

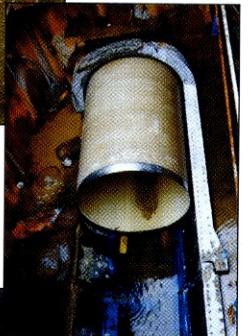
TUBES et RACCORDS en PRV HOBAS

Guide de conception et pose de réseaux en PRV centrifugé



TUBES et RACCORDS en PRV HOBAS

Guide de conception et pose de réseaux en PRV centrifugé





Sommaire

Guide de conception des réseaux en PRV centrifugé HOBAS	page 3
Conseils de mise en oeuvre de canalisations en PRV centrifugé HOBAS	page 21

CLAUSE DERÉSERVE

Toutes les données sont des valeurs théoriques, calculées d'une manière générale et peuvent différer légèrement de celles du produit fini.

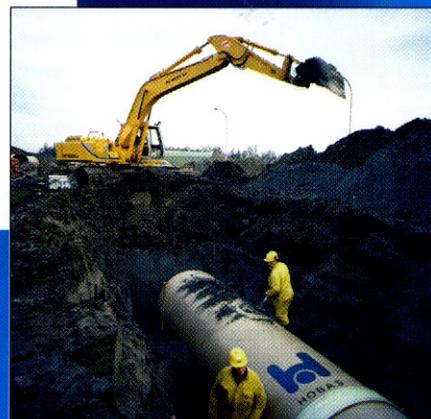
Les informations et recommandations correspondent à notre niveau de connaissance au moment de la publication. Les données techniques sont à vérifier et, le cas échéant, à adapter à chaque projet. Ceci vaut également pour les erreurs d'impression ou d'écriture ainsi que pour les modifications ultérieures de données techniques figurant dans cette brochure.

La société HOBAS France se réserve le droit aux changements résultant d'un développement permanent et du perfectionnement constant des procédés de production.

Aucune garantie explicite ou implicite ne saurait en être déduite.

Les photographies utilisées dans la présente brochure proviennent de HOBAS Engineering Autriche.

1



Guide de conception de réseaux en PRV centrifugé HOBAS

Guide de conception de réseaux en PRV centrifugé HOBAS

Le dimensionnement des réseaux projetés en PRV HOBAS doit tenir compte des caractéristiques spécifiques de ces canalisations, notamment de l'exceptionnel état de surface de la paroi intérieure. Les performances techniques du PRV centrifugé permettent, dans bien des cas, de concevoir une solution innovante et économiquement satisfaisante pour l'ensemble des acteurs d'un projet. Le guide de conception détaillé ci-après représente une partie du savoir-faire et de l'expérience du groupe HOBAS, appliqués par ses filiales dans le monde entier, notamment dans le domaine de l'écoulement gravitaire, où les règles de conception appliquées par les ingénieurs sont susceptibles de varier d'un pays à l'autre, voire d'une région à l'autre. Quel que soit le principe de dimensionnement retenu, ces modèles mettent tous en évidence l'intérêt technique du tube HOBAS sur le plan hydraulique.



CONDUITES SOUS PRESSION

Choix du diamètre et de la classe de pression du tube

Le choix du diamètre et de la classe de pression du tube dépend des paramètres suivants:

- débit à transporter
- différence de niveaux (altimétrie)
- profil du réseau
- coûts de dimensionnement et de classes alternatives
- charges financières: coût d'exploitation (par exemple du fonctionnement des pompes), taux d'intérêt des crédits bancaires et conditions de leur remboursement, etc...
- coût actuel et futur de l'énergie
- pertes de charge dans la conduite
- coups de bélier
- pression d'épreuve sur chantier.

Calculs des Pertes de charge

Il existe plusieurs formules qui permettent de calculer les pertes de charge dans les canalisations. Parmi celles-ci, les plus répandues sont les suivantes:

Formule de Hazen-Williams

$$v = 0,345 C d^{0,63} l^{0,54} \quad (1)$$

où:

- v = vitesse (m/s)
- l = pente hydraulique (m/m)
- d = diamètre (m)
- C = coefficient de Hazen-Williams

Formule de Manning

$$v = 1/n \cdot R^{0,65} \cdot l^{0,5} \quad (2)$$

où:

- R = rayon hydraulique moyen = d/4
- n = coefficient de Manning

Formule de Chezy

$$v = 0,55 \cdot Cz R^{0,65} l^{0,5} \quad (3)$$

où:

- Cz = coefficient de Chezy

La formule de Darcy

$$v = (2g l d/f)^{0,5} \quad (4)$$

où:

- g = accélération de la pesanteur
- f = coefficient de Darcy



Bien que les formules ci-dessus soient d'application facile, on considère généralement que l'équation de Colebrook - White qui prend en compte le nombre de Reynolds et la viscosité du fluide, donne des résultats beaucoup plus précis.

Equation de Colebrook - White

$$v = -2 \sqrt{2gd} \cdot \log \left(\frac{k}{3.7d} + \frac{2.51v}{d\sqrt{2gd}} \right) \quad (5)$$

où:

- v = vitesse (m/s)
- l = pente hydraulique (m/m)

Guide de conception de réseaux en PRV centrifugé HOBAS



k = coefficient de rugosité (m)
 ν = viscosité cinématique (m^2/s)
 (Tableau 1.)
 d = diamètre intérieur (m)
 g = accélération de la pesanteur
 (9,81 m/s^2)

Tableau 1.

Changement de la viscosité cinématique de l'eau pure propre en fonction de la variation de la température.

Température °C	Viscosité cinématique (ν) m^2/s
0	1.79×10^{-6}
10	1.31×10^{-6}
15	1.14×10^{-6}
20	1.01×10^{-6}
30	0.81×10^{-6}

Vu que l'équation Colebrook - White impose une résolution itérative, il est juste d'exprimer la chute de pression dans une des deux formules:

$$H = \lambda L/d \cdot \nu^2 / 2g \text{ (mètre de colonne d'eau)} \quad (6)$$

$$P = \lambda L/d \cdot \rho \cdot \nu^2 / 2 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (7)$$

où λ est le coefficient de frottement obtenu de l'équation comme suit:

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{k}{3.71 d} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}}\right)\right]^2} \quad (8)$$

R_e = nombre de Reynolds = $v \cdot d/n$
 ρ = densité du liquide en kg/m^3
 L = longueur de la canalisation (m)
 ν = viscosité cinématique (m^2/s)

Pertes de charge singulières dans les raccords et accessoires

Généralement négligeables par rapport aux pertes de charge en ligne dans les tubes droits, les pertes de charge occasionnées par les points singuliers d'une conduite (coudes, pièces en T, vannes, raccords d'entrées, de sorties, etc.) peuvent parfois entraîner d'importantes pertes de pression, lorsque le nombre de points singuliers est élevé par rapport au linéaire de tuyaux droits. La formule standard pour la perte de charge est la suivante:

$$H = \frac{K \cdot \nu^2}{2g} \quad (9)$$

Les valeurs usuelles de "K" pour les systèmes de canalisations fonctionnant en régime permanent, dans lesquels le nombre de Reynolds ne dépasse pas 2×10^5 , sont réunies dans le Tableau 2.

Tableau 2.

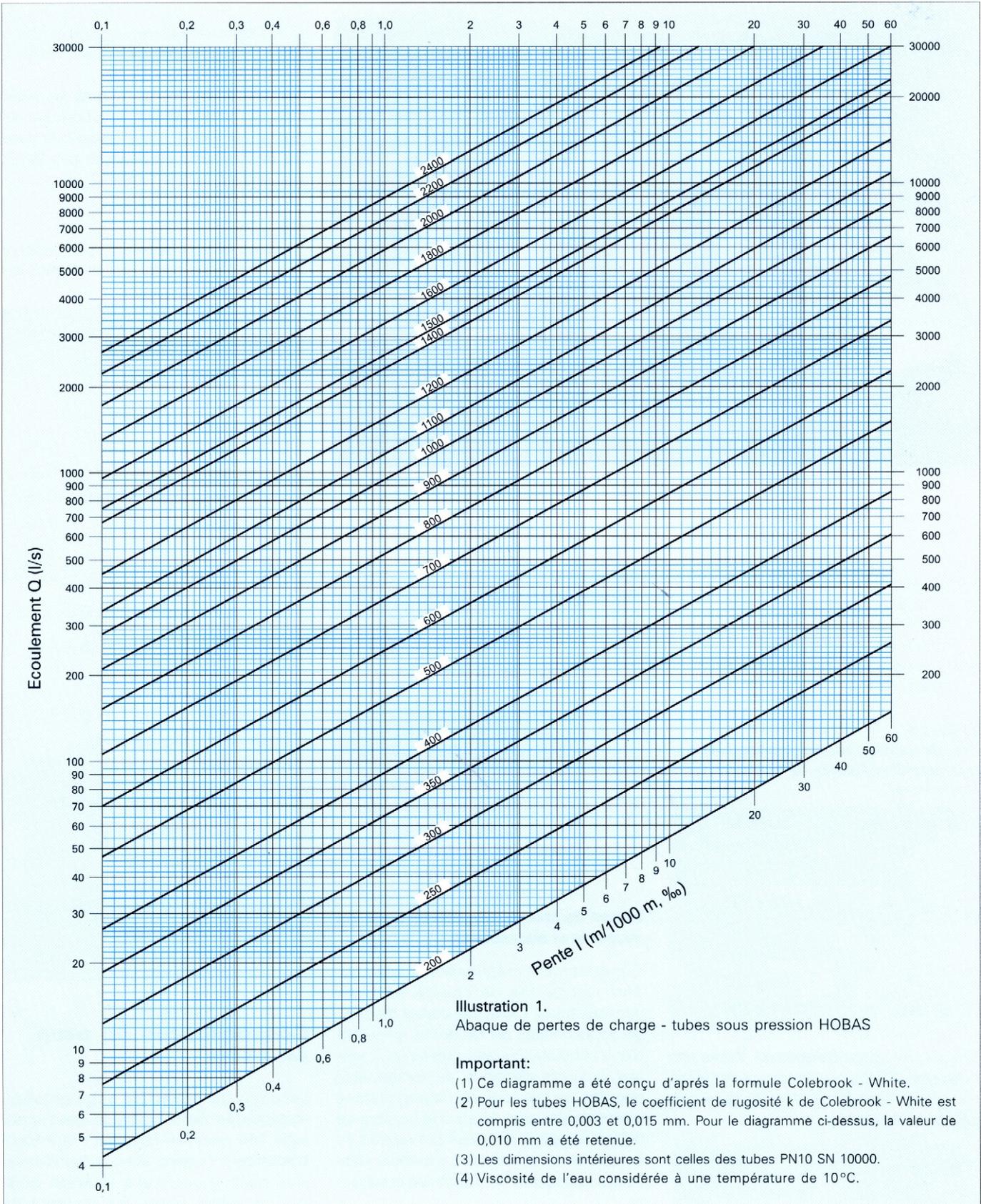
Coefficient de chute de pression pour pertes de charge dans les raccords. Rapport de débit proche de 1 pour les tés.

Raccords	Valeur K
Coudes HOBAS (à segments)	
90° (3 coupes secteurs x 30°)	0,45
60° (2 coupes secteurs x 30°)	0,30
45° (2 coupes secteurs x 25,5°)	0,15
30° (1 coupe)	0,12
22,5° (1 coupe)	0,06
11,25° (1 coupe)	0,03
Raccords en T de même DN (branchement à 90°)	
Ecoulement de transit	0,20
Ecoulement entier avant branchement	1,9
Ecoulement entier dans le branchement	1,6
Raccords en T 45° de même DN (branchement à 45°)	
Ecoulement de transit	0,20
Ecoulement entier avant branchement	0,9
Ecoulement entier après branchement	0,6

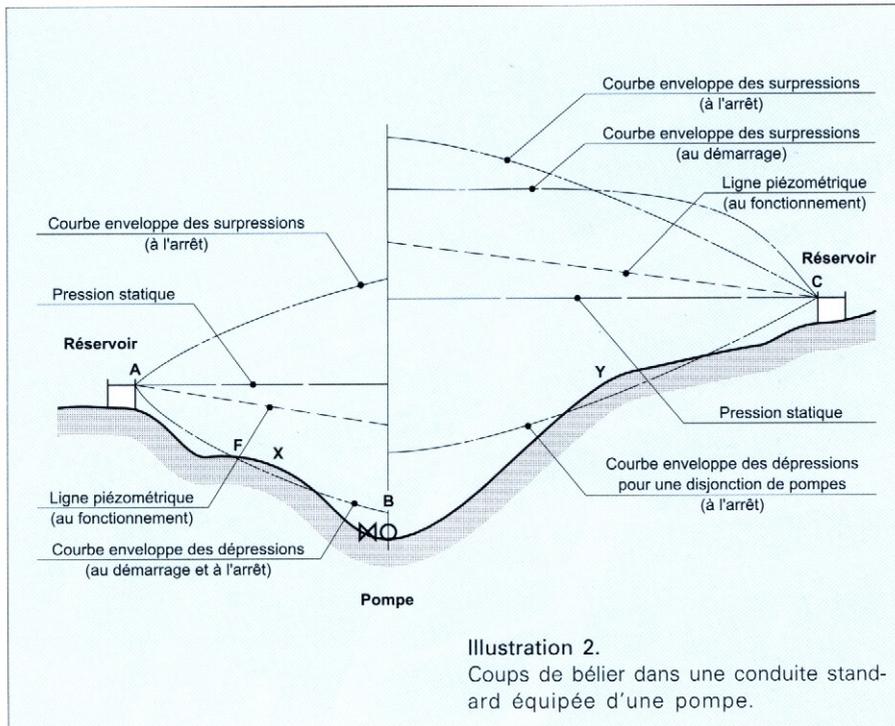
Conséquences du coup de bélier

Le coup de bélier ou augmentation instantanée de la pression peut aussi avoir lieu dans les canalisations à fonctionnement continu avec ou sans pression dans le cas d'une variation brusque du débit. Parmi les facteurs de

Guide de conception de réseaux en PRV centrifugé HOBAS



Guide de conception de réseaux en PRV centrifugé HOBAS



variation du débit, l'ouverture ou la fermeture d'une vanne, le démarrage ou l'arrêt d'une pompe, ou bien l'interruption de l'alimentation électrique sont les plus fréquents.

La loi physique entre la variation de pression en un point donné d'une conduite droite et la variation de vitesse du fluide est décrite par la formule de Żukowski:

$$\delta H = w \delta v / g$$

- où:
- δH = variation de pression (m)
 - w = vitesse de propagation de l'onde de choc (m/s)
 - g = accélération de la pesanteur (m/s^2)
 - δv = variation de la vitesse du liquide (m/s)

La formule de Żukowski s'exerce à condition que la variation de vitesse se produise pendant le temps critique égal à:

$$T = 2L/w$$

- où:
- T = temps de retour d'onde (secondes)
 - L = longueur de la conduite (m)

La vitesse de l'onde de choc pour les tubes en matériau homogène peut être calculée d'après la formule ci-dessous:

$$w = \sqrt{\frac{1}{\rho (1/K + d/Ee)}}$$

- où:
- ρ = densité du liquide (kg/m^3)
 - K = module d'élasticité volumique du liquide (Pa)
 - d = diamètre intérieur du tuyau (mm)
 - E = module d'élasticité du matériau du tube (Pa)
 - e = épaisseur de la paroi du tube (mm)

La formule ci-dessus ne s'applique pas aux canalisations en PRV centrifugé fabriquées par la société HOBAS. Il est recommandé dans le cas de conduites HOBAS de prendre dans la formule de Żukowski la vitesse de propagation de l'onde de choc égale à 420 m/seconde.

Le fonctionnement du réseau

Les valeurs du coup de bélier dans la conduite AB consécutif à l'ouverture / fermeture de vanne, ou au démarrage / arrêt de la pompe, sont du même ordre de grandeur (illustration 2).

Fermeture d'une vanne ou arrêt d'une pompe

(au point B du segment AB)

Le coup de bélier dans un réseau sous pression est généralement le résultat de l'ouverture ou fermeture brusque d'une vanne. "Une fermeture brusque" signifie qu'elle se produit dans un temps inférieur ou égal à $T = 2L/w$. Afin de réduire ce phénomène, le temps de fermeture du dernier dixième de la vanne doit être au moins égal à $10T$, autrement dit 10 fois plus long que le temps de retour de l'onde. Pour les tubes HOBAS, cette durée est égale à environ 48 secondes par kilomètre de canalisation.

Ouverture d'une vanne ou démarrage d'une pompe

(au point B du segment AB)

La dépression créée par l'ouverture brusque d'une vanne peut provoquer également un coup de bélier dont l'une des conséquences possibles peut être la perturbation de la colonne d'eau. L'onde de choc qui en résulte peut endommager les tuyaux et l'équipement.

Le démarrage d'une pompe

(au point B du segment BC)

L'augmentation de la pression provoquée par le démarrage d'une pompe dans une conduite en charge dépend des caractéristiques de fonctionnement de la pompe. Cette surpression n'est pas préjudiciable tant qu'elle reste inférieure à la pression caractéristique de la pompe. Dans le cas où la conduite est vide avant la mise en service de la pompe, le flux devra être régulé par exemple par une vanne régulatrice. Une vitesse de remplissage de la conduite, d'environ 0,05 m/s est généralement satisfaisante.

Arrêt d'une pompe

(Au point B du segment BC)

Un arrêt soudain du fonctionnement d'une pompe, par exemple dû à l'interruption de l'alimentation électrique, peut être parfois à l'origine de la formation d'une onde de choc. Lorsque la dépression provoquée est inférieure à la pression at-

Guide de conception de réseaux en PRV centrifugé HOBAS

mosphérique, l'onde de choc peut perturber la colonne d'eau ce qui peut endommager les tuyaux, les accessoires et causer des pertes d'étanchéité.

Dispositifs de contrôle des équipements hydrauliques

On peut citer comme dispositifs courants des électrovannes, des réservoirs, des cheminées d'équilibre ou des chambres pneumatiques. On peut également utiliser des systèmes asservis de pompes à vitesse de démarrage et d'arrêt programmée. Le choix d'une solution optimale peut permettre l'utilisation de tubes d'une classe de pression inférieure.

Surpressions admissibles

Grâce à leur module d'élasticité circconférentiel, les tubes HOBAS amortissent l'effet des coups de béliers. Une surpression de l'ordre de 40 % à la classe nominale de pression ne provoque pas la fatigue des tubes HOBAS, autrement dit:

$$p + \Delta p \leq 1,40 \text{ PN}$$

où:

p = pression nominale de service
≤ PN (bar)

Δp = surpression du coup de bélier
(bar)

Conception des ouvrages béton (massifs d'ancrage)

Les massifs d'ancrage sont indispensables pour éviter le déboîtement des raccords et des accessoires qui sont soumis à la pression hydraulique. Leur fonction consiste à transférer les charges au sol environnant.

Les massifs d'ancrage sont nécessaires:

- sur les coudes et changements de direction,
- sur les extrémités,
- aux changements de diamètres,
- sur les accessoires de fermeture (vannes, robinets - vannes).

Pour la conception des butées, on retiendra la valeur la plus forte entre la pression de service maximale du réseau et la pression d'épreuve sur chantier.



Conduite DN 200, PN 6 posée en élévation

Tableau 3.

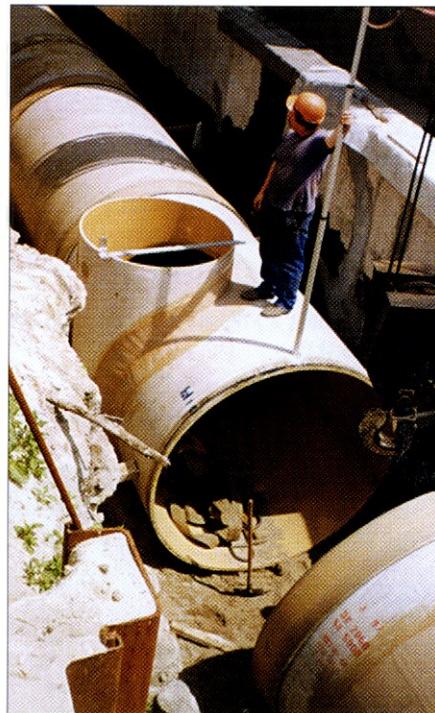
Valeurs approximatives des forces de poussée sur les pièces pour 1 bar de pression

Diamètre nominal DN	Coude 90° (kN)	Coude 45° (kN)	Coude 22,5° (kN)	Coude 11,25° (kN)	Raccords en Té ou embout ou coude à 60° (kN)
200	5	3	1	1	4
250	8	4	2	1	6
300	12	6	3	2	8
350	16	8	4	2	11
400	20	11	6	3	14
500	31	17	9	4	22
600	42	23	12	6	30
700	57	31	16	8	40
800	75	40	21	10	53
900	95	51	26	13	67
1000	117	63	32	16	83
1100	134	73	37	19	95
1200	168	91	46	23	119
1400	230	124	63	32	163
1500	250	135	69	35	176
1600	298	161	82	41	211
1800	377	204	104	52	266
2000	465	252	128	65	329
2200	563	305	155	78	398
2400	640	346	176	89	452

Guide de conception de réseaux en PRV centrifugé HOBAS



Conduite DN 350, PN 10 posée sous un pont



Conduite collecteur DN 2000

Poussée hydrodynamique horizontale

(A) Coude

$$R = 2(PA + \rho QV) \sin\alpha/2$$

où:

R = poussée (N)

P = pression (Pa)

A = aire de la section (m²)

ρ = densité (kg/m³) = 1000 kg/m³ pour l'eau à température 15°C

Q = débit (m³/s)

V = vitesse d'écoulement (m/s)

α = angle du coude (degrés)

Comme la résultante de la force dynamique de vitesse est négligeable dans la plupart des systèmes, la formule ci-dessus peut être simplifiée comme suit à:

$$R^1 = 15,4 HD^2 \sin\alpha/2$$

où:

H = hauteur manométrique totale (m)

D = diamètre extérieur du tube (m)

R¹ = Résultante de la force (kN)

(B) Raccord en T ou plaque pleine

La force résultante peut être calculée à partir de la formule suivante:

$$R^1 = 7,7 HD^2$$

où:

H = hauteur manométrique totale (m)

D = diamètre extérieur du tube (m)

R¹ = résultante de la force (kN)

La valeur de cette force est identique à celle s'exerçant sur un coude à 60° du même diamètre.

(C) Réduction de diamètre

$$R^1 = 7,7 H(D_1^2 - D_2^2)$$

où:

D₁ et D₂, sont les deux diamètres extérieurs des tubes de la réduction.

Surfaces portantes des massifs d'ancrage

Pour que le massif d'ancrage puisse supporter la poussée résultante de la pression

de l'eau et de sa vitesse, la surface d'appui devra être suffisante pour répartir la poussée sur la surface du sol ou du massif de butée (Illustration 3.)

Dans le Tableau 4., sont mentionnées les valeurs de contraintes admissibles des sols en tranchée, avec une hauteur de couverture supérieure ou égale à 0,75 m.

Dans le cas de sols médiocres, on fait appel à des aménagements techniques afin de reprendre les charges, par exemple: à l'aide de pieux, tirants ou par remplacement du sol par un matériau d'apport stable. Pour des coudes plongeants, où la poussée est dirigée de bas en haut, le massif poids en béton devra avoir un volume suffisant pour équilibrer cette force.

Pose d'une vanne

Dans un réseau sous pression, les vannes ou robinets-vannes, requièrent un dispositif d'ancrage capable d'équilibrer la force générée par le coup de bélier par exemple dû à la fermeture brusque d'une vanne.

Une telle fixation peut être réalisée par exemple grâce à une tubulure bride ancrée

Guide de conception de réseaux en PRV centrifugé HOBAS

dans la paroi béton de la chambre de vanne (Illustration 3.) Pour évaluer l'effort transféré à la paroi on peut utiliser la valeur de la poussée calculée pour un raccord en T ou une plaque pleine.

Les contraintes admissibles du sol sont les suivantes (kPa):

Tableau 4.
Charges admissibles par le sol autour de l'élément d'ancrage (kPa)

Tourbe, boue, etc.	0
Argile molle	50
Sable argileux	100
Sable et gravier	150
Argile dure	150
Sable et gravier lié par:	
argile	200
matériaux rocheux	240

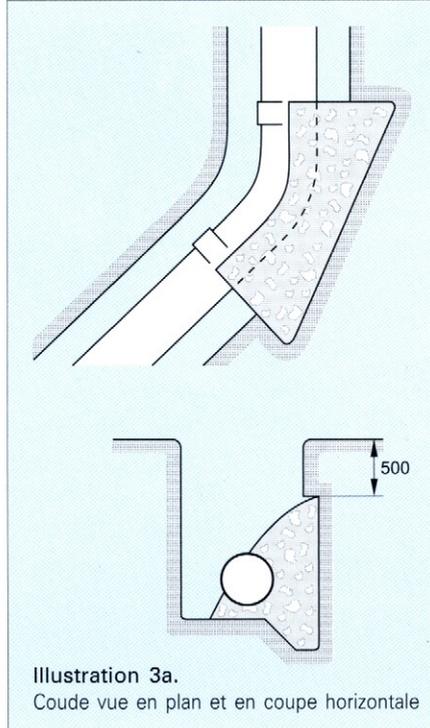


Illustration 3a.
Coude vue en plan et en coupe horizontale

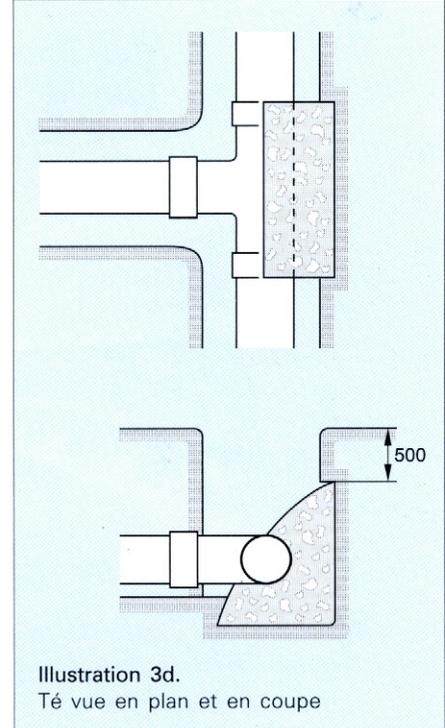


Illustration 3d.
Té vue en plan et en coupe

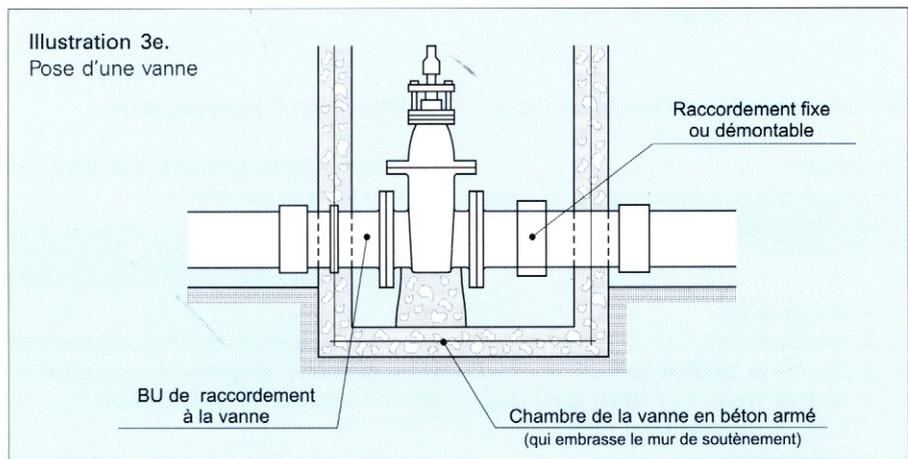


Illustration 3e.
Pose d'une vanne

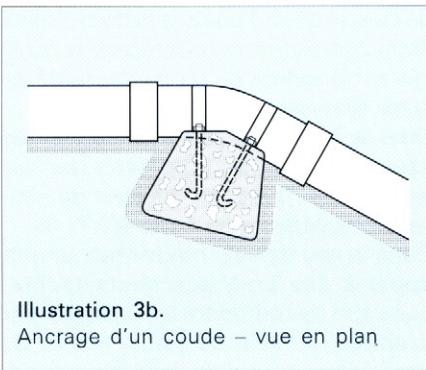


Illustration 3b.
Ancrage d'un coude - vue en plan

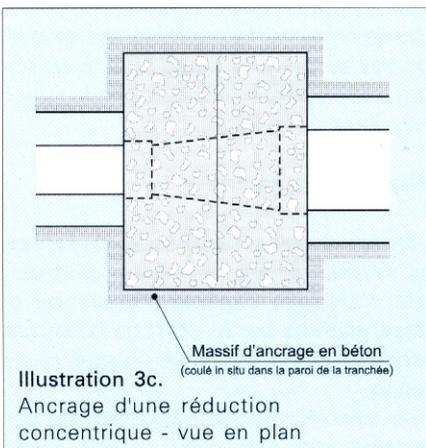


Illustration 3c.
Ancrage d'une réduction concentrique - vue en plan

Massif d'ancrage - exemple

Calcul de la surface portante du massif d'ancrage d'un coude DN 800 à 90°, d'une conduite HOBAS sous pression, où la poussée agit dans le sens de l'axe:

Classe du tube	PN10
Pression maximale en service	9,6 bar
Pression des épreuves sur chantier	12,5 bar
Type de sol	Sable/gravier

- La pression d'épreuve sur chantier étant supérieure à la pression de service, le calcul sera mené avec une pression de 12,5 bar.
- La poussée générée dans le coude est extraite du Tableau 3. Elle est égale à:
 $75 \times 12,5 = 937 \text{ kN}$
- La contrainte admissible sur l'élément d'ancrage en sable et gravier est de 150 kPa
- La superficie portante du massif d'ancrage requise sera de:
 $937/150 = 6,2 \text{ m}^2$
- Dimensions recommandées de la superficie portante:
1,5 m profondeur x 4,2 m de large