

CALCUL DES PERTES DE CHARGE DANS LES RESEAUX

Notations :

H : charge généralisée $H = \alpha \frac{V^2}{2g} + \frac{p^*}{\rho g}$

p^* : pression génératrice $p^* = p + \rho g z$

V : vitesse débitante $V = \frac{1}{S} \iint_S u dS$

S : section du tuyau

α : facteur de forme $\alpha = \frac{\iint_S u^3 dS}{S V^3}$

ΔH : perte de charge

L : longueur du tuyau

Re : Nombre de Reynolds $Re = \frac{VD}{\nu}$

D : diamètre du tube

ν : viscosité cinématique $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

Pertes de charge dans les tuyaux rectilignes à section circulaire :

Formule de Darcy : $\Delta H = \psi \frac{V^2}{2g} \frac{L}{D}$

Régime laminaire établi : $L/D > 5 \cdot 10^{-2} Re$, $\alpha=2$, $\psi=64/Re$

Régime turbulent établi : $\alpha \approx 1,06$

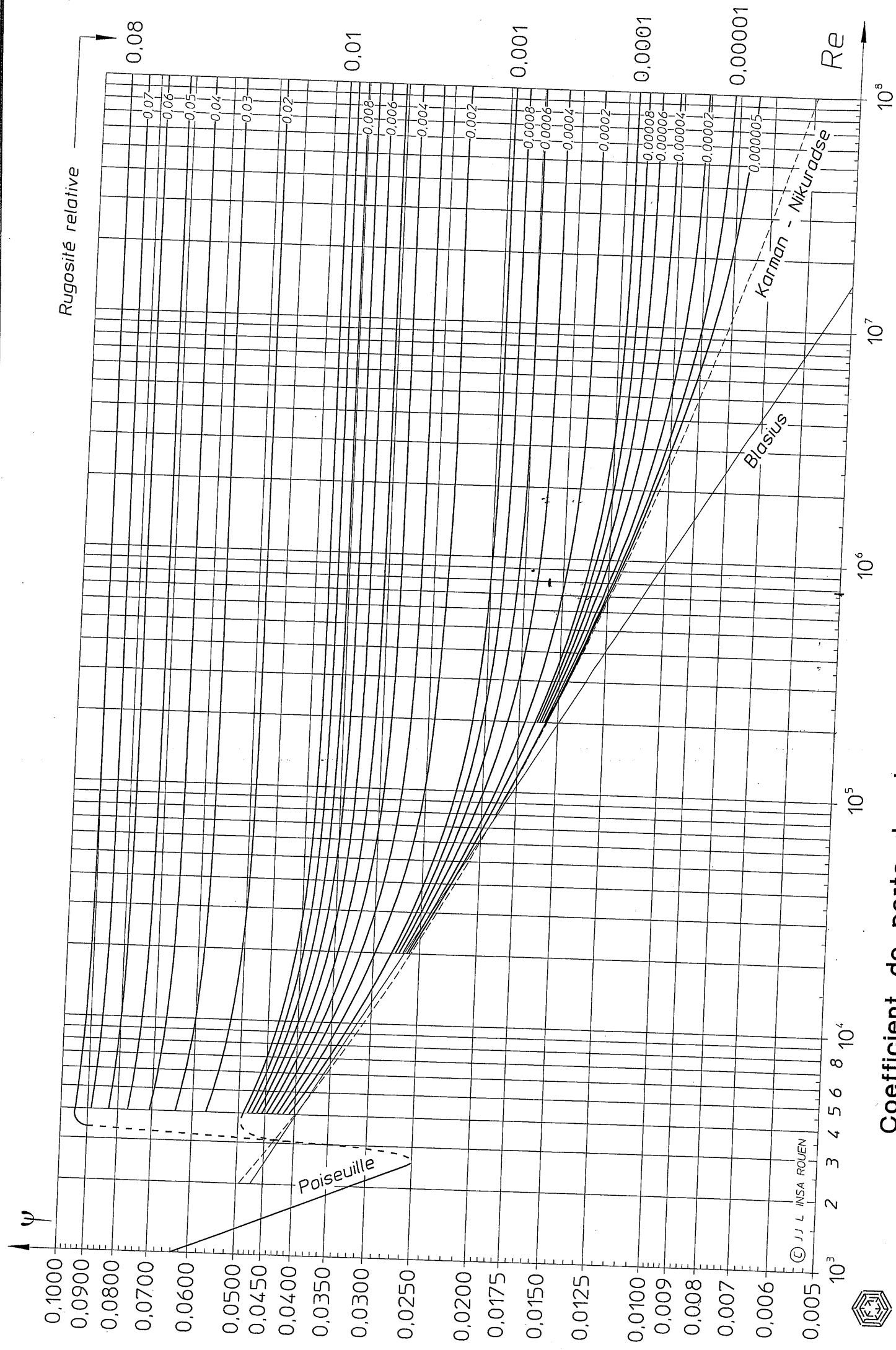
Tuyau lisse : $Re \leq 10^5$ $\psi = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$ Formule de Blasius

$Re \geq 10^5$ $\psi = 0,004 + \frac{0,25}{Re^{0,25}}$

Tuyaux complètement rugueux : $\frac{1}{\sqrt{\psi}} = 2 \log(D/\varepsilon) + 1,14$

Tuyaux semi-rugueux : $\frac{1}{\sqrt{\psi}} = 1,14 - 2 \log \left(\varepsilon/D + \frac{9,32}{Re \sqrt{\psi}} \right)$ formule de Colebrook

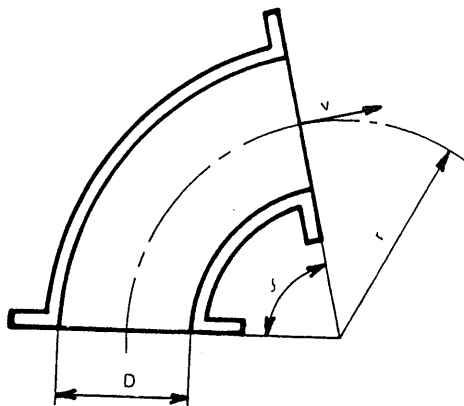
Dans la pratique, on utilisera le diagramme de Moody (fig1).



Coefficient de perte de charge linéaire – Courbes de Colebrook



Coudes de section circulaire : $K = K_1 K_2$



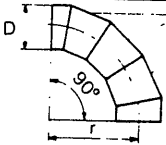
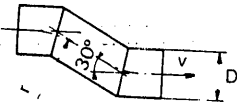
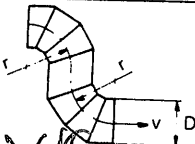
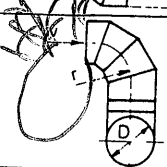
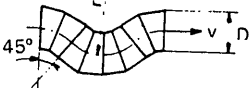
Valeurs de K_1

D, mm		< 60	60 à 125	125 à 200	200 à 1000	> 1000
K1	Coude acier	5	2	1,5	1,5	1
	Coude fonte	5	2	2	1,5	1

Valeurs de $K_2 = f\left(\frac{r}{D}, \alpha\right)$

α \ r/D	0,6	0,8	1	1,5	2,5	5
11° 15'	0,142	0,070	0,042	0,037	0,035	0,037
22° 30'	0,275	0,136	0,083	0,072	0,064	0,072
30°	0,351	0,179	0,105	0,093	0,084	0,096
45°	0,500	0,248	0,150	0,133	0,122	0,140
60°	0,612	0,307	0,185	0,165	0,154	0,202
90°	0,790	0,405	0,242	0,217	0,208	0,252
120°	0,925	0,464	0,287	0,261	0,256	0,305
135°	0,968	0,488	0,302	0,279	0,276	0,353
150°	1,012	0,517	0,323	0,297	0,298	0,385
180°	1,120	0,570	0,358	0,332	0,340	0,450

Coudes complexes

Coude à 90°	 n éléments intermédiaires	<table><tr><th colspan="2">r/D</th><th>≥ 2</th><th>1 à 2</th></tr><tr><td rowspan="3">K</td><td>n = 3</td><td>0,3</td><td>0,6</td></tr><tr><td>n = 2</td><td>0,4</td><td>0,7</td></tr><tr><td>n = 1</td><td>0,8</td><td>—</td></tr></table>	r/D		≥ 2	1 à 2	K	n = 3	0,3	0,6	n = 2	0,4	0,7	n = 1	0,8	—
r/D		≥ 2	1 à 2													
K	n = 3	0,3	0,6													
	n = 2	0,4	0,7													
	n = 1	0,8	—													
Coude en Z 2 x 30°		$K = 0,3$ $K = 2$ $K = 1,6$ $K = 2,5$														
Coude en S 2 x 90° plans //																
Coude en S 2 x 90° plans ⊥																
Coude sinuex 4 x 45° axes alignés																

$\frac{r}{D} \geq 1,5$

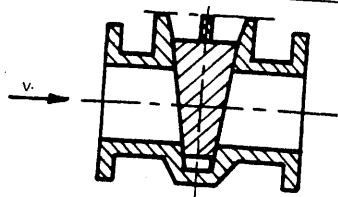
Tés : branchements et bifurcations

	A	B	C		r/D	A	B	C
T droit				K	0	0,05	2	2
					0,2	0,05	1	1
T oblique				K	0	0,05	1	1
					0,2	0,05	0,5	0,5



$$\varphi \text{ m.c.l.} = K \frac{v^2}{2g}$$

Vanne à opercule



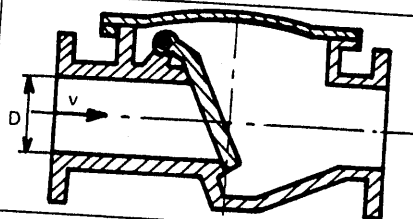
Ouverture-levée d'opercule	25 %	50 %	75 %	100 %
K	30	5,3	1	0,2

Vanne papillon



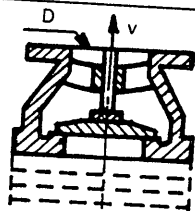
α	0	15°	30°	45°	60°	90°
K	0,2	0,9	3,9	19	118	∞

Clapet de retenue à battant



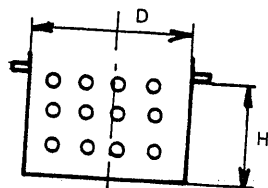
D mm	40	70	100	150	200	300	500	800
K	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,5	3

Clapet de pied crépine



D mm		40 à 60	60 à 150	> 150
K	Clapets normaux	10	7	5
	Clapets spéciaux à veine formée	2	2	2

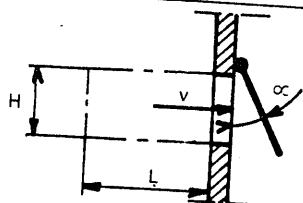
Crépine



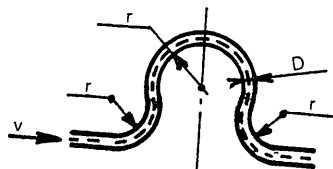
$$v = \frac{Q}{S} \quad \begin{array}{l} S = \text{surface totale } \pi DH \\ S_0 = \text{surface de perforation} \end{array}$$

$\frac{S_0}{S}$	0,6	0,5	0,4	0,3
K	2	4	8	20

Clapet d'extrémité

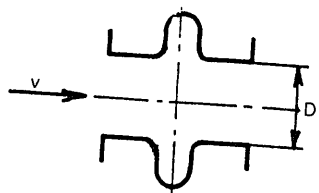


K	α	30°	45°	60°	90°
	L/H				
	1	4	3	2,5	2
	2	6,9	4	3,1	2,5
$\nearrow \infty$		8,6	4,7	3,3	2,5

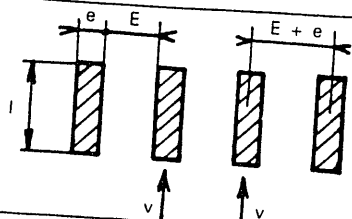
Lyre
 $\frac{r}{d} \approx 5$ 

D mm	50	100	200	300	400	500
K	1,7	1,8	2	2,2	2,4	2,6

Compensateur de dilatation



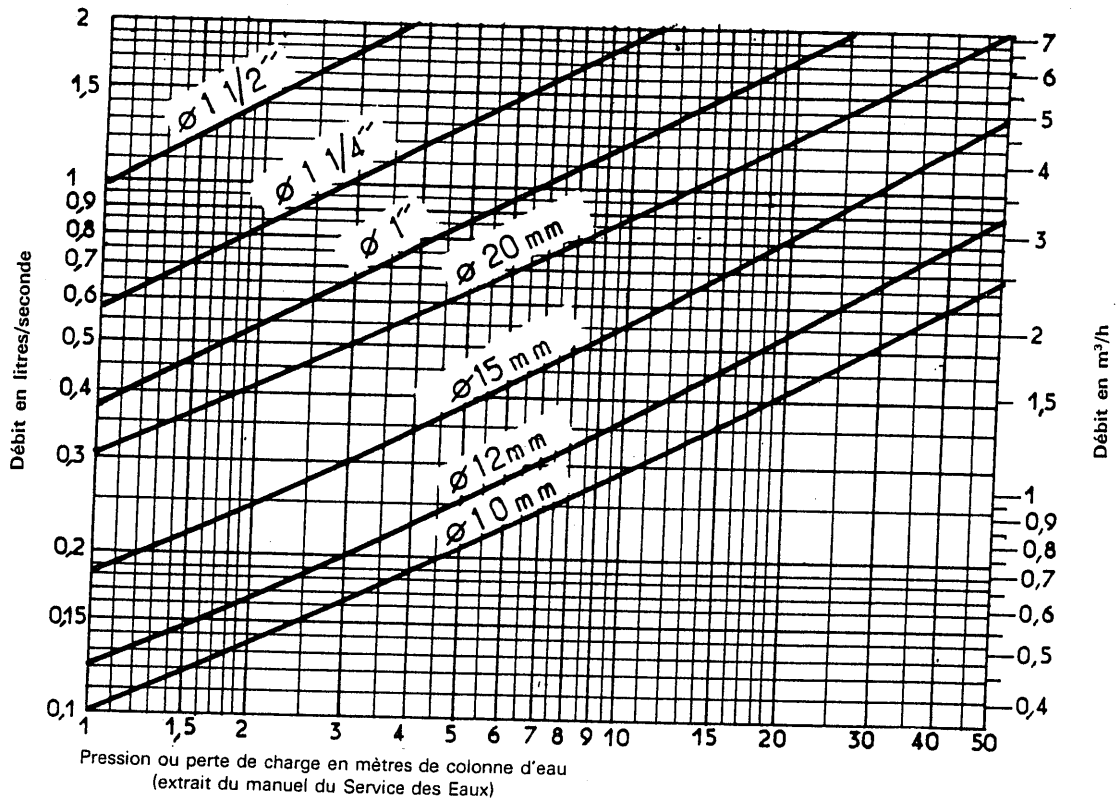
D mm	50	100	200	300	400	500
K	1,7	1,6	1,6	1,8	2,1	2,3

Grille
 $l > 5 e$ 

E / E + e		0,6	0,7	0,8
K	angles vifs	1,4	0,75	0,35
	angles arrondis	1,1	0,6	0,3

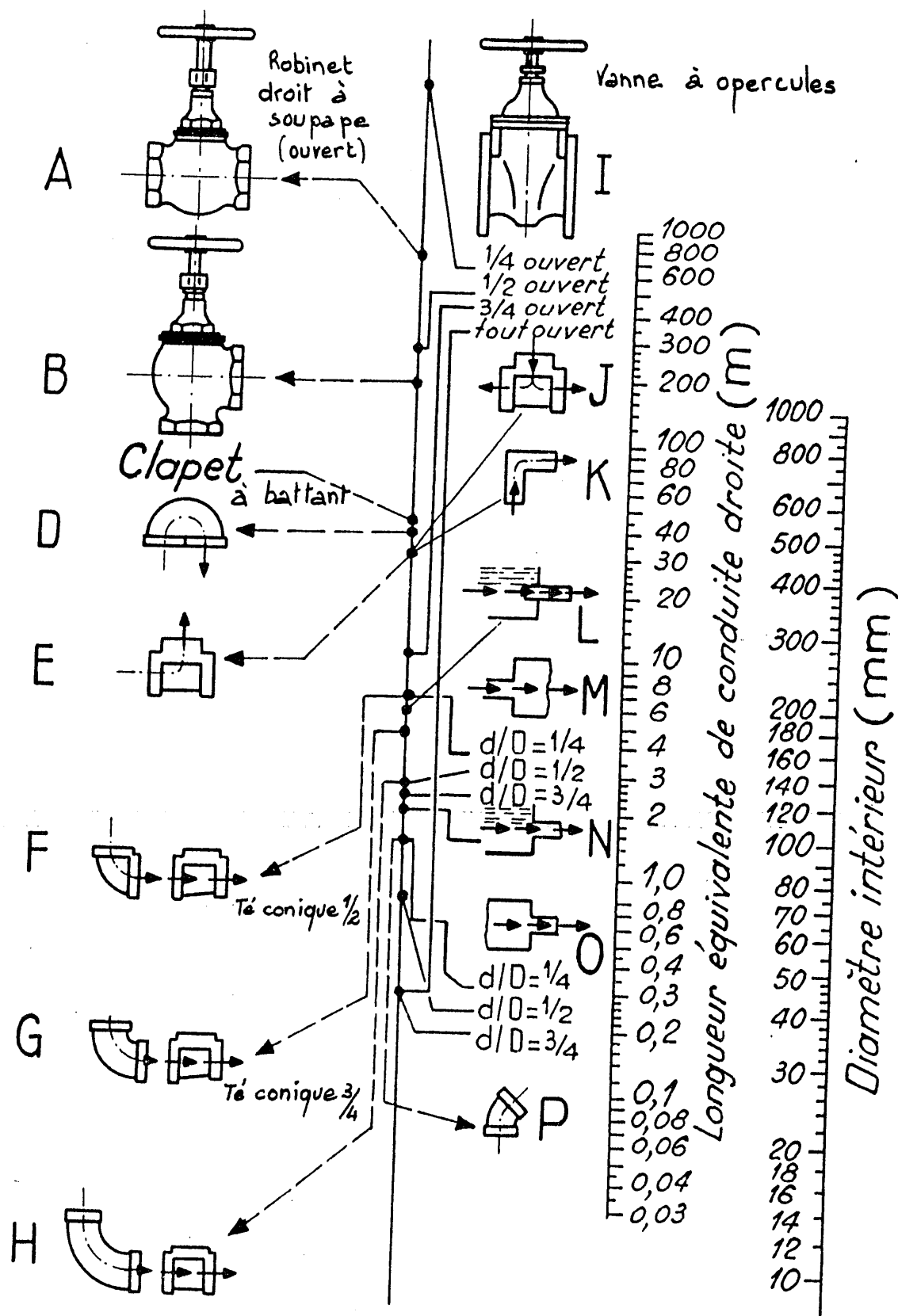


Pertes de charge dans les robinets

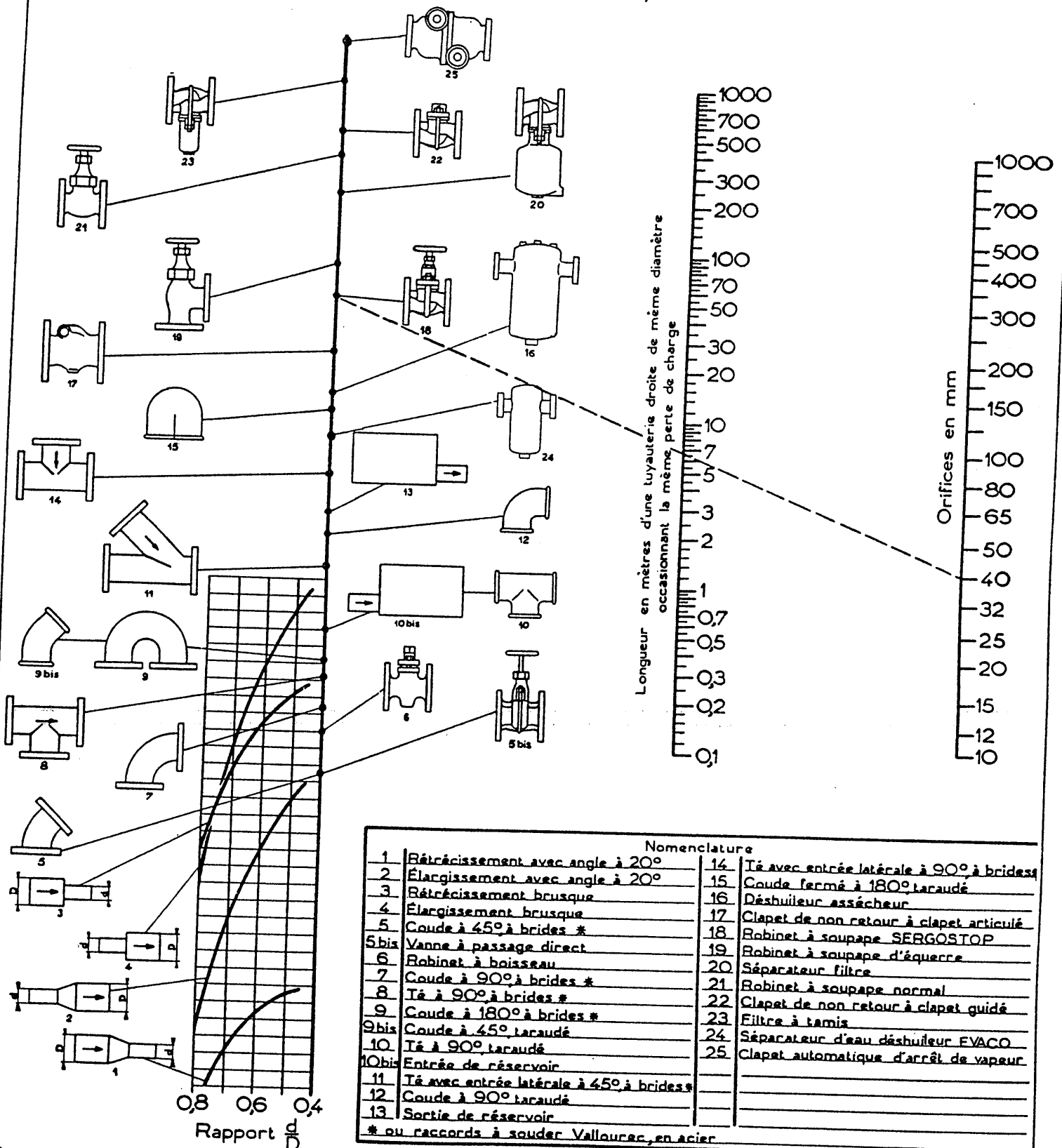


Perte de charge par changement de vitesse d'écoulement

Convergent		$\varphi = 0,10 \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \text{ pour } L = 4 (D_0 - D_1)$ $\varphi = 0,05 \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \text{ pour } L = 2 (D_0 - D_1)$
Rétrécissement brusque		$\varphi = 0,5 \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_0} \right)^2 \right] \frac{v_1^2}{2 \cdot g}$
Orifice rentrant		$\varphi = K \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_0} \right)^2 \right] \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \text{ avec } K = f \left(\frac{L}{D_1}, \frac{e}{D_1} \right)$ $K = 1 \text{ pour : } \frac{e}{D_1} \approx 0, \frac{L}{D_1} \geq 0,5$ $K = 0,5 \text{ pour : } \frac{e}{D_1} \approx 0, \frac{L}{D_1} \approx 0$ $K = 0,5 \text{ pour : } \frac{e}{D_1} > 0,5 \text{ tous } \frac{L}{D_1}$
Divergent		$\varphi = 0,12 \left[1 - \left(\frac{D_0}{D_1} \right)^2 \right] \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \text{ pour } L = 7 (D_1 - D_0)$ $\varphi = 0,17 \left[1 - \left(\frac{D_0}{D_1} \right)^2 \right] \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \text{ pour } L = 5 (D_1 - D_2)$
Elargissement brusque		$\varphi = \frac{(v_0 - v_1)^2}{2 \cdot g} = \left[1 - \left(\frac{D_0}{D_1} \right)^2 \right]^2 \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$
Débouché de conduite		$\varphi = \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$
Déversoir circulaire		$\varphi = 0,35 \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$



Equivalences des pertes de charge en longueurs droites de tuyauteries



Abaque SERSEG

EXEMPLE D'APPLICATION

Soit un robinet à soupape du modèle « Sergostop », orifice 40 mm, dont on veut connaître la perte de charge évaluée en longueur fictive de tuyauterie. Du repère 18 correspondant au robinet considéré, sur l'échelle de gauche, on trace une ligne rejoignant l'orifice 40 mm de l'échelle de droite. A l'intersection de cette ligne avec l'échelle centrale, on lit directement le résultat : 6,5 m. On remarque qu'un robinet courant du commerce, repère 21, causerait une perte de charge équivalant à 16 m, soit plus du double. L'abaque ci-dessus s'applique aussi bien aux tuyauteries d'eau qu'à celles de vapeur ou d'air comprimé.

Influence de la température sur des caractéristiques de l'eau :

Température °C	Masse vol. ρ kg.m ⁻³	Viscosité dynamique μ kg.m ⁻¹ .s ⁻¹ (x 10 ⁻³)	Viscosité cinématique ν m ² .s ⁻¹ (x 10 ⁻⁶)	Tension de surface σ N.m ⁻¹ (x 10 ⁻²)	Pression de vapeur $P_v^s / \rho g$ J.N ⁻¹ ou m de fluide	Module d'élasticité $1/\alpha$ MN.m ⁻²
0	999,9	1,792	1,792	7,62	0,06	2040
5	1000,0	1,519	1,519	7,54	0,09	2060
10	999,7	1,308	1,308	7,48	0,12	2110
15	999,1	1,140	1,141	7,41	0,17	2140
20	998,2	1,005	1,007	7,36	0,25	2200
25	997,1	0,894	0,897	7,26	0,33	2220
30	995,7	0,801	0,804	7,18	0,44	2230
35	994,1	0,723	0,727	7,10	0,58	2240
40	992,2	0,656	0,661	7,01	0,76	2270
45	990,2	0,599	0,605	6,92	0,98	2290
50	988,1	0,549	0,556	6,82	1,26	2300
55	985,7	0,506	0,513	6,74	1,61	2310
60	983,2	0,469	0,477	6,68	2,03	2280
65	980,6	0,436	0,444	6,58	2,56	2260
70	977,8	0,406	0,415	6,50	3,20	2250
75	974,9	0,380	0,390	6,40	3,96	2230
80	971,8	0,357	0,367	6,30	4,86	2210
85	968,6	0,336	0,347	6,20	5,93	2170
90	965,3	0,317	0,328	6,12	7,18	2160
95	961,9	0,299	0,311	6,02	8,62	2110
100	958,4	0,284	0,296	5,94	10,33	2070

Influence de la température sur des caractéristiques de l'air à la pression atmosphérique :

Température °C	Masse vol. ρ kg.m ⁻³	Viscosité dynamique μ kg.m ⁻¹ .s ⁻¹ (x 10 ⁻⁶)	Viscosité cinématique ν m ² .s ⁻¹ (x 10 ⁻⁶)
- 40	1,152	14,94	9,83
- 20	1,40	15,92	11,37
0	1,29	17,05	13,22
20	1,20	18,15	15,13
40	1,12	19,05	17,01
60	1,06	19,82	18,70
80	0,99	20,65	20,86
100	0,94	21,85	23,24
120	0,90	23,20	25,78