Chapitre IV: Écoulement par les orifices et les ajutages.

IV.1 Ecoulement par les orifices:

IV.1.1. *Définition:*

Un orifice, en hydraulique est une ouverture de forme régulière pratiquée dans une paroi ou dans le fond d'un récipient, à travers laquelle s'écoule le liquide contenu dans le récipient, le contour de l'orifice restant complètement submergé c à d au dessous de la surface libre.

IV.1.2 *Les différents types des orifices:*

$\rightarrow$ Suivant leur dimension : * orifice de grand dimension D>0,1H.

* orifice de petit dimension D<0,1H.

$\rightarrow$ Suivant sa face aval (la côte du niveau de la surface libre)

*le niveau est supérieur à l'orifice $\Rightarrow$ orifice noyé.

*le niveau inférieur à l'orifice $\Rightarrow$ orifice non noyé.

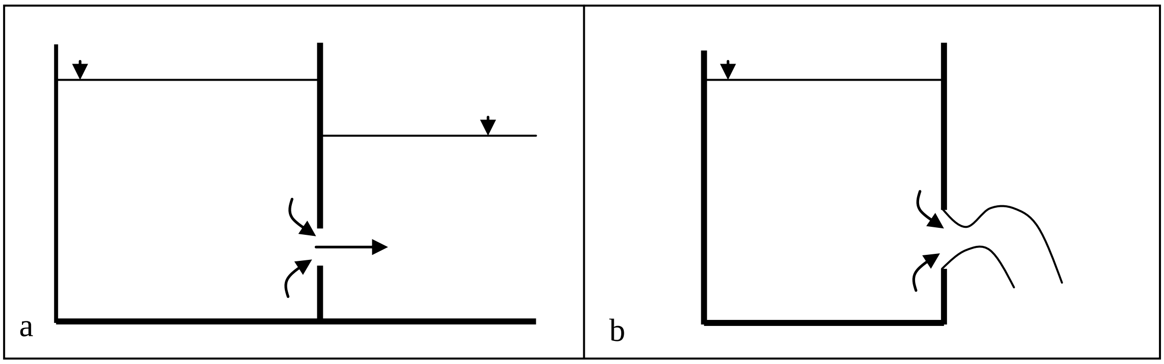

Fig. (IV.1) : (a) : orifice noyé, (b): orifice non noyé.

IV.1.2.1 <u>*Orifice non noyé:*</u>

Il existe différents types d'orifices non noyés:

- Orifice à mince paroi.
- Orifice à veine moulée.
- Orifice à contraction incomplète.

➢ *Orifice à mince paroi:*

Si **e** (épaisseur de la paroi du réservoir) inférieur au rayon de l'orifice, et la veine liquide ne touche pas le bord inférieur de l'orifice

(Si il est circulaire), on dit que l'écoulement s'effectue en mince paroi. Dans la section C-C, toutes les molécules ont des vitesses parallèles. La surface $S_c < S$.

S_c : section contactée de la veine liquide.

Donc, la veine liquide subi une contraction entre B-B et C-C dite "contraction de la veine liquide". La section C-C est la section contactée.

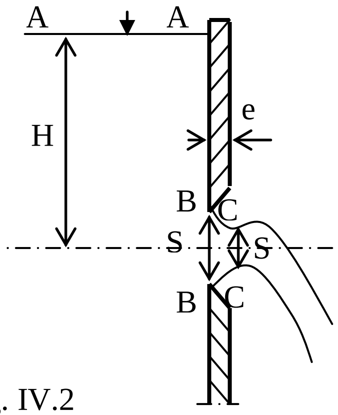

Fig. IV.2

A l'aval de C-C la veine décrit une trajectoire parabolique (cas des orifices à paroi verticale).

➢ Détermination de la vitesse et du débit:

Soit M, un point dans le réservoir, suffisamment éloigné de l'origine pour que sa vitesse soit négligeable.

Soit M' un point dans la section contractée

$Z_{M'}$ est Cte à la position de M' dans la section S_c

Dans ces conditions, l'écoulement est à énergie constante, en appliquant le théorème de Bernoulli (pour liquide parfait) entre M et M' :

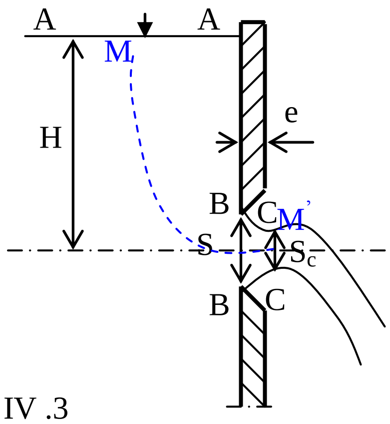

Fig. IV .3

$$Z_M + \frac{P_M}{\varpi} + \frac{V_M^2}{2g} = Z_{M'} + \frac{P_{M'}}{\varpi} + \frac{V_{M'}^2}{2g}$$

$$H + \frac{P_M}{\varpi} = Z_{M'} + \frac{P_{M'}}{\varpi} + \frac{V_{M'}^2}{2g} \Rightarrow H + \frac{P_M}{\varpi} = \frac{P_{M'}}{\varpi} + \frac{V_{M'}^2}{2g}.$$

On pose : $P_M = P_{M'} = P_{atm}$

$$H + \frac{P_{atm}}{\varpi} = \frac{P_{atm}}{\varpi} + \frac{V_{M'}^2}{2g} \Rightarrow \frac{V_{M'}^2}{2g} = H \Rightarrow V_{M'}^2 = 2gH$$

$$V_{M'} = \sqrt{2gH} \text{..................IV.1} \quad \text{(Formule de Torricelli).}$$

*** Pour un liquide réel:**

$$H + \frac{P_M}{\varpi} + \frac{V_M^2}{2g} = 0 + \frac{P_{M'}}{\varpi} + \frac{V_{M'}^2}{2g} + J$$

Les pertes de charge totales égales à la somme des pertes de charge locales et sont données par la formule: $J = \sum \xi \frac{V_{M'}^2}{2g}$

On désigne: $H_0 = \frac{P_{atm}}{\varpi} + \frac{V_{M'}^2}{2g} + \sum \xi \frac{V_{M'}^2}{2g} \Rightarrow H_0 = \frac{V_{M'}^2}{2g} + \sum \xi \frac{V_M^2}{2g} \Rightarrow H_0 = \frac{V_{M'}^2}{2g}(1 + \sum \xi)$

$$\Rightarrow V_{M'} = \frac{1}{\sqrt{1+\sum \xi}} \sqrt{2gH_0}$$

On pose $\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\sum \xi}}$; avec : φ : coeff. De vitesse.

Alors $V_{M'} = \varphi\sqrt{2gH}$………..……….IV.**2** (si $P_M = P_{atm}$)

Avec : $V_{M'}$: vitesse de la section contractée.

*** Calcul du débit:**

On pose $\varepsilon = \frac{S_c}{S}$

$Q = V_{M'} \times S_C = \zeta\sqrt{2gH}.\varepsilon.S$ si $\mu = \varepsilon.\zeta$: μ Coeff. De débit.

Donc le débit du liquide dans le cas d'un orifice non noyé à mince paroi est:

$$Q = \mu S\sqrt{2gH} \text{...............................} III.3$$

Les valeurs de μ se situe autour de 0,559 et 0,63 la moyenne souvent admise 0,60.

IV.1.2.2 *Orifice noyé*:

Le régime étant supposé permanant, les surfaces libres A-A et D-D des deux biefs sont fixes, soit Z la différence entre les deux niveaux.

On applique le théorème de Bernoulli entre la section A-A et D-D :

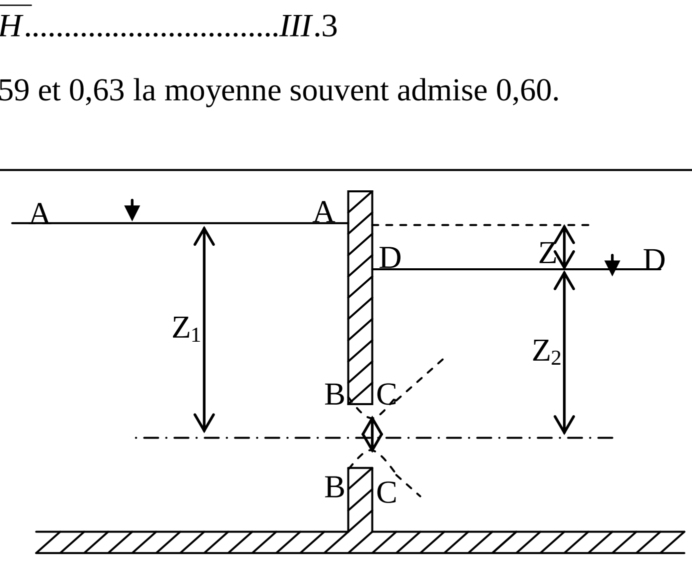

Fig. IV.4

$$Z_A + \frac{P_A}{\varpi} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_D + \frac{P_D}{\varpi} + \frac{V_D^2}{2g} + \sum \xi \frac{V_c^2}{2g}$$

$$Z_A = Z_D + \sum \xi \frac{V_c^2}{2g} \Rightarrow Z_A - Z_D = J$$

Dans ce cas la perte de charge totale J et égale à la somme des pertes de charge dans l'orifice plus la perte due à l'élargissement brusque.

$$J = \sum \xi \frac{V_c^2}{2g} = (\xi_1 + \xi_2)\frac{V_c^2}{2g}$$ avec : $\xi_1, P.D.C$ Singulière à l'entrée de l'orifice.

$\xi_2 = 1 \Rightarrow$ Elargissement brusque.

$$\Rightarrow Z = (1+\xi_2)\frac{V_c^2}{2g} \Rightarrow V_c = \frac{1}{\sqrt{1+\xi_2}}\sqrt{2gZ} \quad \text{.....................IV.4}$$

$$V_C = \varphi\sqrt{2gZ} \quad \text{Et} \quad Q = \mu S\sqrt{2gZ} \quad \text{..........................IV.5}$$

* Perte de charge dans les orifices, on calcule les pertes de charge par la formule :

$$j = (\frac{1}{\varphi^2} - 1)\frac{V_{jet}^2}{2g}.$$

IV.1.3 *Vidange d'un réservoir muni d'un orifice*:

- **Cas général:**

- Le temps nécessaire pour que le niveau AB s'abaisse à CD sera :

$$t = \frac{1}{\mu S_O\sqrt{2g}}\int_{H_1}^{H}\frac{Sh}{\sqrt{h}}dh \quad \text{.........................IV.6}$$

- Le temps T nécessaire pour la vidange complète

$$T = \frac{1}{\mu S_O\sqrt{2g}}\int_{0}^{H}\frac{Sh}{\sqrt{h}}dh \quad \text{...............IV.7}$$

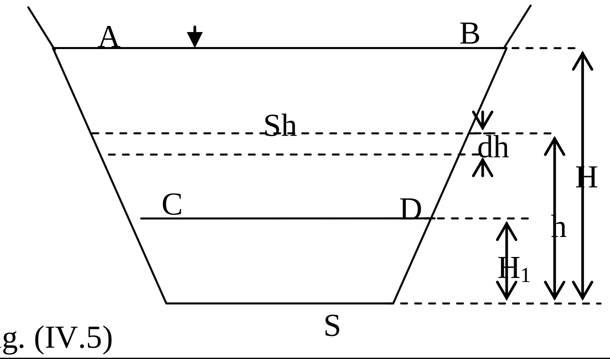

Fig. (IV.5)

- **Cas particulier,**

réservoir rectangulaire vertical à Section droite constante :

Le temps de vidange si h = 0, soit

$$T = \frac{2SH}{\mu S_0 \sqrt{2gH}} \quad \text{……………….IV.8}$$

Avec : S_o : surface de l'orifice.

S : surface du réservoir.

IV.2 Ecoulement par les Ajutages:

IV.2.1 *Définition:*

Un ajutage est un orifice dont les parois sont prolongées sur une longueur de 2 ou 3 diamètres, ou bien une ouverture ménagé dans un récipient à paroi relativement épaisse.

IV.2.2 *Différents types des ajutages:*

- *Ajutage cylindrique:*

On rencontre deux types principaux :

$\rightarrow$L'ajutage intérieur ou rentrant (ajutage de Borda) (Fig.IV.6),

$$Q = 0.5S\sqrt{2gH} \quad \text{………IV.9}$$

$\rightarrow$L'ajutage extérieur ou sortant (Fig. III.7),

$$Q = 0.82S\sqrt{2gH} \quad \text{…………….IV.10}$$

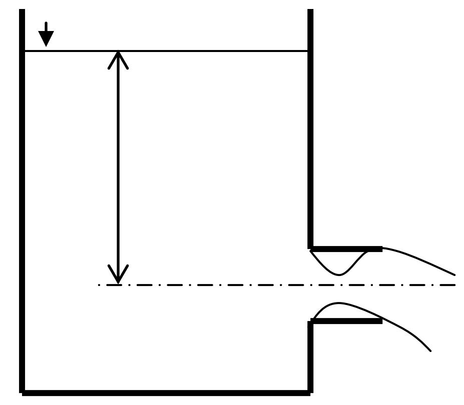

Fig. (IV.6)

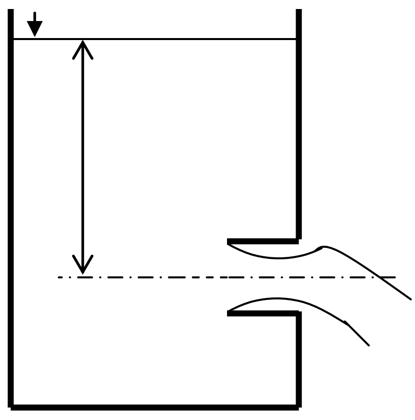

Fig. (IV.7)

➢ *Ajutage conique:*

a- Ajutage conique convergent: (Fig. IV.8).

α Est l'angle au sommet du cône.

ℓ : Longueur de l'ajutage.

d: diamètre de l'ajutage.

H: charge.

$Q = \mu S\sqrt{2gH}$ / $\mu : (0,75 \div 0,97)$

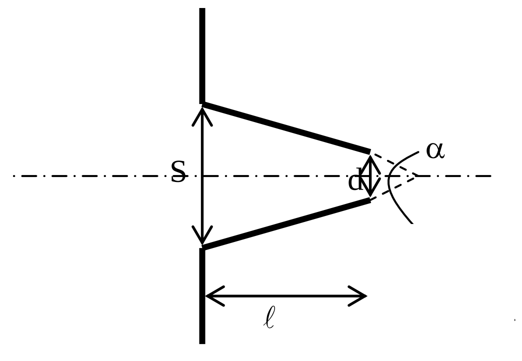

Fig. (IV.8)

b- Ajutage conique divergent: (fig. IV.9).

$\rightarrow$ Si la veine est moulée $Q = S\sqrt{2gH}$, il n'y a pas de perte de charge.

$\rightarrow$ Si on considère la légère perte de charge due au frottement à la paroi, donc les coefficients de débit et de vitesse à l'entrée sont égaux, $\mu = \varphi = 0,45$.

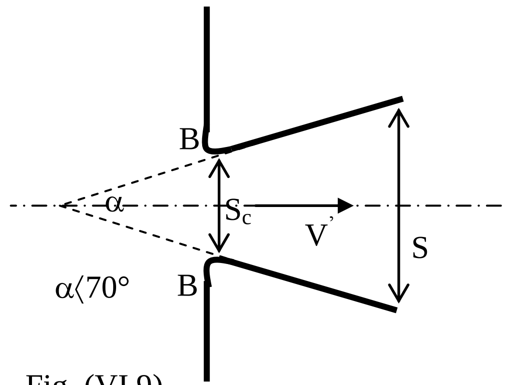

Fig. (VI.9)