

N.V. „H. I. T. M. A.“
 Jan Luykenstraat 3
 Amsterdam-Z. Tel. 720785

NOTICE INSTRUCTION

pour règle à calcul de vannes et débitmètres - REVACO -

INTRODUCTION

La première partie de cet exposé a pour but d'expliquer par quelques exemples l'emploi de la règle à calcul.

Ensuite, nous donnerons quelques conseils sur le calcul proprement dit des vannes régulatrices par une détermination judicieuse des données de base.

1 - DESCRIPTION DE LA REGLE

1.1 - Au recto :

1.11 - La règlette mobile comporte l'échelle des débits en m³/h pour les liquides et les gaz (ces derniers étant mesurés toujours à 15° C, 1 ATM), et en T/h pour la vapeur.

- Au regard de cette échelle, nous avons l'échelle Cv, et la correspondance moyenne avec les dimensions de vannes.

- Rappelons que le Cv d'une vanne est suivant la définition américaine, le nombre de GPM d'eau créant une perte de charge de 1 PSI. (Converti en unités métriques : c'est le nombre de l/mn d'eau pour une perte de charge de 5 g/cm²).

- Le Cv étant en somme une donnée de calcul, il y aura lieu de consulter les fabricants pour obtenir la correspondance entre les Cv et diamètre de leurs vannes.

1.12 - Pour le calcul des débitmètres, la règlette mobile comporte les dimensions de tuyauteries en pouces, au regard des rapports d/D pour les orifices 25-25 et les venturis AFNOR.

- Il convient de noter que le calcul des débitmètres au moyen de cette règle ne vise pas à être précis. Il permet de déterminer approximativement le d/D d'un organe déprimogène ou bien de faire le choix d'une différentielle de débitmètre.

1.2 - Au verso :

1.21 - L'échelle mobile comporte tout d'abord les pertes de charge Δ P en kg/cm², ou bien pour les débitmètres, les différentielles Δ H en mètres d'eau. Des points rouges repèrent d'ailleurs les valeurs les plus courantes de ces différentielles : mètres d'eau : 0,125 - 0,250 - 0,500 - 0,625 - 0,750 - 1,250 - 2,500 - 3,750 - 5,000 - 6,000 - 8,000.

1.22 - Au regard de cette échelle, en haut, se trouve l'échelle de pression amont absolue en kg/cm².

1.23 - Au-dessous de la première échelle mobile, nous avons la densité : par rapport à l'eau pour les liquides - par rapport à l'air pour les gaz.

1.24 - La seconde échelle mobile est une échelle de pression amont absolue, à module double et inversé par rapport à la première. Nous verrons que dans le cas des écoulements supersoniques, cette échelle permet de simplifier le maniement de la règle. Dans les autres cas, elle joue le rôle d'échelle repère.

1.25 - Au bas de la règle se trouvent les échelles « température en ° C » pour les gaz et « surchauffe en ° C » pour la vapeur. Le triangle « R » sert de repère comme nous le verrons.

2 - CALCUL DES VANNES

2.1 - Cas des liquides

débit : 50 m³/h

densité : 0,7

perte de charge : 0,5 kg/cm²

a - Au verso : porter Δ P = 0,5 en face de d = 0,7

b - Au recto : en face de 50 m³/h (1^{re} ligne)

on lit : Cv = 70

et un diamètre de 2 1/2" (double siège) environ.

2.2 - Cas des gaz

débit : 700 m³/h à 15° C 1 ATM

température : 250° C

densité : 1,2 à 15° C 1 AIM

(air = 1 à 15° C - 1 ATM)

pression amont : . . . 4,5 kg/cm² absolu

perte de charge : 0,3 kg/cm²

a - Au verso : porter Δ P = 0,3 en face de P = 4,5

b lire le repère « R » sur l'échelle « A » : 1,65

c porter 1,65 (sur A) en face de : d = 1,2

d lire le repère « R » : 1,29

e porter 1,29 (sur A) en face de T = 250°

f - Au recto : en face de 700 m³/h (2^{me} ligne)

on lit Cv = 38

et une vanne de 1 1/2 à 2" double siège.

2.3 - Cas de la vap. d'eau

débit : 5 T/h

pression amont : . . . 45 kg/cm² absolu

perte de charge : 1 kg/cm² absolu

surchauffe : 100° C

a - Au verso : porter Δ P = 1 en face de P = 45

b lire le repère « R » sur « A » : 9,5

c porter 9,5 en face de : surchauffe = 100° C

d - Au recto : en face de 5 T/h (3^{me} ligne)

on lit Cv = 45

et une vanne de 2" (double siège) environ.

2.4 - Calcul d'une vanne pour un gaz ou la vapeur dans les conditions critiques

2.41 - Si la perte de charge est égale ou supérieure à la moitié de la pression amont absolue, on prendra la moitié de cette dernière comme perte de charge. Il est alors inutile d'afficher Δ P = P/2 en face de P, il suffit d'afficher directement P (sur l'échelle A) en face

- soit de la densité (pour les gaz)

- soit de la surchauffe (pour la vapeur).

2.42 - Exemple 1 : gaz :

débit : 1000 m³/h (15° - 1 ATM)

densité : 1,2

température : 15° C

pression amont : . . . 10 kg/cm² absolu

perte de charge : 7 kg/cm²

a - Au verso : porter 10 kg/cm² (échelle A) en face de d = 1,2

b lire le repère « R » sur « A » : 7,8

c porter 7,8 en face de 15° C

d - Au recto : en face de 1000 m³/h (2^{me} ligne),

on lit Cv = 6,6

2.43 - Exemple 2 : vapeur :

débit : 10 T/h

pression amont : . . . 8 kg/cm² absolu

perte de charge : 5 kg/cm²

surchauffe : 50° C

a - Au verso : porter 8 kg/cm² échelle « A » en face de sur-

chauffe = 50° C

b - Au recto : en face de 10 T/h (3^{me} ligne),

lire Cv = 100

2.5 - Calcul des pertes de charge

La méthode inverse peut être reprise sans difficulté. Après avoir affiché le débit en face du Cv, on reporte la règle, on lit l'échelle A, face aux valeurs de la surchauffe, de la température, ... de la densité, et on reporte ces valeurs en face de A.

Finalement, on lit Δ P en face de P

3 - CALCUL DES DEBITMETRES

3.1 - Quand on ne tient pas compte de la viscosité (ce qui est le cas des calculs que permet cette règle) les formules donnant les débits des vannes et des débitmètres ont des formes semblables.

- Pour les vannes, on calcule un coefficient Cv fonction des conditions physiques.

- Pour un débitmètre, on calcule un coefficient α, fonction de ces mêmes conditions physiques, à la remarque près, que l'on remplace Δ P (perte de charge) par Δ H (différentielle corrigée).

NOTA : La différentielle sèche (Δ Ho) est la différentielle de l'appareil en l'absence de liquide. Avec un liquide densité (d), la différentielle corrigée Δ H = Δ Ho $\frac{13,6 - d}{13,6}$ pour les appareils à mercure.

Pour les appareils secs Δ H = Δ Ho

- Ce coefficient α est alors une fonction de β = d/D qui varie d'ailleurs avec le type et la norme de l'organe déprimogène adopté.

3.2 - Dans tous les cas, on constate que : α = $\frac{Cv}{3 D^2 \sqrt{10}}$

soit α = 0,105 $\frac{Cv}{D^2}$ (D en pouces).

Il est facile de voir que pour calculer le β d'un débitmètre, il suffira d'ajouter une opération aux calculs précédents.

3.3 - Exemple pour un gaz

tuyauterie : Ø 4"

débit : 700 m³/h à 15° - 1 ATM

densité : 1,0

pression amont : . . . 3 kg/cm² absolu

différentielle : ... 0,500 m d'eau

température : 50° C

a - Au verso : porter 0,5 en face de 3

b lire (R) = 1,73

c porter 1,73 face à densité : 1

d lire (R) = 1,48

e porter : 1,48 face à 50° C

f - Au recto : face à 700 m³/h

lire Cv = 26 (Cv n'a que la valeur d'un repère)

porter en face de 26, le repère noir, de l'échelle

des débits

h lire en face de 4", β = 0,53 (diaphragme).

3. 4 - Lorsque l'on désire faire le choix d'une différentielle et que l'on veuille prendre pour celle-ci la valeur la plus faible, on opérera à l'envers, en plaçant le diamètre en face de $\beta = 0,6$ ou $0,7$ par exemple.

- On lit le Cv en face du repère noir des débits.

- On place face au Cv, le débit désiré. On retourne la règle, et on opère comme précédemment (§ 6) pour les vannes.

4 - CAS OU LES DONNEES DE CALCUL SORTENT DES ECHELLES

Nous traiterons un exemple : débitmètre

liquide : d = 1,05
différentielle : ... 2500 mm d'eau
débit : 5000 m³/h
diamètre : 30'' (venturi AFNOR)

a - Au verso : on place H = 2,5 (m) face à d = 1,05

b - Au recto : 5000 m³/h sort de l'échelle

c on repère alors 500 m³/h : repère Cv = 380
on porte la décade immédiatement à gauche du repère noir,

soit : (0,1 - 1 - 0,01), face à Cv = 380

on lit d/D = 0,627, face à 30''

5 - CHOIX DES CONDITIONS PHYSIQUES

5. 1 - Débits (calcul des débitmètres)

En l'absence de données précises : débit normal, débit maximum, on prendra un débit de calcul (100 % de l'échelle) égal à 1,4 fois le débit normal. Ceci placera ainsi le débit normal à 70 % de l'échelle de débit, soit à 50 % de l'espace gradué. On veillera toutefois à ce qu'en aucun cas on ait à mesurer des débits inférieurs à 10 ou 15 % du débit de calcul. En effet, ceci correspondrait à 1 % ou 2,25 % de l'espace gradué, c'est-à-dire, à une zone peu lisible, et où l'erreur relative devient importante.

5. 2 - Débits et pertes de charge (vannes).

5. 2. 1 - Il est nécessaire en général de connaître :

- le débit maximum contrôlable (Q 1) et la perte de charge correspondante ΔP_1 .

- le débit minimum contrôlable (Q 2) et la perte de charge correspondante ΔP_2 .

On entend par débit contrôlable, un débit pour lequel on désire que la régulation se fasse encore dans de bonnes conditions et non un débit exceptionnel.

Bien entendu, la recherche de ces données nécessitera bien souvent une étude hydraulique des circuits, tout au moins si les valeurs de Q1 et Q2 sont très écartées.

Nous allons voir pourquoi.

5. 2. 2 - Le Cv s'exprime quel que soit le fluide par une relation de la forme :

liquides : $K = 1,17 \sqrt{d}$

gaz : $K = \frac{1}{406} \sqrt{\frac{dT}{Fa}}$

$Cv = K \frac{Q}{\sqrt{\Delta P}}$

v. peur : $K = \frac{1 + 0,0013 \times S}{19,4 \sqrt{Pa}}$

Unités : m³/h - T/h - kg/cm² - K (pour T) - C (pour S)

On peut donc définir un Cv pour chaque condition de marche ; en particulier :

$Cv_1 = K \frac{Q1}{\sqrt{\Delta P_1}}$

$Cv_2 = K \frac{Q2}{\sqrt{\Delta P_2}}$

- Les vannes actuelles (dites égal pourcentage) sont construites de telle façon que le logarithme du Cv varie proportionnellement à la levée du clapet (h).

$h = \frac{1}{S} (\log Cv - \log Cv_f)$

(Cv_f = Cv correspondant au débit de fuite quand la vanne est fermée).

- Lorsque la vanne est grande ouverte :

$h = 1 = \frac{1}{S} (\log Cvo - \log Cv_f)$

On appelle rangeabilité de la vanne, le rapport $Rv = \frac{Cvo}{Cv_f}$ (10) S

Notons que $S = \log Rv$, est la sensibilité.

- La rangeabilité des vannes courantes (V - port) est de 50 (S = 1,7). Elle peut descendre à 25 pour les vannes à clapet parabolique (S = 1,4).

- Il résulte de ceci que en aucun cas, le rapport $\frac{Cv1}{Cv2}$ ne devra dépasser Rv.

5. 2. 3. - Cependant, la loi de variation réelle de h en fonction de Cv s'écarte quelque peu de la théorie aux environs des extrêmes de la course. Il est donc prudent pour des débits contrôlables, de se limiter à des variations de levées comprises entre 10 et 30 %.

Dans ces conditions, la rangeabilité pratique R_p est égale au rapport des Cv correspondants.

On a : $0,9 = \frac{1}{S} (\log Cv'1 - \log Cv_f)$

$0,1 = \frac{1}{S} (\log Cv'2 - \log Cv_f)$

d'où : $0,8 = \frac{1}{S} \log \frac{Cv'1}{Cv'2} = \frac{\log R}{\log R_p}$

Pour R_v = 50 R_p = 23

Pour R_v = 25 R_p = 13

5. 2. 4. - Finalement, en possession des valeurs extrêmes Cv1 et Cv2, et après avoir vérifié que leur rapport est inférieur à R_p, on « placera » les valeurs de Cv1 et Cv2 de telle sorte que les levées correspondantes soient comprises entre 10 et 90 %. Dans ces conditions, le Cvo (valeur de calcul de la vanne) est tel que :

$\frac{1}{S} \log \frac{Cvo}{Cv1} > 1 - 0,9$ et $\frac{1}{S} \log \frac{Cvo}{Cv2} < 1 - 0,1$

soit $\frac{Cvo}{Cv1} \geq 1,5$ (pour R_v = 50) et 1,4 (pour R_v = 25)

et $\frac{Cvo}{Cv2} \leq 34$ (pour R_v = 50) et 18 (pour R_v = 25)

- Il est souvent plus pratique de tracer des réseaux de droites : h fonction de log Cv pour des rangeabilités de 50 et 25, et de rechercher directement les valeurs sur ces droites.

- Ayant ainsi déterminé Cvo, on choisit la vanne correspondante. Il faudra choisir souvent entre 2 vannes ; un calcul à l'envers permettra de voir laquelle des deux répond le mieux aux conditions exigées.

- 5. 2. 5. - Pratiquement, connaissant le type de vanne (donc les rapports limites calculés plus haut), on déterminera à la règle Cv1 et Cv2 ; on calculera 1,5 Cv1 et 34 Cv2 (pour R = 50) et on prendra une vanne de Cvo comprise entre ces 2 valeurs.

- Si 34 Cv2 est inférieur à 1,5 Cv, c'est que la condition de rangeabilité $\frac{Cv1}{Cv2} < R$ n'est pas remplie. On jugera si l'on peut accepter ces

conditions et prendre une limite plus grande pour ce rapport. Toutefois, cette limite peut évidemment dépasser R qui est une limite absolue. S'il y a dépassement, la solution consiste à opérer avec 2 vannes en parallèle, mues par relais d'asservissement à fonctionnement décalé, de telle sorte que l'une commence à ouvrir quand l'autre a atteint une levée de 10 à 20 %.

- 5. 2. 6. - Cas où les conditions extrêmes ne sont pas définies.

On connaît seulement les conditions normales. Il est alors prudent de calculer la vanne de façon qu'elle soit à 60 à 80 % de levée pour ces conditions. On prendra alors Cvo égal à 2 à 4 fois le Cv calculé, suivant la latitude que l'on désire obtenir.

5. 2. 7. - Curseur.

- A la règle de vannes - vient d'être adjoint un curseur destiné à résoudre le problème précédent.

- On calcule à la règle les Cv extrêmes : Cv1 et Cv2.

- On place le curseur de telle façon que Cv1 et Cv2 s'encadrent dans la plage de levées convenable pour la rangeabilité Rv du type de vanne choisi.

- On lit alors la valeur du Cvo (nominal de la vanne à pleine ouverture).

- Le curseur peut aussi être employé pour déterminer l'ouverture dans des conditions données pour une vanne donnée : On calcule le Cv correspondant aux conditions en question - On place le curseur de telle sorte que l'ouverture 100 % coïncide avec le Cv de la vanne, on lit sur l'échelle de rangeabilité de la vanne, en face du Cv calculé précédemment, l'ouverture correspondante.

