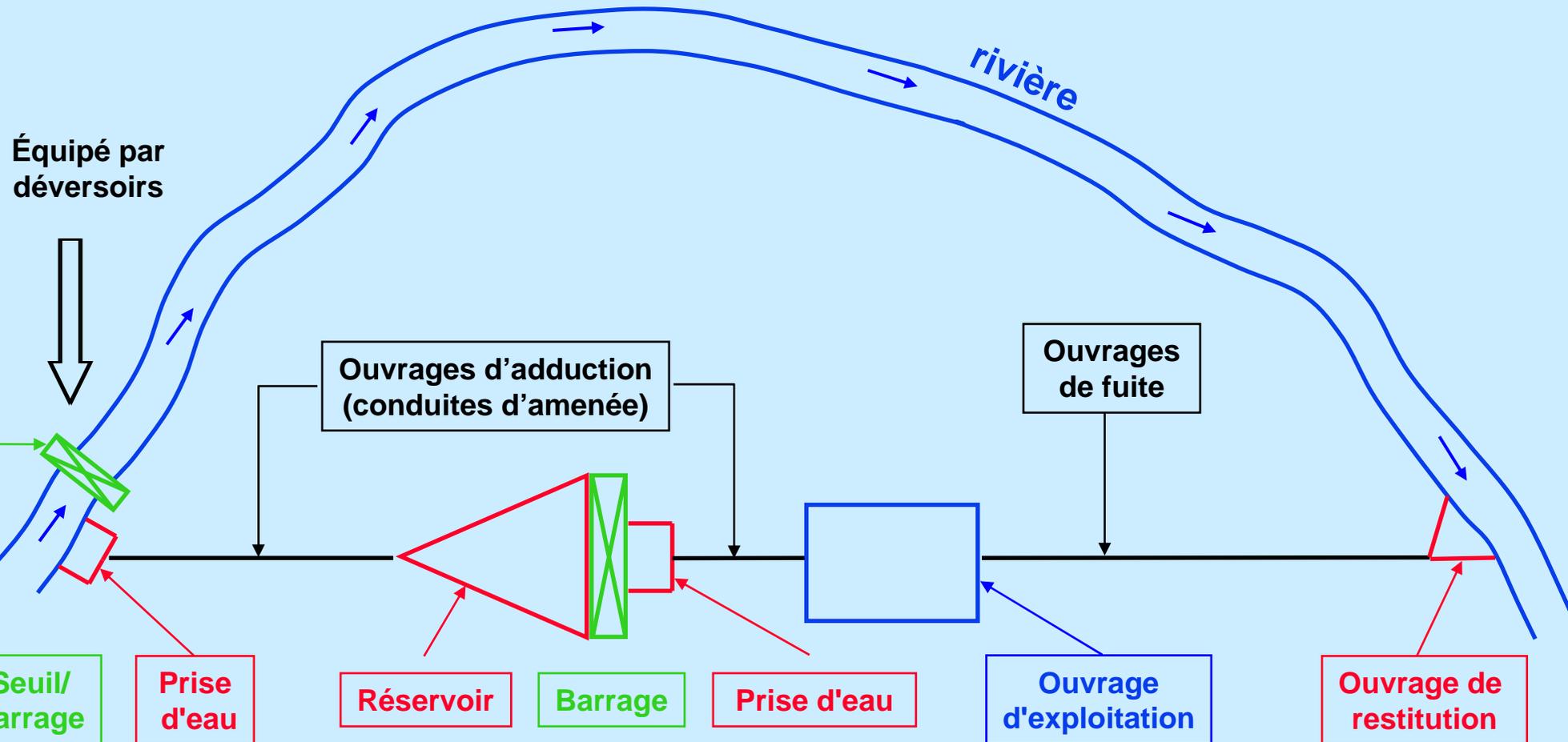
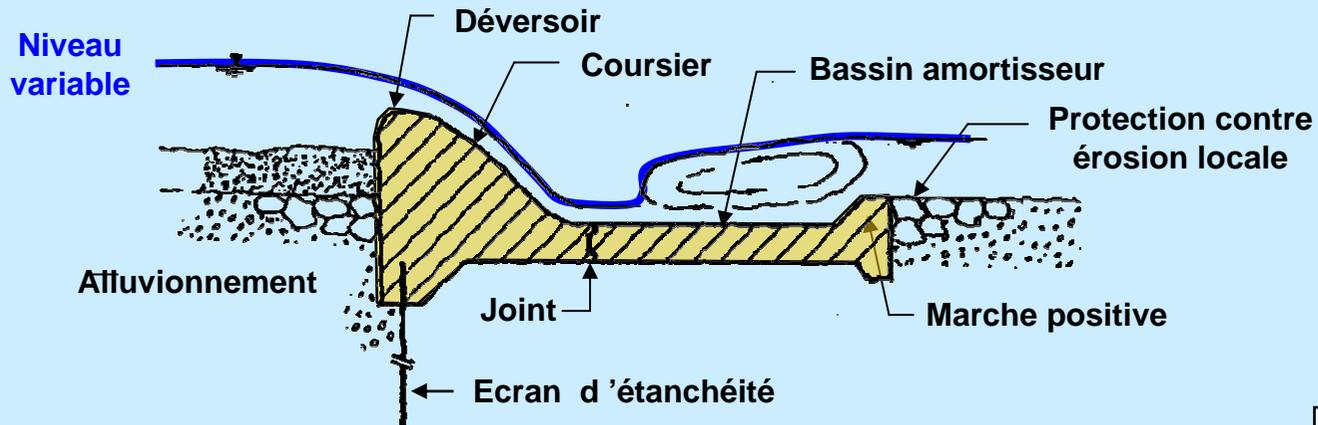


### Éléments d'utilisation des constructions hydrauliques

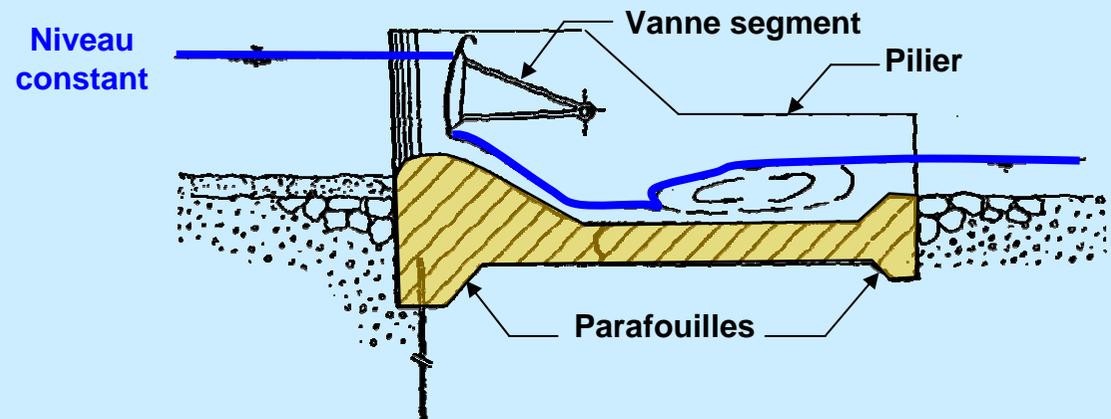


### Seuil et barrages



Barrages fixes ▲

▼ Barrages mobiles



### Buts des seuils et des barrages en rivières

- 1 Ouvrage de réglage et de contrôle pour une prise d'eau ou une centrale hydroélectrique.
- 2 Dispositif de mesure de débit.
- 3 Point fixe dans un cours d'eau pour limiter les érosions du lit.

En  
combinaison  
avec une prise  
d'eau



Diriger le courant vers la prise d'eau.

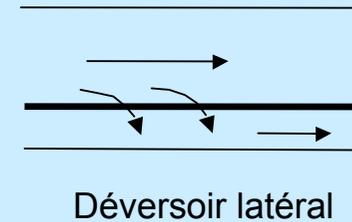
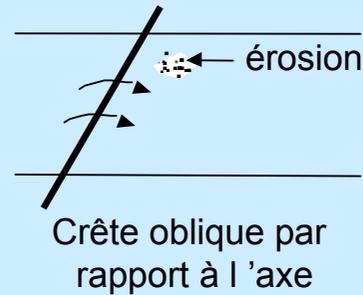
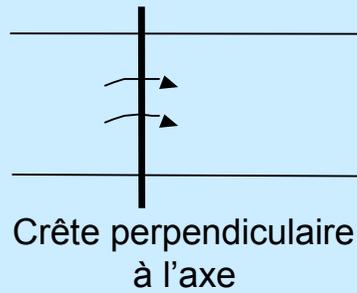
Augmenter et contrôler le niveau d'eau.

Diminuer la vitesse de l'écoulement.

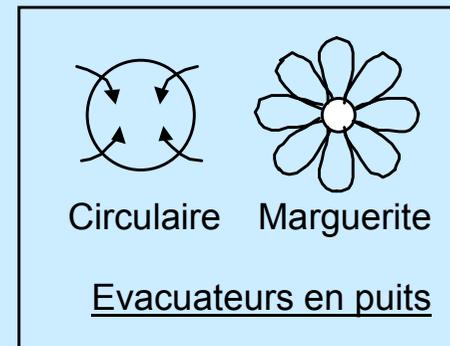
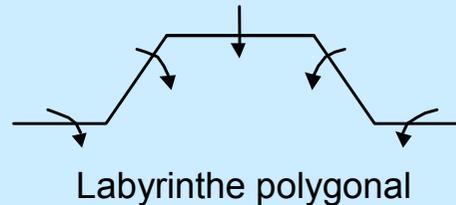
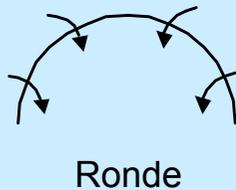
Faciliter le  
captage  
d'eau

### Types de déversoirs non contrôlés

#### Déversoirs rectilignes (vue en plan)

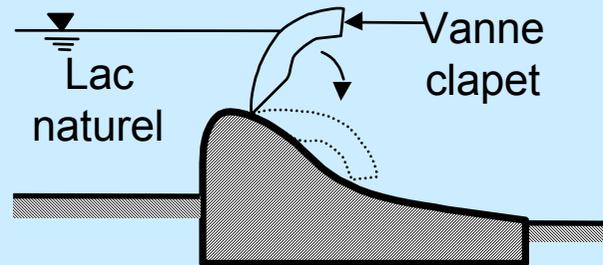
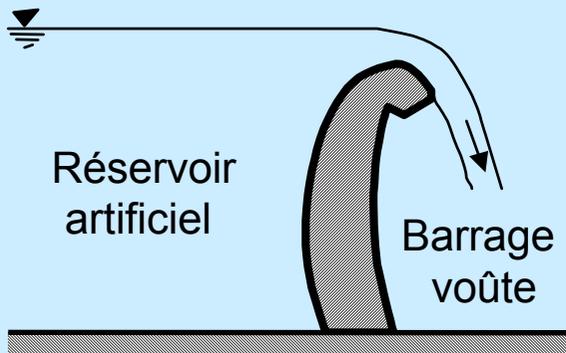
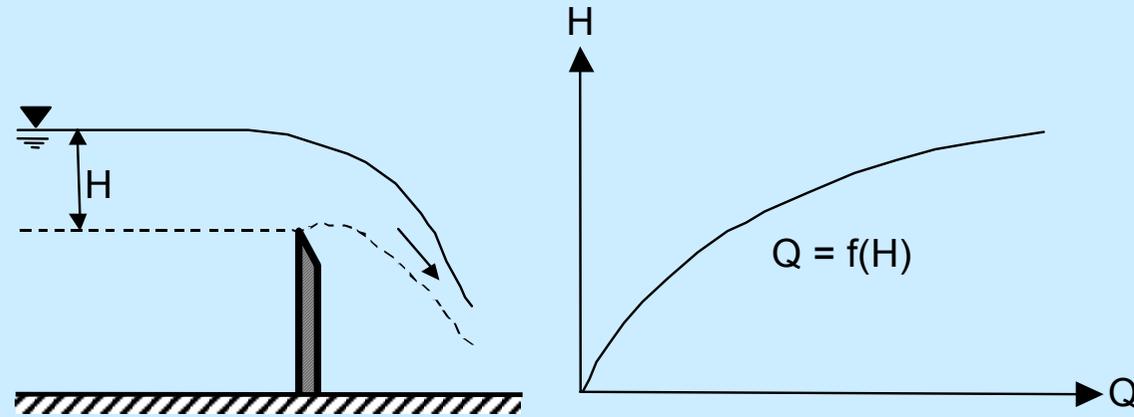


#### Déversoirs non rectilignes (vue en plan)



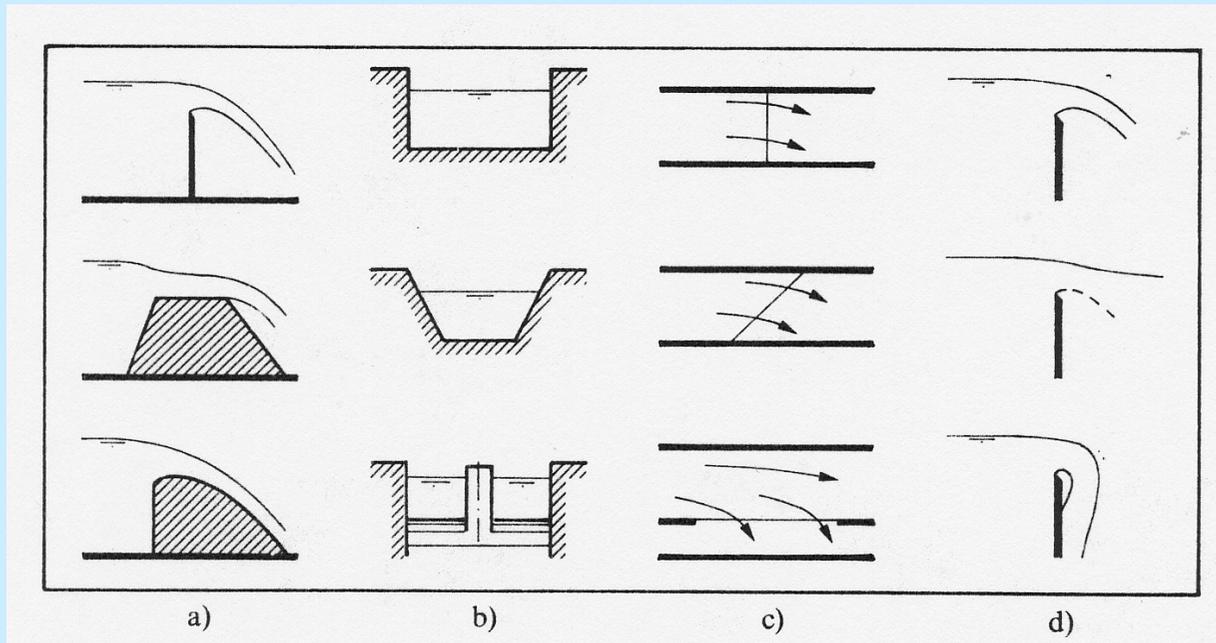
### Utilisation des déversoirs

Dispositif de mesure



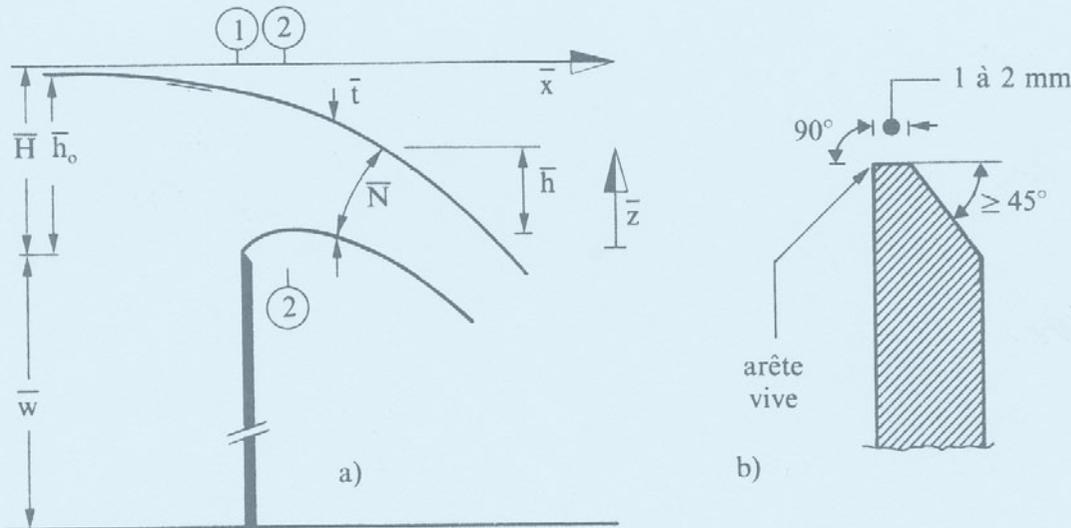
Evacuateur de crues

### Types de déversoirs



- a) Coupe longitudinale (en mince paroi, à seuil épais, à crête arrondie)
- b) Coupe transversale (profil rectangulaire, trapézoïdal, rectangulaire avec pilier)
- c) Vue en plan (à crête perpendiculaire et oblique à l'axe, déversoir latéral)
- d) Types d'écoulement (dénoyé, noyé, adhérent).

### Déversoir en mince paroi



Déversoir en mince paroi standard

a) Définition de la géométrie

b) Détail de la crête

Charge amont sur le déversoir selon Bernoulli:

$$\bar{H} = h_o + \frac{Q^2}{2gb^2(\bar{h}_o + \bar{w})^2}$$

Capacité du déversoir selon Poleni:

$$Q = \bar{C}_d b \sqrt{2g} \cdot \bar{h}_o^{3/2}$$

Coefficient du débit selon Rehbock:

$$\bar{C}_d = 0,4023 \left[ 1 + \frac{0,135\bar{h}_o}{\bar{w}} \right] \left[ 1 + \frac{0,0011}{\bar{h}_o} \right]^{3/2}$$

Valeur moyenne:  $\bar{C}_d = 0.42$

### Déversoir en mince paroi

Coefficient de débit  $\bar{C}_d = \frac{2}{3} \mu = f(\bar{h}_o, \bar{w})$

$$\bar{C}_d = 0,4023 \left[ 1 + \frac{0,135\bar{h}_o}{\bar{w}} \right] \left[ 1 + \frac{0,0011}{\bar{h}_o} \right]^{3/2}$$

est un facteur de correction qui tient compte que

- $h_{eff} < h$  sur la crête
- lignes de courant ne sont pas parallèles
- la répartition des pressions n'est pas hydrostatique
- la répartition des vitesses n'est pas uniforme

Valeur moyenne:  $\bar{C}_d = 0,42$  ( $\mu = 0,63$ ) pour  $\bar{h}_o < \frac{1}{3}\bar{w}$

Valable pour

$$\bar{h}_o / \bar{w} < \frac{1}{2}, \bar{h}_o / b < \frac{1}{2}$$

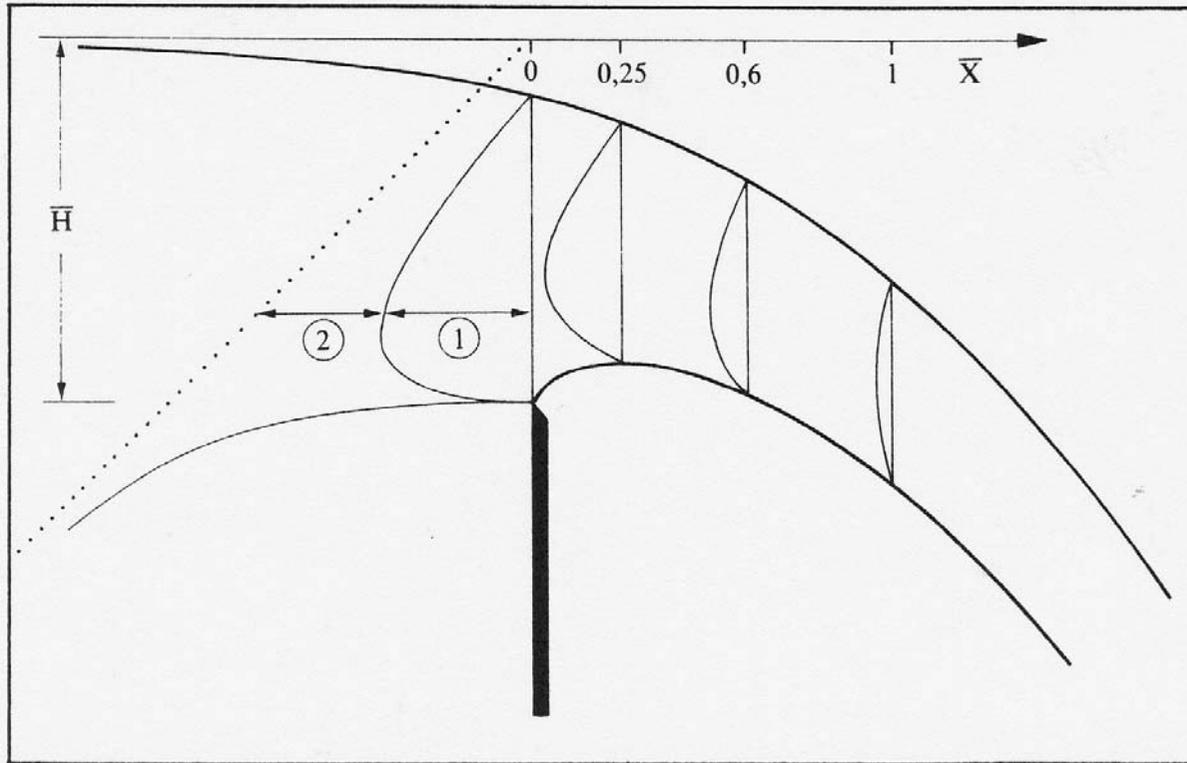
$$0,07m \leq \bar{h}_o \leq 0,06m$$

$$b \geq 0,30m$$

$$\bar{w} \geq 0,30m$$

### Déversoir en mince paroi

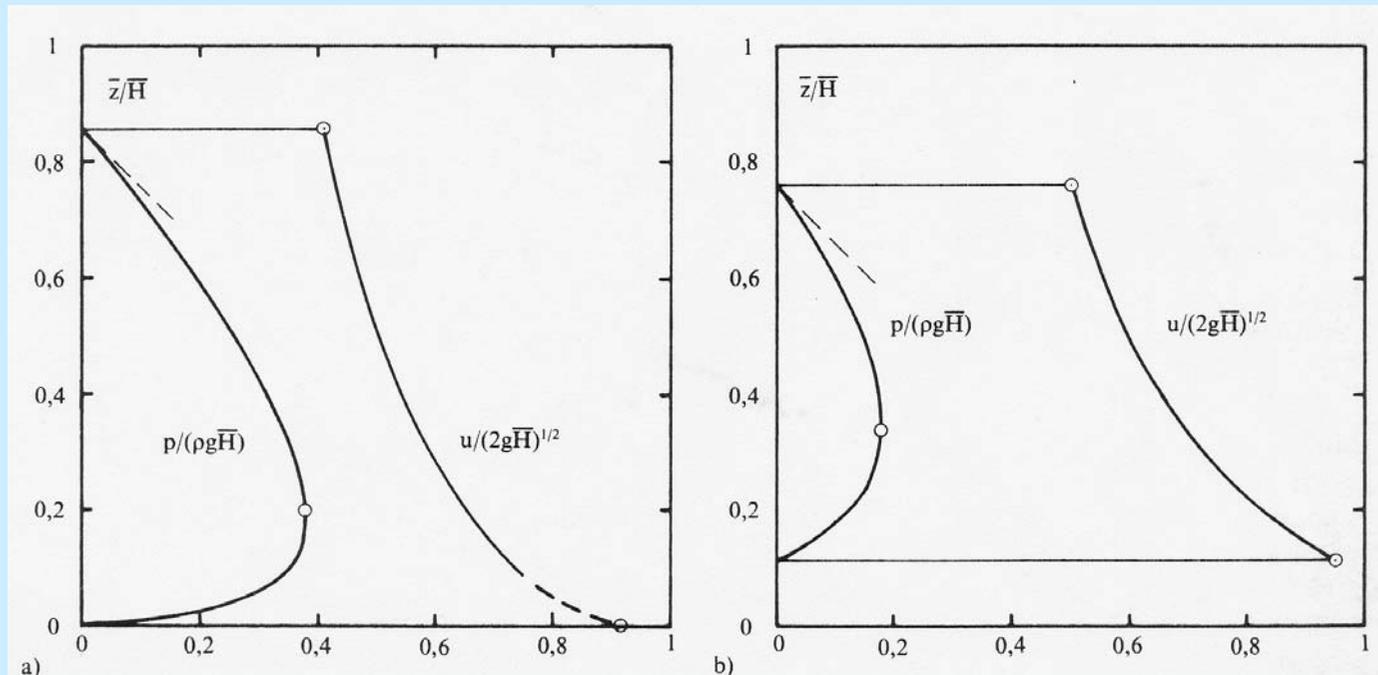
#### Répartition des pressions et des vitesses



Nappes inférieure et supérieure d'un déversoir en mince paroi standard,  $\bar{H}/\bar{w} \rightarrow 0$  ;  
répartition transversale de la pression relative  $p/(\rho g \bar{H})$  (①)  
et de la hauteur de vitesse relative  $v^2/(2g\bar{H})$  (②)

### Déversoir en mince paroi

#### Répartition transversale de la pression relative et de la composante de la vitesse relative

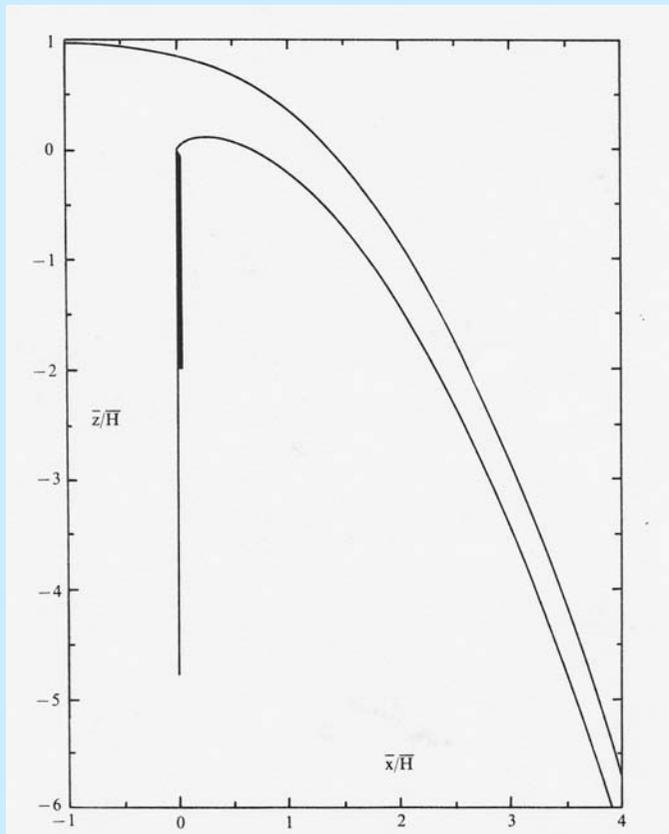


Répartitions transversales de la pression relative  $p/(\rho g \bar{H})$  et de la composante de la vitesse relative  $u/(2g\bar{H})^{1/2}$

a) Section du déversoir, b) section contractée

### Déversoir en mince paroi

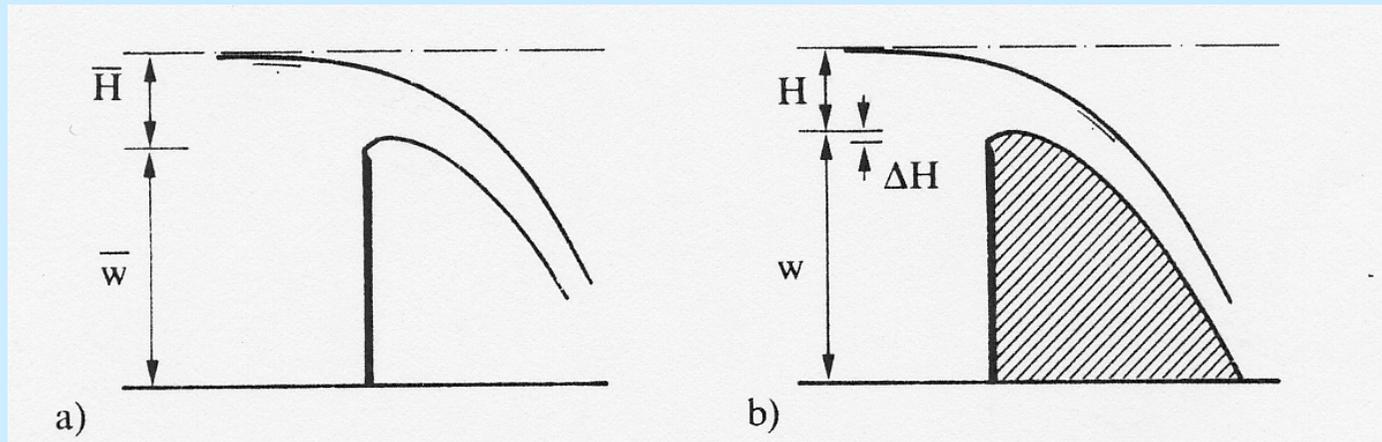
#### Nappes généralisées d'un déversoir en mince paroi



- L'effet de la tension superficielle est négligeable  
si  $\bar{H} > 0.05 \text{ m}$   
(à considérer pour les modèles réduits)
- Viscosité du fluide n'influence guère la géométrie des nappes

### Déversoir standard

Pour éviter des zones de sous-pressions le long du radier, la nappe inférieure du déversoir en mince paroi pourrait être reprise comme géométrie du déversoir à crête fixe. Théoriquement ainsi une pression égale à zéro le long du radier est garantie.



a) déversoir en mince paroi standard et b) déversoir standard correspondant

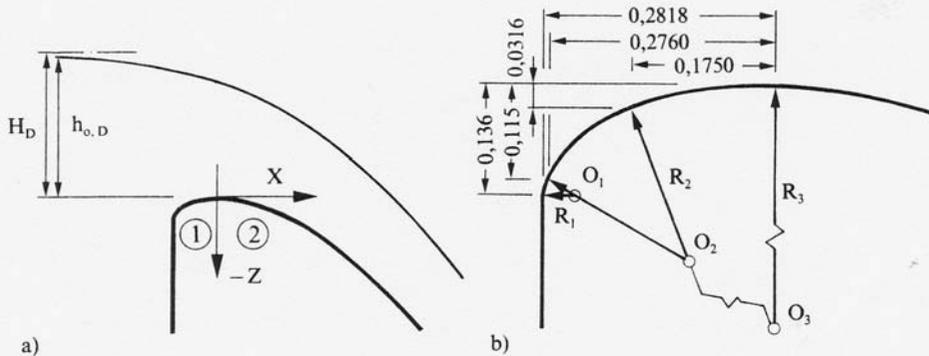
### Capacité du déversoir standard

- la charge H est mesurée à partir de la crête du déversoir standard

$$Q = C_d b \sqrt{2g} H^{3/2}$$

$C_d$  : coefficient du débit du déversoir standard qui dépend de la charge H

### Géométrie du déversoir standard



Définition géométrique de la crête du déversoir standard à parement amont vertical

- définition du système des coordonnées, ① quadrant amont, ② quadrant aval
- détail du quadrant amont (tous les chiffres par rapport à  $H_D = 1m$ ).

Définition selon USCE

$$-Z = \frac{1}{2} X^{1,85}, X > 0$$

$$X = x / H_D$$

$$Z = z / H_D$$

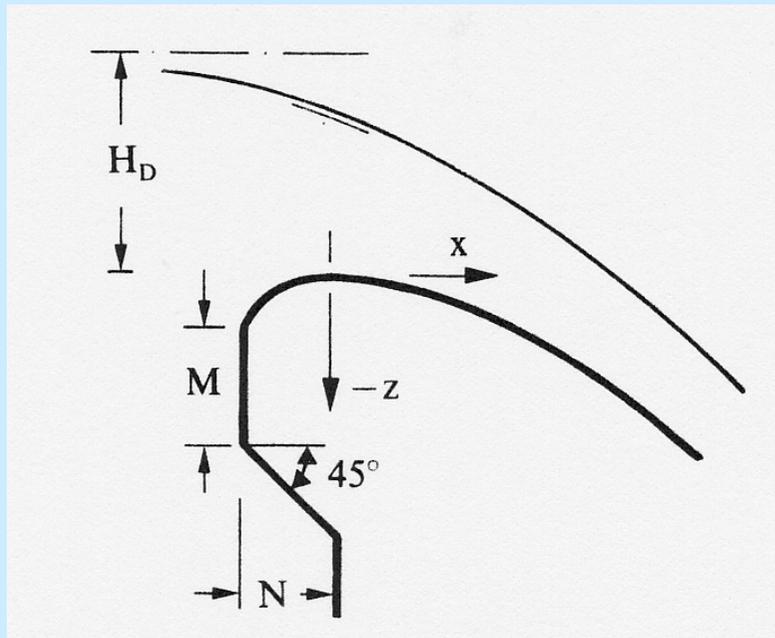
$$X > 0$$

i	$O_i/H_D$	$R_i/H_D$	
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	$-0,175 \leq X \leq 0$

Tableau: Origines O, rayons de courbure R et domaines de validité relatifs à  $H_D$  du déversoir standard (quadrant amont).

### Déversoir standard à parement amont surplombant

Pour économiser du béton le parement amont est modifié en ménageant une saillie:



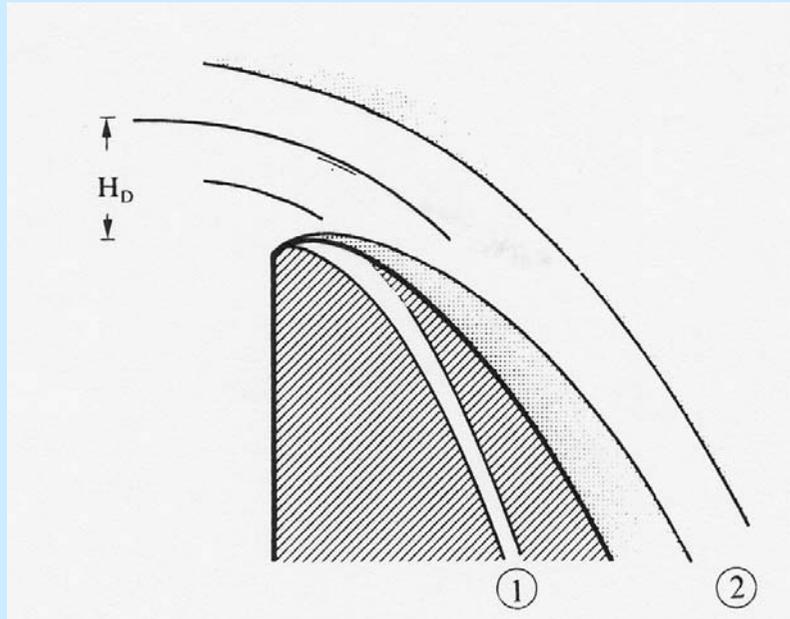
Recommandé:

$$M / N > 0.5$$

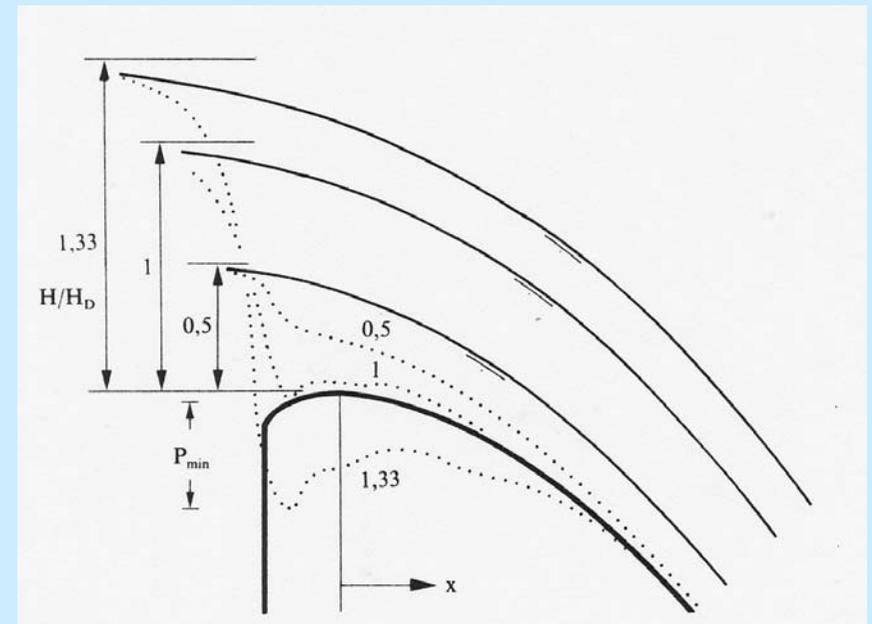
$$M / H_D \geq 0.6$$

Déversoir standard à parement amont surplombant

### Effet de charge sur le déversoir standard

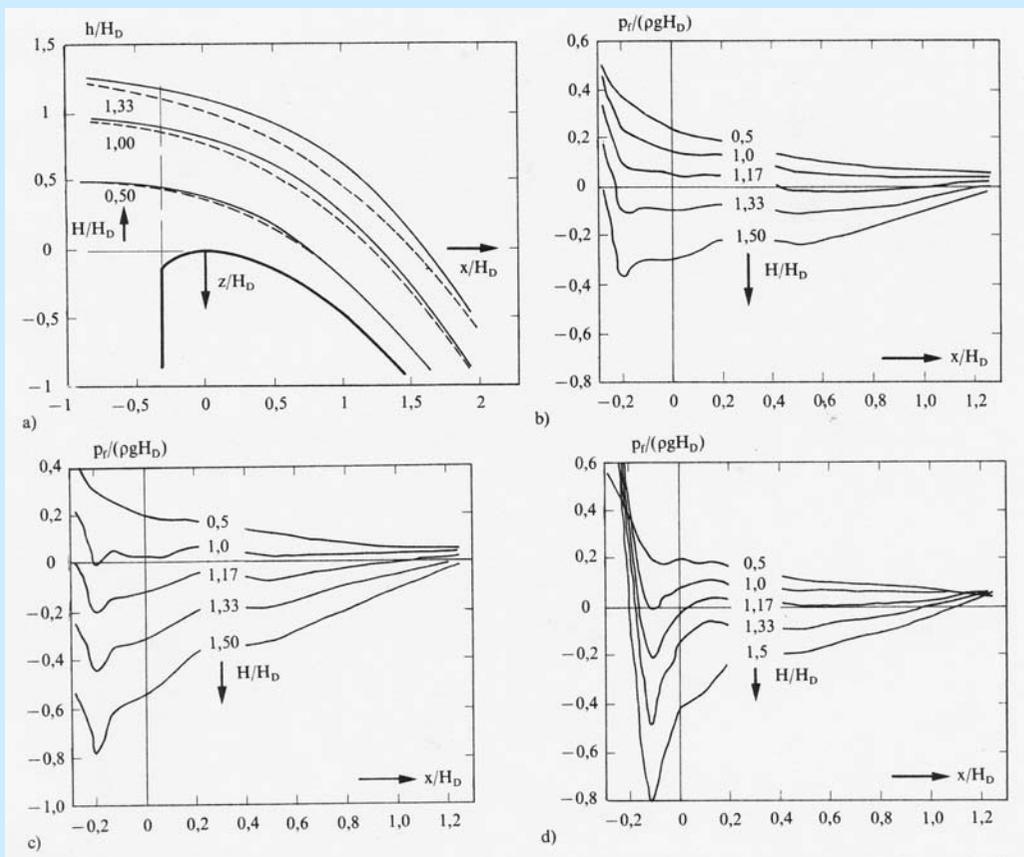


Déversoir standard et nappes provenant  
①  $H/H_D = 1/2$  et ②  $H/H_D = 3/2$   
de déversoirs en mince paroi standard



Déversoir standard ( — ) profil de surface et (...) ligne de pression pour diverses charges relatives  $H/H_D$  (écoulement plan)

### Effet de charge sur le déversoir standard

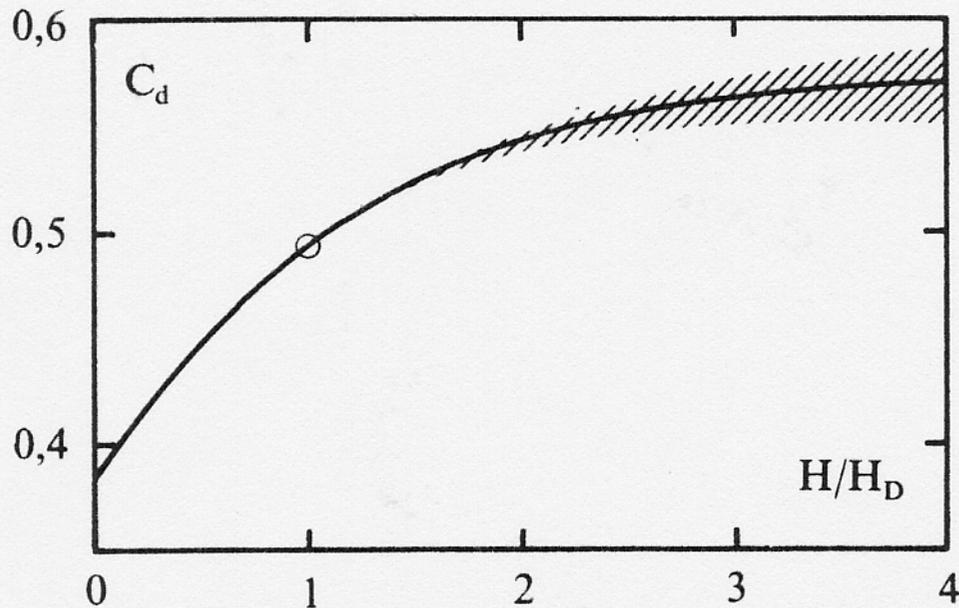


Déversoirs standards:

- a) Profils de surface, ( — ) axial entre les piliers, (---) écoulement plan; pressions relatives au fond
- b) Écoulement plan
- c) Axiales entre les piliers
- d) Le long des piliers

### Effet de charge sur le déversoir standard

Effet de la charge relative  $H/H_D$  sur le coefficient de débit  $C_d$



$$C_d / C_{dD} = (H / H_D)^{0,12}$$

donc

$$Q / Q_D = (H / H_D)^{1,62}$$

Valable pour  $0.2 < H / H_D < 2$

$$H / H_D \rightarrow 0 : C_d = 0.385$$

$$H / H_D = 1 : C_d = 0.494$$

$$H / H_D > 2 : C_d \rightarrow 0.55$$

### Effet de charge sur le déversoir standard

$$\frac{H}{H_D} = 1$$

⇒ L'écoulement sur le déversoir standard correspond à celui d'un déversoir en mince paroi si la charge  $H$  sur ce dernier est égale à la charge de dimensionnement  $H_D$  (pour laquelle la géométrie a été définie): pressions sur le radier négligeables;  $C_d = C_{dD} = 0.494$

$$\frac{H}{H_D} < 1$$

⇒ Le déversoir standard est surdimensionné:

- ◆ pressions sur le radier sont plus fortes mais positives: acceptable
- ◆ le coefficient de débit diminue ( $C_d < C_{dD}$ );  $H / H_d \rightarrow 0$  ;  $C_d \rightarrow 0.385$

$$\frac{H}{H_D} > 1$$

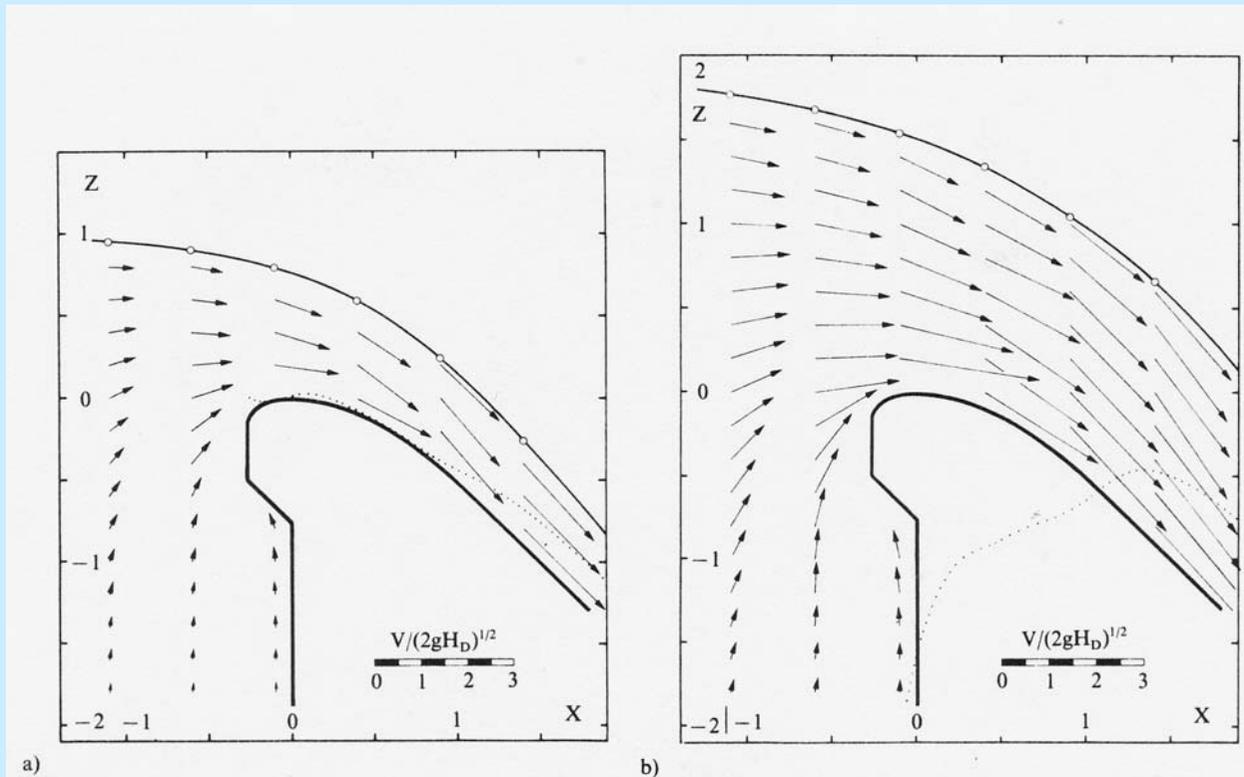
⇒ Le déversoir standard est sousdimensionné:

- ◆ le coefficient de débit augmente ( $C_d > C_{dD}$ )
- ◆ pressions sur le radier deviennent négatives (sous-pressions: risque de cavitation si  $H / H_D > 1.4$  ou l'écoulement se sépare du déversoir).

En pratique on accepte  $H/H_D = 1.1$  à  $1.3$

### Effet de charge sur le déversoir standard

#### Champ de vitesse normalisé de l'écoulement par-dessus un déversoir standard



Champ de vitesse normalisé de l'écoulement par-dessus un déversoir standard

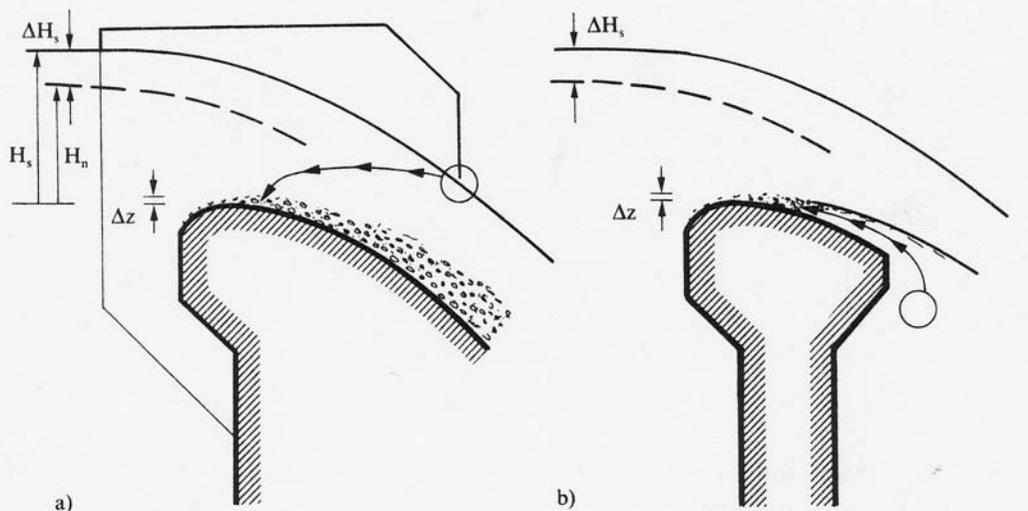
a)  $H/H_D = 1$

b)  $H/H_D = 2$

Répartition de la pression de fond (...).

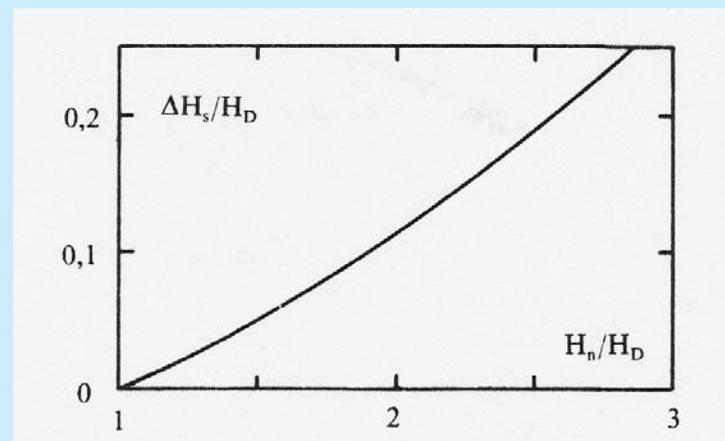
### Effet de charge sur le déversoir standard

Limite supérieure de la charge



Surélévation du plan d'eau

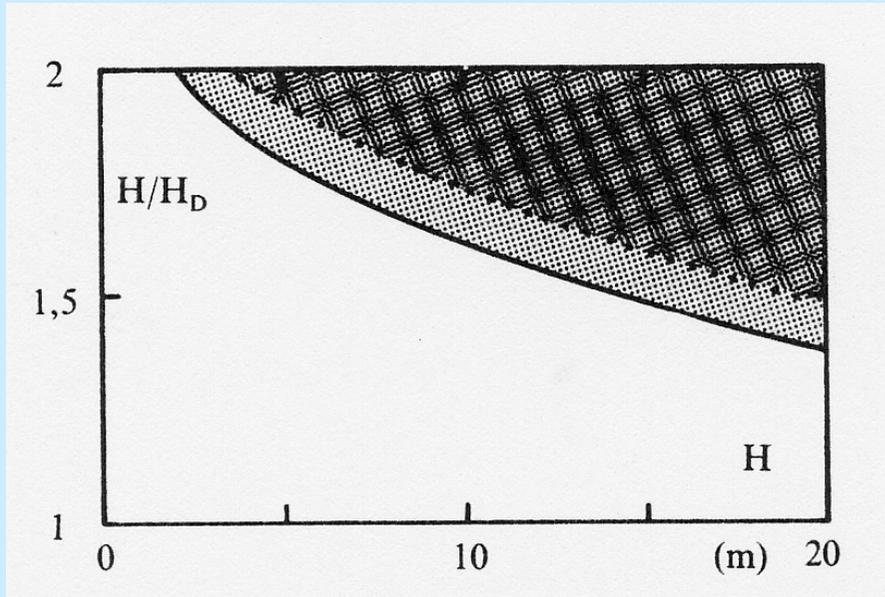
$$\Delta H_s / H_D = \left[ \left( H_n / H_D \right)^{0,08} - 1 \right] \left( H_n / H_D \right)$$



Séparation de l'écoulement d'un déversoir standard,  
a) dû à pilier malformé,  
b) dû à la géométrie du fond non conforme. (---) profil de surface non séparé, (—) profil de surface séparé.

### Effet de charge sur le déversoir standard

#### Limite supérieure de la charge

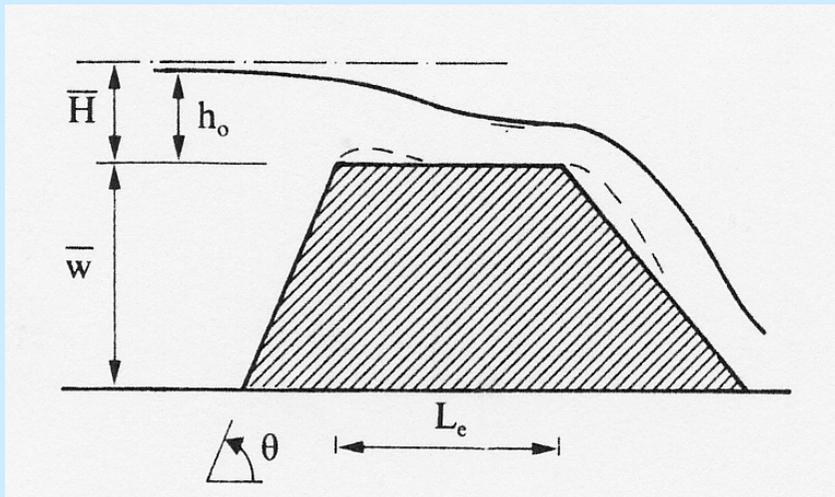


En pratique des rapports de  $H/H_D = 1.1$  à  $1.3$  sont acceptables sans risque de cavitation.

Domaines de cavitation provoquée par un déversoir standard.  
(—) début de la cavitation, (...) cavitation accomplie,  
charge  $H$ (m) en fonction du rapport  $H/H_D$

### Déversoirs à seuil épais

#### Forme trapézoïdale / polygonale



Déversoir à seuil épais,  
géométrie polygonale.

Capacité du déversoir polygonal

$$Q = \bar{C}_d c_e b \sqrt{2g} \cdot \bar{H}^{3/2}$$

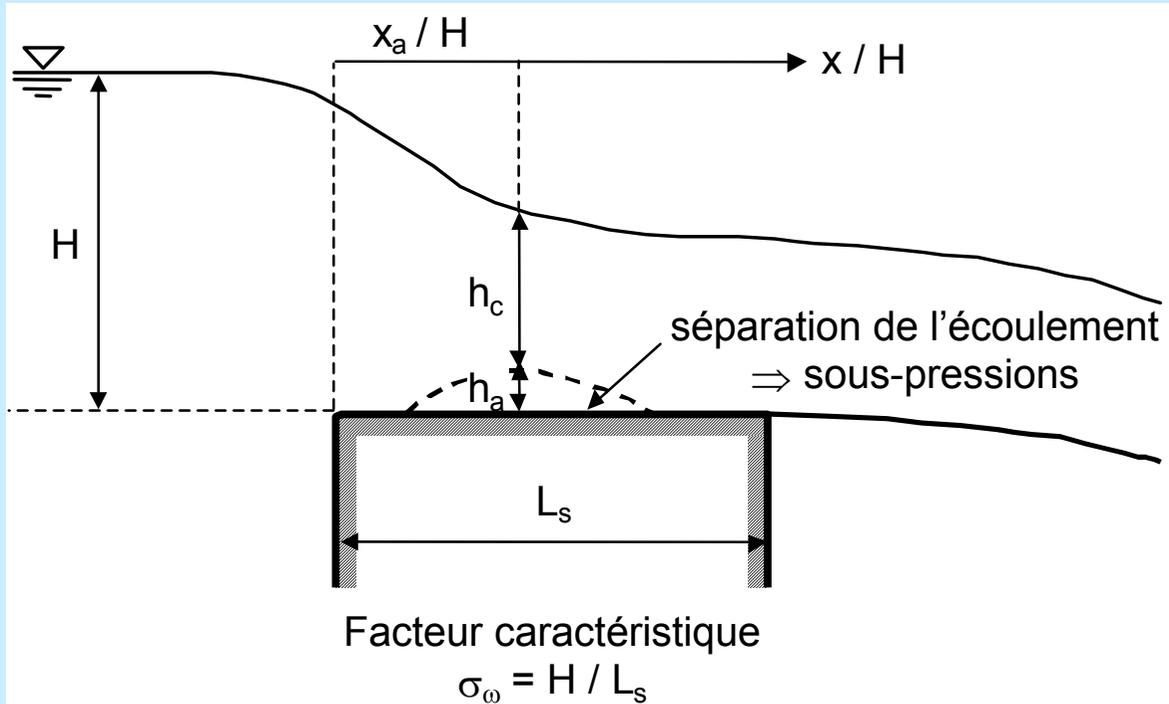
$c_e$  : coefficient de correction

$$c_e = 1 - \frac{2 \sin \theta}{9(1 + \xi_e^4)}$$

$$\xi_e = (\bar{H} - \bar{w}) / L_e$$

pour  $w \gg \bar{H}$

### Déversoirs à seuils épais



$$Q = C_d \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot H^{3/2}$$

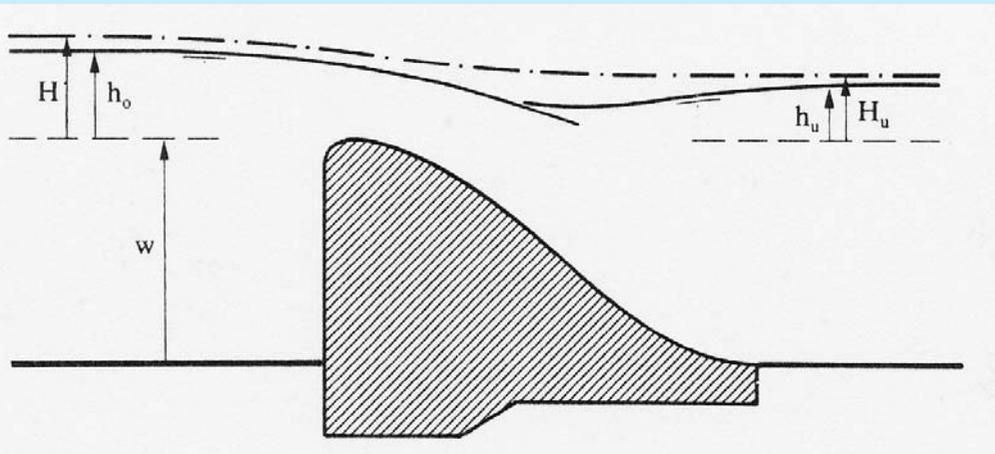
avec  $C_d = 0.326$

si  $0.1 < \sigma_\omega < 0.4$  (seuil large)

$$\Rightarrow h_a = 0.20 \cdot H$$

$$x_a = 0.44 \cdot H$$

### Déversoir standard noyé



Déversoir noyé pour lequel l'écoulement dépend des charges amont  $H$  et aval  $H_u$ .

Capacité d'un déversoir standard noyé

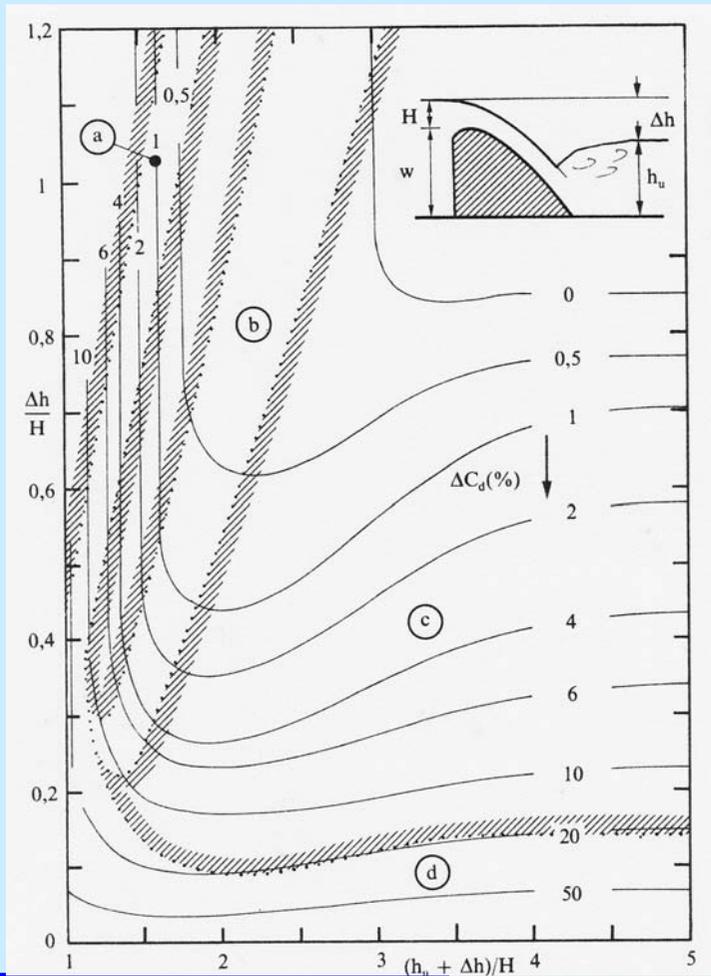
$$Q = C_d S b \sqrt{2g} H^{3/2}$$

Coefficient de submersion

$$S = \left(1 - (H_u / H)^2\right)^{1/2}$$

avec  $H = V_o^2 / 2g$  ou  $V_o = Q / ((h_o + w)b)$

### Déversoir standard noyé



Réduction du coefficient de débit en fonction de la perte de chute relative pour une géométrie du déversoir donné

$$\left( h_u + \Delta h \right) / H$$

Réduction  $\Delta C_d$  du coefficient de débit [%], en fonction de  $\left( h_u + \Delta h \right) / H$  et  $\Delta h / H$