NOTULE HYDRAULIQUE
HYDRAULIC BRIEF

# Abaque pour le calcul des caractéristiques de l'écoulement dans la section de gorge d'un siphon

# A graph for the calculation of flow characteristics in siphon throat sections

PAR J. VALEMBOIS
LABORATOIRE NATIONAL D'HYDRAULIQUE (CHATOU)

*L'abaque présenté permet de déterminer rapidement les caractéristiques à donner à la section de gorge d'un siphon (hauteur, rayon de courbure du seuil), compte tenu du débit recherché et de la dépression que l'on admet.*

*This graph enables a rapid determination to be made of the siphon throat characteristics (i.e. sill height and radius of curvature) required for given discharges and depression*

## Introduction

On admet en général, pour calculer l'écoulement dans la section de gorge d'un siphon, les hypothèses suivantes (voir fig. 1) :

— Il n'y a pas de perte de charge entre la retenue et la section $M_0M_1$;

— L'écoulement y est à potentiel, les lignes de courant et les profils d'intrados et d'extrados en $M_0$ et $M_1$ étant des cercles de centre O.

Ces hypothèses conduisent à des calculs dont les résultats, que nous indiquons ci-dessous, sont confirmés par l'expérience avec une précision suffisante.

## Notations

— $h$ est la cote du plan d'eau dans la retenue, à un endroit de faible vitesse,

— $R_0$ est le rayon de courbure en $M_0$, $R_1$ le rayon de courbure en $M_1$, et $L = R_1 - R_0$ est la hauteur de la gorge du siphon,

— $V_0$ étant la vitesse en $M_0$, on posera

$$H_0 = V_0^2/2\,g$$

Si l'on admet en $M_0$ une *dépression* $H_D$, on aura

$$H_0 = H_D + h$$

Posons :

$$q_0 = H_0\sqrt{2\,g\,H_0} \qquad (1)$$

et

$$\Delta H = \frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} \qquad (2)$$

$p_0$ et $p_1$ étant les pressions en $M_0$ et $M_1$.

## Résultats du calcul

1. Si $q$ est le débit par unité de largeur, on peut l'écrire :

$$\frac{q}{q_0} = \frac{R_0}{H_0}\,\mathrm{Log}_n\left(1 + \frac{L}{R_0}\right) \qquad (3)$$

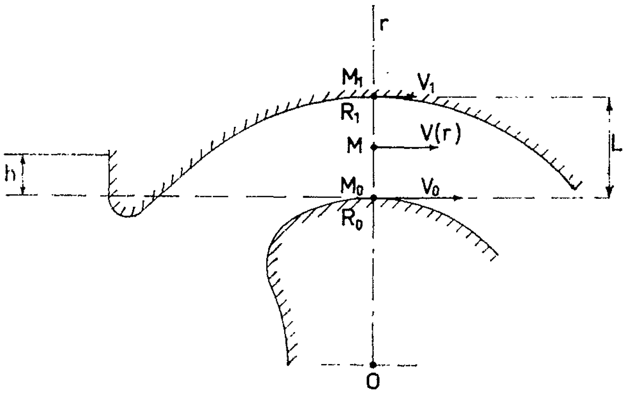


FIG. 1

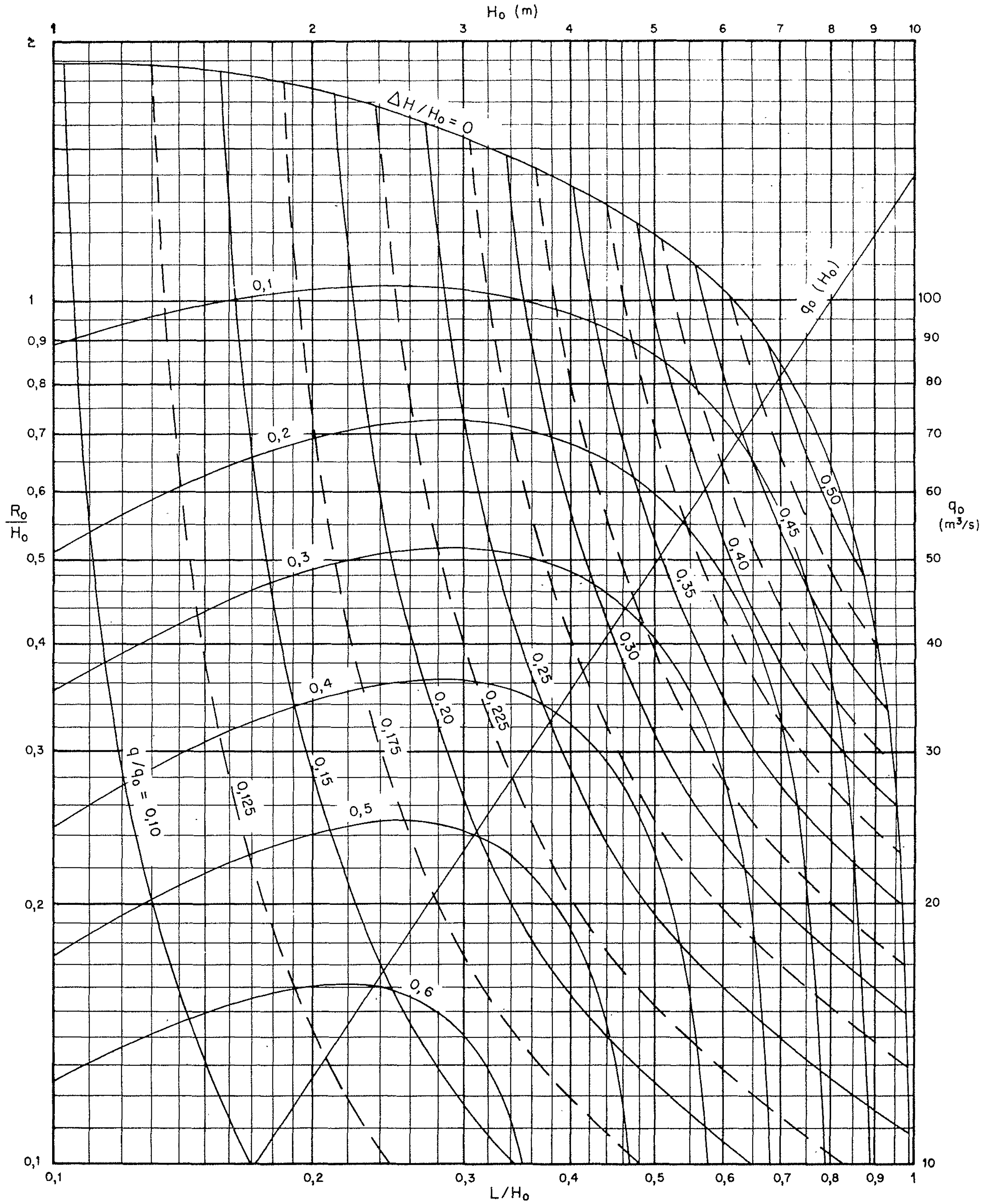
$H_0$ (m)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
$\Delta H / H_0 = 0$
$q_0 (H_0)$
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
$q/q_0 = 0,10$
0,125
0,15
0,175
0,20
0,225
0,25
0,30
0,35
0,40
0,45
0,50
$\frac{R_0}{H_0}$
$q_0$ ($m^3/s$)
$L/H_0$

FIG. 2

2. On trouve aussi :

$$\frac{\Delta H}{H_0} = 1 - \frac{1}{[1 + (L/R_0)]^2} - \frac{L}{H_0} \qquad (4)$$

### Utilisation de l'abaque (fig. 2)

L'abaque donne $q/q_0$ et $\Delta H/H_0$ en fonction de $L/H_0$ et $R_0/H_0$.

En général, on n'admettra pas que la pression en $M_1$ soit inférieure à la pression en $M_0$. C'est pourquoi on a limité l'abaque aux valeurs positives de $\Delta H/H_0$.

On a porté aussi sur le même graphique $q_0$ en fonction de $H_0$.

### Exemples

1. Le débit maximal que l'on peut faire passer par *m* de largeur s'obtient en admettant

$$\Delta H = 0, \qquad L/H_0 = 0{,}8 \qquad \text{et } R_0/H_0 = 0{,}65$$

Le tableau ci-dessous donne ces valeurs limites.

| $H_{0_m}$ | $L_m$ | $R_{0_m}$ | $q$ m²/s |
|---|---|---|---|
| 2 | 1,6 | 1,3 | 6,5 |
| 4 | 3,2 | 2,6 | 18,5 |
| 6 | 4,8 | 3,9 | 34 |
| 8 | 6,4 | 5,2 | 52 |
| 10 | 8 | 6,5 | 72 |

Il faut bien noter que $H_0$ n'est pas la dépression admise, mais la somme de celle-ci et de la surélévation *h* du plan d'eau par rapport au seuil.

2. Admettons une gorge de 2 m de haut et une dépression de 6 m, la surélévation *h* étant de 0,5 m.

On a

$$H_0 = 6{,}5 \text{ m}$$

et

$$q_0 = 75 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$L/H_0 = 0{,}308 \# 0{,}31$$

Avec un rayon $R_0$ de 2 m, on aura

$$R_0/H_0 = 0{,}31$$

et $q/q_0 \# 0{,}215$, donc $q \# 16$ m²/s.

Si l'on peut admettre $R_0 = 3{,}25$ m, on a

$$R_0/H_0 = 0{,}5$$

et $q/q_0 \# 0{,}24$ donc $q \# 18$ m²/s. On ne gagne de cette façon que 2 m³/s par mètre de largeur.

Dans le premier cas ($R_0 = 2$ m), on a

$$\Delta H/H_0 \# 0{,}44,$$

donc $\Delta H = 0{,}44 \times 6{,}5 = 2{,}85$ m. La dépression en $M_1$ serait donc $6 - 2{,}85 = 3{,}15$ m.

Dans le deuxième cas, $\Delta H/H_0 = 0{,}31$. Alors $\Delta H \# 2$ m et la dépression en $M_1$ est

$$6 - 2 = 4 \text{ m}.$$

3. Reprenons les dimensions du premier cas du § 2 ($L = 2$ m, $R_0 = 2$ m, $h = 0{,}5$ m) en admettant une dépression de 8 m.

Alors

$$H_0 = 8{,}5 \text{ m} \qquad q_0 = 110 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$L/H_0 = R_0/H_0 = 2/8{,}5 = 0{,}235$$

d'où

$$q/q_0 = 0{,}163 \qquad \text{et } q \# 18 \text{ m}^2/\text{s}$$

On a relativement peu d'intérêt à augmenter la dépression.

### Remarque

En général, on se donnera $H_0$, défini par la dépression admise, et L (pour des raisons constructives). On voit alors que l'on a intérêt à adopter la plus grande valeur admissible pour $R_0$ (tant que $\Delta H/H_0$ reste positif).

Le débit maximal serait évidemment obtenu pour un rayon de courbure infini. Ce serait

$$q_m = LV_0 = L\sqrt{2gH_0}$$

mais dans ce cas, la pression en $M_1$ serait inférieure à la pression en $M_0$ (on aurait une répartition hydrostatique, avec $\Delta H = -L$).

On peut écrire $q$ de la façon suivante :

$$q = q_m \frac{R_0}{L} \text{Log}_n \left(1 + \frac{L}{R_0}\right)$$

Le tableau ci-dessous donne $q/q_m$ en fonction de $R_0/L$. Pour l'utiliser, il faudra évidemment se limiter à la valeur de $R_0$ correspondant à $\Delta H = 0$. On trouvera cette valeur en utilisant l'abaque de la figure 2.

| $R_0/L$ | $q/q_m$ |
|---|---|
| 0,1 | 0,24 |
| 0,2 | 0,36 |
| 0,3 | 0,44 |
| 0,4 | 0,50 |
| 0,5 | 0,55 |
| 0,6 | 0,59 |
| 0,7 | 0,62 |
| 0,8 | 0,65 |
| 0,9 | 0,67 |
| 1,0 | 0,69 |
| 1,5 | 0,77 |
| 2 | 0,81 |
| 3 | 0,86 |
| 4 | 0,89 |
| 5 | 0,91 |