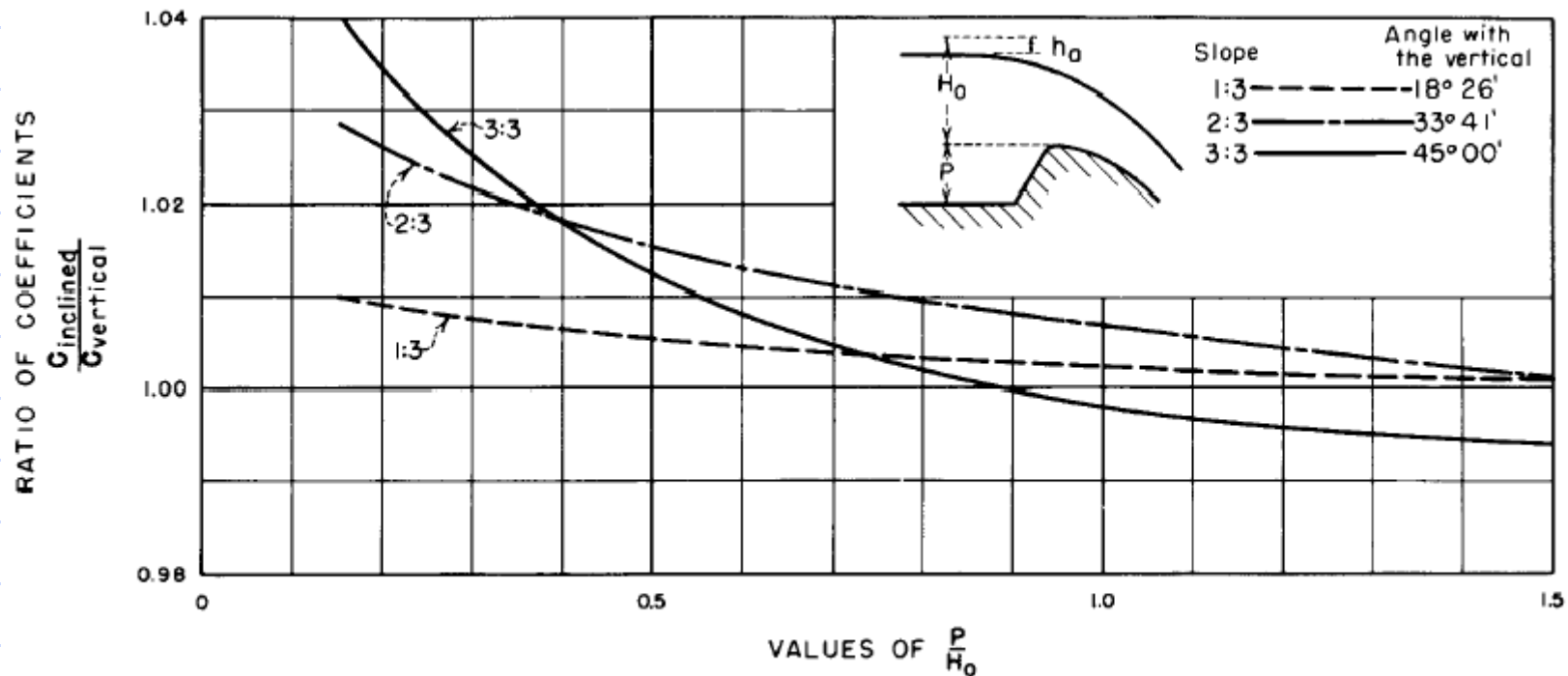


Figure 9-25.—Discharge coefficients for ogee-shaped crest with sloping upstream face. 288-D-2411.

EVACUATEUR DE CRUES

Coursier

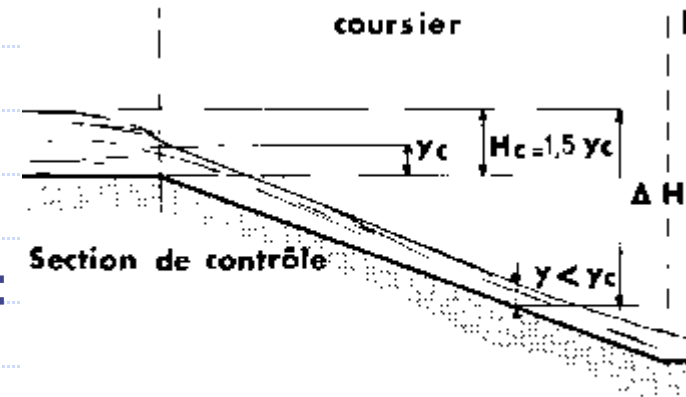


Figure III.50. - Tirant d'eau dans le coursier

➤ Hauteurs des murs bajoyers du coursier :

* Bernoulli : $\Delta H = y + V_2^2 / 2g + P_{\text{pertes de charge}}$

• Pertes de charge : $0.1 \Delta H$ (si $L < 5 \Delta H$) $0.2 \Delta H$ (si $L > \Delta H$)

* $Q_{\text{transité}} = V \cdot S$; $S = h \cdot \text{largeur}$; $h = y \cos(\text{pente})$

✓ h et V

Tenir compte d'une revanche : $R = 0.6 + 0.05 V \cdot y^{1/3}$
 V en m/s et h en m

➤ Condition de convergence des murs :

$$\tan \alpha \leq 1 / (3 F)$$

F : nombre de Froude : $F^2 = Q^2 L / (g S^3)$

α : angle de convergence (= 0 si murs parallèles)

EVACUATEUR DE CRUES

Ouvrages de dissipation de l'énergie

Bec déviateur ou Saut de ski :

Envoi du jet d'eau loin du pied aval

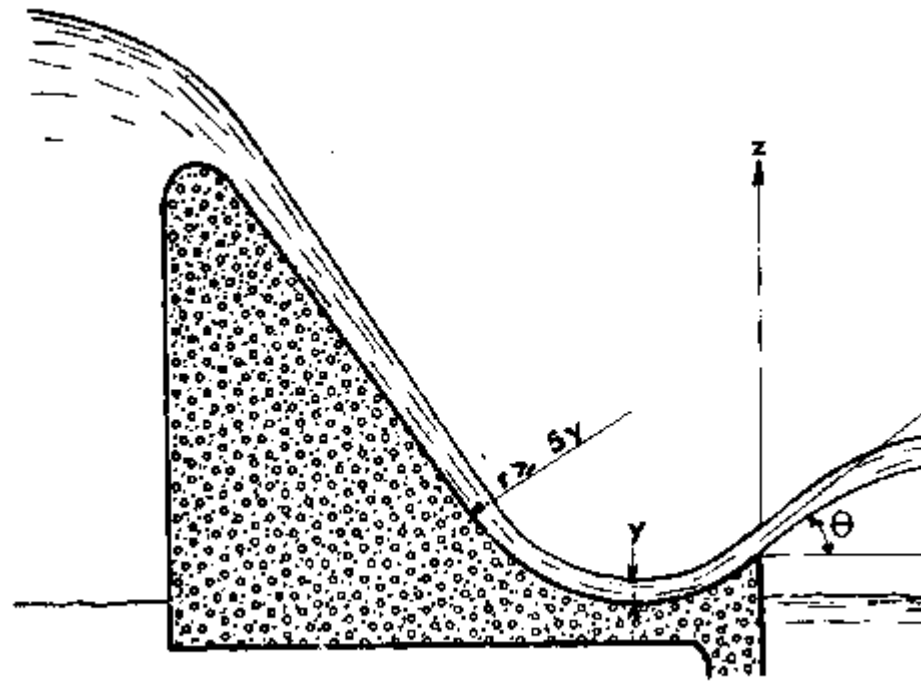


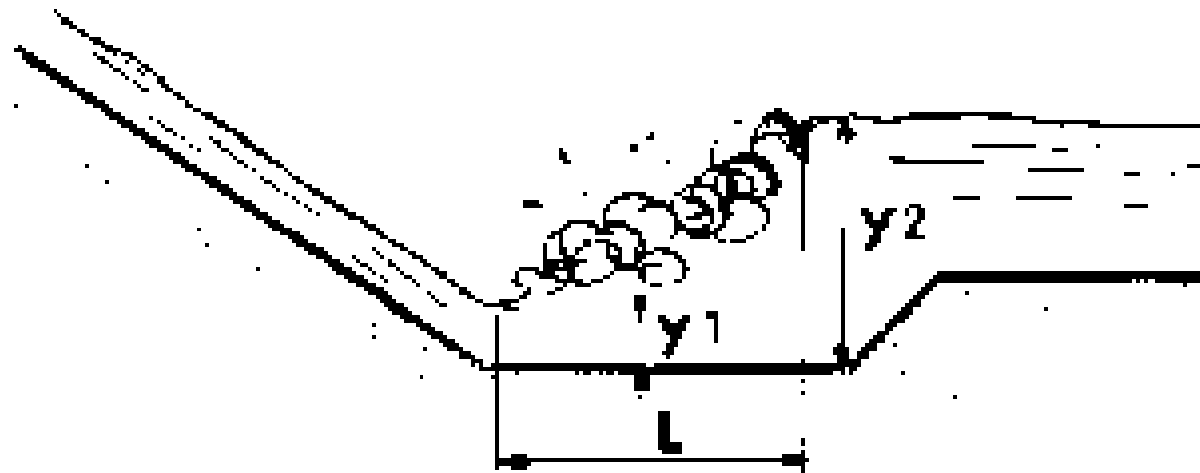
Figure III.53. — Bec déviateur

EVACUATEUR DE CRUES

Ouvrages de dissipation de l'énergie

Bassin de dissipation ou bassin à ressaut :

Moyen très efficace pour réduire la vitesse de sortie à une valeur compatible avec la stabilité des berges à l'aval



EVACUATEUR DE CRUES

Saut de ski

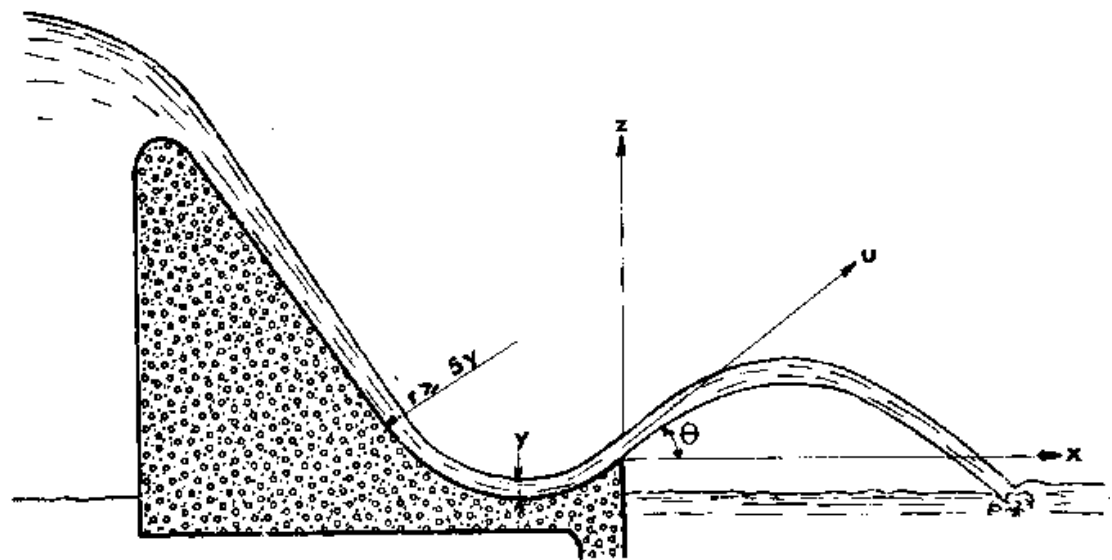
Le principe consiste à installer en bas du déversoir une cuillère de $R \sim 10$ avec bec relançant l'eau vert le haut suivant un angle θ de l'ordre de 35 à 45° .

Pression d'eau développée sur la cuillère du Saut de Ski :

$$P = 1,033 q \cdot V / R$$

Condition à respecter :

$$P < P_{\max} = 120 \text{ kPa}$$



EVACUATEUR DE CRUES

Saut de ski

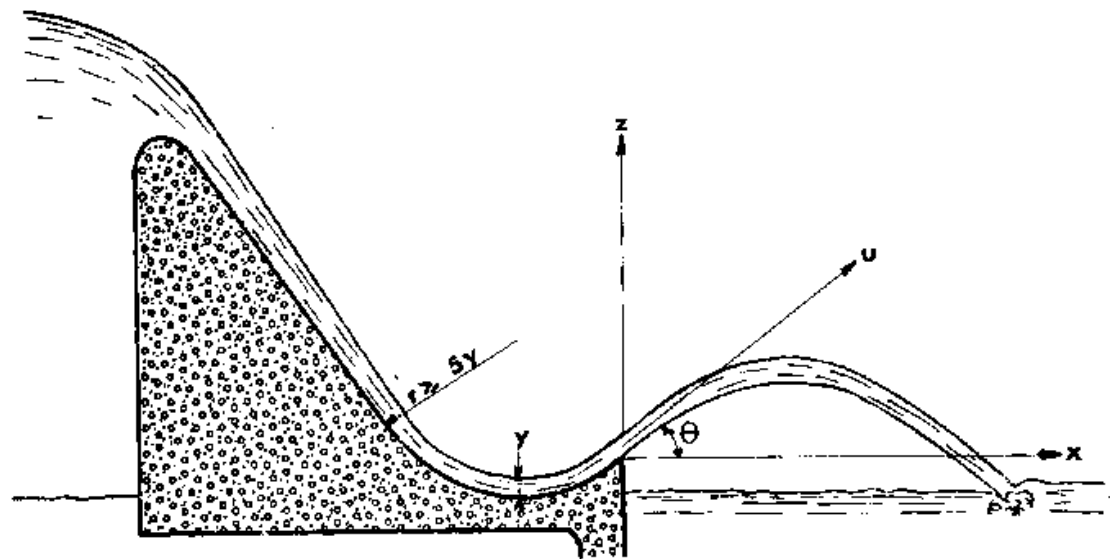
Le jet se désintègre en suivant une trajectoire :

$$z = x \tan\theta - x^2 / (4 H K_a \cos\theta)$$

K_a : coefficient de perte de charge due au frottement eau/air
 H : Énergie de l'eau à la sorte de la cuillère : $y + v^2/2g$

Le jet retombe dans une
cuvette de dissipation à
une distance :

$$x = 1,8 (y + V^2 / 2g) \sin 2\theta$$



EVACUATEUR DE CRUES

Saut de ski

Profondeur finale Affouillement à l'aval du saut de ski :

Veronese : $Y1 = 1.9 q^{0.54} \cdot H^{0.225}$

Chian $Y2 = 1.18 \cdot q^{0.51} \cdot h^{*0.235}$

Dample $Y3 = 0.65 \cdot q^{0.5} \cdot h^{0.5}$

Martins $Y4 = 1.5 q^{0.6} \cdot h^{0.1}$

∨ $Y = \text{Moy} (Yi)$

Q : débit spécifique à la sortie de l'EC

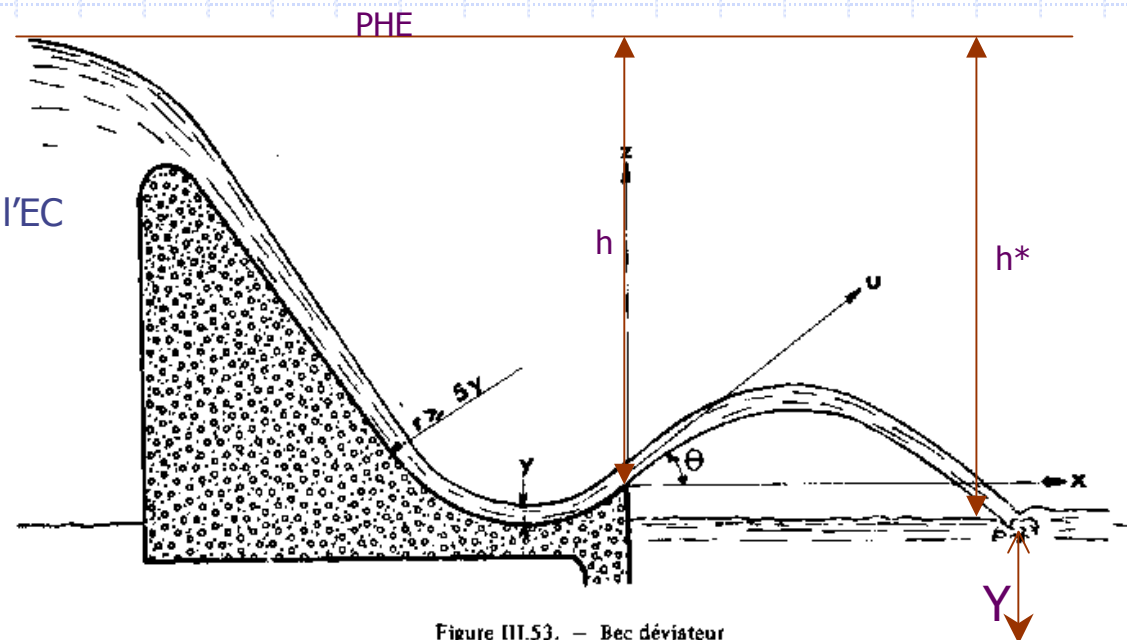


Figure III.53. – Bec déviateur

EVACUATEUR DE CRUES

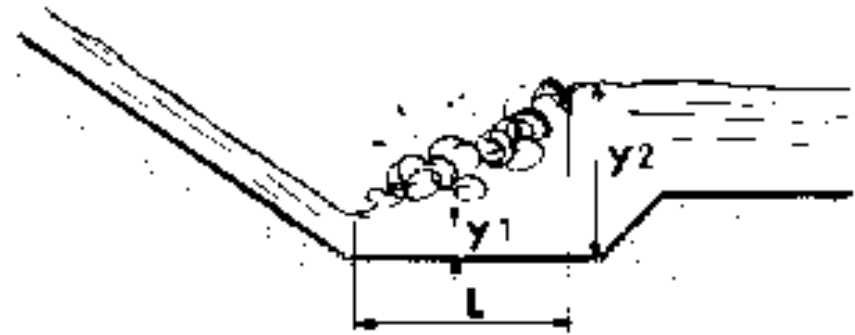
Bassin à ressaut

La forme du ressaut et ses caractéristiques dépendent directement du nombre de Froude :

$$F = V / (g y)^{1/2}$$

V : vitesse en m/s

H : tirant d'eau en m



L'ensemble des essais hydrauliques effectués au laboratoire sur le phénomène du ressaut hydraulique ont abouti à la définition d'un certain nombre de type de bassins à réaliser en fct des caractéristiques de l'écoulement (nombre de Froude à l'entrée du bassin)

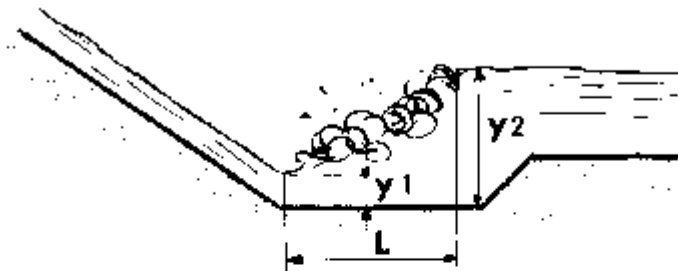
1. **$F = 1$, $y = y_c$** : pas de ressaut
2. **$1 < F < 1,7$** : le courant incident a une profondeur légèrement inférieure à y_c ; le passage à une profondeur plus grande est graduel et ne se manifeste que par une agitation de surface. Pour $F=1,7$: $y_2 \sim 2 y_1$; $V_2 \sim 0.5 V_1$: Aucun déflecteur n'est nécessaire. Il suffit de bétonner le canal sur une longueur de l'ordre de 4 à 6 y_2 à partir de la rupture de pente

EVACUATEUR DE CRUES

Bassin à ressaut

3. $1,7 < F < 2,5$, pré-ressaut – écoulement pas très turbulent : comme le cas 2, prévoir un bassin suffisant pour contenir l'écoulement pendant son ralentissement.

Graphes y_2/y_1 et L/y_2 en fct de F



L = Longueur du ressaut

y_1 = Tirant d'eau avant le ressaut

y_2 = " " après le ressaut

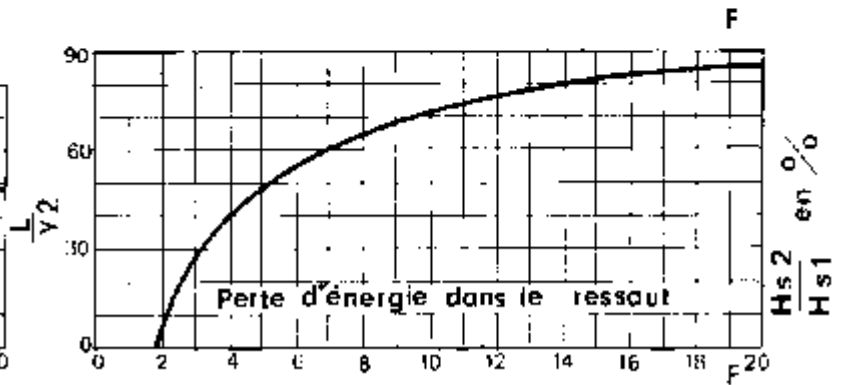
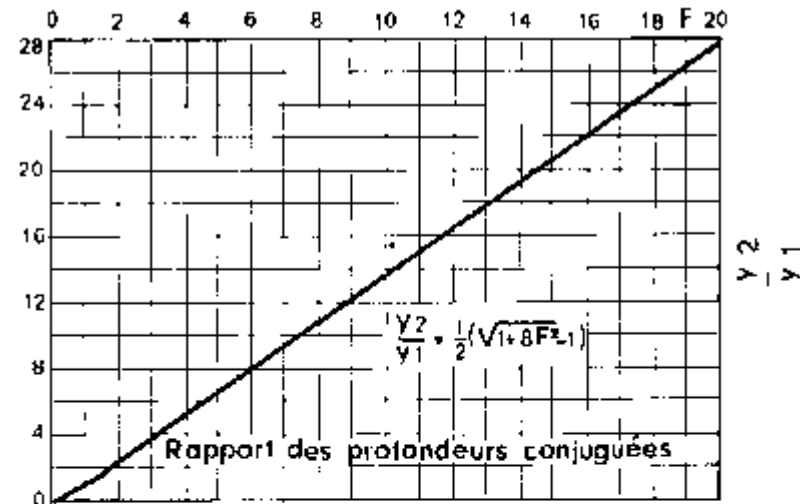
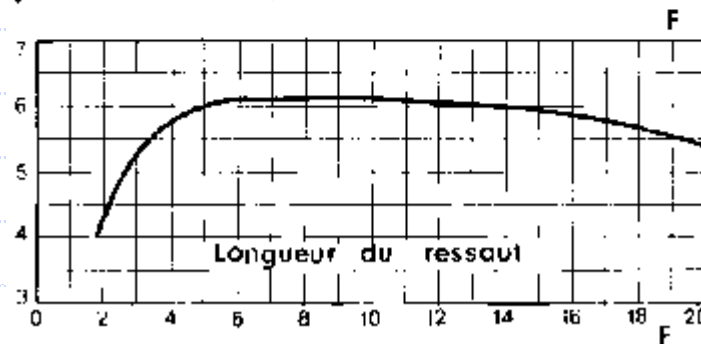


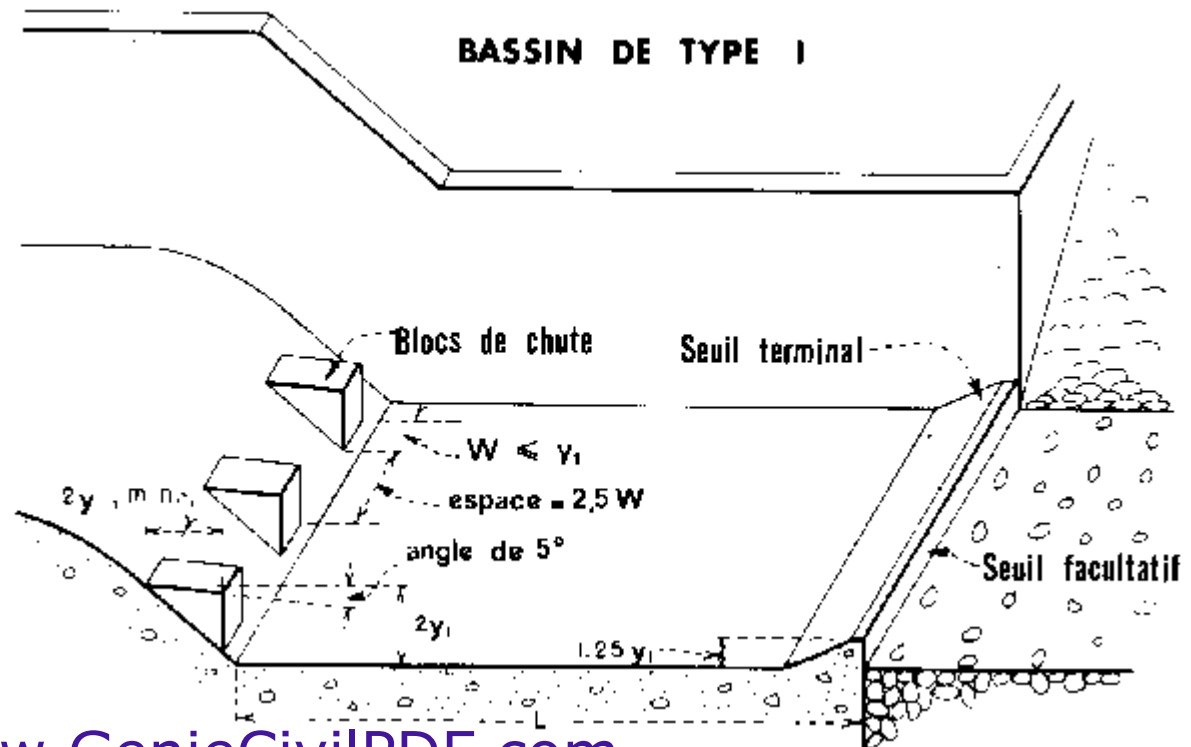
Figure III.55. – Détermination des caractéristiques du ressaut en fonction du nombre de FROUDE

EVACUATEUR DE CRUES

Bassin à ressaut

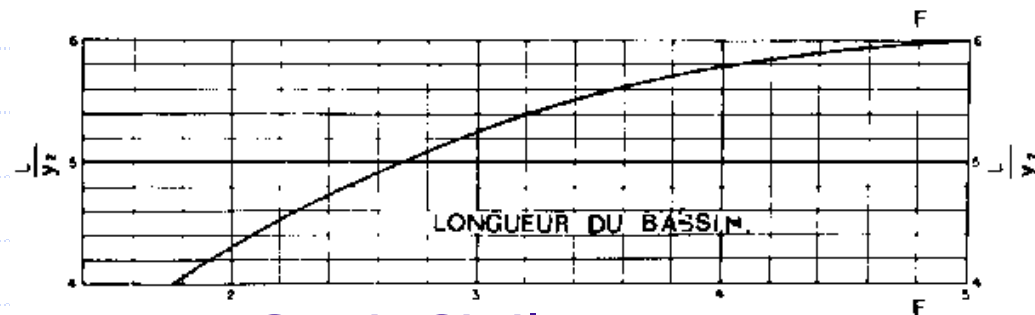
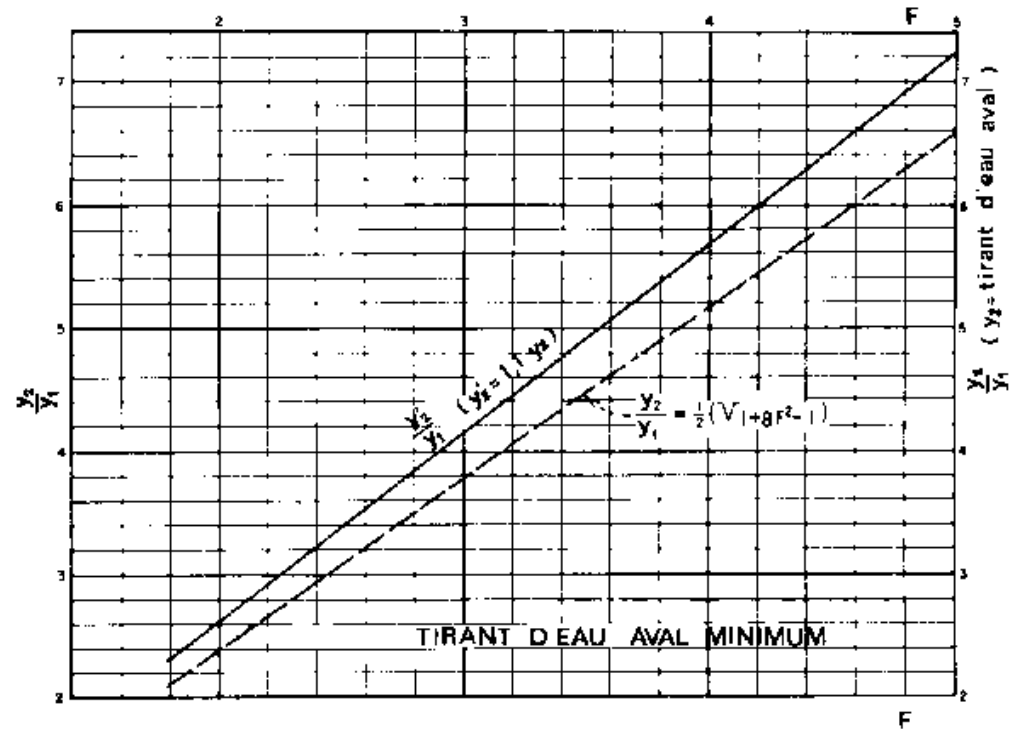
4. $2,5 < F < 4,5$: formation du ressaut mais stade transitoire : le jet se développe de façon intermittente le long du fond. Cette instabilité rend le ressaut difficile à contrôler et il faut amortir les vagues par des obstacles.
- réaliser un bassin de type I
graphes y_2/y_1 et L/y_2 en fct de F
pour amortir le mouvement des vagues prendre $y'_2 = 1,1 y_2$

Ce type n'est pas très efficace.
C'est préférable de augmenter F en accroissant la largeur et passer à $F > 4,5$ et réaliser un bassin de type II



EVACUATEUR DE CRUES

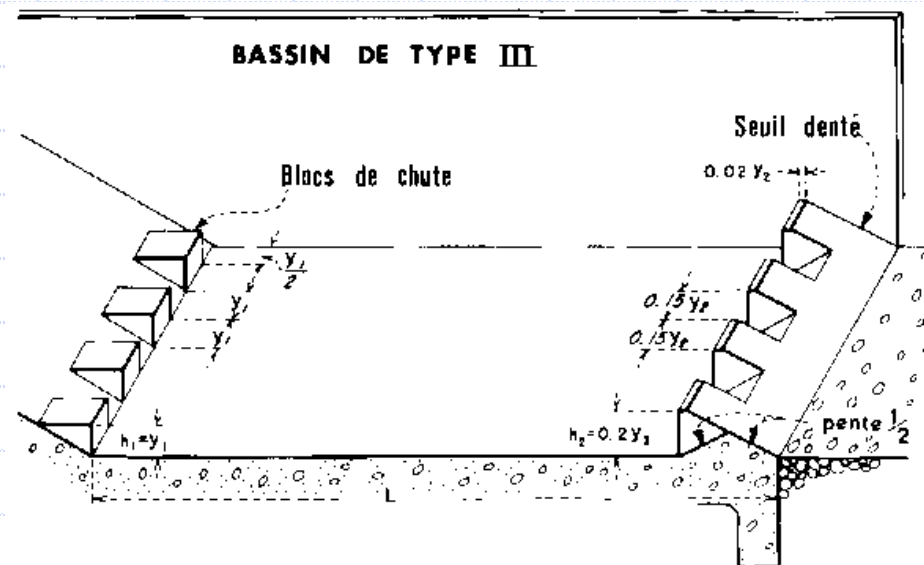
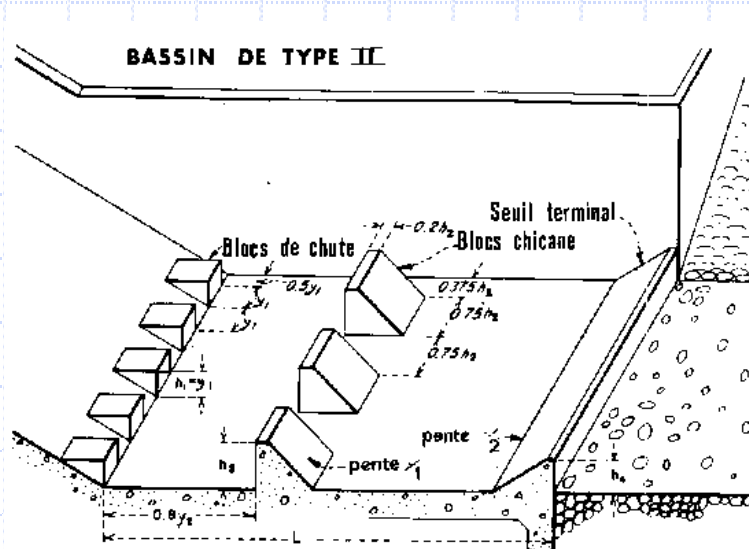
Bassin à ressaut



EVACUATEUR DE CRUES

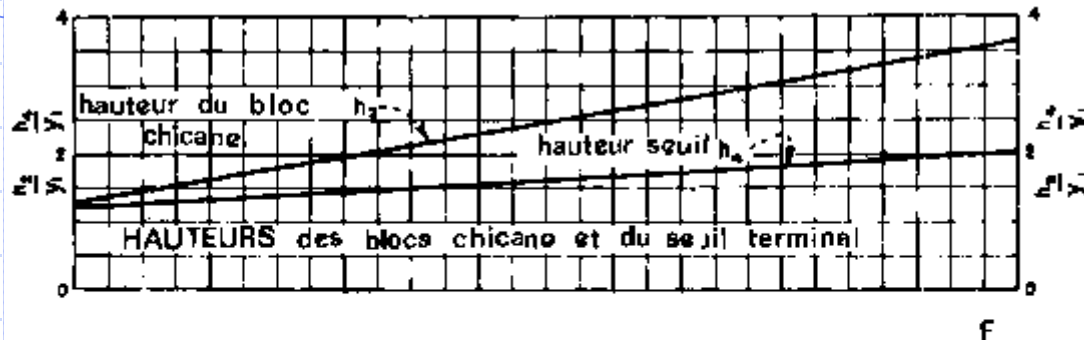
Bassin à ressaut

5. $F > 4,5$: le ressaut se produit nettement. La mise en place de blocs, de déflecteurs permettent de raccourcir le bassin et éviter le déplacement du ressaut à l'aval
- $V < 15$ m/s : bassin de type II Graphe \textcircled{R} y_2/y_1 ; L ; h_2 des blocs chicane et h_4
- $V > 15$ m/s : bassin de type III Graphe \textcircled{R} y_2/y_1 et L en fct de F ($y_2' = 1,05 y_2$)



EVACUATEUR DE CRUES

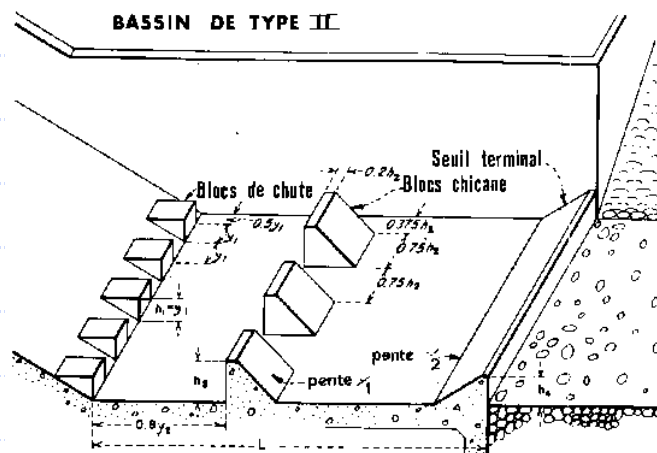
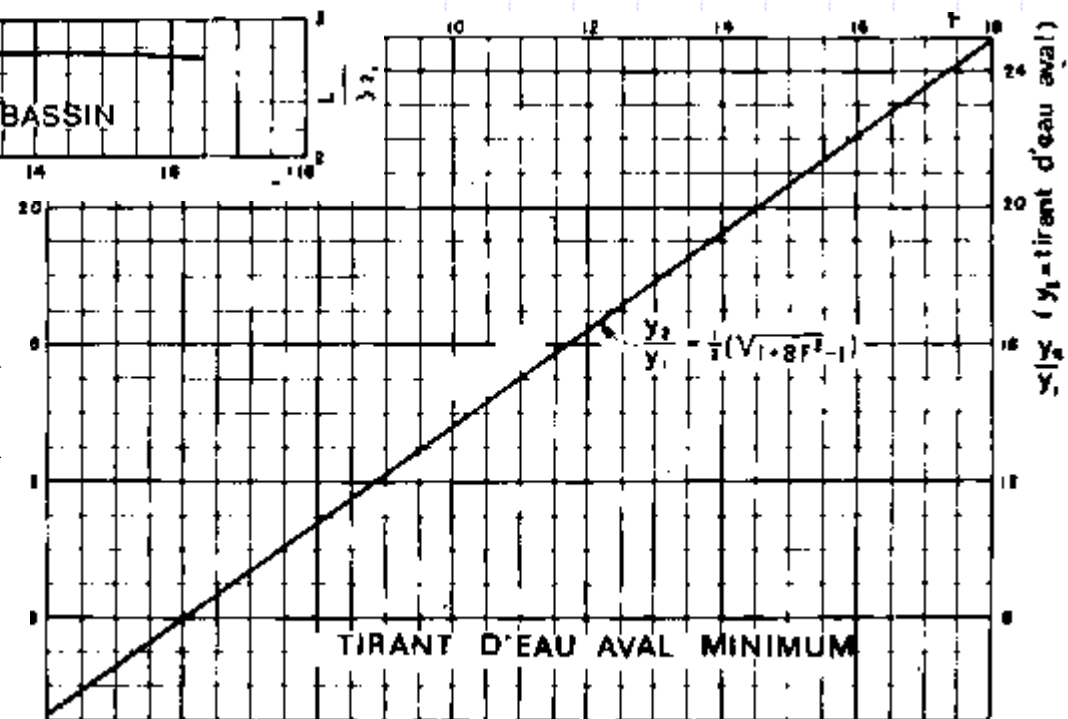
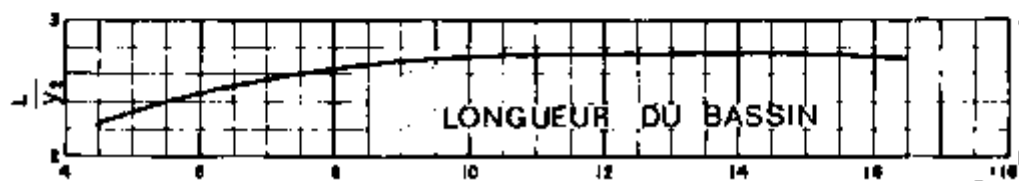
Bassin à ressaut



$$F > 4,5$$

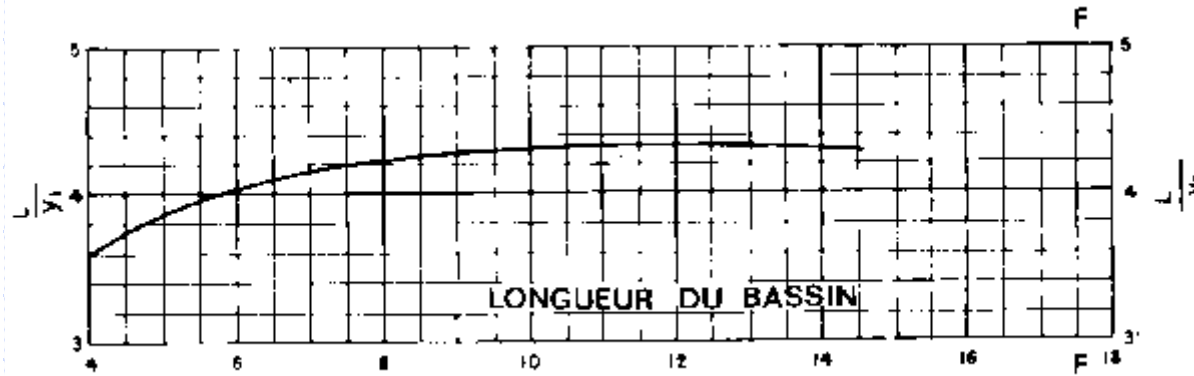
$$V < 15 \text{ m/s}$$

Type II



EVACUATEUR DE CRUES

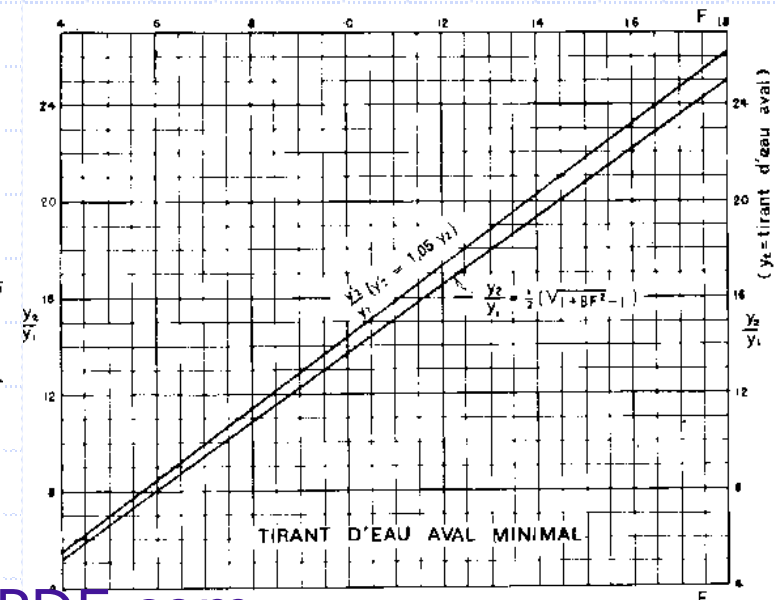
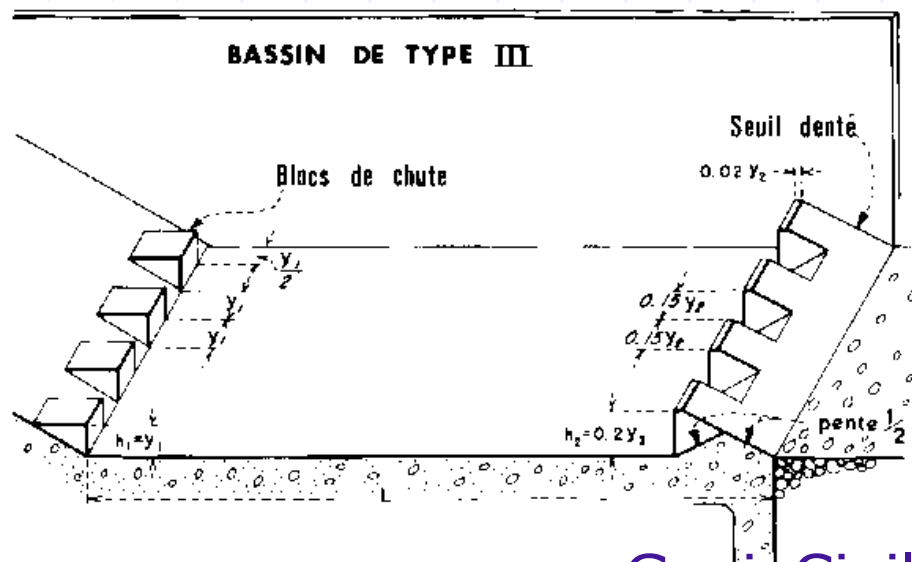
Bassin à ressaut



$$F > 4,5$$

$$V > 15 \text{ m/s}$$

Type III



EVACUATEUR DE C

Bassin à ressaut

$$H = \frac{2q^2}{(1-\alpha)g y_2^2 \left[\sqrt{1 + \frac{8q^2}{3gy_2^3}} \right]^2} + \frac{y_2}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8q^2}{3gy_2^3}} - 1 \right) - y_2$$

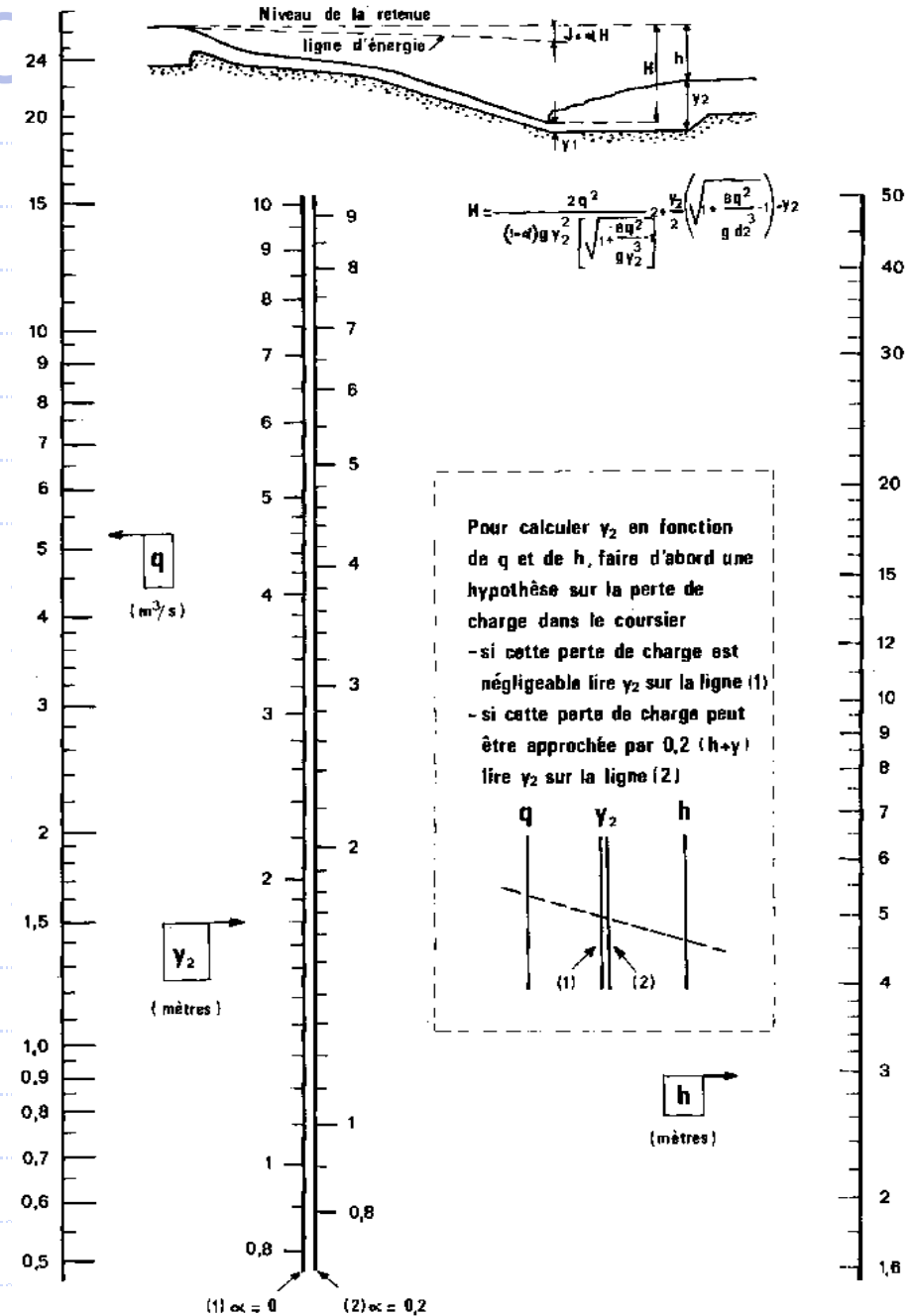


Figure N1.15: - Abaque pour le calcul de la profondeur du bassin de dissipation

EVACUATEUR DE CRUES

Bassin à ressaut – Calage du radier

$Z = \text{fct}(q) \text{ ® } Z_{\text{aval}} \text{ ® } \text{Côte du radier : } Z_0 = Z_{\text{aval}} - y_2$

Or q est variable !

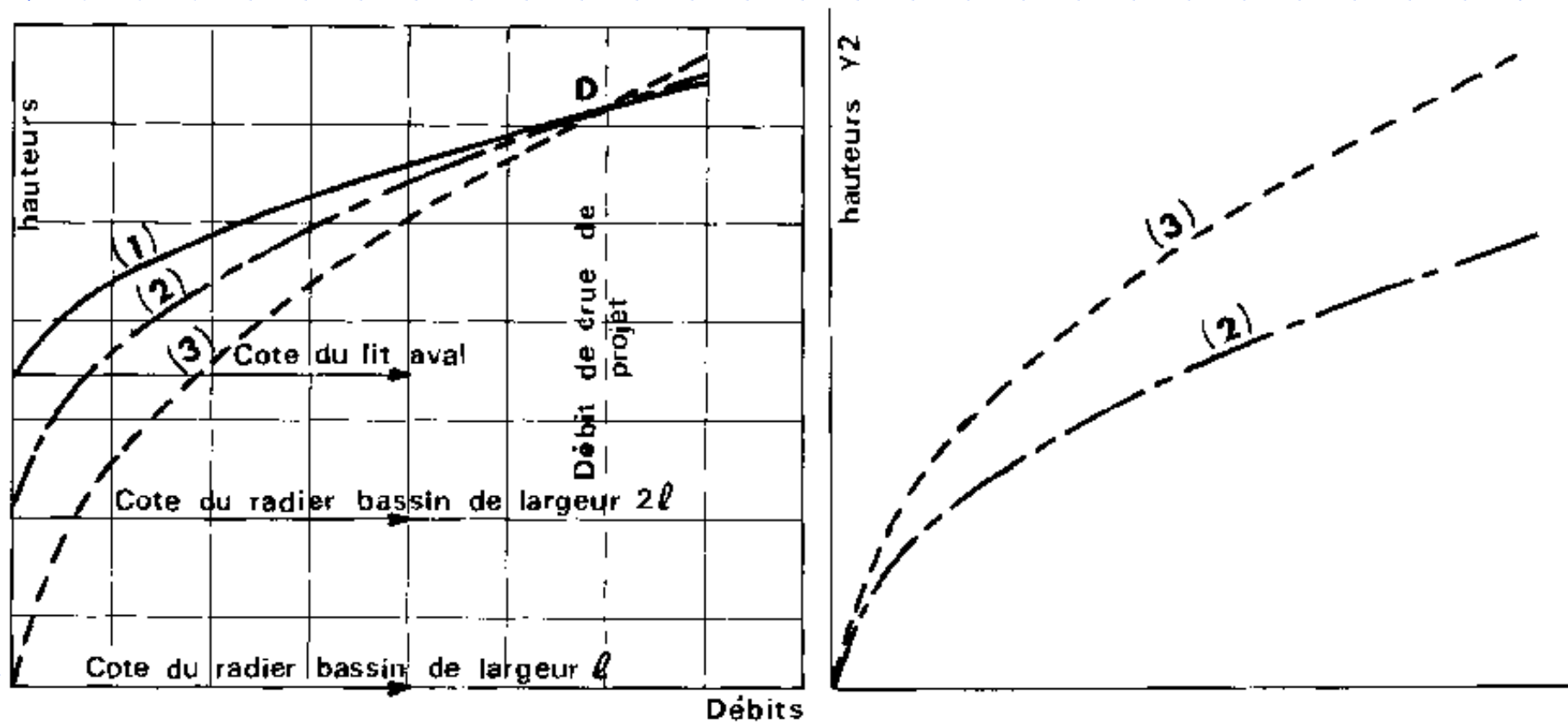


Figure III.60 – Calage du radier du bassin de dissipation



VIDANGE DE FOND

VIDANGE DE FOND

Objectifs

- Gestion de la retenue
- Sécurité des barrages en cas d'anomalie
- Laminage : participation avec l'EC
- Désenvasement
- Dérivation pendant les travaux

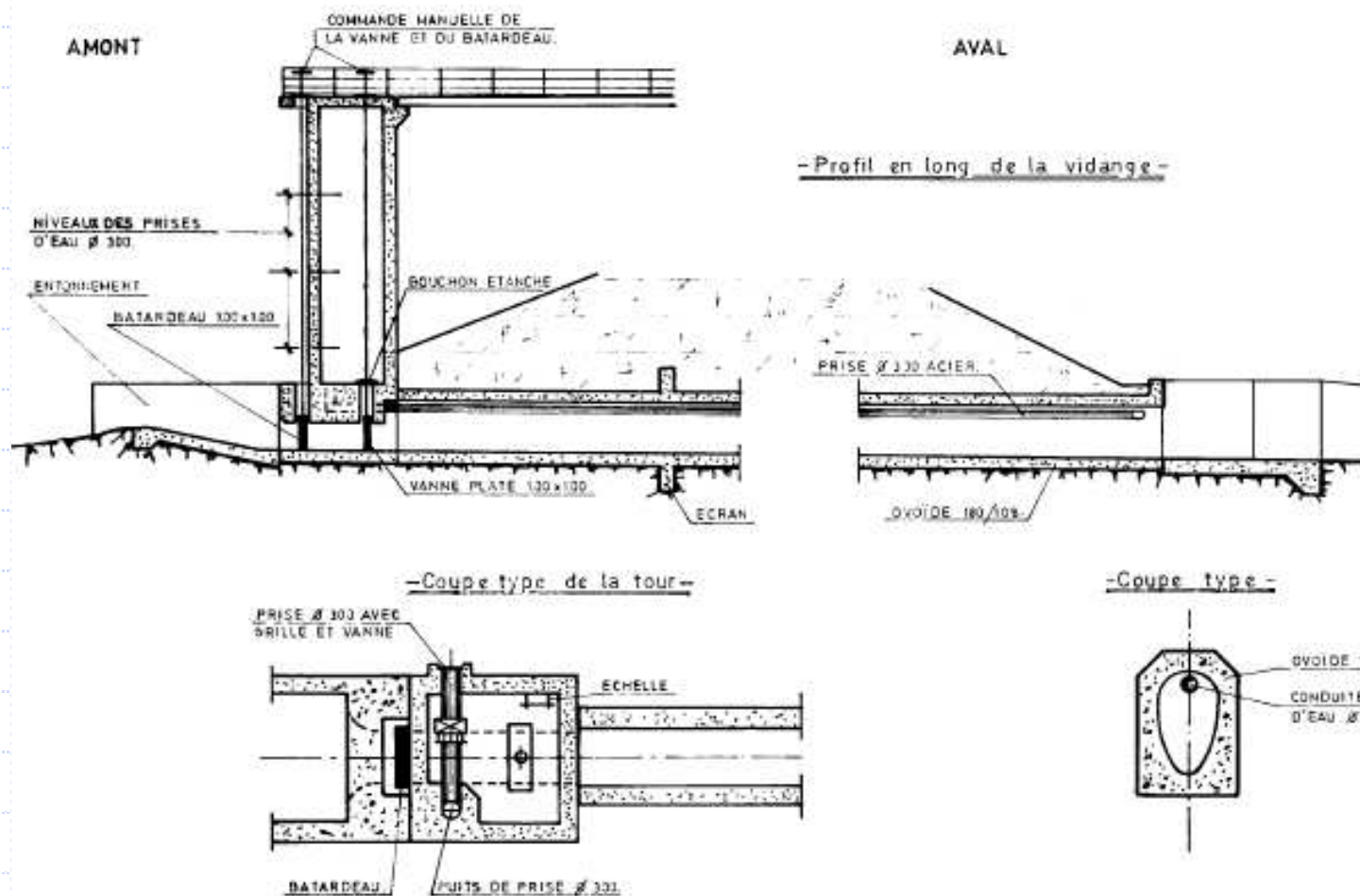
VIDANGE DE FOND

Critères de dimensionnement

- Sécurité : Temps de vidange
- Gestion : Débit à satisfaire à l'aval
- Envasement : calage du seuil à l'amont
- Retours des eaux : Tête aval au-dessus des PHE aval
- Accessibilité : Diamètre $> 800\text{mm}$ pour permettre inspection
- Décantation : $V > 40\text{m/s}$ pour éviter le dépôt des sédiments
- Dimensionnement des vannes : Vitesse, nombre de pertuis, ...
- Chambre des vannes : emplacement adéquat (montage, entretien et réparation)

VIDANGE DE FOND

Schéma de principe



VIDANGE DE FOND

Schéma de principe



VIDANGE DE FOND



VIDANGE DE FOND

Schéma de principe



VIDANGE DE FOND

Débit évacué

Bernoulli →

$$Q = S [2g H / (1 + \sum K_i)]^{1/2}$$

H : dénivelée entre la cote de retenue et le milieu du pertuis de la VF

K_i : perte de charge = $K_g + K_e + K_l + K_v + K_s$

K_g : pertes de charge de la grille

K_e : à l'entrée ~ 0.5

K_l : p.c. linéaires $2gL/(K^2R^{4/3})$ avec $K \sim 85$ pour l'acier et 175 pour le béton

K_v : de la vanne

K_s : à la sortie ~ 0.5

VIDANGE DE FOND

Temps de vidange

Cote : Z	Volume (courbe: H-S-V)	V_{sortant}	Débit $Q(Z)$	Q_{moyen}	Temps t	Σt_i
C_{RN}	V_{RN}	-	Q_0	-	-	-
$C_{\text{RN}} - \text{pas}$	V_1	$V_{\text{RN}} - V_1$	Q_1	$\frac{(Q_0 + Q_1)}{2}$	$\frac{V_{\text{sortant}}}{Q_{\text{moyen}}}$	t_1
.... $C_i - \text{pas}$... $t_1 + \dots + t_i$
... C_{seuil}	V_{seuil}					... T