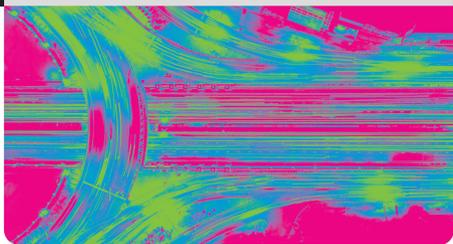
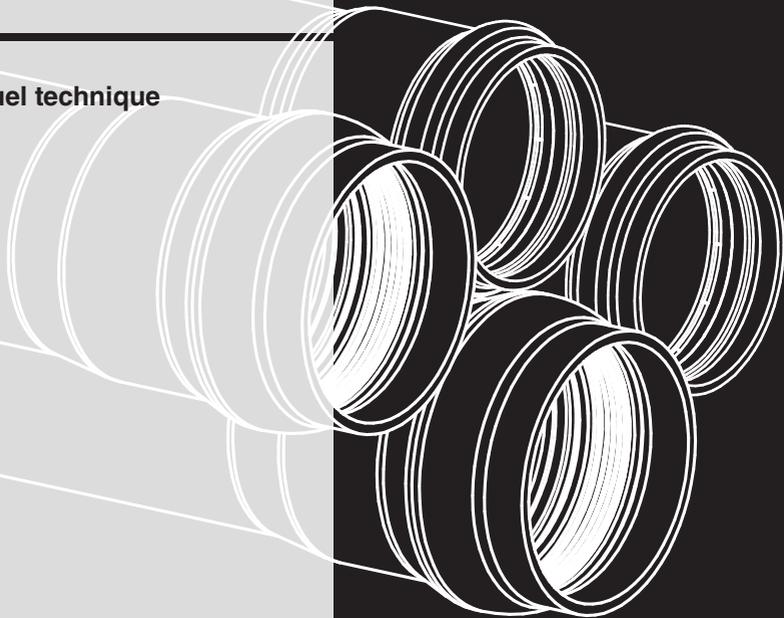


fitt bluforce
fitt bluforce rj

a technology
worth spreading

Manuel technique



fitt[®]
Flowing forward

FITT INFRASTRUCTURE SOLUTIONS

avec la collaboration de Nordest Ingegneria S.r.l.

Ce programme est uniquement destiné au calcul, à titre indicatif, des dimensions, des quantités et des prix des composants nécessaires à la conception et à l'installation d'une conduite. Les informations contenues dans ce logiciel ne sont fournies qu'à titre indicatif et ne sont pas contraignantes. Toutes les données relatives aux produits FITT figurant dans le logiciel doivent être adaptées aux conditions environnementales, ainsi qu'au type de sol et d'application. Pour en savoir plus, veuillez contacter le personnel spécialisé de FITT. FITT décline toute responsabilité en cas de perte ou de dommage, direct ou indirect, accessoire ou consécutif, qui pourrait découler en raison de l'utilisation des données et des informations contenues dans ce programme par l'utilisateur ou toute autre personne.

Table des matières

1. FITT BLUFORCE	5
1.1 Introduction	5
1.2 PVC-A6	
1.2.1 L'historique du PVC-A	6
1.2.2 Rigidité et fragilité/transition ductile	6
1.2.3 Les caractéristiques physiques du PVC-A	8
1.3 Système de réglementation et de certification	8
1.4 Essai en laboratoire	9
2. LE SYSTÈME FITT BLUFORCE	15
2.1 FITT Bluforce	15
2.1.1 Le système de jonction Power Lock	16
2.2 FITT Bluforce RJ	18
2.2.1 Le système de jonction Bulldog	19
2.3 Suivi du système	20
3. CONCEPTION	23
3.1 Calcul hydraulique	23
3.2 Massifs en béton	27
3.3 Calcul de la glissance: Méthode Alabama	34
3.4 Coup de bélier	38
3.5 Influence de la température sur les performances	42
3.6 Résistance à la corrosion et aux substances chimiques	42
4. GUIDE D'INSTALLATION	52
4.1 Stockage	52
4.2 Manipulation	53
4.3 Installation	54
4.4 Rigidité des anneaux	58
4.5 Vérification statique	64
4.6 Flexibilité de FITT Bluforce	75
4.7 Dilatation thermique	75
5. TEST	77
5.1 Remarques préliminaires	77
5.2 Informations générales	77
5.3 Méthode 1: Méthode complémentaire	77
5.4 Méthode 2: Norme UNI EN 805	78
5.5 Méthode 3: Chute de pression	79
5.6 Mise en service	81



1. Fitt bluforce

1.1 / INTRODUCTION

FITT Bluforce est un tuyau en alliage polymère (PVC-A) conçu pour le transport sous pression des fluides. Conduites d'une longueur de 6 mètres avec joint coupleur à embout mâle intégré. Couleur bleue RAL 5010.

Les applications sont:

- Transport d'eau pour consommation humaine > Adduction d'eau
- Transport d'eau par irrigation > Irrigation
- Transport de fluides industriels > Industriel
- Transport des eaux usées > Pression et égouts gravitaires



1.2 / PVC-A

1.2.1 / L'historique du PVC-A

Le matériau PVC-A (A signifie Alliage) a été élaboré au début des années 90 au Royaume-Uni à l'initiative du plus grand organisme de gestion britannique, **North West Water** (désormais United Utilities), dans le cadre de la privatisation des services publics, avec la collaboration du fabricant **Hepworth** et de l'institut de recherche dans le domaine des matières plastiques: **Pipeline Development Ltd**.

La nécessité de remplacer plusieurs vieux tuyaux boueux fabriqués à partir de divers matériaux (amiante/ciment, fonte grise, fonte ductile, acier, HDPE, PVC-U) a stimulé des travaux de recherche pour un système plus fiable (du point de vue de la maintenance) et plus durable.

La recherche avait pour but de concevoir un tuyau d'une durée de vie supérieure à 50 ans, qui résiste à tout type de corrosion, et qui n'a donc pas besoin de protection ni de revêtement spécial, avec une forte résistance aux chocs (même à basse température), aux charges concentrées et à la propagation des fissures.

La recherche a porté sur le domaine des résines, afin d'exclure d'emblée tout problème lié à la corrosion électrochimique typique des matériaux ferreux.

L'examen du comportement des tuyaux en PVC-U et en HDPE a permis d'opter pour la recherche d'un matériau détenant la résistance du premier et la ductilité du second.

Il en a résulté l'alliage polymère, issu de l'assemblage du PVC-U et du CPE (polyéthylène chloré), appelé PVC-A

Contrairement aux autres recherches, les concepteurs des tuyaux en PVC-A se sont concentrés sur les conditions réelles de construction et de fonctionnement.

Pour de nombreuses raisons (manipulation imprudente, installation non conventionnelle), les tuyaux peuvent être endommagés sur site, ce qui peut compromettre le bon fonctionnement de l'ouvrage fini.

La forte résistance à la propagation des fissures est la caractéristique qui garantit qu'avec les tuyaux en PVC-A, les dommages sur site ne posent aucun problème à l'ouvrage fini.

1.2.2 / Dureté et transition fragile-ductile

La **dureté** est une propriété du matériau qui empêche une rupture fragile. La dureté doit être considérée comme équivalente en performance à une résistance mécanique, étant donné qu'il s'agit de la propriété qui caractérise la résistance accrue du matériau à la propagation des fissures. Avec des matériaux durs aux propriétés de rupture prédictibles, les ruptures fragiles ne peuvent pas se produire, ainsi, la dureté du matériau est directement liée au facteur de sécurité à long terme. Cette propriété est importante en cas de défauts, notamment les incisions à la surface du tuyau. À travers ce rapport, nous pouvons identifier la résistance à la propagation des fissures et la transition ductile-fragile d'un matériau.

De nombreux tests ont été effectués sur des échantillons de tuyaux pré-fissurés. S'agissant des tuyaux à forte « rigidité », les fissures ont commencé à évoluer lentement à travers la paroi, mais cette évolution a occasionné une importante déformation plastique, puis s'est arrêtée immédiatement lorsqu'elle a atteint la zone comprimée (et ce, indépendamment de la charge maximale).

Nous avons par la suite essayé d'effectuer une représentation analytique et graphique de la valeur de la résistance à la propagation des fissures et du contrôle de la transition ductile-fragile. C'est pourquoi le concept de dureté a été exprimé en premier avec la relation:

$$K_c = \sigma_F \sqrt{J \cdot a} \quad \left[MN / m^{3/2} \right]$$

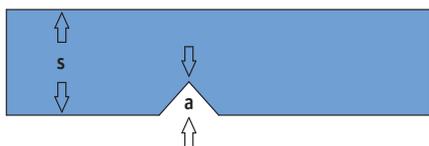
(formule 1)

Dove:

σ_F = résistance à la traction

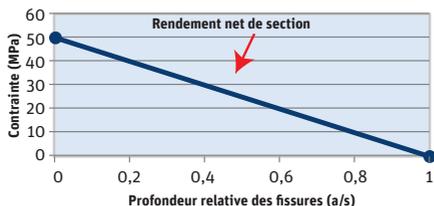
a = profondeur de la fissure artificielle

Avec une profondeur d'épaisseur «s» (fig. 1), si une entaille de magnitude «a» est réalisée, nous pouvons établir un graphique de la résistance à la traction en fonction de la profondeur de la fissure.



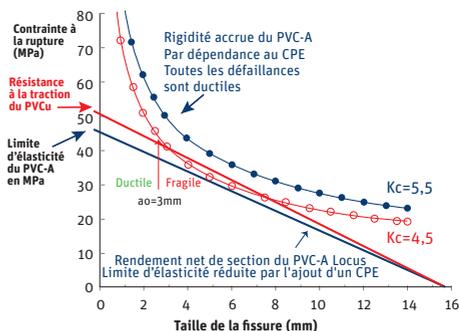
(figure 1)

Comme on peut le voir, il est directement proportionnel à la résistance à la traction, mais dépend également de la profondeur de la fissure. La présence d'une entaille réduit incontestablement la section transversale de la paroi du tuyau. Moins de matériaux seront présents pour résister à la pression, et par conséquent l'effort nécessaire pour provoquer la rupture diminuera. Pour les charges de traction (pression), l'épaisseur de la paroi diminue linéairement avec la taille de la fissure; il en va de même pour la résistance à la traction (voir fig. 2). Cette courbe est la zone correspondante à la section du rendement net.



(figure 2)

Si la relation de dureté (formule 1) est également présentée sur le même graphique, nous constaterons qu'elle forme une intersection avec la ligne de rendement net à une valeur de fissure donnée (voir fig. 3).



(figure 3)

Si la fissure excède cette valeur, il est démontré que le produit à partir de ce point se comporte toujours comme un matériau fragile. La recherche avait ensuite pour but de trouver un matériau qui présentait, en conservant les caractéristiques de résistance du PVC-U inchangées ou presque inchangées, une meilleure dureté, de sorte que sa courbe ne croise jamais la ligne du rendement net. La solution était l'alliage CPE (polyéthylène chloré) : c'est-à-dire le PVC-A.

1.2.3 / Les caractéristiques physiques du PVC-A

La polyvalence incroyable du PVC, qui au fil des années est devenu le produit phare dans de nombreux secteurs (médical, mode, construction, meubles, etc.), trouve sa fonction principale dans cette nouvelle formule (PVC-A).

Fort d'un riche passé, il a été possible de développer un mélange qui évalue ses performances tant d'un point de vue mécanique et fonctionnel que durable.

La capacité à subir une déformation plastique sous charge avant la rupture est conférée par l'utilisation dans la formule d'élastomères, qui appartiennent à la famille des modificateurs d'impact organiques. L'accent mis sur la durabilité du mélange est garanti par un choix minutieux d'autres adjuvants de fabrication, dûment sélectionnés conformément aux réglementations les plus récentes (Règlement CE n° 1907/2006 relatif à l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et à la restriction des produits chimiques (REACH)), éliminant ainsi les métaux lourds tels que le Pb et le CrVI, ainsi que toutes les substances figurant sur les listes des SVHC (Substances extrêmement préoccupantes).

Les stabilisateurs utilisés, inévitables pour le procédé de ce polymère, appartiennent à des systèmes nouvelle génération à base organique, qui, outre leurs performances techniques de qualité supérieure, garantissent également un niveau élevé de gestion des problèmes liés à la protection des caractéristiques organoleptiques du produit final. Cependant, une formule équilibrée doit garantir de manière appropriée un équilibre entre les conditions de procédé qui assurent le cisaillement, afin d'assurer en retour un degré élevé de dispersion de tous les composants.

CARACTÉRISTIQUES DE FITT BLUFORCE:

Poids spécifique	γ	1.400	Kg/m ³
Module de Young	E	2.500	Mpa
Coefficient de Poisson	ν	0,38	-
Coefficient de dilatation thermique	α	7x10-5	-

1.3 / SYSTÈME DE RÉGLEMENTATION ET DE CERTIFICATION

FITT Bluforce est un produit qui tire presque toutes ses caractéristiques des Spécifications techniques anglaises, établies par la British Standard Institute (BSI), appelées PAS 27 (Product Assessment Specification). Ces caractéristiques ont été perfectionnées et mises en œuvre en générant une spécification technique nationale, en collaboration avec l'Institut italien des plastiques, un organisme de certification, qui a publié un document technique «public» qui porte sur :

Spécifications techniques IIP Mod. 1.1/19

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DE L'IIP RELATIVES À LA CERTIFICATION DES TUYAUX EN CHLORURE DE POLYVINYLE MODIFIÉ (PVC-A) DESTINÉS À L'APPROVISIONNEMENT EN EAU.

Ce document, en l'absence de normes nationales spécifiques, permet de définir les Règles spéciales relatives à la certification du produit à la marque de conformité Pip/C et s'applique aux tuyaux dont les dimensions sont comprises entre 63 et 800 mm, utilisés dans le secteur du transport de l'eau sous pression pour l'adduction d'eau à la fois en surface et sous terre, à condition qu'ils ne soient pas exposés à la lumière directe et aux températures de fonctionnement comprises entre 0 et 40 °C.

FITT Bluforce possède toutes les garanties nécessaires pour répondre à toutes les exigences en matière de transport de l'eau potable et des aliments:

- Décret ministériel n° 174 - Global Migration in Water (distribution de l'eau à l'échelle mondiale)
- Règ UE n° 10/2011 - Global Migration in Food Simulants (distribution des simulants de denrées alimentaires à l'échelle mondiale)
 - Simulant - Eau distillée
 - Simulant A - 10 % d'éthanol dans de l'eau distillée
 - Simulant B - 3 % d'acide acétique dans de l'eau distillée
 - Simulant D2 – Huile d'olive rectifiée
- UNI EN 1622 – Détermination du seuil d'odeur (TON) et du seuil de flaveur (TFN)

1.4 / TESTS DE LABORATOIRE

Les exigences définies par les réglementations de référence et les méthodes de test connexes sont les suivantes:

EXIGENCES GÉNÉRALES EN MATIÈRE DE TUYAUTERIE

Caractéristique	Exigence	Paramètres de test		Méthode d'analyse
Aspect	Surface interne et externe lisse sans irrégularité, cavité ou autres défauts de nature à empêcher la conformité avec la norme	Type de test	Visuel sans agrandissement	(UNI) EN ISO 1452-2
Couleur	Couleur déclarée conforme aux dispositions de toute législation nationale ou, en l'absence de celles-ci, aux dispositions de l'UNI EN ISO 1452-2	Type de test	Contrôle visuel	(UNI) EN ISO 1452-2
Opacité des tuyaux en surface pour l'eau	Transmission de la lumière visible $\leq 2\%$	Type de test	Contrôle visuel	ISO 7686
Dimensions	Épaisseurs Diamètres Longueur de la barre Dimensions d'accouplement (tige et embout mâle)	Type de test	Instrumental	EN ISO 3126

EXIGENCES PHYSIQUES DES TUYAUX

Caractéristique	Exigence	Paramètres de test		Méthode d'analyse
Retraits longitudinaux	5 % maximum	Température de test Méthode	Dans le liquide à 150°C Épaisseur et fonction de la méthode (PAS 27)	ISO 2505
Température de ramollissement (Vicat)	≥ 80 °C	Nombre d'essais	3	ISO 2507-2
Détermination de la valeur de rendement	≥ 40 MPa	Nombre d'essais Vitesses Température	5 5 mm/min 23 °C	ISO 6259-1 et ISO 6259-2
C-Ring Test (prova BRT)	Nessun attacco su tutto il campione	Temperatura Liquido di immersione	23°C Diclorometano	PAS 27

EXIGENCES MÉCANIQUES DU TUYAU

Caractéristique	Exigence		Paramètres de test	Méthode d'analyse
Résistance hydrostatique à court terme	Pas de rupture pendant 1 h à 20°C	Type de porte-échantillon Contrainte circonférentielle Longueur	Type B 36 Mpa 3 DN avec 1m maximum	EN ISO 1167-1 et EN ISO 1167-2
Résistance hydrostatique à long terme (ITT UNIQUEMENT)	Pas de rupture pendant 10 000 h à 20°C	Type de porte-échantillon Contrainte circonférentielle Longueur	Type B 26 MPa 3 DN avec 1m maximum	EN ISO 1167-1 et EN ISO 1167-2
Résistance hydrostatique aux entailles (ITT UNIQUEMENT)	Évaluation de la rupture à 10, 100, et de 100 à 1 000h	Type de porte-échantillon	Type B	PAS 27
«Contrainte de flexion à trois points»	===	===	===	PAS 27
Résistance aux chocs pour tous les DN	TIR ≤ 5 % à 0°C	Échantillonnage et type de pince Température de test Pince Hauteur Poids	ISO 3127 0°C D 25 2000mm PAS 27	ISO 3127 PAS 27
Résistance au vieillissement Résistance hydrostatique à court terme	Exposition à 3,5 GJ pendant 365 jours - Pas de rupture pendant 1h à 20°C	Type de porte-échantillon Contrainte circonférentielle Longueur	Type B 36 Mpa 3 DN avec 1m maximum	EN ISO 1167-1 et EN ISO 1167-2
Résistance aux chocs pour tous les DN	TIR ≤ 5 % à 0°C	Échantillonnage et type de pince Température de test Pince Hauteur Poids	ISO 3127 0°C D 25 2000mm PAS 27	ISO 3127 PAS 27
Résistance hydrostatique à long terme	Pas de rupture pendant 1 000 h à 20°C	Type de porte-échantillon Contrainte circonférentielle	Type B 30.2 MPa	EN ISO 1167-1 et EN ISO 1167-2 (UNI) EN ISO 1452-2 tableau 7
Résistance hydrostatique à court terme des tuyaux dotés d'embouts mâles	Pas de rupture pendant 1 h à 20°C	Test de pression de type porte-échantillon DN ≤ 90 mm DN > 90 mm	Type B 4,2 x PN 3,36 x PN	EN ISO 1167-1 et EN ISO 1167-2

ADÉQUATION DU SYSTÈME

Caractéristique	Exigence	Paramètres de test		Méthode d'analyse
Résistance hydrostatique à court terme	Pas de rupture pendant 1h à 20°C	Type de porte-échantillon Contrainte circonférentielle Longueur	Type B 36 Mpa 3 DN avec 1m maximum	EN ISO 1167-1 et EN ISO 1167-2
Aucune fuite pendant le test	Nombre d'échantillons Durée du test Température de test	1 100' 15 à 25°C		EN ISO 13845
Joint sous pression négative à court terme	Variation maximale ≤ 0,05 bar	Nombre d'échantillons Durée du test Température de test	1 (UNI) EN ISO 1452-5 tab. 1 15 à 25°C	EN ISO 13844
Pas de rupture pendant 1h à 20°C	Nombre d'échantillons Durée du test Pression d'essai	1 1h 0,25 bar		PAS 27
Joint sous pression à long terme	Aucune fuite pendant le test	Nombre d'échantillons Durée du test Température de test Contrainte	1 1 000 h (UNI) EN ISO 1452-5 tab.1 (UNI) EN ISO 1452-5 tab. 1 1 ou 2, selon le cas	EN ISO 13846 et (UNI) EN ISO 1452-5 Annexe B

Deux tests spécifiques permettant d'analyser la propriété de «résistance à la propagation des fissures» et la ductilité du matériau, tous deux prévus par la norme de référence, sont maintenant mis en exergue.

Tests de pression sur le tuyau fissuré

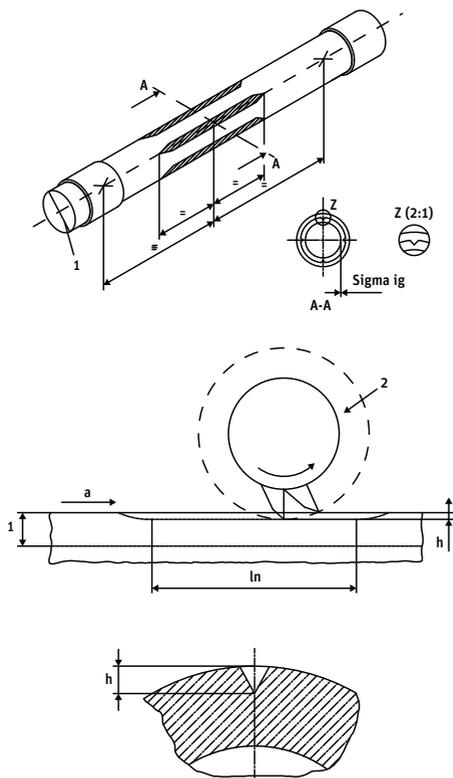
Méthode de test:

PAS27 + ISO 13479 + Méthode interne

Le test vise à déterminer la résistance à la propagation de la rupture à court et à long terme.

4 entailles sont faites sur 4 couronnes de tuyaux placés à 90° les unes des autres à une distance de 100 mm avec une profondeur de 10 % correspondant à l'épaisseur du tube.

(voir fig. 4)



(figure 4)

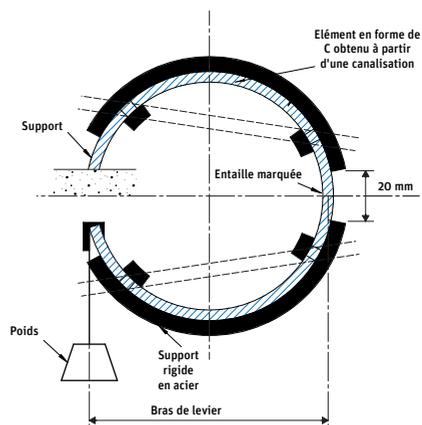
Test de l'anneau en C

Le test est effectué pour s'assurer de la ductilité du tuyau et consiste à couper une section de tuyau (entaille) puis à provoquer une rupture en appliquant une charge de façon progressive

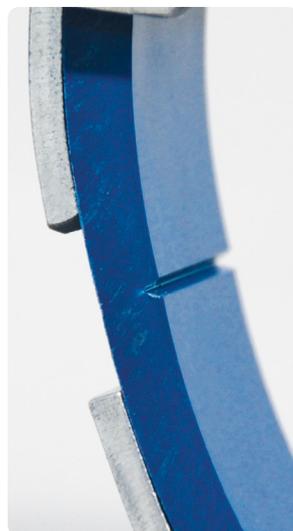
Préparation de l'échantillon:

- sur un tuyau avec une entaille égale à 25 % de la section à un angle de $45^\circ \pm 2^\circ$
- sur le côté opposé à l'entaille, couper l'anneau de 20 mm de manière à obtenir un C (voir fig. 5)
- poser 2 supports rigides sur l'anneau à une distance symétrique de 10 mm du point d'entaille.
- « fixer » le boîtier sur un support rigide et appliquer un poids initial compris entre 0,5 kg et 1,0 kg.
- augmenter progressivement le poids à des intervalles de 2 à 5 minutes
- après la rupture, vérifier si le comportement est ductile (conforme) ou fragile (non conforme).

Diagramme de l'équipement nécessaire à l'exécution du test de l'anneau en C.



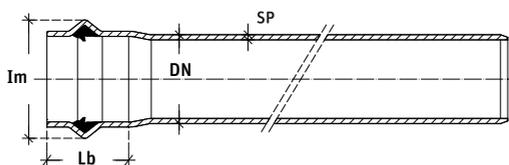
(figure 5)





2. le système fitt bluforce

2.1 / FITT BLUFORCE



(figure 6)

DN [mm]	PN10		PN16		PN20		Lb longueur de l'embout mâle [mm]	Im dimension maximale [mm]
	Poids* [Kg/m]	SP [mm]	Poids* [Kg/m]	SP [mm]	Poids* [Kg/m]	SP [mm]		
90	-	-	1,62	4,0	1,94	4,9	150	120
110	1,59	3,1	2,42	4,9	2,91	6,0	150	145
125	2,02	3,5	3,09	5,5	3,75	6,8	160	165
140	2,51	3,9	3,90	6,2	4,70	7,6	160	180
160	3,31	4,5	5,00	7,0	6,13	8,7	180	205
200	5,12	5,6	7,84	8,8	9,57	10,9	190	260
225	6,48	6,3	9,90	9,9	12,00	12,2	200	270
250	7,94	7,0	12,21	11,0	14,92	13,6	210	320
280	9,91	7,8	15,31	12,3	18,68	15,2	210	330
315	12,56	8,8	19,28	13,8	23,63	17,1	220	390
355	15,90	9,9	24,55	15,6	29,88	19,2	220	440
400	20,30	11,2	31,02	17,5	37,97	21,7	230	490
500	31,37	13,9	48,34	21,9	-	-	240	610
630	50,00	17,5	76,60	27,6	-	-	330	780

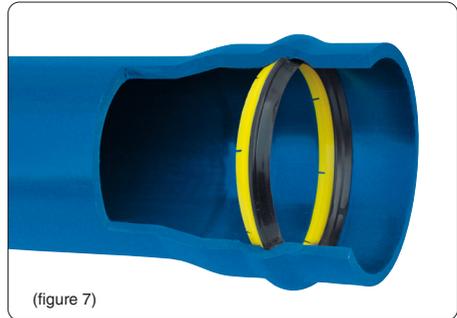
- Chaque tuyau est livré avec des bouchons de chaque côté

2.1.1 / Le système de jonction Power Lock®

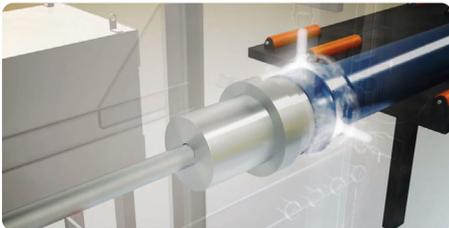
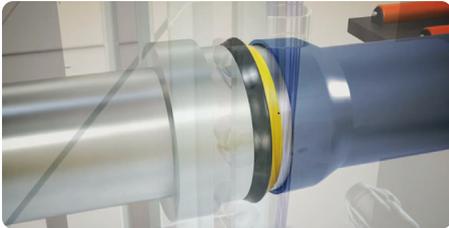
FITT Bluforce adopte le joint coupleur à embout mâle intégré Power Lock®.

Le joint est constitué d'un élément d'étanchéité conforme à la norme UNI EN 681, solidement couplé à l'anneau raidisseur en polypropylène (jaune). (voir fig. 7)

Le joint est automatiquement rempli à chaud pendant la phase de formation de l'embout mâle, qui est donc immuable. (voir fig. 8).

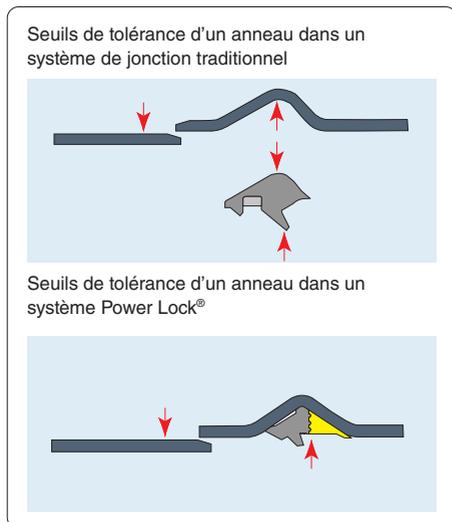


(figure 7)



(figure 8)

Pour cette raison, il n'existe pas de seuil de tolérance entre le joint et l'embout mâle:



(figure 9)

Pour protéger le joint, FITT Bluforce est livré avec des bouchons tant sur l'embout mâle que sur la tige.



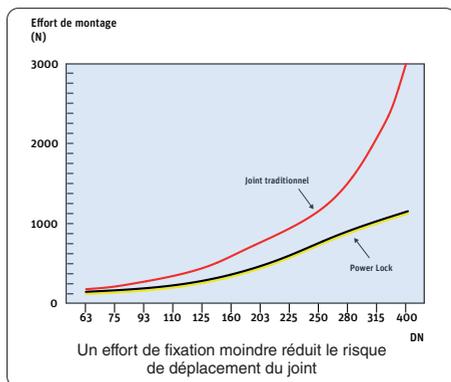
(figure 10)

Power Lock®, en tant que système très pratique, est une **GARANTIE D'ÉTANCHÉITÉ** même sous des conditions de déflexion angulaire allant jusqu'à 3°.



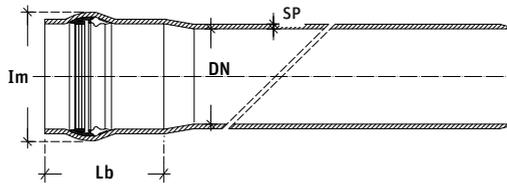
(figure 11)

Comparé à un système de jonction traditionnel, Power Lock® nécessite peu d'efforts de montage.



(figure 12)

2.2 / FITT BLUFORCE RJ



(figure 13)

DN [mm]	PN10		PN16		PN20		Lb longueur de l'embout mâle [mm]	Im dimension maximale [mm]
	Poids* [Kg/m]	SP [mm]	Poids* [Kg/m]	SP [mm]	Poids* [Kg/m]	SP [mm]		
90	-	-	1,70	4,0	2,02	4,9	165	124
110	1,70	3,1	2,53	4,9	3,02	6,0	170	148
160	3,51	4,5	5,20	7,0	6,33	8,7	200	210
200	5,43	5,6	8,15	8,8	9,88	10,9	230	260
225	6,96	6,3	10,38	9,9	12,55	12,2	245	285
250	8,48	7,0	12,74	11,0	15,45	13,6	260	320
315	13,38	8,8	20,10	13,8	24,45	17,1	300	398
400	21,62	11,2	32,34	17,5	39,28	21,7	330	500

2.2.1 / Système de jonction Bulldog®

FITT Bluforce peut être équipé d'un système antidébordement rempli à chaud avec un embout mâle parfaitement intégré et immuable.

Ce système est composé de 3 éléments assemblés sur l'embout mâle:

1. L'élément d'étanchéité hydraulique conforme à la norme UNI EN 681 et au décret ministériel 174/04
2. La structure du boîtier de la bague de retenue mécanique dans GJS 450-10
3. La bague d'étanchéité mécanique dans GJS 450-10

Les éléments métalliques, même s'ils n'entrent jamais en contact avec le fluide transporté, sont protégés par une couche de peinture époxy appliquée pour la cataphorèse du lit fluidisé, offrant les meilleures garanties de résistance à la corrosion.



Le joint du FITT Bluforce RJ est spécialement conçu de manière à résister aux contraintes dues aux pics de pression internes et à la traction due aux mouvements du sol ou aux équipements mécaniques.



Assemblage

L'assemblage de FITT Bluforce RJ avec système de verrouillage comparable à celui de FITT Bluforce avec joint Power Lock® et pouvant aller jusqu'au DN 200 inclus, peut être effectué sans l'aide d'instruments mécaniques.

Il faut lubrifier le bout-uni, surtout le chanfrein, et la bague d'étanchéité en élastomère EPDM de l'emboîture. On ne doit pas appliquer la pâte lubrifiante au logement et au jonc de verrouillage en fonte ductile.



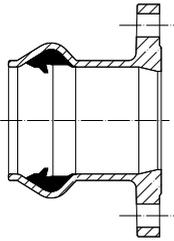
Caractéristiques

La technologie dont est dotée FITT Bluforce RJ permet un fonctionnement dit de «double chambre», étant donné que l'étanchéité hydraulique et l'étanchéité mécanique forment deux éléments distincts. Cela permet de maintenir la même pression dans le tuyau.

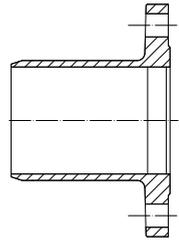
2.3 / SUIVI DU SYSTÈME

FITT recommande d'utiliser des raccords en fonte sphéroïdale. Également disponible avec un système de joint à verrouillage. Pour plus d'informations, consultez les catalogues de produits FITT Bluforce et FITT Bluforce RJ.

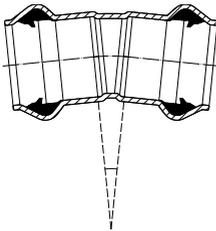
EMBOUT MÂLE AVEC BRIDE



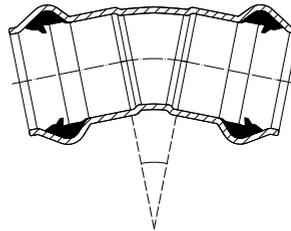
ENTRÉE DE LA BRIDE



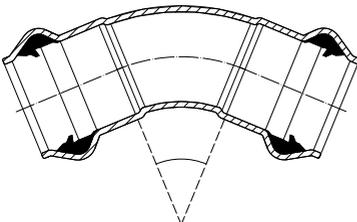
COURBE À 11,25° FEMELLE À FEMELLE



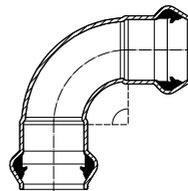
COURBE À 22,5° FEMELLE À FEMELLE



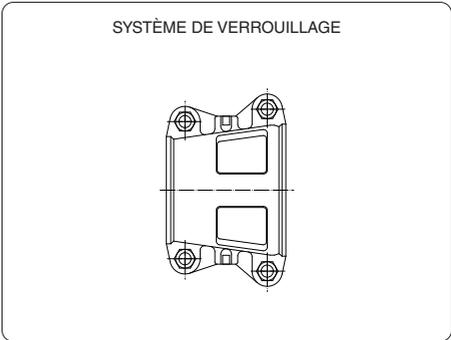
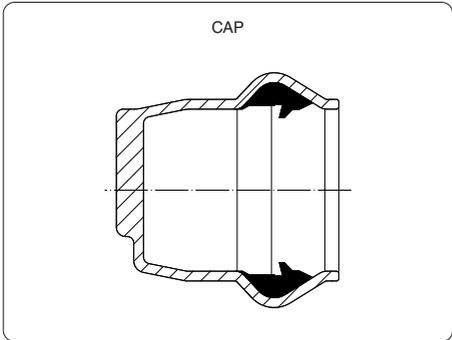
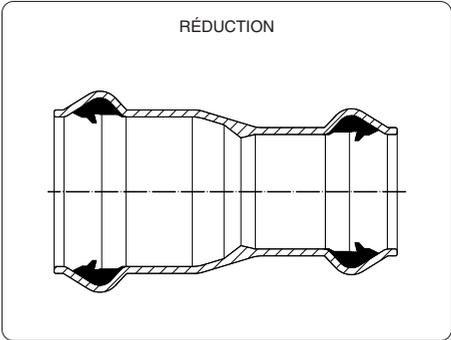
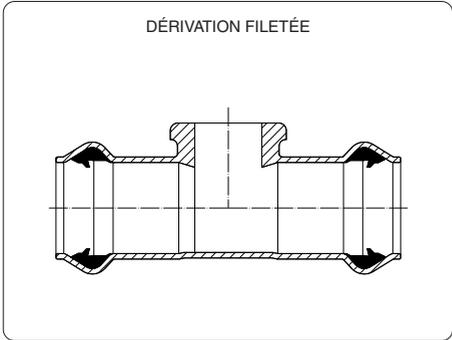
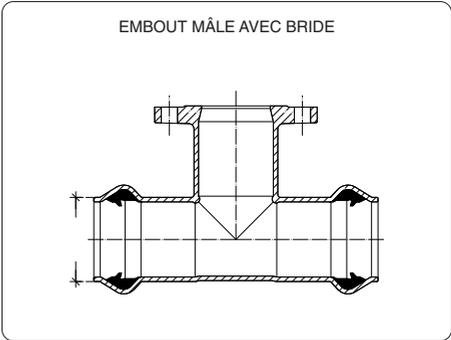
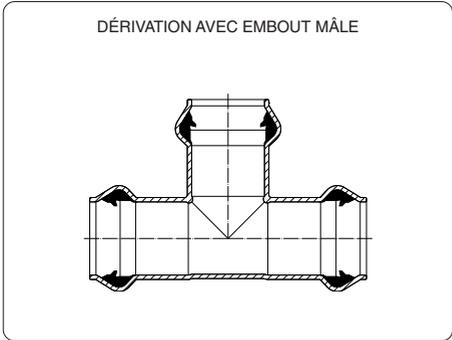
COURBE À 45° FEMELLE À FEMELLE



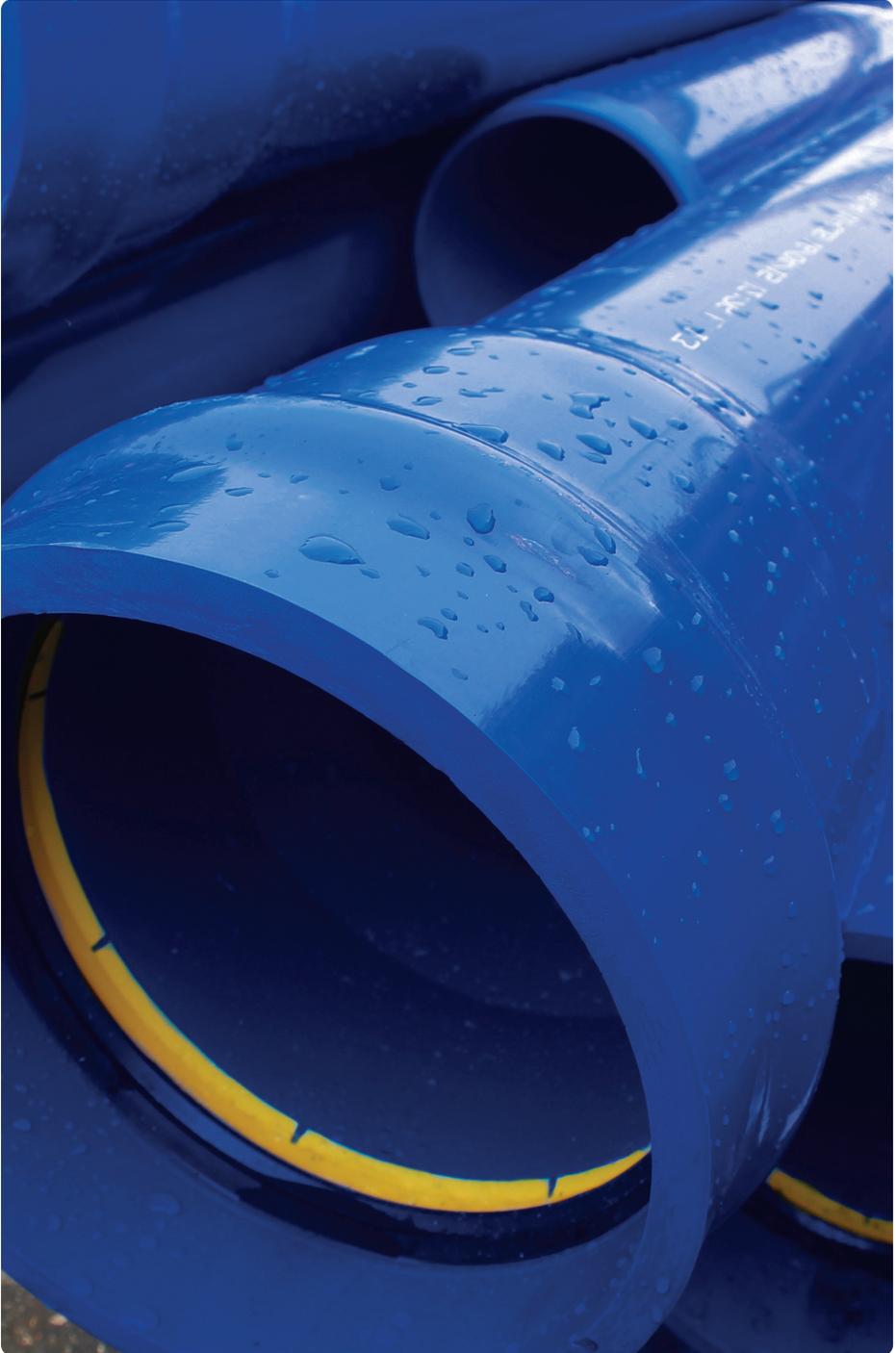
COURBE À 90° FEMELLE À FEMELLE



(figura 14)



(figura 15)



3. conception

3.1 / CALCUL HYDRAULIQUE DES TUYAUX EN PVC AVEC SECTION CIRCULAIRE POUR ADDUCTION D'EAU

Les pertes de charge dans le tuyau sous pression, telles que les pertes de la pression d'eau, sont calculées sur la base des pertes de charges réparties, dues à la friction, et concentrées en raison des changements dans le tracé:

$$\Delta h = \Delta h_f + \Delta h_m$$

(formule 1)

Pertes réparties

La formule généralement utilisée pour le calcul hydraulique des baisses de charges réparties Δh_f est celle de Darcy-Weisbach:

$$\Delta h_f = jL = \frac{\lambda}{D} \frac{U^2}{2g} L$$

(formule 2)

Les baisses de charges réparties [m] dépendent alors de la longueur L [m] du tuyau et de la charge unitaire répartie j , qui en retour sont une fonction du coefficient de friction sans dimension λ , de la vitesse moyenne du courant U [m/s] et du diamètre intérieur du tuyau D [m]. Comme d'habitude, g [m/s²] représente l'accélération de la gravité.

Le coefficient de friction λ dépend généralement du nombre de Reynolds actuel, exprimé par $Re = UD/\nu$, et ν [m²s⁻¹] la viscosité cinématique du fluide qui est généralement transporté dans les applications adaptables à l'eau, est d'une valeur de $\nu = 1,24 \cdot 10^{-6}$ m²s⁻¹ correspondant à une température de l'eau de 12°C et aux paramètres définissant la paroi. La dépendance de λ : ces facteurs sont exprimés par les **lois sur la résistance**, qui varient en fonction du cycle de mouvement dans le tuyau qui est soit laminaire ou turbulent (bien qu'il existe une zone critique intermédiaire où le mouvement est mixte).

Lorsque le mouvement est turbulent, ce qui est plus intéressant pour les applications d'adduction d'eau, le coefficient λ est exprimé pour les tuyaux commerciaux, caractérisés par une rugosité répartie de façon hétérogène dans la section transversale, au moyen de la célèbre formule semi-empirique de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon}{3.71D} \right)$$

(formule 3)

où ε représente la hauteur homogène équivalente de la rugosité du tuyau, c.-à-d. la taille de la rugosité homogène qui, uniformément répartie dans la section du tuyau, entraîne les mêmes chutes de pression. Comme on peut le voir dans cette formule, λ est présent dans les deux membres de l'équation et donc la résolution de l'équation doit avoir lieu itérativement.

Cependant, il existe des formules simplifiées qui permettent la résolution directe des problèmes de conception et de vérification dans des conditions où la vitesse de mouvement à l'intérieur du tuyau n'est pas connue a priori, et par conséquent la valeur du coefficient de friction sans dimension λ . Il s'agit notamment des formules de Cao et de Pezzoli.

La formule de Cao fournit le débit Q une fois que le diamètre D et la baisse de la charge unitaire j sont connus, et constitue ainsi une formule de vérification:

$$Q = -\frac{\pi D^2}{2} \sqrt{2gDj} \log \left(\frac{\varepsilon}{3.71D} + \frac{2.5 \nu}{D^{3/2} \sqrt{2gj}} \right)$$

(formule 4)

Les formules de Pezzoli, qui vous permettent d'identifier D et j (formules de projet), sont les suivantes:

$$j = \frac{2Q^2}{\pi^2 g D^5} \frac{1}{\log^2 \left[\frac{\varepsilon}{3.71D} + 3.61 \left(\frac{D\nu}{Q} \right)^{7/8} \right]}$$

(formule 5)

$$D = \frac{Q^{2/5}}{(gj)^{1/5} \left\{ -\frac{\pi}{\sqrt{2}} \log \left[\frac{\varepsilon (gj)^{1/5}}{1.77Q^{2/5}} + \frac{5.4\nu}{Q^{3/5} (gj)^{1/5}} \right] \right\}^{2/5}}$$

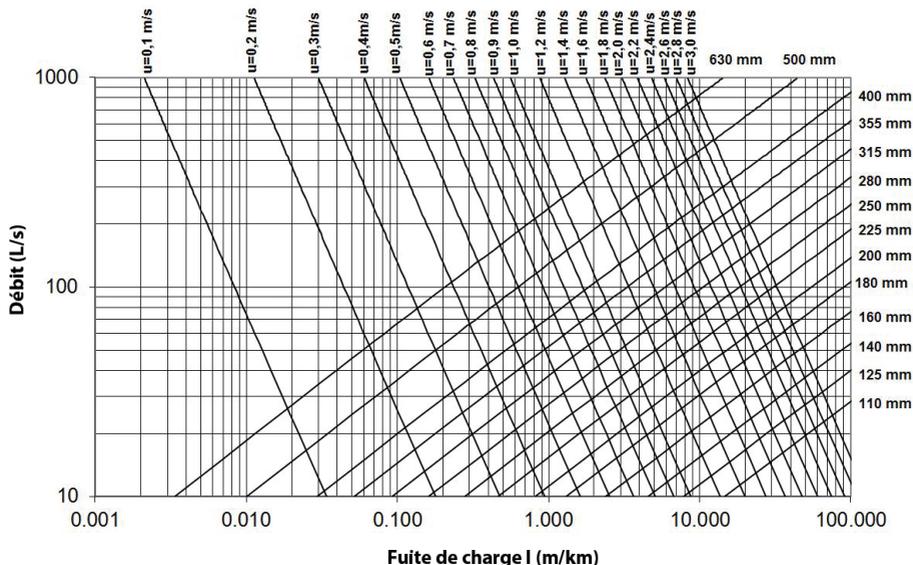
(formule 6)

et permettent respectivement de calculer la baisse de la charge unitaire j connue pour être D et Q , et de déterminer le diamètre D de la conduite lorsque Q et j sont connus.

La formule de Cao est exacte, celle de Pezzoli est plutôt approximatif, mais permet d'arriver à des résultats avec une approximation de quelques unités par kilomètre, largement contenus dans les limites de la précision de la même formule Colebrook-White.

Pour ce qui est des tuyaux FITT Bluforce en PVC en particulier, qui résistent aux phénomènes de dégradation chimique, il est assumé une rugosité relative égale à $\varepsilon = 0,02$ [mm] et par conséquent, la résolution des différents problèmes de conception et de vérification des conduites au moyen des formules 4, 5 et 6 peut être envisagée.

À partir des mêmes formules 2 et 3, l'abaque a été extrapolé et mis en relation avec Q , j et D , permettant la résolution des problèmes de projet et la vérification des conduites.



(figura 16): Abaque pour le calcul hydraulique des tuyaux FITT Bluforce en PVC, classe PN10, selon la formule de Darcy-Weisbach, avec indice de résistance selon la formule de Colebrook-White. Rugosité homogène équivalente de $\epsilon 0,02$ mm. Viscosité cinématique de l'eau $\nu = 1,24 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Chutes concentrées

Pour ce qui est des chutes concentrées, elles peuvent provenir de diverses causes, telles que la courbure du tracé, l'agrandissement ou le rétrécissement de la section, les jonctions en T, ou le chanfrein et la sortie au niveau des artefacts.

Les chutes concentrées peuvent être évaluées au moyen de la formule suivante:

$$\Delta h_m = \sum_{i=1}^n K_i \frac{U^2}{2g}$$

(formule 7)

où K est un coefficient défini de temps à autre; le tableau 1 montre les valeurs K pour certaines variations dans la courbure du tracé.

COURBE	K
11.25°	0.025
22.50°	0.05
45°	0.1
90°	0.2

(tableau 1): valeurs du coefficient K caractéristiques des pertes concentrées à mesure que l'angle de courbure des tuyaux change.

Exemples d'applications

Calculer la baisse de la charge unitaire et la vitesse dans un tuyau FITT Bluforce PN10 DN = 500 mm pour un débit de 300 l/s (problème de vérification).

En utilisant la formule 5, la valeur de baisse de charge unitaire est atteinte, et elle est égale à:

$$J = \frac{1000 \cdot 2 \cdot 0.3^2}{\pi^2 \cdot 9.81 \cdot 0.4722^5} \frac{1}{\log^2 \left(\frac{0.00002}{3.71 \cdot 0.4722} + 3.61 \cdot \left(\frac{0.4722 \cdot 12.4 \cdot 10^{-7}}{0.3} \right)^{\frac{7}{8}} \right)} = 4.243$$

m/km

La vitesse est égale à:

$$U = \frac{0.3}{\pi \cdot 0.5791^2 / 4} = 1.713$$

m/s

En utilisant l'abaque de la figure 16, $Q=300$ l/s, la courbe relative au tuyau DN 500 mm est en intersection ; le point d'intersection a une abscisse égale à $j \approx 4,5$ m/km et est situé entre les courbes de vitesse-iso $U=1.6$ m/s et $U=1.8$ m/s.

Calculer le diamètre du tuyau FITT Bluforce PN10 nécessaire à la transmission d'un débit de 230 l/s avec une valeur de baisse de la charge unitaire proche de 10 m/km, sans toutefois dépasser cette valeur (problème de conception).

Dans l'abaque de la figure 1, en introduisant l'ordonnée $Q = 200$ l/s, la courbe de DN 400 mm est intersectée à l'abscisse $j \approx 7$ m/km, ainsi, on peut vérifier au moyen de la formule 5 que le débit requis circule exactement dans ce tuyau, avec une perte de charge unitaire de $j = 7,76$ m/km

3.2 / MASSIFS EN BÉTON

Les massifs en béton sont destinés à absorber les actions que le fluide transmet aux tuyaux de pression à des points particuliers et les répartir correctement sur le sol environnant. Les contraintes majeures affectant les massifs en béton se produisent généralement pendant les opérations de test ; cependant, étant donné qu'elles ne surviennent que sur de courtes durées, il est permis d'utiliser des valeurs inférieures pour le contrôle de stabilité des coefficients de sécurité plutôt que celles adoptées pour les contraintes les plus critiques qui surviennent pendant le fonctionnement de la conduite d'adduction. Il convient de noter que, si les poussées qui surviennent au niveau des tuyaux uniques ne sont pas élevées, il n'est pas nécessaire de créer des massifs en béton, car ces poussées sont contrecarrées par les forces de friction qui surviennent sur les surfaces de contact des tuyaux avec l'extérieur, et des systèmes de verrouillage peuvent tout au plus être fournis.

Pour les conduites d'adduction, les contraintes aux points uniques sont recherchées dans des conditions de mouvement permanent, pour lesquelles l'inertie locale est nulle. En outre, dans ce type de tuyau, il est facile de déterminer la poussée S car, compte tenu des valeurs limitées des vitesses, le nombre de mouvements est négligeable par rapport aux poussées hydrostatiques dans les parties de la section étudiée. En effet, comme mentionné ci-dessus, la situation la plus critique se produit lorsque l'eau ne bouge pas et que ces poussées sont au maximum, alors qu'il n'y a aucun mouvement. Dans ces conditions, les poussées sur les sections transversales extrêmes du volume liquide sont des poussées hydrostatiques, en raison de la charge statique maximale augmentée par la surpression du coup de bélier ou de la charge prévue dans les tests de mise en service.

Selon le récent NTC2018, les vérifications des états limites ultimes (ULS) peuvent être effectuées en tenant compte des valeurs des coefficients partiels, pour lesquels il faut consulter les tableaux de référence: coefficients A (6.2.1), M (6.2.11), R (6.4.1).

La combinaison de charge à utiliser dans ce cas est: NTC 2018 2.5.3

En utilisant cette combinaison de charge, il faut vérifier que:

$$E_d \leq R_d$$

(formule 1)

où E_d , la valeur de conception de l'action ou de l'effet de l'action, établie par les relations [6.2.2a] ou [6.2.2b] du NTC2018 et R_d , est la valeur de conception de la résistance du système géotechnique définie par la relation [6.2.3].

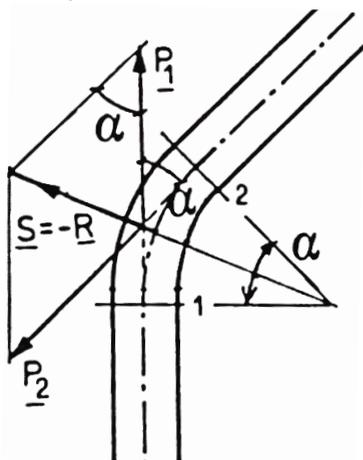
En outre, au moins une des deux approches, appelées Approche 1 ou Approche 2, doit être suivie pour la vérification de la charge limite et de la rupture par glissement. En particulier, l'approche 1 qui consiste à:

- Combinaison 1 (A1+M1+ R1) : si vous choisissez l'approche 1, envisagez les deux combinaisons faisant référence aux vérifications structurelles (STR) et géotechniques (GEO) respectivement.
- Combinaison 2 (A2+M2+R2)

Dans l'approche 2, la combinaison est (A1+M1+ R3) et pour GEO → R3, pour STR → R1 = 1

Le contrôle de la stabilité globale doit être effectué conformément à l'approche 1, suivant la combinaison 2: (A2+M2+R2).

Massifs en béton pour les courbes placées sur un plan horizontal



(figure 17): La poussée agissant sur une courbe avec déviation planimétrique uniquement.

En tenant compte de la quantité de fluide libérée par les sections **1** et **2** immédiatement en amont et en aval de la courbe, en considérant séparément le poids du volume liquide, soit α l'angle de déviation de la courbe, la poussée $S = -R$ est dirigée radialement vers l'extérieur selon la bissectrice de l'angle α formé par les plans contenant les sections extrêmes (figure 17) et son module est établi au moyen de :

$$S = \frac{\pi D^2}{4} 2 \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} (\rho_w V^2 + p)$$

(formule 2)

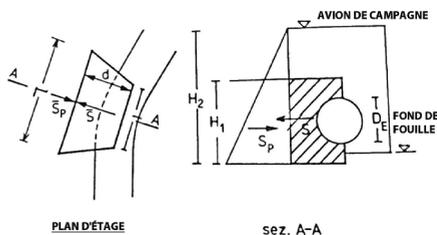
Où D coïncide avec le diamètre intérieur ou extérieur en fonction du joint (la différence est généralement très faible) et p est la pression exprimée en Pascal dans le tuyau et V est la vitesse de l'eau dans la conduite.

Cette poussée est perpendiculaire à la paroi externe de l'excavation et peut être contrearrée en partie par la poussée passive de la paroi susmentionnée en contact avec le bloc et en partie par la force de friction qui provient de la base du bloc d'ancrage sur le sol.

Les vérifications à effectuer sont les suivantes:

- Vérification du défilement de bloc;
- Vérification de la résistance du bloc aux contraintes maximales auxquelles elle est soumise;
- Contrôle de la rupture pour charge limite.

Vérification du défilement



(figure 18): Bloc d'ancrage à une déviation planimétrique uniquement.

Le coefficient de sécurité du défilement du bloc v_s est:

$$v_s = \frac{1}{S} (S_P + f \cdot (G_B + G_T + G_A))$$

(formule 3)

Où:

S est la poussée agissant conformément à la formule 2

G_B le poids du bloc d'ancrage, qui est attribué par $G_B = \gamma_B \cdot V_B$ dove V_B et γ_B sont respectivement le volume et le poids spécifique du bloc.

G_T le poids de la conduite, qui est attribué par $G_T = \gamma_T \cdot (\pi D s)$ où D et s sont respectivement le diamètre et l'épaisseur de la conduite, γ_T est le poids spécifique du matériau.

G_A le poids du fluide contenu dans la conduite, qui est établi au moyen de la formule

$$G_A = \gamma_A \cdot \left(\frac{\pi D^2}{4} \right)$$

où D est le diamètre de la conduite et γ_A

f le coefficient de friction entre le béton et le sol à la base du bloc.

S_p la poussée passive du sol à travers la paroi externe de l'excavation.

En référence à la figure 18 L e S_p est déterminé au moyen de:

$$S_p = \frac{1}{2} \gamma_t \lambda_p (H_2^2 - H_1^2) L$$

(formule 4)

Ayant négligé en faveur de la sécurité la contribution due à la cohésion c du sol. Dans la formule 4, γ_t représente le poids spécifique du sol dans des conditions de compactage naturel et λ_p le coefficient de poussée passive établi au moyen de:

$$\lambda_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

(formule 5)

où φ est l'angle de friction interne du sol.

Le coefficient f peut être considéré comme étant égal à:

$$f = \tan(0.9\varphi)$$

(formule 6)

Le coefficient de sécurité vs suppose une valeur 1 pour l'approche 1 et une valeur de 1,1 dans l'approche 2.

Vérification de la résistance du béton

Le béton doit être vérifié tel que prescrit par le NTC2018 au Chapitre 4 ; cependant, la formule indicative de vérification de la section de contact du bloc-tuyau, avec une zone égale à $l \cdot D_E$ (figure 18), se présente comme suit:

$$\sigma_c = \frac{S}{l \cdot D_E} \leq \sigma_{c,amm}$$

(formule 7)

Pour $\sigma_{c,amm}$ est généralement établi à 200 N/cm², compte tenu du fait que la coulée n'est pas renforcée et que très souvent, les tests de mise en service sont effectués avant que celle-ci n'atteigne sa pleine maturité.

Contrôle de la résistance du sol

Dans le cas présent, la pression moyenne transmise du bloc au sol de support est établie au moyen de:

$$\sigma_t = \frac{G_B + G_T + G_A}{A}$$

(formule 8)

A étant la zone de base.

Il doit être prouvé, par l'approche 1 du NTC2018, que σ_t est inférieure à la charge limite du sol, qui peut être estimée par exemple sur la base de la formule de Hansen (1970).

Exemple de calcul d'un bloc d'ancrage pour déviation planimétrique

Une canalisation d'axe horizontal de diamètre $D = 500$ mm, série PN10, subit une déviation Plan à 90° . Le débit est $Q = 0,5$ m³/s et la vitesse moyenne $V = 1,6$ m/s. La pression d'essai est $p = 10$ bar dans la colonne d'eau. Le bloc est posé dans une zone où le terrain environnant est supposé avoir un angle de frottement interne égal à $\Phi = 25^\circ$, et $\gamma_r = 20\,000$ N/m³. Estimez le volume du bloc d'ancrage avec méthodes rapides.

Le coefficient de frottement est: $f = 0,9 \tan(25^\circ) = 0,414$

En fixant $\rho_w = 1000$ kg/m³ et $\alpha = 90^\circ$ à partir de la formule (1) on obtient:

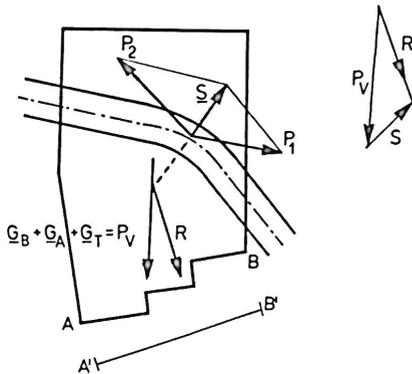
$$S = 2 * \frac{\pi 0.5^2}{4} * (1.60^2) * (\text{sen}(90^\circ)) = 25.40 \text{ kN}$$

Le poids du bloc de béton, soit 23000 kg/m³, est alors donné par:

Le volume du bloc d'ancrage $V_B = 2,93$ m³ est obtenu à partir de (2)

En supposant que le bloc d'ancrage est de forme cubique, le côté du bloc est égal à $L = 1,43$ m

Massifs en béton pour courbes placés sur un plan vertical



(figure 19): Courbe avec déviation altimétrique uniquement, ce qui entraîne une augmentation de l'inclinaison du tuyau

Pour les massifs en béton verticaux, la poussée S se trouve sur un plan vertical parallèle aux parois de l'excavation et n'est donc plus partiellement absorbée par la poussée passive de ces parois, mais doit être entièrement transmise à la base du bloc.

Selon que la déviation altimétrique entraîne une diminution ou une augmentation de la pente, la poussée S a un composant orienté vers le bas ou vers le haut. La poussée S possède un module établi à travers la formule 2, P étant la pression exercée au sommet de la courbe et dirigée vers l'extérieur de la courbe selon la bissectrice de l'angle α formée par les sections extrêmes.

Les dimensions de test de simulation attribuées au bloc d'ancrage sont connues, en plus du poids G_B du bloc, du poids G_A du fluide et du poids G_T du tuyau entre les sections extrêmes du bloc et les positions du centre de gravité relatif. Il est donc possible de déterminer la ligne d'action de $P = G_A + G_B + G_T$ et de composer P , avec S , déterminant ainsi les résultats R de toutes les forces impliquées. La résistance du sol et les contrôles du glissement et du basculement seront ensuite réalisés, suivant les procédures

décrites au chapitre 6 du NTC2018 et selon l'approche de vérification appropriée. Par la suite, puisqu'il s'agit d'un traitement générique et simplifié, nous nous contenterons d'énoncer les formules utilisées pour ces contrôles.

Contrôle de la résistance du sol

Soit la section obtenue en projetant la base du bloc sur un plan perpendiculaire à R . Puisque le bloc possède un plan symétrique vertical qui comprend l'axe du tuyau, cette section est rectangulaire et possède deux côtés de la longueur $b = A'B'$ et les deux autres côtés de la longueur égale à la dimension transversale du bloc.

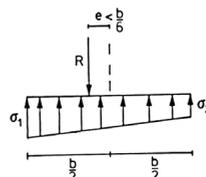
Puisque le plan symétrique vertical comprend toutes les forces en jeu, le résultat R est également inclus sur ce plan et croise l'axe barycentrique de la section définie ci-dessus parallèlement aux côtés de la longueur b . Soit l'excentricité de R , les pressions extrêmes σ_1 et σ_2 transmises au sol d'installation peuvent être déterminées par les formules de moulage connues:

$$\sigma_1 = \frac{R}{bc} \left(1 + \frac{6e}{b} \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{R}{bc} \left(1 - \frac{6e}{b} \right)$$

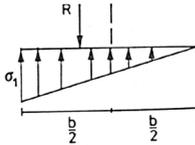
Il existe 3 situations possibles :

- R est interne au noyau central $e < b/6$, ainsi σ_1 et σ_2 sont tous deux compressifs et le diagramme de pression transmis au sol forme un trapèze;



(figure 20): Diagramme de pression relatif au résultat interne du noyau

- R est situé sur le bord du noyau $e = b/6$ et donc $\sigma_2 = 0$ et le diagramme de pression est triangulaire;

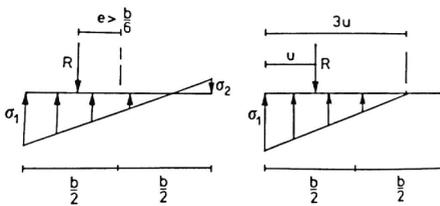


(figura 21): Diagramme de pression relatif au résultat sur le point du noyau.

- R est externe au noyau $e > b/6$ pour lequel il serait $\sigma_2 < 0$ (traction) ; incapable de transmettre les forces de traction au sol, le diagramme sera triangulaire avec une partie du sol inactif, et σ_1 sera égal à :

$$\sigma_1 = \frac{2}{3} \frac{R}{uc}$$

Où u est la distance de R à partir du bord de la section.



(figura 22): Diagramme de pression théorique et réel relatif au résultat externe au noyau

Cette troisième situation doit être évitée dans la mesure du possible et, par conséquent, la taille du test de simulation du bloc d'ancrage doit être modifiée.

Le contrôle de la résistance du sol est effectué si :

$$\sigma_1 \leq \sigma_{t,amm}$$

Vérification du défilement du bloc

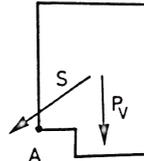
Soit N et T , les composants horizontaux et verticaux de R , le résultat doit être :

$$\frac{f \cdot N}{T} \geq 1.1$$

Lorsque, pour le coefficient de friction f , nous pouvons supposer la valeur au moyen de la formule 6. Pour le facteur de sécurité, la valeur 1.1 a été choisie, étant donné que la résistance passive des surfaces de sol en contact avec les colonnes montantes du bloc, selon le contraste T , a été négligée. Dans ce cas, cette vérification n'est pas la plus critique, de sorte qu'elle est toujours effectuée avec une valeur élevée de 1.1 lorsque les autres vérifications sont dépassées.

Vérifier le basculement du bloc

Si la poussée S est dirigée vers le bas et si sa ligne d'action se situe dans la partie interne à la base du bloc, la vérification du renversement est automatiquement effectuée, étant donné que les moments de S et de P_v se stabilisent.



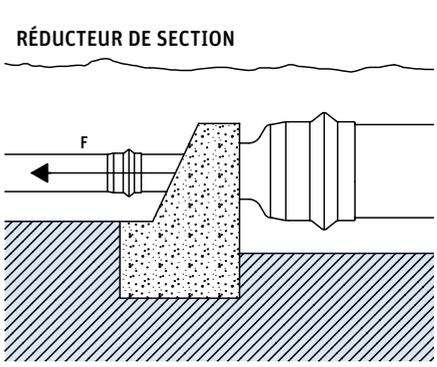
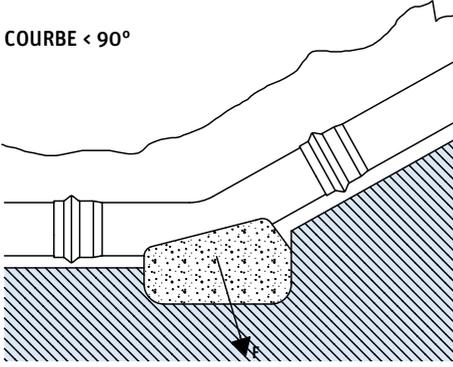
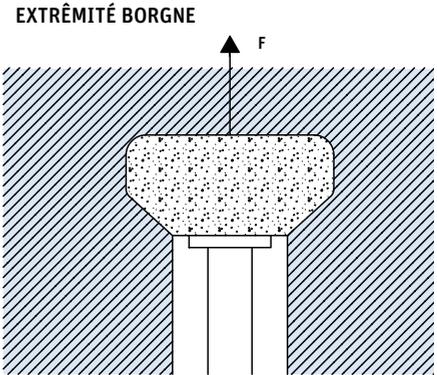
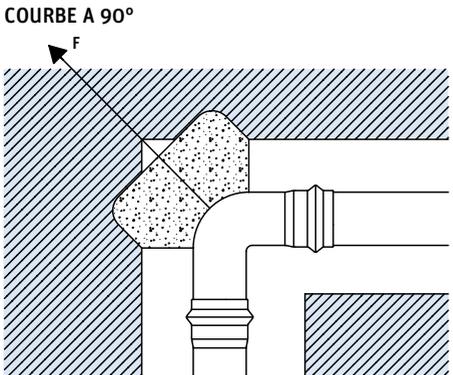
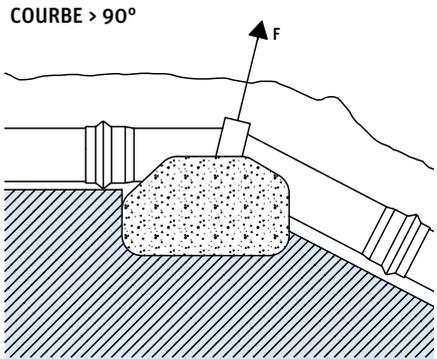
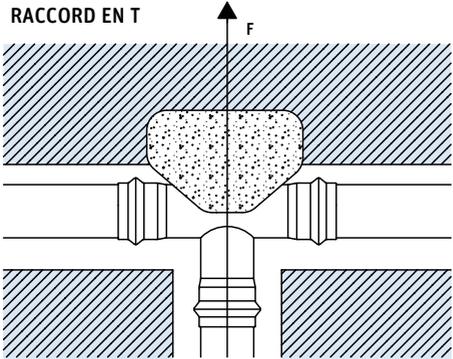
(figura 23): Pousser S vers le bas et vers l'extérieur à la base du bloc d'ancrage.

Si, d'autre part, S , bien qu'orienté vers le bas, dispose d'une ligne d'action externe à la base du bloc, le contrôle au niveau du basculement doit être effectué autour du point A Figure 20 et consiste à déterminer le point de basculement M_R en raison de S et le point de sédimentation M_S en raison de P_v , tout en vérifiant que :

$$\frac{M_S}{M_R} \geq 1.5$$

Si la poussée S a un composant vertical orienté vers le haut, le contrôle d'inclinaison doit être effectué comme indiqué dans le paragraphe précédent, mais les moments doivent être calculés par rapport au point B figure 19. En outre, dans ce cas, la poussée S tend à soulever le tuyau, donnant lieu à des forces de traction dans le bloc; par conséquent, les armatures d'ancrage du tuyau au bloc sont nécessaires.

Exemples de massifs en béton:



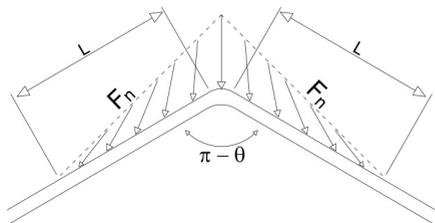
(figure 24)

3.3 / CALCUL DES LONGUEURS À VERROUILLER À L'AIDE DES JOINTS DE RETENUE (MÉTHODE ALABAMA)

L'utilisation de joints mâles avec des caractéristiques de verrouillage particulières est souvent considérée comme une alternative à la construction de massifs en béton, si les effets de la poussée hydraulique sur les tuyaux en cas de variation des plans altimétriques du trajet doivent être compensés. Il s'agit d'une technique normalement utilisée pour accélérer l'installation des conduites et éviter ainsi des ouvrages de génie civil complexes et coûteux, dont l'ampleur peut être fortement influencée par les caractéristiques mécaniques précises du sol. Par conséquent, dans les cas où les tuyaux doivent être disposés dans de petits espaces, sur des pentes considérables ou des sols non cohésifs, l'utilisation de joints mâles de retenue peut être considérée comme une alternative aux massifs en béton qui se traduit par des gains significatifs en termes de dimensions et de performances, et ce, en fonction du type de sol.

Il convient tout particulièrement de noter que les tuyaux dotés de joints de retenue peuvent être utilisés sur des pentes raides comme une alternative à d'autres systèmes d'ancrage.

En fait, au-delà d'une certaine pente, la friction entre la conduite et le sol est insuffisante pour supporter la conduite elle-même. Par conséquent, il est nécessaire d'équilibrer la gravité axiale de la conduite en utilisant des massifs en béton ou des joints de retenue, en combinant éventuellement les deux solutions.



(figura 25): calcul de la section du tuyau soumise à la force F_n , pour laquelle la longueur L ne peut pas être enlevée au moyen de joints spécialement déterminés.

Dans ce cas, il est nécessaire de vérifier que la valeur maximale de la contrainte de traction axiale, soutenue par le joint de tête du tuyau et convenablement contrainte par un bloc, est inférieure à la capacité de traction du joint. Si la longueur totale de la section inclinée est supérieure à la longueur autorisée, il est possible de diviser la partie inclinée en plusieurs sections indépendantes, chacune étant ancrée par un bloc en béton au niveau de la partie supérieure.

En général, afin de contrer correctement la poussée hydraulique, en plus des massifs en béton, les joints doivent être d'une longueur appropriée pour s'assurer que la canalisation ne peut pas être retirée. La longueur nécessaire pour rendre les tuyaux inamovibles doit être calculée indépendamment du système de verrouillage mécanique utilisé, et à l'aide de la méthode Alabama décrite ci-dessous, qui exploite l'équilibre des forces en jeu. Cette technique consiste donc à rendre les joints à verrouillage sur une longueur L suffisante d'un côté comme de l'autre d'un point unique, afin d'utiliser les forces de friction du sol ou du tuyau F_n pour équilibrer la force de poussée hydraulique:

$$L = \frac{P \cdot S}{F_n} \cdot \left(\frac{\pi - \theta}{2} \right) \cdot \text{tg} \frac{\theta}{2} \cdot c$$

(formule 1)

où:

- L longueur à verrouiller [m];
- P pression d'essai sur site [Pa];
- S section transversale [m²];
- θ angle de la courbe [radians];
- c coefficient de sécurité (généralement défini à 1,2);
- F_n force de friction par mètre de tuyau [N/m];

En particulier, la force de friction par mètre de tuyau F_n est exprimée par la formule suivante:

$$F_n = K \cdot f \cdot (2W_e + W_p + W_w)$$

(formule 2)

Où:

W_p poids métrique du tuyau vide [N/m];

W_w poids métrique de l'eau [N/m];

W_e poids métrique du remblai [N/m];

f coefficient de friction du sol ou du tuyau;

K coefficient de distribution de pressions enfouies autour des tuyaux (c'est une fonction de compactage du sol et peut varier de 1,1 à 1,5).

Le poids métrique du remblai W_e est généralement calculé au moyen de la formule suivante:

$$W_e = \gamma \cdot H \cdot D \cdot \alpha_1$$

(formule 3)

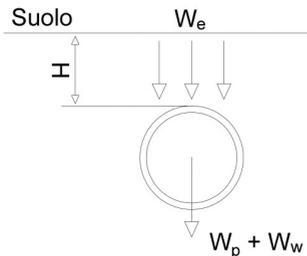
Dove:

α_1 1 (test du joint souterrain) ou 2/3 (test du joint à la surface);

D diamètre extérieur du tuyau [m];

H hauteur de couverture [m];

γ poids du sol en temps sec [N/m³].



Le coefficient de friction du sol ou du tuyau suppose une valeur qui est une fonction de l'angle de friction du sol:

$$f = \alpha_2 \cdot tg(0.8 \cdot \phi)$$

(formule 4)

Où:

α_2 a une valeur de 1,5;

ϕ angle de friction du sol.

La longueur à verrouiller peut être déterminée par un coefficient de sécurité c , dont la valeur (généralement définie à 1,2) est supposée dépendre des éléments suivants :

- la précision de l'installation;
- la qualité et le compactage des déchets;
- l'incertitude quant aux caractéristiques physiques du remblayage.

Si nécessaire, il est judicieux de tenir compte de la présence partielle ou de l'absence d'eau souterraine, en ajustant le poids du tuyau à la valeur de poussée d'Archimède correspondante, et au poids spécifique du sol qui dans ces cas, sera considéré comme saturé jusqu'à la hauteur de l'eau souterraine.

Le tableau 1 montre, en supposant un sol d'un poids spécifique de 20 KN/m³ et caractérisé par une cohésion moyenne, en l'absence d'eau souterraine, pour les tuyaux FITT Bluforce de classe PN16, les longueurs à verrouiller étant donné la modification de l'angle de la courbe et de la hauteur de couverture:

DN [mm]	Poids [N/m]	θ [degrés]											
		90			45			22.5			11.5		
		Hauteur de couverture [m]											
		1	1.5	2	1	1.5	2	1	1.5	2	1	1.5	2
110	15.9	2.9	2.0	1.5	1.8	1.2	0.9	1.0	0.7	0.5	0.6	0.4	0.3
125	20.2	3.3	2.2	1.7	2.1	1.4	1.1	1.2	0.8	0.6	0.6	0.4	0.3
140	25.1	3.7	2.5	1.9	2.3	1.6	1.2	1.3	0.9	0.7	0.7	0.5	0.4
160	33.1	4.2	2.9	2.2	2.6	1.8	1.3	1.5	1.0	0.8	0.8	0.5	0.4
200	51.2	5.3	3.6	2.7	3.3	2.2	1.7	1.8	1.2	0.9	1.0	0.7	0.5
225	64.8	5.9	4.0	3.0	3.7	2.5	1.9	2.1	1.4	1.0	1.1	0.8	0.6
250	79.4	6.5	4.4	3.3	4.1	2.7	2.1	2.3	1.5	1.2	1.2	0.8	0.6
280	99.1	7.3	4.9	3.7	4.5	3.1	2.3	2.5	1.7	1.3	1.4	0.9	0.7
315	125.6	8.1	5.5	4.2	5.0	3.4	2.6	2.8	1.9	1.5	1.5	1.0	0.8
355	159.0	9.1	6.2	4.7	5.6	3.8	2.9	3.2	2.2	1.6	1.7	1.2	0.9
400	203.0	10.1	6.9	5.3	6.3	4.3	3.3	3.5	2.4	1.8	1.9	1.3	1.0
500	313.7	12.4	8.6	6.5	7.7	5.3	4.1	4.3	3.0	2.3	2.3	1.6	1.2
630	500.0	15.3	10.6	8.1	9.5	6.6	5.0	5.3	3.7	2.8	2.9	2.0	1.5

(tableau 1): longueurs à verrouillers selon la méthode Alabama pour la classe de tuyaux FITT Bluforce PN10, en tant la modification de la hauteur de couverture, de la courbure du tuyau et du DN ; certaines caractéristiques restent fixes, notamment le poids spécifique du sol, égal à 20 kN/m³, et l'absence d'eau souterraine.

Exemples de calcul 1

Calcul de la longueur du tuyau à verrouiller aux conditions suivantes: section avec courbe à 45°, conduite FITT Bluforce DN 200 classe PN10, test de pression à 16 bars, sol à cohésion moyenne, absence d'eau souterraine, hauteur de couverture de 1,5 m.

À l'aide du tableau ci-dessus, en considérant le DN200, $\theta = 45^\circ$ et la hauteur de couverture égale à 1,5 m, nous constatons que longueur du tuyau à verrouiller selon la méthode Alabama est égale à: L=2.2 m.

Le tableau 2 montre les longueurs à verrouiller calculées en considérant un sol argilo-limoneux avec les mêmes caractéristiques indiquées pour l'exemple précédent, compte tenu de la gamme de tuyaux de classe Bluforce PN16:

DN [mm]	Poids [N/m]	θ [degrés]											
		90			45			22.5			11.5		
		Hauteur de couverture [m]											
		1	1.5	2	1	1.5	2	1	1.5	2	1	1.5	2
90	16.2	3.6	2.4	1.8	2.2	1.5	1.1	1.3	0.8	0.6	0.7	0.5	0.3
110	24.2	4.4	3.0	2.2	2.7	1.8	1.4	1.5	1.0	0.8	0.8	0.6	0.4
125	30.9	5.0	3.4	2.5	3.1	2.1	1.6	1.7	1.2	0.9	0.9	0.6	0.5
140	39.0	5.6	3.7	2.8	3.5	2.3	1.8	1.9	1.3	1.0	1.0	0.7	0.5
160	50.0	6.3	4.3	3.2	3.9	2.7	2.0	2.2	1.5	1.1	1.2	0.8	0.6
200	78.4	7.9	5.3	4.0	4.9	3.3	2.5	2.7	1.8	1.4	1.5	1.0	0.8
225	99.0	8.8	6.0	4.5	5.5	3.7	2.8	3.1	2.1	1.6	1.7	1.1	0.8
250	122.1	9.7	6.6	5.0	6.0	4.1	3.1	3.4	2.3	1.7	1.8	1.2	0.9
280	153.1	10.8	7.4	5.6	6.7	4.6	3.5	3.8	2.6	1.9	2.0	1.4	1.1
315	192.8	12.1	8.2	6.2	7.5	5.1	3.9	4.2	2.9	2.2	2.3	1.6	1.2
355	245.5	13.5	9.2	7.0	8.4	5.7	4.4	4.7	3.2	2.4	2.6	1.7	1.3
400	310.2	15.1	10.3	7.9	9.4	6.4	4.9	5.3	3.6	2.7	2.9	2.0	1.5
500	483.4	18.5	12.8	9.7	11.5	7.9	6.0	6.5	4.4	3.4	3.5	2.4	1.8
630	766.0	22.8	15.8	12.1	14.2	9.8	7.5	7.9	5.5	4.2	4.3	3.0	2.3

(tableau 2): longueurs à verrouillers selon la méthode Alabama pour la classe de tuyaux FITT Bluforce PN16, en tant la modification de la hauteur de couverture, de la courbure du tuyau et du DN ; certaines caractéristiques restent fixes, notamment le poids spécifique du sol, égal à 20 kN/m³, et l'absence d'eau souterraine.

Exemples de calcul 2

Calcul de la longueur du tuyau à verrouiller aux conditions suivantes : section avec courbe à 45°, conduite FITT Bluforce DN 110 classe PN16, test de pression à 16 bars, sol à cohésion moyenne, absence d'eau souterraine, hauteur de couverture de 1,5 m.

À l'aide du tableau ci-dessus, en considérant le DN200, $\theta = 45^\circ$ et la hauteur de couverture égale à 1,5 m, nous constatons que longueur du tuyau à verrouiller selon la méthode Alabama est égale à : L=1.8 m.

3.4 / COUP DE BÉLIER

Divers phénomènes de mouvement dans les tuyaux sous pression sont normalement causés par une variation du débit due au fonctionnement d'un régulateur. Pour des manœuvres de réglage relativement rapides, un phénomène communément appelé «coup de bélier» se produit, au cours duquel les quantités caractéristiques du débit du liquide, la pression, la vitesse et le débit varient non seulement au fil du temps, mais également le long de la conduite. Pour étudier ce phénomène, il est nécessaire de prendre en compte la capacité de compression du liquide et la capacité de déformation de la conduite. Un débit de déplacement variable est donc défini, ce qui entraîne des fluctuations de la charge hydraulique.

L'aspect le plus intéressant du phénomène de déplacement variable, d'un point de vue technique, est la détermination des surpressions et des dépressions maximales qui se produisent le long de la conduite, ce qui peut être très dangereux. Le premier facteur à cause des contraintes plus importantes qu'elles entraînent dans le matériau et le second parce qu'elles peuvent baisser la pression interne en dessous de la pression atmosphérique, de sorte que la conduite soit soumise à des forces compressives et puisse ne pas être capable de les supporter.

Calcul de la vitesse de la perturbation

Un déplacement variable se produit dans ces conduites une fois les manœuvres de réglage effectuées afin de varier le débit. Une manœuvre de clôture est donc réalisée à un temps T_c et l'on suppose que la manœuvre est linéaire, dans la mesure où la zone de la section terminale de sortie varie de manière linéaire au fil du temps, à partir de la valeur initiale jusqu'à sa suppression. Dès que la manœuvre de fermeture commence, une perturbation commence à se produire dans la section de sortie, caractérisée par une augmentation de la pression et une diminution de la vitesse, qui se propage le long de la conduite à une vitesse donnée en fonction de la formule suivante, appelée équation «Allievi»:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{D}{s} \frac{\varepsilon}{E}}}$$

(formule 1)

où ε et ρ sont respectivement le module de compressibilité cubique et la densité du liquide, E le module d'élasticité du matériau du tuyau, $[et]$ D et s le diamètre et l'épaisseur de celui-ci.

Pour les conduites non déformables (E qui tendent vers l'infini), lorsque l'eau est considérée comme le liquide (pour lequel $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ et $\varepsilon = 2,03 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$), la vitesse avec laquelle la perturbation se propage a pour résultat $a = (\varepsilon/\rho) 0,5 = 1425 \text{ m/s}$.

En raison de la déformation du tuyau, la vitesse est plus faible et, pour un matériau donné, elle suppose des valeurs qui diminuent au fur et à mesure que le rapport D/s augmente. Résultats en moyenne avec des valeurs E à court terme:

Tuyaux en acier	$E \approx 2.06 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$	$a=1000 \div 1250 \text{ m/s}$
Tuyaux en fonte	$E \approx 1.05 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$	$a=1000 \div 1200 \text{ m/s}$
Tuyaux en ciment	$E \approx 10^{10} \text{ N/m}^2$ (a trazione)	$a=700 \div 800 \text{ m/s}$
Tuyaux en PVC-A	$E \approx 2.5 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$	$a=250 \div 450 \text{ m/s}$
Tuyaux en HDPE	$E \approx 8.8 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$	$a=200 \div 300 \text{ m/s}$
Tuyaux en PVRF	$E \approx 1.2 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$	$a=450 \div 600 \text{ m/s}$

Par conséquent, compte tenu du transport de l'eau et du module d'élasticité spécifique des tuyaux FITT Bluforce, la vitesse de perturbation devient:

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + 0.6767 \cdot \frac{D}{s}}}$$

(formule 2)

Pour des valeurs de vitesse très élevées, le phénomène de coup de bélier se produit en très peu de temps. Il est donc très influencé par les résistances au frottement qui sont généralement négligées.

Allievi offre un traitement complet du coup de bélier pour parvenir à des résultats concluants. Les équations qui régulent le phénomène sont celles du déplacement variable et de la continuité, qui doivent être définies en tenant compte des caractéristiques d'élasticité du liquide et de la tuyauterie. L'intégration de ces équations, en tenant compte des conditions initiales, mouvement uniforme ou permanent de la conduite, et de ceux qui les entourent, représentée par l'invariabilité de la pression dans la section d'entrée et la loi de fermeture de la vanne à flotteur dans la section de sortie, est la solution au problème. La surcharge maximale qui se produit au niveau de la section de sortie peut être estimée sur la base du temps et de la manœuvre de fermeture de l'obturateur.

Manœuvres de fermeture

La durée de la phase correspond à la durée pendant laquelle la perturbation s'est propagée de la section de sortie à la section d'entrée et est revenue à la sortie après avoir été réfléchi; tout particulièrement, elle est calculée comme suit:

$$T = \frac{2L}{a}$$

(formule 3)

Où L est la longueur du tuyau et à la vitesse de propagation de la perturbation. Le temps de manœuvre exprimé en phases θ peut être exprimé en référence à la durée caractéristique T_c au moyen de la formule:

$$\theta = \frac{aT_c}{2L}$$

(formule 4)

Pour les manœuvres de fermeture instantanée, la surpression maximale Δh_{max} se produit le long de

la conduite entière, ce qui, exprimé en mètres de colonne liquide, est égal à:

$$\Delta h_{max} = \frac{aV_0}{g}$$

(formule 5)

avec vitesse V_0 et accélération de la gravité g . La dépression maximale est égale en valeur absolue à la surpression maximale.

Pour les manœuvres de fermeture brusque, c.-à-d. celles qui concernent la durée,

$$T_c \leq \frac{2L}{a}$$

la surpression maximale dans la section de sortie est toujours celle donnée par la formule 4, mais cette valeur ne se produit plus sur toute la conduite, mais seulement sur une partie de celle-ci. Plus précisément, la section concernée par la surpression maximale, en commençant par la section de sortie, aura la longueur suivante:

$$x = L - \frac{aT_c}{2}$$

(formule 6)

Dans la section suivante, la surpression maximale diminue conformément à une loi linéaire jusqu'à ce qu'elle soit annulée à la section d'admission.

Pour les manœuvres de fermeture lente, c.-à-d. celles qui concernent la durée,

$$T_c > \frac{2L}{a}$$

caractérisées par une loi de variation de vitesse linéaire, la surpression maximale est généralement calculée suivant la formule d'Allievi-Michaud:

$$\Delta h_L = \frac{2LV_0}{gT_c}$$

(formule 7)

De nombreuses études relatives aux systèmes hydroélectriques, dans lesquels la résistance au mouvement est très faible afin d'optimiser l'énergie qui peut être produite, ont prouvé que la formule d'Allievi-Michaud est fiable, même dans le cas de manœuvres de vitesse non linéaires, dans l'évaluation de la surpression critique résultant des manœuvres les plus défavorables parmi les manœuvres infinies possibles au moyen de l'obturateur du système, à partir de n'importe quel degré d'ouverture jusqu'à sa fermeture complète.

Dans les systèmes d'adduction d'eau et d'irrigation, où, par contre, la production de l'énergie n'est pas nécessaire, on constate souvent des chutes importantes de pression, car l'optimisation de la conception tend à réduire les diamètres; la formule d'Allievi-Michaud peut fournir des résultats beaucoup moins fiables si la manœuvre de fermeture n'est pas linéaire.

De nombreux auteurs ont étudié le cas des manœuvres lentes, c'est-à-dire celles qui présentent l'un des plus importants intérêts pratiques. En outre, de nombreuses recherches ont été consacrées à l'évaluation de l'effet des chutes de pression lorsque la manœuvre s'effectue suivant la loi linéaire de variation de la zone de sortie. En adoptant l'approximation non élastique du problème (dans lequel le tuyau est considéré comme non élastique, pas élastique et non déformable), de nombreux auteurs ont proposé des formules explicites pour l'évaluation de la surcharge maximale qui, lors du coup de bélier, est atteinte dans la section de sortie pour les lois de manœuvre linéaire à la lumière de la sortie. Ces formules peuvent toutes être résumées, comme le démontrent De Martino et Giugni (1990), à l'expression suivante sans dimension:

$$\frac{h_{\max}}{Y_g} = y_{\max} = 1 + z_{\max} = \left[\frac{\rho'}{4\theta} + \sqrt{\left(\frac{\rho'}{4\theta}\right)^2 + 1} \right]^2 \quad (formule 8)$$

Ayant supposé:

$$\rho' = \frac{\rho}{\sqrt{1-\sigma}} \quad (formule 9)$$

Où $\rho = \frac{aV_0}{gY_g}$ est le numéro caractéristique d'Allievi

$\sigma = \frac{J_0 L}{Y_g}$ exprime les chutes de pression, Y_g est la charge géodétique, h_{\max} est la surcharge maximale, y_{\max} la surcharge maximale sans dimension et z_{\max} la charge maximale sans dimension au niveau de l'obturateur.

En 1913, Allievi avait déjà identifié l'expression de la charge maximale en l'absence de chute de pression. En effet, il a démontré que, pour une manœuvre de fermeture lente et linéaire dans le point de passage du fluide, ses équations concaténées entraînaient une charge limite donnée en fonction de:

$$y_{\max} - \frac{\rho}{2\theta} \sqrt{y_{\max}} - 1 = 0 \quad (formule 10)$$

Ramponi a ensuite démontré en 1942 qu'une expression complètement similaire s'applique même en cas de chute de pression non négligeable, à condition que la quantité ρ définie ci-dessus soit remplacée par ρ' :

$$y_{\max} - \frac{\rho'}{2\theta} \sqrt{y_{\max}} - 1 = 0 \quad (formule 11)$$

La formule 11 coïncide avec la formule 9 pour l'hypothèse non élastique, en considérant la formule 11 comme une équation de second degré dans le facteur inconnu $\sqrt{y_{\max}}$.

En comparant la surcharge donnée par la formule de Ramponi à celle donnée par la formule d'Allievi-Michaud, il est possible de les considérer comme des valeurs σ très élevées et des manœuvres très lentes

($\Theta > 10$), z_{max} peut être beaucoup plus élevé que la valeur donnée suivant la formule d'Allievi-Michaud, qui, comme mentionnée précédemment, n'est pas fiable dans ces cas.

Dans les conduites qui disposent d'une pompe, il existe une formule pratique pour calculer le temps T_p entre l'arrêt de la pompe et l'annulation de la vitesse du liquide dans la conduite (formule de Mendiluce):

$$T_p = \frac{M \cdot L \cdot v}{g \cdot H_p} + C$$

(formule 12)

Où T_p est le temps d'annulation de la vitesse du liquide après l'arrêt de la pompe, la longueur du tuyau

v , la vitesse du fluide, H_p la prévalence de la pompe et M et C deux coefficients de L et de la relation entre L et H_p . Les coefficients C et M sont représentés dans les Tableaux 1 et 2:

$H_p/L\%$	10	20	25	30	35	40
C	1	1	0,8	0,5	0,4	0

(tableau 1): Les valeurs de C lorsque le rapport H_p/L change

L	250	500	1000	1500	2000
M	2	1,75	1,5	1,25	1,15

(tableau 2): Les valeurs de M lorsque L change

Exemple de calcul

Les transitoires de pression liées à une manœuvre de fermeture linéaire dans laquelle l'obturateur atteint une fermeture complète en 200 s dans un tuyau de gravité caractérisé par les données techniques d'usine suivantes sont analysées:

$$L=10000 \text{ m} \quad D=0.5 \text{ m} \quad Q=0.50 \text{ m}^3/\text{s} \quad V_0=1.60 \text{ m/s}$$

$$a=339.90 \text{ m/s} \quad Y_g=50 \text{ m} \quad J_0 L=45 \text{ m} \quad T_c=200 \text{ s}$$

À partir des données ci-dessus, les quantités suivantes sont obtenues:

$$\rho = \frac{aV_0}{gY_g} = 1.11 \quad \Delta h_{max} = \frac{aV_0}{g} = 55.60 \text{ m} \quad \sigma = \frac{J_0 L}{Y_g} = 0.9$$

$$\rho' = \frac{\rho}{\sqrt{1-\sigma}} = 3.52 \quad \theta = \frac{aT_c}{2L} = 3.40 \text{ s'}$$

À partir du rapport d'Allievi-Michaud (7), valable pour les manœuvres linéaires en matière de vitesse et de chutes de pression négligeables, vous obtiendrez:

$$\Delta h_L = \frac{2LV_0}{gT_c} = 16.31 \text{ m}$$

A partir de la relation (5) relative à une fermeture instantanée, ce qui suit se produirait:

$$\Delta h_{max} = \frac{aL}{g} = 55.43 \text{ m}$$

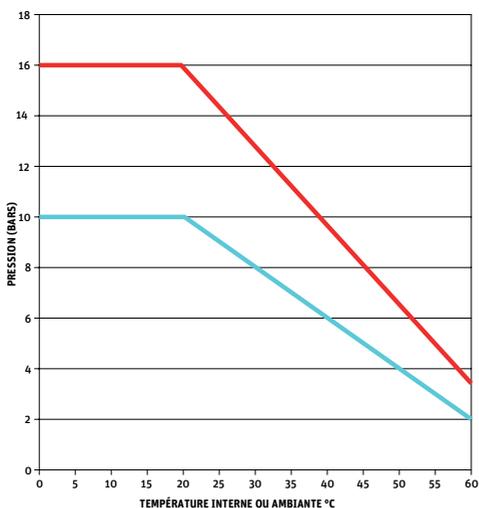
3.5 / INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LA PRESSION

Tous les matériaux plastiques subissent une diminution de la résistance lorsqu'ils sont soumis à des températures élevées.

FITT Bluforce subira également une diminution de sa pression nominale, en fonction de la température de fonctionnement.

Il est recommandé de prévoir une diminution de 2% de la pression nominale pour chaque degré au-delà de la valeur optimale de 20° et de ne dépasser en aucun cas la température maximale de 60°.

Diminution de la PN [pression nominale] en fonction de la température:



(figure 26)

3.6 / RÉSISTANCE À LA CORROSION ET AUX SUBSTANCES CHIMIQUES

FITT Bluforce résiste à presque tous les types de corrosion de nature chimique et électrochimique. Étant donné que FITT Bluforce n'est pas un bon conducteur, il n'est pas sensible aux courants faibles galvaniques ou électrochimiques.

Puisqu'il n'est pas un matériau métallique, il est parfaitement résistant à tout type de corrosion causée par les métaux.

Par conséquent, une eau ou un sol agressif en raison d'une teneur élevée en sulfate ou d'une faible dureté de l'eau transportée n'affecte pas le tuyau FITT Bluforce. Les tuyaux et raccords FITT Bluforce sont également résistants à plusieurs types d'eau et de substances chimiques industrielles, de sorte qu'ils offrent des avantages considérables en termes de prolongation de la durée de vie et de réduction des coûts de maintenance, ce qui entraîne une réduction du coût total pendant toute la durée de vie de la conduite.

Les tableaux suivants présentent la résistance de FITT Bluforce à divers agents chimiques. Se référer à «Principes généraux et du choix des matériaux».

+ Résistant
 - Non résistant
 0 Partiellement résistant
 C Consulter FITT

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES AGENTS CHIMIQUES

Produit	Concentration	Classification à 20°C	
		FITT Bluforce	Power Lock
Acéaldéhyde	Solution de 40 % (p/v)	+	+
	Solution de 100% (p/v)	0	0
Acide acétique	Solution de 10% (p/v)	+	+
	Solution de 60% (p/v)	+	0
Anhydride acétique	Glacial	0	+
	Techniquement pur	-	+
Acétone	Techniquement pur	-	+
	Jusqu'à 10 % de teneur en eau	-	0
Acide adipique	Teneur en eau saturée	+	+
Spiritueux			
Hydrocarbures aliphatiques		+	+
Chlorure d'aluminium	10% de teneur en eau	+	+
	Saturée	+	+
Fluorure d'aluminium		+	+
Hydroxyde d'aluminium		+	+
Nitrate d'aluminium		+	+
Oxalate d'aluminium		+	+
Oxychlorure d'aluminium		+	+
Sulfate de potassium et d'aluminium (alum)		+	+
		+	+
Sulfate d'aluminium	10% de teneur en eau	+	+
	Teneur en eau saturée froide	+	+
Ammoniac	Gaz techniquement pur	+	+
	Teneur en eau froide saturée	+	+
Solution d'ammoniac (hydroxyde d'ammonium)	10% de teneur en eau	+	+
	Teneur en eau saturée	+	+
Carbonate d'ammonium	50% de teneur en eau	+	+
Chlorure d'ammonium	10% de teneur en eau	+	+
	Teneur en eau froide saturée	+	+
Citrate d'ammonium ferreux		+	+
Fluorure d'ammonium	25%	-	+
Difluorure d'hydrogène et d'ammonium		+	+
Métaphosphate d'ammonium		+	+
Nitrate d'ammonium	10% de teneur en eau	+	+
	Teneur en eau saturée	+	+
Orthophosphate d'ammonium		+	+
Persulfate d'ammoniaque ++		+	+
Sulfate d'ammonium	10% de teneur en eau	+	+
	Teneur en eau saturée	+	+
Thiocyanate d'ammonium		+	+
Chlorure de zinc et d'ammonium			
Acétate d'amyle	Techniquement pur	-	+
Alcool amylique	Techniquement pur	-	+
Aniline	Techniquement pur	-	0
Hydrochlorure d'aniline	Techniquement pur	+	0
Anthraquinone		+	-
Acide sulfonique et anthraquinone		+	+
Trichlorure d'antimoine	90% de teneur en eau	+	+
Eaux usées	Diluées	+	C
Acide arsénique	80% de teneur en eau	+	-

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES AGENTS CHIMIQUES

Produit	Concentration	Classification à 20°C	
		FITT Bluforce	Power Lock
Acides arylsulfoniques		+	-
Carbonate de baryum		+	+
Chlorure de baryum		+	+
Hydroxyde de baryum	Teneur en eau saturée	+	+
Sulfate de baryum		+	+
Sulfite de baryum		+	+
Bière	A usage commercial	+	+
Benzaldéhyde	100 % de teneur en eau saturée	-	+
Benzène	Techniquement pur	-	C
Acide benzoïque	Totalement aqueux	+	+
Alcool benzylique	Techniquement pur	0	0
Carbonate de bismuth		+	+
Borax, voir tétraborate de disodium	Totalement aqueux	+	+
Acide borique	Totalement aqueux	+	+
Trifluorure de bore			
Saumure		+	+
Brome liquide		-	C
Bromométhane (bromure de méthyle)		-	-
Butadiène	Techniquement pur	+	C
Butane	Techniquement pur	+	C
Butanols	Techniquement pur	+	+
Acétate de butyle	Techniquement pur	-	0
Butylphénols	Techniquement pur	+	C
Acide butyrique	20% de solution aqueuse	-	-
Carbonate de calcium		+	+
Chlorate de calcium		+	+
Chlorure de calcium	Tous ont une teneur en eau saturée	+	+
Hydrogénosulfite de calcium		+	+
Hydroxyde de calcium	Teneur en eau saturée	+	+
Hypochlorite de calcium	Teneur en eau saturée froide		
Nitrate de calcium	50% de teneur en eau	+	+
Sulfate de calcium			
Sulfite de calcium		-	-
Dioxyde de carbone (acide carbonique)	Anhydre techniquement pure	+	+
	Humidité techniquement pure	+	+
Disulfure de carbone	Techniquement pur	-	C
Monoxyde de carbone	Techniquement pur	+	+
Tétrachlorure de carbone	Techniquement pur	-	-
Caséine	Techniquement pur	+	+
Hydrate de chloral	Techniquement pur	+	+
Acide chlorique	10% de teneur en eau	+	C
	20% de teneur en eau	+	C
Chlore, gaz	10% sec	+	+
	100%	-	-
	10% humide	-	+
Eau de chlore	Saturée	+	+
	Techniquement pur	+	+
Acide monochloroacétique	50% de teneur en eau	+	+
Chlorobenzène	Techniquement pur	-	-

+ Résistant
 - Non résistant
 0 Partiellement résistant
 C Consulter FITT

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES AGENTS CHIMIQUES

Produit	Concentration	Classification à 20°C	
		FITT Bluforce	Power Lock
Chloroéthane (chlorure d'éthyle)		-	-
Chloroforme	Techniquement pur	-	-
Chlorométhane (chlorure de méthyle)	Techniquement pur	-	-
Acide chlorosulfonique	Techniquement pur	+	C
Acide chromique	Jusqu'à 50% de teneur en eau	+	C
	Totalement aqueux	+	C
Sulfate de chrome et de potassium chromique (Chrome alum)	10% de teneur en eau	+	+
Cidre	À usage commercial	+	+
Acide citrique	10% de teneur en eau	+	+
Chlorure de cuivre		+	+
Cyanure de cuivre		+	+
Fluorure de cuivre		+	+
Nitrate de cuivre		+	+
Sulfate de cuivre		+	+
Crésols	Jusqu'à 90% de teneur en eau	0	C
Crotonaldéhyde	Techniquement pur	-	C
Cyclohexanol	Techniquement pur	-	-
Cyclohexane	Techniquement pur	+	+
Détergents (synthétiques)	Dilué pour utilisation	+	+
Développeurs (photographiques)	À usage commercial	+	+
Dextrine	À usage commercial	+	C
Dextrose		+	+
Phtalate de dibutyle	Techniquement pur	-	+
Dichlorobenzène	Techniquement pur	-	-
Dichlorodifluorométhane		+	+
Dichloréthane (dichlorure d'éthylène)		-	-
Dichloroéthylène	Techniquement pur	-	-
Dichlorométhane (chlorure de méthylène)		-	-
Gazoil		-	-
Digol (diéthylène glycol)		+	+
Diméthylamine	Techniquement pur	0	-
Phtalate de dioctyle	Techniquement pur	-	0
Dioxane	Techniquement pur	-	+
Acide dodécanoïque (acide laurique)		+	+
Dodécanol (alcool laurique)		+	+
Émulsifiants	Tous	+	+
	Émulsion (photographique)	+	+
Éthane		+	+
Éthanediol (éthylène glycol)		+	+
Éthanol (alcool éthylique)†	95 à 100%	+	-
	40% (v/v) de solution aqueuse	+	+
Éthers	Techniquement pur	-	-
Acétate d'éthyle	Techniquement pur	-	+
Alcool éthylique	Techniquement pur à 96%	+	+
Butyrate d'éthyle		-	-
Chlorure d'éthyle	Techniquement pur	-	+
Formiate d'éthyle	Techniquement pur	-	-

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES AGENTS CHIMIQUES

Produit	Concentration	Classification à 20°C	
		FITT Bluforce	Power Lock
Lacate d'éthyle	Techniquement pur	-	-
Éthylène glycol	Techniquement pur	+	+
Oxyde d'éthylène (oxirane)	Liquide techniquement pur	-	C
Acide gras	Techniquement pur	+	+
Chlorure de fer		+	+
Nitrate de fer		+	+
Sulfate de fer		+	+
Chlorure ferreux		+	+
Sulfate ferreux		+	+
Sel d'engrais	Aqueux	+	+
Solution de fixation (photographique)		+	+
Fluor	Techniquement pur	0	C
Acide fluorosilicique	conc.	+	+
	40% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	3% de solution aqueuse	+	+
	10% de solution aqueuse	+	+
	25% de solution aqueuse	+	+
Formaldéhyde	50% de solution aqueuse	-	-
	100% de solution aqueuse	-	-
		+	+
Fructose		+	+
Jus de fruits	À usage commercial	+	+
Furfuraldéhyde (furfural)	Techniquement pur	-	-
Glucose		+	+
Glycérol		+	+
Glycol		+	+
Acide glycolique	37 % de teneur en eau	+	0
Sucre de raisin		+	+
Heptane	Techniquement pur	+	-
Hexadécanol (alcool cétylique)		-	-
Acide hydrobromique	50% (p/v) de solution aqueuse	+	+
	5% de teneur en eau	+	+
	10% de teneur en eau	+	+
Acide chlorhydrique	Jusqu'à 30% de teneur en eau	+	+
	36% de teneur en eau	+	+
	10% (p/v) de solution aqueuse	+	+
Acide hydrocinnamique	4% (p/v) de solution aqueuse	+	+
	40% (p/v) de solution aqueuse	+	C
	60% (p/v) de solution aqueuse	+	C
Acide fluorhydrique	Conc.	C	C
		+	+
Hydrogène	Techniquement pur	+	+
Bromure d'hydrogène	Anhydre	+	+
Chlorure d'hydrogène	Anhydre	+	C
Fluorure d'hydrogène	Anhydre	+	-
	3% (p/v) de solution aqueuse	+	C
	10% (p/v) de solution aqueuse	+	C
Peroxyde d'hydrogène	30% (p/v) de solution aqueuse	+	C
	90% (p/v) de solution aqueuse	+	C
		+	C

+ Résistant
 - Non résistant
 0 Partiellement résistant
 C Consulter FITT

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES AGENTS CHIMIQUES

Produit	Concentration	Classification à 20°C	
		FITT Bluforce	Power Lock
Sulfure d'hydrogène		+	+
Sulfate d'hydroxylammonium		+	C
Acide hypochloré		+	+
Iodine	Solution d'iode de potassium	-	0
Sel ferreux	Totalement aqueux	+	+
Alcool isopropylique	Techniquement pur	+	+
Acide lactique	10% (p/v) de solution aqueuse	+	+
Acide lactique	100% (p/v) de solution aqueuse	+	+
Lanoline	Techniquement pur	+	C
Acide laurique	Techniquement pur	+	C
Alcool laurique	Techniquement pur	+	+
Acétate de plomb		+	+
Arséniate de plomb		+	+
Nitrate de plomb		+	+
Tétraéthylplomb		+	+
Acide linoléique		+	+
Huile de lin		+	C
Carbonate de magnésium		+	+
Chlorure de magnésium		+	+
Hydroxyde de magnésium		+	+
Nitrate de magnésium		+	+
Sulfate de magnésium		+	+
Acide maléique	25% (p/p) de solution aqueuse	+	C
	50% (p/p) de solution aqueuse	+	C
	Conc.	+	C
Acide maléique	1% de teneur en eau	+	C
Sulfate de manganèse		+	+
Chlorure de mercure		+	+
Cyanure de mercure		+	+
Nitrate de mercure		+	+
Mercure		+	+
Savons métalliques (solubles dans l'eau)		+	+
Acétate de méthyle	Techniquement pur	-	C
Bromométhane	Techniquement pur	-	C
Chlorométhane	Techniquement pur	-	C
Méthyléthylcétone	Techniquement pur	-	C
Sulfate d'hydrogène et de méthyle	90% (p/p) de solution aqueuse	+	+
Sulfate de méthyle		+	+
Alcool dénaturé		-	-
Méthylcyclohexanone		-	-
Chlorure de méthylène		+	C
Lait	À usage commercial	+	+
Huiles minérales		+	+
mélasse	À usage commercial	+	+
Monochlorobenzène		-	-
Naphta		+	-
Naphtène	Techniquement pur	-	C
Chlorure de nickel	Teneur en eau saturée froide	+	+
Nitrate de nickel	Teneur en eau techniquement pure	+	+

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES AGENTS CHIMIQUES

Produit	Concentration	Classification à 20°C	
		FITT Bluforce	Power Lock
Sulfate de nickel	Teneur en eau techniquement pure	+	+
Acide nicotinique	5% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	10% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	25% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	50% (p/p) de solution aqueuse	-	C
Acide nitrique	70% (p/p) de solution aqueuse	-	C
	95% (p/p) de solution aqueuse	-	C
	Techniquement pur	-	C
Nitrobenzène	Techniquement pur	-	C
Nitropropane	Techniquement pur	-	C
Emanations nitreuses	Faible, humide et sec	+	+
Octane		+	+
Acide oléique	Techniquement pur	+	0
	20% de solution aqueuse	+	+
	30% de solution aqueuse	+	+
	50% de solution aqueuse	+	+
Acide orthophosphorique	95% de solution aqueuse	+	-
	Teneur en eau saturée froide	+	+
Acide oxalique	Tous	+	+
Oxygène	Jusqu'à 2% d'air	+	+
Ozone	Teneur en eau saturée froide	+	+
		+	C
Huile de palme		+	C
Acide palmitique	10%	+	C
Huile de paraffine		+	C
Pentane		+	+
Acide perchlorique	10%	+	C
	70%	0	C
Pétrole		+	C
Pétrole dénaturé		+	C
Phénol		-	-
Phénylcarbinol	Techniquement pur	-	-
Phénylhydrazine	Techniquement pur	-	-
Hydrochlorure de phénylhydrazine	Aqueux	+	+
	Gaz	+	C
Phosgène	Liquide	-	C
		+	+
Phosphates		+	+
Phosphine		+	+
	Jusqu'à 30 % de teneur en eau	+	C
	50% de teneur en eau	+	C
Acide phosphorique	85% de teneur en eau	+	C
	Techniquement pur	+	+
Hémiptoxyde de phosphore		-	-
Trichlorure de phosphore		-	-
Acide picrique	1% (p/p) de solution aqueuse	-	-
Polyglycoléthers		+	+
Sulfate acide de potassium		+	+
Antimonate de potassium		+	+
Bicarbonate de potassium		+	+
Bichromate de potassium		+	+
Bisulfate de potassium		+	+

+ Résistant
 - Non résistant
 0 Partiellement résistant
 C Consulter FITT

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES AGENTS CHIMIQUES

Produit	Concentration	Classification à 20°C	
		FITT Bluforce	Power Lock
Borate de potassium		+	+
Bromate de potassium	Teneur en eau saturée froide	+	+
Bromure de potassium	Totalement aqueux	+	+
Carbonate de potassium		+	+
Chlorate de potassium		+	+
Chlorure de potassium	Totalement aqueux	+	+
Chromate de potassium	Teneur en eau saturée froide	+	+
Cuprocyanide de potassium		+	+
Cyanure de potassium	Teneur en eau saturée froide	+	+
Dichromate de potassium		+	+
Ferricyanure de potassium		+	+
Ferrocyanure de potassium		+	+
Fluorure de potassium		+	+
Hydrocarbonate de potassium		+	+
Hydrogénosulfate de potassium		+	+
Bisulfite de potassium		+	+
Hydroxyde de potassium	1% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	10% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	Solution conc.	+	+
Hypochlorite de potassium		+	+
Nitrate de potassium	50% de teneur en eau	+	+
Orthophosphate dipotassique		+	+
Perborate de potassium		+	+
Perchlorate de potassium	10% de solution	+	+
Permanganate de potassium	10% de solution	+	+
	Solution conc.	+	+
Sulfate de potassium	Totalement aqueux	+	+
Sulfite de potassium		+	+
Thiosulfate de potassium		+	+
Propane	Liquide techniquement pur	+	C
	Gaz techniquement pur	+	C
Oxyde de propylène	Techniquement pur		
Hydroquinone		+	+
Ramasit	À usage commercial	+	+
Acide salicylique		+	+
Eau de mer		+	+
Acide sélénique		+	+
Acétate d'argent		+	+
Cyanure d'argent	Totalement aqueux	+	+
Nitrate d'argent		+	+
Solution savonneuse (aqueuse)		+	+
Acétate de sodium		+	+
Aluminate de sodium		+	+
Antimonate de sodium		+	+
Benzoate de sodium	Teneur en eau saturée froide	+	+
Bicarbonate de sodium	Teneur en eau saturée froide	+	+
Bisulfate de sodium	10% de teneur en eau	+	+
Bisulfite de sodium	Totalement aqueux	+	+
Borate de sodium			

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES AGENTS CHIMIQUES

Produit	Concentration	Classification à 20°C	
		FITT Bluforce	Power Lock
Bromure de sodium	Totalement aqueux	+	+
Carbonate de sodium	Teneur en eau saturée froide		
Chlorate de sodium	Totalement aqueux	+	+
Chlorure de sodium	Totalement aqueux	+	+
Cyanure de sodium		+	+
Ferrocyanure de sodium		+	+
Ferrocyanure de sodium		+	+
Fluorure de sodium	Teneur en eau saturée froide	+	+
Hydrogénocarbonate de sodium		+	+
de l'hydrogène-orthophosphate de sodium		+	+
Hydrogénosulfate de sodium		+	+
Hydrogénosulfite de sodium		+	+
Hydroxyde de sodium	1% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	10% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	40% (p/p) de solution aqueuse	+	+
Hydroxyde de sodium en continu	Solution conc.	+	+
Hypochlorite de sodium	15% de chlore disponible	+	+
Hyposulfate de sodium		+	+
Métaphosphate de sodium		-	-
Nitrate de sodium	Teneur en eau saturée froide		
Nitrite de sodium	Teneur en eau saturée froide		
Orthophosphate trisodique		-	-
Perborate de sodium		-	-
Peroxyde de sodium		-	-
Silicate de sodium	Totalement aqueux	+	+
Sulfate de sodium	Teneur en eau saturée froide	+	+
Thiosulfate de sodium	Teneur en eau saturée froide	+	+
Savon doux		+	+
Chlorure d'étain	Chlorure	+	+
Chlorure d'étain		+	+
Amidon	À usage commercial	+	C
Acide stéarique		+	C
Saccharose		+	+
Soufre	Colloïdal	+	+
	Sec	+	+
Dioxyde de soufre	Humide	-	-
	Liquide	-	-
Trioxyde de soufre		+	+
		+	+
Acide sulfurique	10% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	20% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	30% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	40% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	50% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	55% (p/p) de solution aqueuse	+	+
Acide sulfurique	60% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	70% (p/p) de solution aqueuse	+	+
	80% (p/p) de solution aqueuse	-	-
	90% (p/p) de solution aqueuse	-	-
	95% (p/p) de solution aqueuse	-	-

+ Résistant
 - Non résistant
 0 Partiellement résistant
 C Consulter FITT

RECOMMANDATIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES AGENTS CHIMIQUES

Produit	Concentration	Classification à 20°C	
		FITT Bluforce	Power Lock
Acide sulfureux	10% de solution aqueuse	+	C
	30% de solution aqueuse	+	C
Agents actifs de surface	Tous	+	+
Suif	Techniquement pur	+	C
Acide tannique	Totalement aqueux	+	+
Extraits de tanin	Habituel	+	+
Acide tartrique	Totalement aqueux	+	C
Tétraéthylplomb	Techniquement pur	+	+
Tétrahydrofurane	Techniquement pur	-	-
Tétrahydronaphtalène (tétraline)	Techniquement pur	-	-
Chlorure de thionyle	Techniquement pur	-	C
Toluène	Techniquement pur	-	C
Huile pour transformateur	Techniquement pur	+	+
Phosphate de tributyle	Techniquement pur	-	-
Chlorure de thionyle	Techniquement pur	-	C
Acide trichloracétique	Techniquement pur	0	0
	50% de teneur en eau	+	0
Trichlorobenzène		-	-
Trichloroéthane		-	-
Trichloroéthylène		-	-
Triéthanolamine		+	-
Trigol		+	+
Triméthylamine		-	-
Triméthylolpropane		+	+
Phosphate trisodique		+	+
Turpentine	Techniquement pur	-	-
Urée	Jusqu'à 30 % de teneur en eau	+	+
Huiles végétales	À usage commercial	+	-
Vinaigre		+	+
Acétate de vinyle monomère		-	-
Acétate de vinyle polymère		+	+
Eau	Condensée	+	+
Eau	Distillée désionisée	+	+
Eau	Potable	+	+
Eau	Déchets exempts de solvant organique	+	+
Agents mouillants	Jusqu'à 5% de teneur en eau	+	+
Vins et spiritueux	À usage commercial	+	+
Xylène	Techniquement pur	-	C
Xylénol		-	C
Sel de zinc		+	+

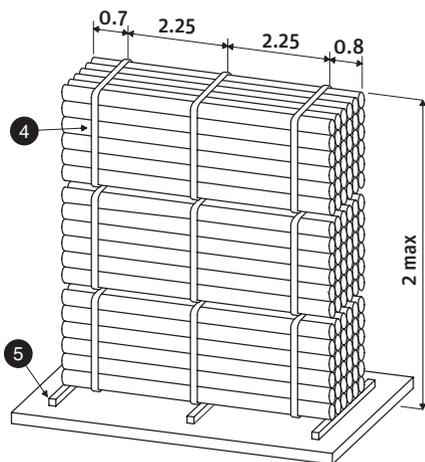
4. guide d'installation

4.1 / STOCKAGE

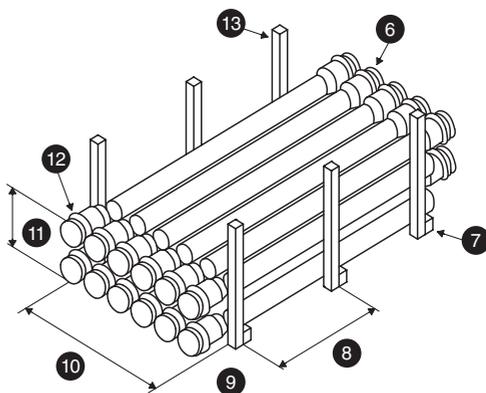
Les tuyaux FITT Bluforce doivent être entreposés sur une surface suffisamment plane et exempte d'objets tranchants, de pierres ou de saillie, afin d'éviter toute déformation ou tout dégât.

Dans les dépôts ou les entrepôts, les faisceaux tubulaires doivent être stockés par trois unités au plus et sur 2 m de hauteur, à partir du plus petit.

es faisceaux sont encastrés dans du bois ; ils doivent être empilés les uns sur les autres. Les tuyaux empilés en vrac dans des entrepôts ou des aires de stockage ne devraient pas dépasser sept couches, soit une hauteur maximale de 1,5 m. La largeur de la couche inférieure ne devrait pas être supérieure à 3 m. La méthode de stockage doit garantir l'uniformité du support le long du tuyau (par exemple, les tuyaux avec la tige et l'embout mâle doivent être placés avec l'embout mâle saillant à des extrémités alternées dans les piles).



(figura 27)



(figura 28)

Où:

- 4 planches de bois
- 5 essieux de support supplémentaires

Où:

- 6 embouts mâles protégés par des capuchons pour une exposition prolongée au soleil
- 7 poutres de support solides
- 8 entraxe maximal de 1,5m
- 9 tuyaux plus rigides stockés en bas
- 10 largeur maximale de 3m
- 11 stockage maximal: 7 couches maximum ou 1,5m
- 12 embouts mâles alternés

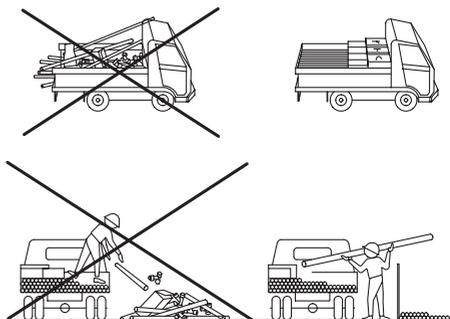
Une exposition prolongée aux rayons ultraviolets intenses (lumière du soleil) peut légèrement réduire la résistance aux chocs des tuyaux FITT Bluforce et entraîner une décoloration. Cependant, la résistance à la pression d'eau interne n'est pas réduite. Une protection adéquate avec une couverture matte dotée d'orifices d'aération libres (toile ou feuille de polyéthylène) est recommandée si le temps de stockage prévu sous l'exposition dépasse 12 mois.

Les tuyaux doivent être mis à l'abri de toute source de chaleur et ne doivent pas être exposés à d'autres dangers potentiels tels que le diesel, les peintures ou les solvants.

4.2 / MANIPULATION

Les tuyaux FITT Bluforce sont légers, robustes, résistants aux chocs et faciles à transporter. Cependant, nous vous exhortons à respecter les recommandations suivantes.

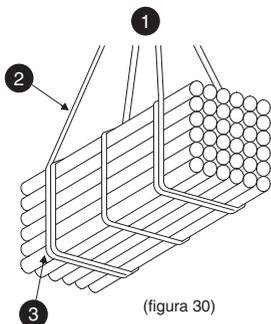
Lorsque les tuyaux doivent être manipulés individuellement, ils doivent être retirés, déplacés et transportés de manière contrôlée et ne doivent jamais être jetés ou traînés.



(figure 29)

Les tuyaux uniques qui ont une taille nominale maximale de 315 mm peuvent être manipulés par deux personnes sans difficulté. Les tuyaux ayant des dimensions nominales importantes peuvent nécessiter du matériel de transport, de même que les faisceaux.

Le déchargement des faisceaux tubulaires nécessite des équipements mécaniques appropriés. La technique choisie ne doit pas endommager les tuyaux, à l'instar du chariot élévateur avec fourche plate protégée ou des grues adaptées avec barres extensives. Les tuyaux ne doivent jamais être déplacés à l'aide de câbles et de harnais métalliques ou de crochets et de chaînes métalliques. Les harnais, tels que les cordes ou les filets, doivent être non métalliques.



(figura 30)

Où:

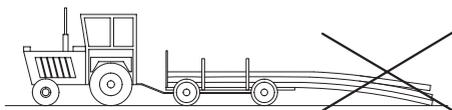
- 1 manipulation des piles de faisceaux à l'aide d'une grue
- 2 bande large non métallique
- 3 bandes placées à l'extérieur des planches de bois

Des véhicules à plateforme devraient être utilisés pour le transport des tuyaux. La table doit être exempte de clous et autres saillies. Dans la mesure du possible, les tuyaux doivent être posés uniformément sur le véhicule dans le sens de la longueur.

Les véhicules devraient être munis de supports latéraux appropriés espacés d'environ 2 m et les tuyaux doivent être bien fixés lors du transport. Tous les piliers doivent être plats et exempts de bords tranchants.

Les tuyaux doivent être empilés sur le véhicule de manière à ce que les embouts mâles ne soient pas chargés de poids excessifs.

Lorsque les tuyaux débordent du véhicule, la saillie ne doit pas être supérieure à 1 m.



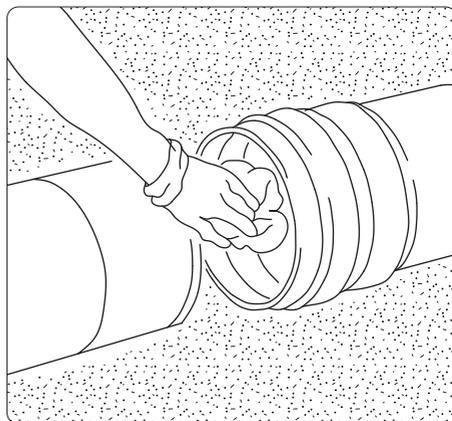
(figura 31)

Les tuyaux à rigidité élevée doivent être placés en dessous de la charge et les tuyaux à plus faible rigidité au-dessus.

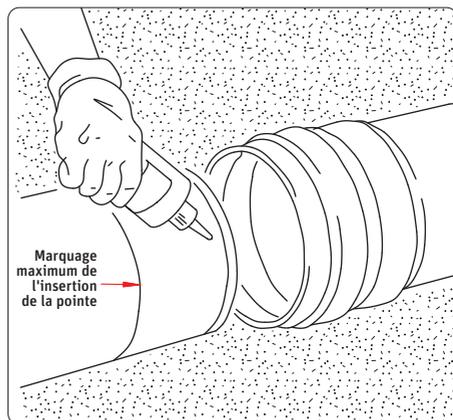
4.3 / INSTALLATION

Assemblage des canalisations:

Avant d'insérer les tuyaux, il est important de nettoyer l'embout mâle à l'aide d'un chiffon. Ceci est presque inutile pour FITT Bluforce, car la barre est recouverte des deux côtés.



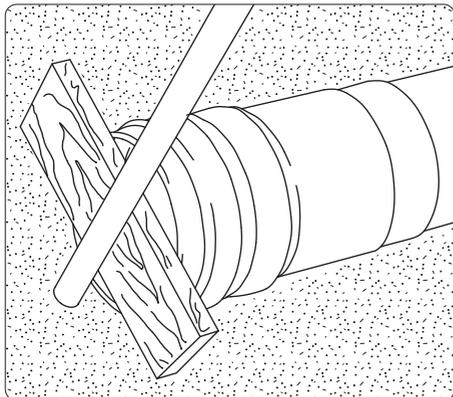
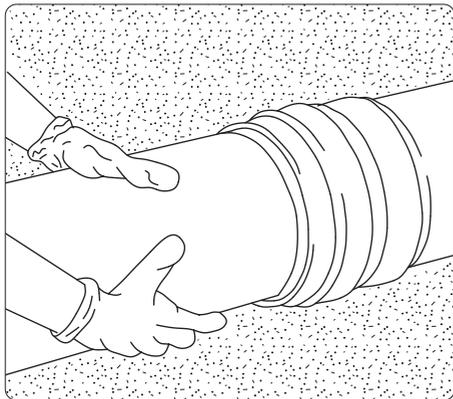
La tige doit être traitée à l'aide d'un lubrifiant à base d'eau approprié



Le tuyau est généralement inséré à l'aide de simples leviers ou d'extracteurs de tuyau.

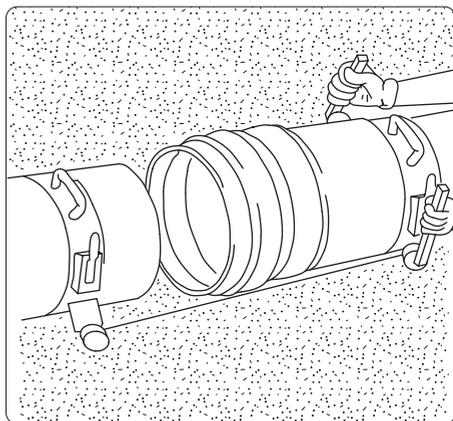
L'insertion à l'aide du levier est généralement judicieuse jusqu'au DN250. Afin d'éviter d'endommager l'embout mâle, nous recommandons l'utilisation d'une tablette de bois.

La poussée sera appliquée de façon constante et progressive jusqu'à ce que la marque d'insertion maximale de l'extrémité coïncide avec l'ouverture de l'embout mâle.



(figure 32)

L'insertion par extracteur de tuyau est utilisée pour les diamètres supérieurs à DN 250 mm et est particulièrement judicieuse pour l'insertion de courbes.



(figure 33)

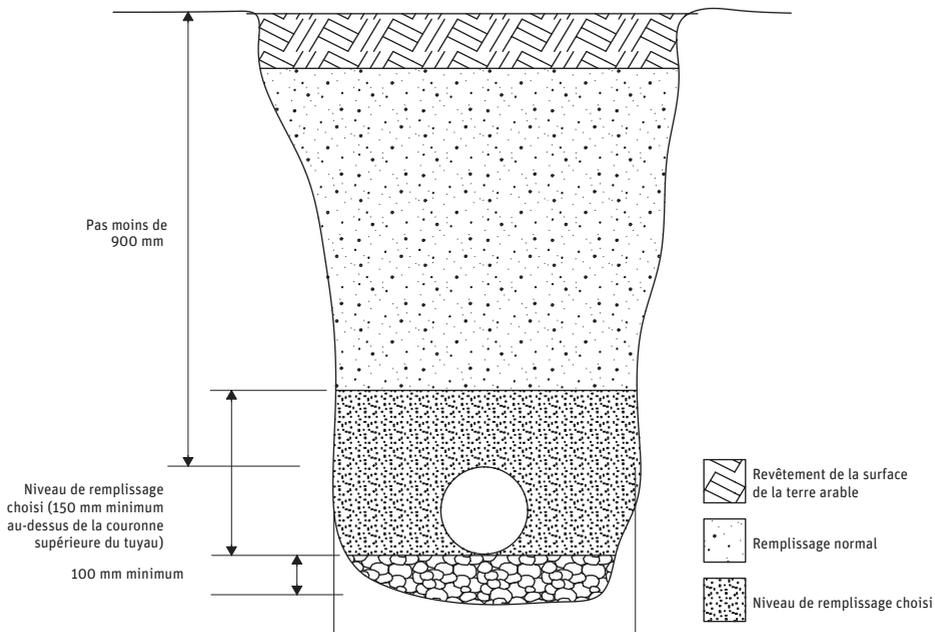
L'insertion à l'aide d'un excavateur doit être effectuée avec beaucoup de précautions, afin de ne pas risquer d'endommager l'embout mâle. Le marquage d'insertion **maximum fourni par FITT Bluforce** est très utile dans ce cas.

Il est important qu'un opérateur surveille l'insertion pendant le fonctionnement de l'excavateur.

Section d'installation:

La figure suivante montre la section d'installation recommandée:

La taille de l'excavation dépend du type de sol et de la profondeur de l'excavation.



DN [mm]	Largeur minimum [mm]
≤ 280	DN + 400
315 - 900	DN + 600
1000 - 1200	DN + 800

(figura 34)

Installation directe au fond de la tranchée:

Lorsque le fond de la tranchée est constitué d'un sol stable et est exempt de blocs, de pierres, de rochers ou d'autres matériaux susceptibles d'endommager le tuyau ; le tuyau peut être placé directement au fond de la tranchée, qui doit être nivelée, afin de fournir un support uniforme au tuyau. En fonction des embouts mâles, une excavation supplémentaire doit être effectuée pour les abriter individuellement.

Installation directe sur un lit:

Si le fond de la tranchée n'est pas adapté pour l'installation des tuyaux, la profondeur de l'excavation doit être augmentée de 100 mm. Cette couche sera remplie de matériaux secs (sable ou gravier), conformément aux instructions de la norme ENV 1046.

Enveloppe du tuyau:

Le matériau adapté pour entourer le tuyau doit être compactable: les matériaux secs sont préférables, mais exempts de «fragments dangereux». Le sable ou le gravier à grains grossiers (ENV 1046) est toujours recommandé.

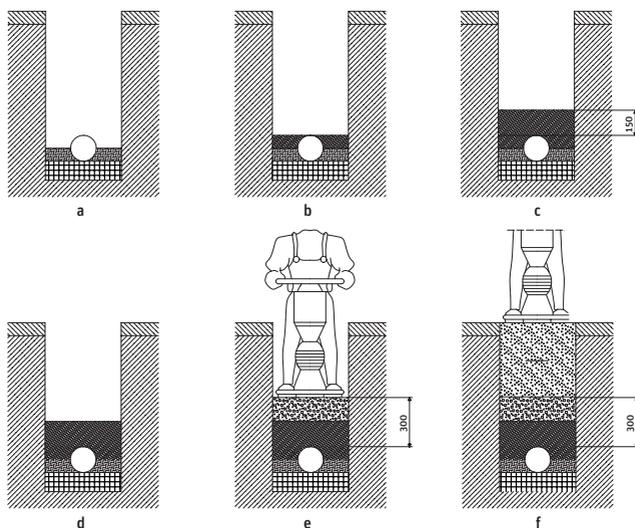
Le matériau qui entoure le tuyau doit être compacté, en évitant d'endommager la conduite.

Remplissage de l'excavation:

Les 150 premiers mm au-dessus de la canalisation doivent être remplis avec le même matériau que celui choisi et utilisé pour entourer le tuyau.

Le remplissage restant de l'excavation peut être réalisé avec le matériau d'excavation restant, à condition qu'il soit jugé approprié pour les travaux.

Dans le cas des routes, il est important que le matériau soit compactable, ce qui signifie que les sols cohésifs ne sont pas adaptés. La figure suivante montre les phases de remplissage:



(figura 35)

Où:

- a remblayage de moitié du diamètre du tuyau compacté en marchant dessus
- b remplissage complet du tuyau compacté en marchant dessus
- c remplissage d'une couche de 150 mm à l'aide d'une machine, mais pas au-dessus du tuyau
- d l'enveloppe du tuyau et le remblai peuvent également être réalisés en une seule étape, tant que le matériau peut circuler sous le tuyau (sable ou gravier)
- e le matériau «tel qu'excavé» dédié au reste du remblai peut être posé et compacté en couches de 250 mm maximum, mais ne peut être compacté sur le tuyau qu'une fois les couches de 300 mm posées
- f la partie restante du remblai peut être placée et compactée selon le degré de stabilité que vous souhaitez obtenir sur la surface

Les tuyaux ne doivent jamais être coulés dans le béton. S'il est coulé dans du béton, le tuyau se transforme en une structure rigide incapable de résister à la flexion, qui se fracturera facilement en cas de tassement ou autre mouvement du sol. En cas de charge statique importante et/ou surcharge, il est important d'utiliser des tuyaux d'une rigidité appropriée pour s'assurer que la déformation initiale du tuyau est préservée dans la limite maximale de 5%.

Le fonctionnement du système influe sur la déformation à long terme. Les systèmes soumis à une pression d'eau interne continue se déforment moins que ceux qui restent pendant de longues périodes à une pression nulle.

La profondeur de couverture minimale recommandée pour les tuyaux d'eau souterraine est de 0,9 m. Les tuyaux situés dans des zones à circulation intense, où la profondeur minimale de 0,9 m ne peut pas être préservée, nécessitent des mesures de protection supplémentaires. Dans de telles circonstances, un contrôle statique doit être effectué par un expert.

Bien que cela n'est pas indispensable, il est conseillé de poser les tuyaux avec la tige insérée dans le même sens que celui de l'écoulement d'eau.

4.4 / RIGIDITÉ ANNULAIRE

Même pour un tuyau destiné au transport des fluides sous pression, il peut être important de résister à l'écrasement causé par des charges externes, en particulier pour les tuyaux qui peuvent être sous une pression interne nulle pendant certaines périodes.

L'amplitude de référence est la rigidité annulaire SN [kN/m²].

La rigidité annulaire SN d'un tuyau à paroi compacte peut être calculée par la formule suivante:

$$SN = E \frac{e^3}{12(\varnothing - e)^3}$$

(formule 1)

Où:

e : épaisseur du tube

\varnothing : diamètre extérieur du tuyau

E : module d'élasticité du matériau, pour PVC-A égal à 2500 Mpa

Pour les tuyaux FITT Bluforce, le tableau correspondant suivant s'applique :

TUYAUX EN PVC-A BS PAS/Spécifications techniques 1.1/19	
PN [bar]	SN [kN/m ²]
10	5
16	20
20	40

La rigidité annulaire adéquate peut être choisie conformément aux directives de la norme ENV 1046:

RIGIDITÉ ANNULAIRE MINIMALE RECOMMANDÉE POUR LES ZONES SANS CIRCULATION
Valeurs en newton par mètre carré

Groupe de matériaux de remblayage ³⁾	Classe de compactage ²⁾	Rigidité du tuyau ¹⁾					
		Pour une épaisseur de revêtement ≥ 1 m et ≤ 3 m					
		Groupe de sols naturels intacts ³⁾					
		1	2	3	4	5	6
1	W	1 250	1 250	2 000	2 000	4 000	5 000
	M	1 250	2 000	2 000	4 000	5 000	6 300
	N	2 000	2 000	2 000	4 000	8 000	10 000
2	W		2 000	2 000	4 000	5 000	5 000
	M		2 000	4 000	5 000	6 300	6 300
	N		4 000	6 300	8 000	8 000	**)
3	W			4 000	6 300	8 000	8 000
	M			6 300	8 000	10 000	**)
	N			**)	**)	**)	**)
4	W				6 300	8 000	8 000
	M				**)	**)	**)
	N				**)	**)	**)
Pour une épaisseur de revêtement > 3 m et ≤ 6 m							
1	W	2 000	2 000	2 500	4 000	5 000	6 300
	M	2 000	4 000	4 000	5 000	6 300	8 000
2	W		4 000	4 000	5 000	8 000	8 000
	M		5 000	5 000	8 000	10 000	**)
3	W			6 300	8 000	10 000	**)
	M			**)	**)	**)	**)
1	W				**)	**)	**)
	M				**)	**)	**)

RIGIDITÉ ANNULAIRE MINIMALE RECOMMANDÉE POUR LES ZONES SANS CIRCULATION
Valeurs en newton par mètre carré

Groupe de matériaux de remblayage ³⁾	Classe de compactage ²⁾	Rigidité du tuyau ¹⁾					
		Pour une épaisseur de revêtement ≥ 1 m et ≤ 3 m					
		Groupe de sols naturels intacts ³⁾					
		1	2	3	4	5	6
1	W	4000	4000	6300	8000	10000	**)
2	W		6300	8000	10000	**)	**)
3	W			10000	**)	**)	**)
4	W				**)	**)	**)
Pour une épaisseur de revêtement > 3 m et ≤ 6 m							
1	W	2000	2000	2500	4000	5000	6300
2	W		4000	4000	5000	8000	8000
3	W			6300	8000	10000	**)
1	W				**)	**)	**)

1) La rigidité annulaire spécifique S est déterminée conformément aux normes du système pertinentes.

2) Voir le tableau à la p. 58

3) Voir le tableau aux p. 56 et 57

***) La conception structurelle est nécessaire pour déterminer les détails sur la tranchée et la rigidité annulaire du tuyau.

Remarque 1 Si un tuyau d'une rigidité annulaire donnée est conçu pour être utilisé dans des conditions de charge plus sévères (que celles prévues initialement), cela peut être obtenu en appliquant une classe d'installation supérieure. Il est essentiel que cela soit vérifié par un projet structurel.

Remarque 2 L'attention est portée sur les limites qui peuvent s'appliquer en raison de la pression négative en service et des exigences de compactage mécanique à respecter pendant l'installation, pour les tuyaux dont la rigidité peut atteindre SN 2500.

Remarque 3 Dans le cas de conditions de charge combinées (comme la charge de masse associée à la pression interne), il convient de tenir compte de facteurs spécifiques et de prendre les précautions nécessaires.

GROUPES DE SOLS

Groupe de sols	Type de sol					À utiliser comme remblai	
	#	Nom typique	Symbole	Traits caractéristiques	Exemple(s)		
Granulaire	1	Gravier monobloc	(GE) [GU]	Ligne de granulation étroite, prédominance d'une seule zone granulométrique	Pierre concassée, gravier provenant du fleuve ou du littoral, d'une moraine gravier, cendres volcaniques	Oui	
		Mélanges de gravier bien tamisé, de gravier et de sable	[GW]	Ligne de granulation continue, taille des particules dans plusieurs zones			
		Mélanges de gravier et de sable peu tamisé	(GI) [GP]	Ligne de granulation progressive, absence d'une ou de plusieurs zones de granulométrie			
	2	Sable à taille unique	(SE) [SU]	Ligne de granulation étroite, prédominance d'une seule zone granulométrique	Sable provenant des dunes et des dépôts d'inondation, sable de vallée, sable de quai	Oui	
		Mélanges de gravier bien tamisé, de gravier et de sable	[SW]	Ligne de granulation continue, taille des particules dans plusieurs zones	Sable de moraine, sable de remblai, sable de plage		
		Mélanges de gravier et de sable peu tamisé	(SI) [SP]	Ligne de granulation progressive, absence d'une ou de plusieurs zones de granulométrie			
Granulaire	3	Gravier contenant du limon, mélanges peu tamisés de limon, de gravier et de sable	[GM] (GU)	Ligne de granulation large/intermittente contenant du limon finement granulé	Gravier détérioré, débris, gravier contenant de l'argile	Oui	
		Gravier contenant de l'argile, mélanges peu tamisés de gravier, de limon et de sable	[GC] (GT)	Ligne de granulation large/intermittente contenant de l'argile finement granulée			
		Sable contenant du limon, mélanges peu tamisés de sable et de limon	[SM] (SU)	Ligne de granulation large/intermittente contenant de l'argile finement granulée			Sable liquide, sol, sable de loess
		Sable contenant de l'argile, mélanges peu tamisés de sable et de limon	[SC] (ST)	Ligne de granulation large/intermittente contenant de l'argile finement granulée			Sable contenant de la terre, argile et marne provenant de l'inondation

GROUPES DE SOLS

Groupe de sols	Type de sol					À utiliser comme remblai
	#	Nom typique	Symbole	Traits caractéristiques	Exemple(s)	
Cohésif	4	Limons inorganiques, sable très fin, roches pulvérisées, sable fin contenant du limon ou de l'argile	[ML] (UL)	Stabilité faible, réaction rapide, plasticité faible à nulle	Loess, terre	Oui
		Argile inorganique, argile particulièrement moulable	[CL] (TA) (TL) (TM)	Stabilité moyenne à très élevée, réaction faible à nulle, plasticité faible à moyenne	Marne provenant de l'inondation, argile	
Organique	5	Terre granulée contenant des mélanges d'humus et de calcaire	[OK]	Mélanges de matières végétales et non végétales, odeur de pourriture, poids léger, porosité élevée	Couche de surface, sable calcaire, sable provenant du tuf	Non
		Limons organiques et limons organiques argileux	[OL] (OU)	Stabilité moyenne, réaction lente à très rapide, plasticité faible à moyenne	Calcaire de mer, superficiel terre	
		Argile organique, argile contenant des mélanges organiques	[OH] (HS)	Stabilité élevée, pas de réaction, plasticité moyenne à élevée	Boue, terre	
	6	Tourbe, autres sols très organiques	[Pt] (HN) (HZ)	Tourbe décomposée, fibre, couleur brune à noire	Tourbe	Non
Boues		[F]	Boue très légère déposée sous l'eau, souvent avec dispersion de sable, d'argile et de calcaire	Boues		

TERMINOLOGIE DE LA CLASSE DE CONSOLIDATION

Description	Degré de consolidation			
	≤80	da 81 a 90	da 91 a 94	da 95 a 100
Étalon de Proctor (1)	da 0 a 10	da 11 a 30	da 31 a 50	>50
Niveaux attendus de consolidation obtenus à partir des classes de compactage figurant dans cette norme de test	AUCUN (N)			
		MODÉRÉ (M)		
			BON (W)	
Sol granulaire	dissous	densité moyenne	dense	très dense
Sol cohésif et organique	doux	toujours	rigide	ferme

1) Déterminé en conformité avec la norme DIN 18127.

Remarque L'annexe A.2 vise à faciliter l'interprétation des descriptions utilisées dans diverses sources pour les termes utilisés pour les degrés de consolidation dans cette norme de test.

4.5 / VÉRIFICATIONS STATIQUES DES PROJETS EN RÉSERVE

Glossaire

D	diamètre extérieur du tuyau
D_i	diamètre interne du tuyau
D_m	diamètre moyen du tuyau
B	largeur de la tranchée d'excavation sur la couronne supérieure du tuyau
H	hauteur de la protection au-dessus de la couronne supérieure du tuyau
γ_t	poids spécifique du remblai
γ_w	poids spécifique de l'eau
γ_L	poids spécifique du liquide contenu dans le tuyau
s	épaisseur de tuyau
E_t	module de Young concernant les matériaux
E_s	module d'élasticité concernant le remblai
J	moment d'inertie du tuyau
ν	coefficient de Poisson.

Introduction

Le but des contrôles présentés dans ce chapitre est de s'assurer que les canalisations en construction sont en mesure de supporter, avec une marge de sécurité suffisante, les charges auxquelles elles sont confrontées, tout en respectant les conditions nécessaires à un fonctionnement normal et en garantissant leur préservation et leur bon fonctionnement au fil du temps.

La vérification statique d'une conduite souterraine consiste donc à s'assurer que les charges sur la structure provoquent des contraintes et des déformations admissibles, c'est à dire compatibles avec la géométrie et le matériau du tuyau ainsi que les exigences en matière de conception et de fonctionnement.

Les tuyaux en PVC-A sont considérés comme «flexibles» lorsque ce terme désigne les tuyaux qui peuvent subir une déformation importante avant leur rupture. Ce comportement contribue à la stabilité des réactions latérales sur le tuyau (poussée passive)

provoquée par l'action du matériau entourant le tuyau. La stabilité du système de canalisation: les sols dépendent du module du sol schématiquement identifié comme étant un sol élastique, dont la valeur dépend essentiellement de la qualité du remblai et de son degré de compactage.

Il convient de noter qu'afin d'évaluer le comportement statique d'un tuyau flexible, il n'est pas possible de se référer à la résistance à la traction, car la déformation du tuyau est généralement inacceptable longtemps avant que la charge de point de rupture due au broyage ne soit atteinte.

Pour effectuer les vérifications sur les tuyaux, il est nécessaire de déterminer les charges qui pèsent dessus. Une conduite souterraine est, en fait, soumise à des charges verticales composées du poids du sol de couverture et de toute surcharge accidentelle, de son poids et du poids de l'eau contenue dans le tuyau, en plus des poussées horizontales du sol et de l'eau souterraine (le cas échéant).

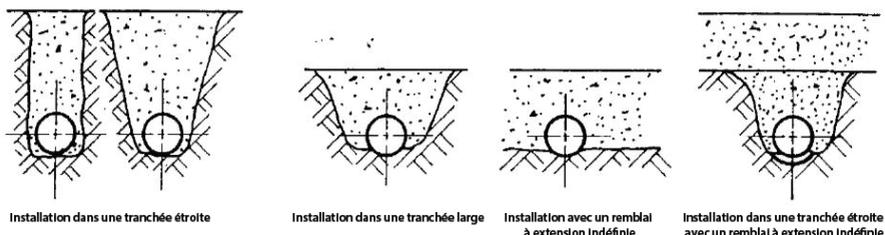
Détermination des actions sur les conduites souterraines

Action verticale due au remblai

Afin de déterminer la tension dans un tuyau, il est nécessaire de déterminer l'étendue des diverses actions externes et internes qui y sont appliquées.

L'action due à au sol de couverture varie selon les conditions d'installation du tuyau et s'il est flexible ou peut être considéré comme rigide ou non déformable. En ce qui concerne les conditions d'installation, la norme UNI 7517/76 «Guide pour le choix de la classe de tuyaux pour tuyaux en amiante-ciment soumis à des charges externes et fonctionnant avec ou sans pression interne» distingue 4 conditions différentes, représentées schématiquement à la Figure 36:

- installation dans une tranchée étroite;
- installation dans une tranchée large;
- installation avec un remblai à extension indéfinie;
- installation dans une tranchée étroite avec un remblai à extension indéfinie.



(figura 36): Condizioni di posa dei tubi previste dalla Norma UNI 7517/76

Dans les pages suivantes, nous examinerons notamment les conditions d'installation dans une tranchée étroite et dans une tranchée large.

Installation dans une tranchée étroite

L'installation dans une tranchée étroite est effectuée lorsque l'une des deux relations suivantes se produit:

$$H \geq 1.5B \text{ per } B \leq 2D$$

$$H \geq 3.5B \text{ per } 2D < B < 3D$$

(formule 1)

Pour les tuyaux déformables disposés dans une tranchée étroite, le sol de couverture exerce, par unité de longueur du tuyau, une action verticale qui, selon Marston, est traduite par la formule:

$$P_v = c_t \gamma_t BD$$

(formule 2)

Où: c_t est le coefficient de charge du sol lors de l'installation dans une tranchée étroite, une fonction du rapport H/B , l'angle de friction interne du remblai φ et l'angle de friction φ' entre le remblai et le sol naturel. Il augmente à mesure que H/B augmente et diminue à mesure que φ augmente. Il peut être calculé par la formule:

$$c_t = \frac{1 - \exp(-2K_a \tan \varphi' H / B)}{2K_a \tan \varphi'}$$

(formule 3)

Où:

$$K_a = \tan^2 \left(\frac{\pi - 2\varphi}{4} \right)$$

coefficient de poussée de sol actif.

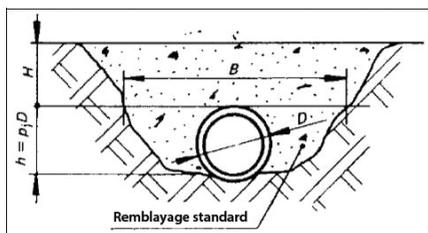
Le tableau suivant fournit la valeur de l'angle de friction interne et le poids spécifique des différents sols selon les caractéristiques des sols pour le calcul des charges proposé par la norme UNI 7517. Normalement, nous supposons que $\varphi' = \varphi$, en raison des difficultés extrêmes attribuant une valeur justifiable différente à φ' .

Description du sol	Angle de friction interne φ [degrés]	Gravité spécifique γ [kN/m ³]
Argile mouillée courante	12	19.6
Sols marécageux et tourbeux	12	16.7
Argile modelable et sablée	14	17.7
Sable argileux	15	17.7
Loess, loess contenant de l'argile	18	20.6
Argile boureuse	20	19.6
Marne, argile	22	20.6
Boue, poudre de roche	25	17.7
Sable non comprimé	31	16.7
Mélange de sable et de gravier	33	19.6
Mélange de gravier et de cailloux	37	18.6

(tableau 1): Caractéristiques géométriques des sols pour le calcul selon la norme UNI 7517.

Installation dans une tranchée large

Un tuyau est installé dans une tranchée large lorsque les relations entre B , D , H ne sont pas respectées dans le cas (1); voir la figure 37 ci-dessous:



(figure 37): Installation dans une tranchée large.

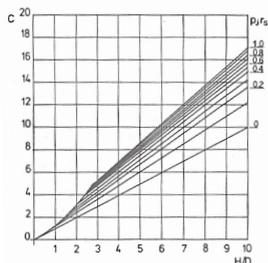
En référence aux théories de Martson et Spangler, la charge de remblai peut être calculée en appliquant la formule suivante:

$$P_v = c_i \gamma_t D^2 \quad (\text{formule 4})$$

où:

c_i fonction du rapport H/D , du paramètre $p_j r_s$, étant $p_j = h/D$ le rapport de projection qui dépend de l'angle de support et r_s la vitesse de sédimentation (qui, dans le cas d'une installation dans une tranchée large, doit être supposé comme égal à 1 et diminue en cas de remblai à extension indéfinie).

Le coefficient c_i peut être calculé à l'aide du graphique de la figure 38.



(figure 38): Valeurs de coefficient c_i pour installation dans une large tranchée et installation avec remblai à extension indéfinie.

Les graphiques de la figure font référence à un angle de friction interne de 31° , mais les valeurs de c_i que nous déduisons peuvent être considérées comme valides avec une approximation acceptable, même pour différentes valeurs de l'angle de friction interne.

Remblai de l'installation à extension indéfinie

Le cas d'un tuyau recouvert par un remblai à extension indéfinie est traité comme une caractéristique typique de la tranchée large uniquement avec la différence entre les valeurs de la vitesse de sédimentation r_s : de 1 pour les terrains rocheux ou stabilisés, de 0,8 à 0,5 pour les terrains normaux et de 0,5 à 0; pour les terrains meubles.

Action verticale due aux surcharges concentrées et réparties

Les tuyaux destinés à être installés sous la route doivent souvent résister à des surcharges verticales fixes et/ou flottantes, dont l'effet est combiné à la pression interne, le cas échéant, et à la charge du remblai. Les actions que les surcharges verticales transmettent au tuyau sont essentiellement de deux types, appliquées en mode statique ou dynamique:

- surcharges concentrées;
- surcharges réparties.

La charge externe, concentrée ou répartie, se propage dans le sol en sollicitant de façon variable la conduite souterraine avec une charge spécifique qui, toutes choses étant égales par ailleurs, sera inversement proportionnelle à la profondeur d'installation du tuyau.

La manière dont la charge se répartit et, par conséquent, la fraction de celle-ci qui sollicite le tuyau sont évidemment liées, de même que la profondeur, le type de charge lui-même, sa répartition et son développement, afin de déterminer l'extension réelle du tuyau soumis à son action. Les cas d'intérêt principal sont essentiellement les suivants:

- charge concentrée et ponctuelle sur la partie verticale de la couronne supérieure du tuyau (moins courante);
- charges concentrées appliquées par les camions (prises en compte dans les calculs de vérification);
- charges réparties uniformément.

Dans notre cas, seules les charges concentrées mobiles appliquées par des camions spécifiques sont prises en compte, ce qui renvoie le lecteur à des traités plus approfondis pour le calcul des autres charges.

La charge appliquée sur un tuyau à une profondeur H peut être calculée en fonction du type de camion approuvé selon la norme DIN 1072, représenté par deux types de camions: lourd **HT** et léger **LT**.

Le tableau 2 illustre les caractéristiques des véhicules homologués selon la norme susmentionnée.

Dans ce cas, ayant fixé l'axe vertical de référence z , qui coïncide avec la ligne d'action de la charge, P , la valeur de la contrainte p_z (compression), ou la pression à la profondeur H est déterminée à travers les équations suivantes:

$$p_z = 0.5281 \frac{P}{H^{1.0461}} \text{ convoglio HT} \quad (\text{formule 5})$$

$$p_z = 0.8743 \frac{P_a}{H^{1.5194}} \text{ convoglio LT} \quad (\text{formule 6})$$

Dans ces conditions, nous aurons donc:

$$P_z = p_z \psi D \quad (\text{formule 7})$$

avec:

P_z charge verticale appliquée sur la couronne du tuyau;

p_z contrainte (pression) calculée à l'aide des équations (5) et (6);

ψ est un facteur dynamique égal à

$$\psi = \begin{cases} 1 & \text{carico statico} \\ 1 + 0.3 / H & \text{per strade e autostrade} \\ 1 + 0.6 / H & \text{per ferrovie} \end{cases}$$

Classe HT	Charge par roue P [kN]	Classe LT	Charge par roue [kN]	
			avanta P_a	arrière P_r
60	100	12	20	40
45	75	6	10	20
38	62.5	3	5	10
30	50			
26	35			

(tableau 2): Type de camion conforme à la norme DIN 1072.

Actions verticales dues au poids du liquide contenu dans le tuyau

Le poids de l'eau contenue dans le tuyau est considéré comme une charge supplémentaire sur le tuyau. La charge, dans l'hypothèse de canalisation complète, est calculée par la relation:

$$G_a = \gamma_L \frac{\pi D_i^2}{4} \quad (\text{formule 8})$$

Pour les tuyaux de petits diamètres, cette action peut être considérée comme négligeable par rapport aux composants en raison du remblai et/ou des surcharges et des pressions de fonctionnement.

Calcul de la charge due à la pression hydrostatique externe

Si la tranchée est inférieure au niveau de l'eau souterraine, elle est soumise à une pression hydrostatique externe.

Indiquée par h , la hauteur de la surface libre de l'eau souterraine au sommet de la tranchée (par rapport à la couronne supérieure du tuyau), la surcharge due à une pression hydrostatique externe est déterminée au moyen de:

$$Q_{idr} = \gamma_w (H - h + D / 2) D \quad (\text{formule 9})$$

Où γ_w est la densité spécifique de l'eau. La charge du remblai, pour la partie affectée par l'eau souterraine, doit être calculée en fonction du volume du sol immergé ($\gamma_s - \gamma_w$) ($I - n$) où n est la porosité et γ_s le volume de composants solides.

Calcul des réactions secondaires du sol autour de la conduite

La poussée exercée par le sol sur les parties latérales de la conduite est de nature active et suppose la distribution linéaire habituelle des poussées caractérisée par le coefficient

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

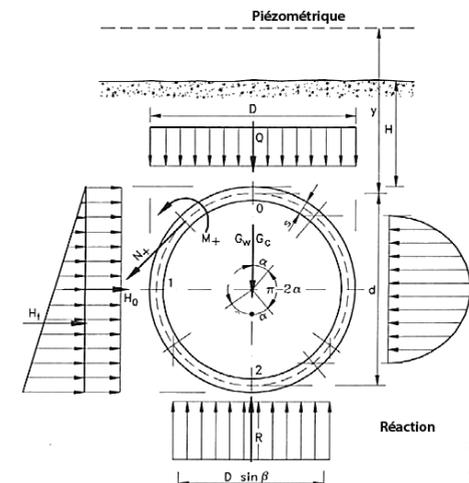
Test statique dans des conditions d'élasticité

Le comportement statique d'un tuyau peut être comparé à celui d'un anneau élastique fin. Le niveau de contrainte est normalement évalué en calculant la tension spécifique présente dans les trois sections les plus importantes: en haut, sur les côtés et en bas. Le test doit également être effectué dans des conditions de charge différentes:

- conduite vide;
- conduite non pressurisée et pleine (condition qui se produit pendant les phases de remplissage et de vidange);
- conduite entière avec pression de fonctionnement P_E .

Sauf dans certains cas particuliers, la condition la plus critique est la troisième, même lorsque la pression de fonctionnement est limitée.

La figure 39 montre la disposition de la structure considérée.



(figure 39): Disposition statique pour le tuyau souterrain.

Ces conditions sont indiquées comme suit:

Q la charge verticale totale (remblai et actions accidentelles);

G_w le poids du tuyau;

G_a le poids du liquide de remplissage;

$\gamma_w \cdot y$ la charge piézométrique sur la couronne supérieure du tuyau (tuyau sous pression; pour le runoff non pressurisé, la valeur est normalement réglée à $y=0$);

H_0 a poussée horizontale répartie uniformément
 $H_0 = \gamma H D K_a$;

H_i la poussée horizontale répartie de façon linéaire
 $H_i = \gamma D^2 K_a / 2$;

R la réaction répartie uniformément répartie sur le segment $D \sin \alpha$;

M le moment de flexion; il est positif s'il génère une traction dans les fibres internes

N la contrainte normale, elle est positive en cas de compression.

Le tableau 3, pour la section dans la clé (0), sur le côté (1) et en bas (2), indique une contrainte normale N et un moment de flexion M pour diverses ouvertures angulaires de la surface de support, puisque d représente le diamètre de la fibre moyenne.

CHARGES	EFFORT NOMINAL N			MOMENT DE FLEXION M		
	0	1	2	0	1	2
Poids de la conduite G_c						
$2\alpha = 180^\circ$	$-0.027G_c$	$+0.250G_c$	$+0.027G_c$	$+0.028dG_c$	$-0.031dG_c$	$+0.035dG_c$
120°	$-0.040G_c$	$+0.250G_c$	$+0.040G_c$	$+0.030dG_c$	$-0.035dG_c$	$+0.042dG_c$
90°	$-0.053G_c$	$+0.250G_c$	$+0.053G_c$	$+0.033dG_c$	$-0.039dG_c$	$+0.051dG_c$
Poids du fluide G_a						
$2\alpha = 180^\circ$	$-0.186G_a$	$-0.068G_a$	$-0.451G_a$	$+0.028dG_a$	$-0.031dG_a$	$+0.035dG_a$
120°	$-0.199G_a$	$-0.068G_a$	$-0.438G_a$	$+0.030dG_a$	$-0.035dG_a$	$+0.042dG_a$
90°	$-0.212G_a$	$-0.068G_a$	$-0.424G_a$	$+0.033dG_a$	$-0.039dG_a$	$+0.051dG_a$
Charge uniforme Q						
$2\alpha = 180^\circ$	0	$+0.500Q$	0	$+0.063Qd$	$-0.063Qd$	$+0.063Qd$
120°	$-0.013Q$	$+0.500Q$	$+0.013Q$	$+0.066Qd$	$-0.066Qd$	$+0.069Qd$
90°	$-0.027Q$	$+0.500Q$	$+0.027Q$	$+0.069Qd$	$-0.070Qd$	$+0.078Qd$
Poussée uniforme H_o	$+0.500H_o$	0	$+0.500H_o$	$-0.063dH_o$	$+0.063dH_o$	$-0.063dH_o$
Poussée uniforme H_i	$+0.313H_i$	0	$+0.687H_i$	$-0.052dH_i$	$+0.063dH_i$	$-0.073dH_i$
Pression interne uniforme $p = \gamma_w y$	$-0.500pd$	$-0.500pd$	$-0.500pd$	0	0	0

(tableau 3): Paramètres de contrainte par unité de longueur dans un tuyau souterrain pour différentes largeurs de support 2α .

Après avoir calculé les valeurs N et M des différentes sections du tuyau, les tensions σ_e (extrados) et σ_i (intrados), avec les directions positives supposées pour N et M , sont attribuées par unité de longueur par :

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_e \\ \sigma_i \end{array} \right\} = \frac{N}{S} \pm \frac{6M}{S^2} \leq \sigma_{amm}$$

(formule 10)

σ_{amm} est un paramètre caractéristique de la conduite sous contrainte et est également appelé contrainte maximale admissible.

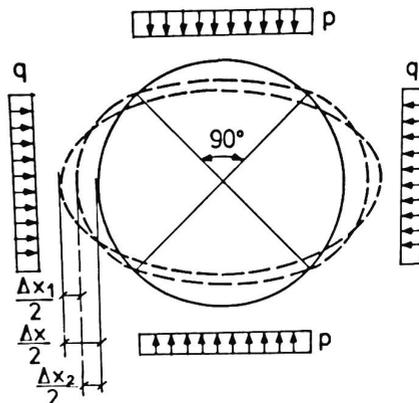
Essai d'inflexion ou d'ovalisation diamétrale

L'inflexion ou la déflexion diamétrale maximale des conduites souterraines flexibles, telles que celles en PVC-A, est parfois plus critique et contraignante.

Le besoin de limiter la déformation provient du fait que, s'ils dépassent certaines limites, ils peuvent entraîner une réduction non négligeable du débit de liquide et altérer l'état de contrainte avec l'apparition de tensions supérieures à celles déterminées dans le champ élastique, si l'on suppose que le principe des effets chevauchants est avéré.

La condition la plus critique se produit lorsqu'une conduite est vide, car l'effet global du liquide contenu dans celle-ci se traduit par des pressions latérales directes de l'intérieur qui tendent à réduire l'ovalisation des tuyaux.

L'inflexion maximale des tuyaux peut être déterminée grâce à la formule de Spangler basée sur l'hypothèse qui sous-tend que les charges verticales permanentes et les surcharges entraînent des pressions verticales en haut et en bas du tuyau, réparties uniformément sur l'ensemble du diamètre horizontal, et la pression horizontale agissant selon un motif parabolique sur les cordes verticales qui mettent en exergue des angles de 100° au centre.



(figure 40): Déformation d'un tuyau en raison de la pression verticale uniformément répartie sur les cordes horizontales qui forment un angle de 90° au centre et les réactions horizontales du sol sur le côté qui en résultent.

L'inflexion maximale est donc déterminée au moyen de l'expression suivante:

$$\Delta x = \frac{QR^3}{E_t J} \cdot \frac{KF}{1 + 0.061 \left(\frac{E_s R^4}{E_t J} \right)}$$

(formule 11)

où:

Δx inflexion diamétrale ou déflexion du tuyau [cm];

Q charge verticale totale exercée sur le tuyau par unité de longueur [N/cm];

K taille d'une inflexion ou d'un support a dimensionnel. Ses valeurs sont comprises entre 0,0083 et 0,110, selon le type d'installation et augmentent, plus précisément, lorsque le tuyau est boulonné à la base. Certaines valeurs typiques de ce coefficient sont indiquées dans le tableau 4.

F facteur de retard d'inflexion (a dimensionnel) qui tient compte du règlement du sol au fil du temps. Cette valeur en particulier varie en fonction du degré de compactage du sol de remblai. Le tableau 5 montre certaines valeurs de facteur de retard en fonction du degré de compactage.

R rayon du tuyau moyen de $(D - s) / 2$ [cm];

Les valeurs moyennes du module E_s représentent une fonction du type de sol naturel et du degré de compactage du sol de remblai. Sur la base de nombreuses observations expérimentales sur les conduites souterraines, Howard a proposé les valeurs E_s présentées dans le tableau 6, qui sont d'ailleurs également contenues dans la Norme ANSI/AWWA C950;

La flexibilité estimée du tuyau dépend de la relation entre l'inflexion et le diamètre extérieur du tuyau, et nécessite d'être vérifiée:

$$\frac{\Delta x}{D} = 5 \div 8\%$$

Cette limitation entre 5 et 8% se réfère à la norme ISO / DTR 7073, «Recommandations pour la pose de PVC souterrain»(1983).

TYPE D'INSTALLATION	ANGLE ÉQUIVALENT DU LIT [grad]	K [-]
Fond moulé à l'aide d'un matériau de remplissage fermement compacté sur les parties latérales du tuyau (essai Proctor $\geq 95\%$) ou d'un matériau de lit et une enveloppe de tuyau légèrement compactée semblable au gravier (essai Proctor $\geq 70\%$)	180	0,083
Tuyau installé sur un lit compact d'au moins 0,10 m d'épaisseur et remblai compacté jusqu'à la couronne supérieure du tuyau	90 \div 150	0,085
Tuyau installé sur un lit non compacté d'au moins 0,10 m d'épaisseur et remblai compacté jusqu'à la couronne supérieure du tuyau	60 \div 90	0,096
Fond moulé à l'aide d'un matériau de remplissage compacté de façon modérée sur les côtés du tuyau (essai Proctor $\geq 85\%$ et $< 95\%$) ou d'un matériau de lit et une enveloppe de tuyau semblable au gravier [tuyau installé sur un lit non compacté d'au moins 0,10 m d'épaisseur et remblai légèrement compacté jusqu'à la couronne supérieure du tuyau]	45 \div 60	0,103
L'absence du lit d'installation et de remblai compacté jusqu'à l'axe du tuyau	30 \div 45	0,105
Fond moulé à l'aide d'un matériau de remplissage lâche appliqué sur les côtés du tuyau (non recommandé) [absence de lit d'installation et de matériau de remblai non compacté]	0 \div 30	0,11

(tableau 4): Coefficient **K** selon l'angle de support et le type d'installation.

TYPE DE REMLAI ET DEGRÉ DE COMPACTAGE	F
Matériau à haut degré de compactage	2,0
Matériau à degré de compactage modéré	1,60 ÷ 1,80
Matériau à faible degré de compactage (médiocre)	1,30 ÷ 1,50
Matériau déchargé en vrac	1,0 ÷ 1,20

(tableau 5): Facteur de retard basé sur le matériau de remblai et son niveau de compactage.

TYPE DE MATÉRIAU ENTOURANT LE TUYAU	La valeur ES est basée sur le degré de compactage du matériau entourant le tuyau [N/cm ²]			
	Déchargé en vrac	Faible compactage Proctor < 85% Densité spécifique < 40%	Compactage modéré Proctor 85 à 95% Densité spécifique de 40 à 70%	Compactage élevé Proctor > 95% Densité spécifique > 70%
a	34	140	280	690
b	69,0	280	690	1380
c	140	690	1380	2070
d	690	-	2070	-

(tableau 6): Valeurs moyennes du module d'élasticité et du sol en fonction du type de sol et du compactage du sol de remblai.

Les sols suivants appartiennent au **groupe a**: argiles inorganiques de faible à moyenne plasticité, le limon organique et le sable très fin.

Les sols suivants appartiennent au **groupe b**: ceux du groupe a, mais avec des grains 25 % plus gros: mélanges de graviers, sable faiblement gradué et de limon (ou argile), sables limoneux.

Les sols suivants appartiennent au **groupe c**: les mélanges de gravier et de sable avec peu ou de fins [sic] – sables de gravier avec peu ou pas de [sic].

Les pierres concassées appartiennent au **groupe d**.

Dans le but de contenir l'inflexion, tel que mentionné dans les paragraphes précédents, il est possible, à la phase de conception, d'améliorer la qualité des conditions d'installation (arrière-plan et enveloppe des tuyaux à l'aide de gros grains, bonne adhésion du compactage et de l'enveloppe des tuyaux).

Vérifier l'instabilité élastique due à la dépressurisation interne

Une conduite soumise à une pression externe p_E supérieure à la pression interne p_I , puis à une dépressurisation $\Delta p = p_E - p_I$, est susceptible de subir une contrainte de compression qui tend à la déstabiliser. Selon la formule d'Euler, la pression critique P_{cr} est établie par:

$$P_{cr} = \frac{2E_t}{(1-\nu^2)} \left(\frac{s}{D_m} \right)^3$$

(formule 11)

Dans un tuyau souterrain, la pression de flambement dépend non seulement de l'indice de rigidité du tuyau, mais également du module d'élasticité du sol qui l'entoure, car le système de tuyau-sol agit comme une seule entité [Papiri, 2008]. Afin d'estimer la pression de flambement autorisée, la norme ANSI-AWWA C950/88 énonce l'expression suivante, q_a :

$$q_a = \frac{1}{F_s} \left(\frac{32R_w B' E_s E_t J}{D^3} \right)$$

(formule 12)

où:

- q_a représente la pression de flambement autorisée dans N/m^2 ;
- F_s indique le facteur de conception, qui est fixé à 2.5;
- R_w indique le facteur de poussée hydrostatique de l'eau souterraine $R_w = 1 - 0.33 (H_w/H)$, avec H la hauteur du remblai en m et H_w représente la hauteur de la surface d'eau souterraine au-dessus du tuyau en m;
- B' est le coefficient empirique du support élastique (a dimensionnel) établi au moyen de l'équation

$$B' = \frac{1}{1 + 4 \exp(-0.213H)}$$

avec H exprimé en m;

L'expression précédente montre clairement la manière dont la pression de flambement autorisée est égale à l'indice de rigidité du tuyau et au module d'élasticité du matériau en arrière-plan et de l'enveloppe du tuyau. La vérification de l'instabilité élastique est effectuée en comparant la pression de flambement autorisée q_a à la pression résultante en raison des charges externes appliquées. La vérification est réussie si:

$$\gamma_w h + \frac{R_w P_v}{D} + \frac{P_z}{D} \leq q_a$$

(formule 13)

où:

- R_w indique le facteur de poussée hydrostatique de l'eau souterraine;
- h indique la hauteur de l'eau souterraine évaluée par rapport à l'extrados de tuyau en mètres;
- P_v représente la charge due à la présence du remblai;
- P_z est la charge verticale lourde sur le tuyau en raison des charges statiques et mobiles présentes à la surface.

Exemple numérique

Vous disposez d'un tuyau PVC-A PN10 de diamètre nominal DN=500 mm, et charge en colonne d'eau égale à 10m, posée dans une tranchée de largeur d'excavation B=1,20 m au niveau de génératrice supérieure du tube, d'une hauteur de couverture sur une hauteur H=1,50 m. Le tableau 7 montre les caractéristiques de la tuyauterie. Le sol de couverture a un poids spécifique $\gamma_f=18000 \text{ N/m}^3$; il y a aussi une surcharge accidentel représenté par un convoi LT 12 avec un facteur dynamique ψ égal à 1 (charge statique). Le sol a un angle de frottement interne $\varphi=30^\circ$, un coefficient d'appui sans dimension égal à $K=0,11$, tandis que le module d'élasticité est $E_s=690 \text{ N/cm}^2$.

Les contrôles énumérés ci-dessous seront fait selon les caractéristiques des de la conduite et du sol et les valeurs des facteurs de sécurité doivent correspondre à ceux requis pour une telle situation.

DN	DInt [mm]	S [mm]	PN [bar]	E_i [N/cm ²]
500	472.2	13.9	10	$2.5 \cdot 10^5$

(tableau 7): Caractéristiques de la conduite dans l'exemple numérique.

Les actions agissant sur un tronçon sont maintenant déterminées longueur $L = 1,00 \text{ m}$.

Aucune des conditions du (1), les conditions de pose sont celles des grandes tranchées et donc l'action verticale du sol de couverture doit être déterminé au moyen de (4). Avoir le coefficient la valeur $r_s=1$ (pose dans une large tranchée), étant de plus $H/D=3$ des graphes une valeur est déduite du coefficient de (4) $c=5.5$ pour lequel on obtient le valeur de la part P_v , en raison du poids du terrain de couverture 24705 N/m^2 .

La pression σ_z exercée sur la canalisation par le train LT 12, calculé au moyen de (6), est $\sigma_z = 4722 \text{ N/m}^2$; puis les valeurs de P_z (7) sont obtenues.

Le poids du couvre-sol P_v , et le poids P_s en raison d'une surcharge.

P_v	P_s	$Q=P_v+P_s$
24705	4722	29427

(tableau 8)

La vérification des déformations maximales a été effectuée l'estimation du pourcentage d'allongement maximal de diamètre horizontal au moyen de (11), avec un facteur de retard de déflexion égal à $F=1$ car il est tenu compte de l'effet à court terme. Le résultat est:

$$\Delta x = 0.02 \text{ m} \quad \frac{\Delta x}{D} = 4.58\%$$

On observe que les déformations sont de loin inférieures aux maximums admissibles.

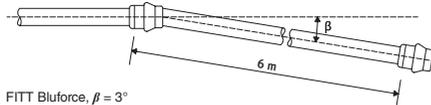
Le contrôle d'instabilité est satisfait car la relation (14) résultats: $58854 \text{ N/m}^2 < 201204 \text{ N/m}^2$

Ayant considéré la nappe phréatique absente alors $h=0$ et $R_w=1$.

4.6 / FLEXIBILITÉ DU FITT BLUFORCE

Avec le système FITT Bluforce, il est possible de créer de courbes à grand rayon en exploitant la déviation angulaire des joints et la flexibilité du tuyau.

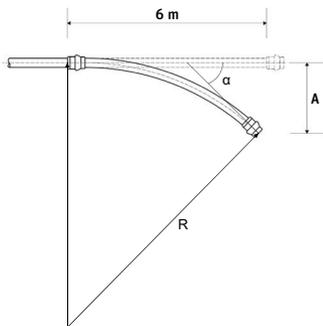
Déviation angulaire maximale:



FITT Bluforce, $\beta = 3^\circ$
 FITT Bluforce RJ, $\beta = 1^\circ$

(figure 41)

Courbure maximale autorisée:



(figure 42)

4.7 / DILATATION THERMIQUE

Comme pour tous les matériaux, FITT Bluforce s'étire et se rétracte en fonction de la température. Le coefficient de dilatation thermique est :

$$\alpha = 7 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

(formule 1)

Lors de l'installation des tuyaux FITT Bluforce susceptibles de subir des changements de température, les dilatations thermiques et les contractions possibles doivent être prises en compte.

Les variations de longueur peuvent être évaluées avec la formule suivante :

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

(formule 2)

Où:

ΔL variations de longueur [mm]

α coefficient de dilatation thermique

L longueur initiale du tuyau [mm]

ΔT dérive thermique [°C]

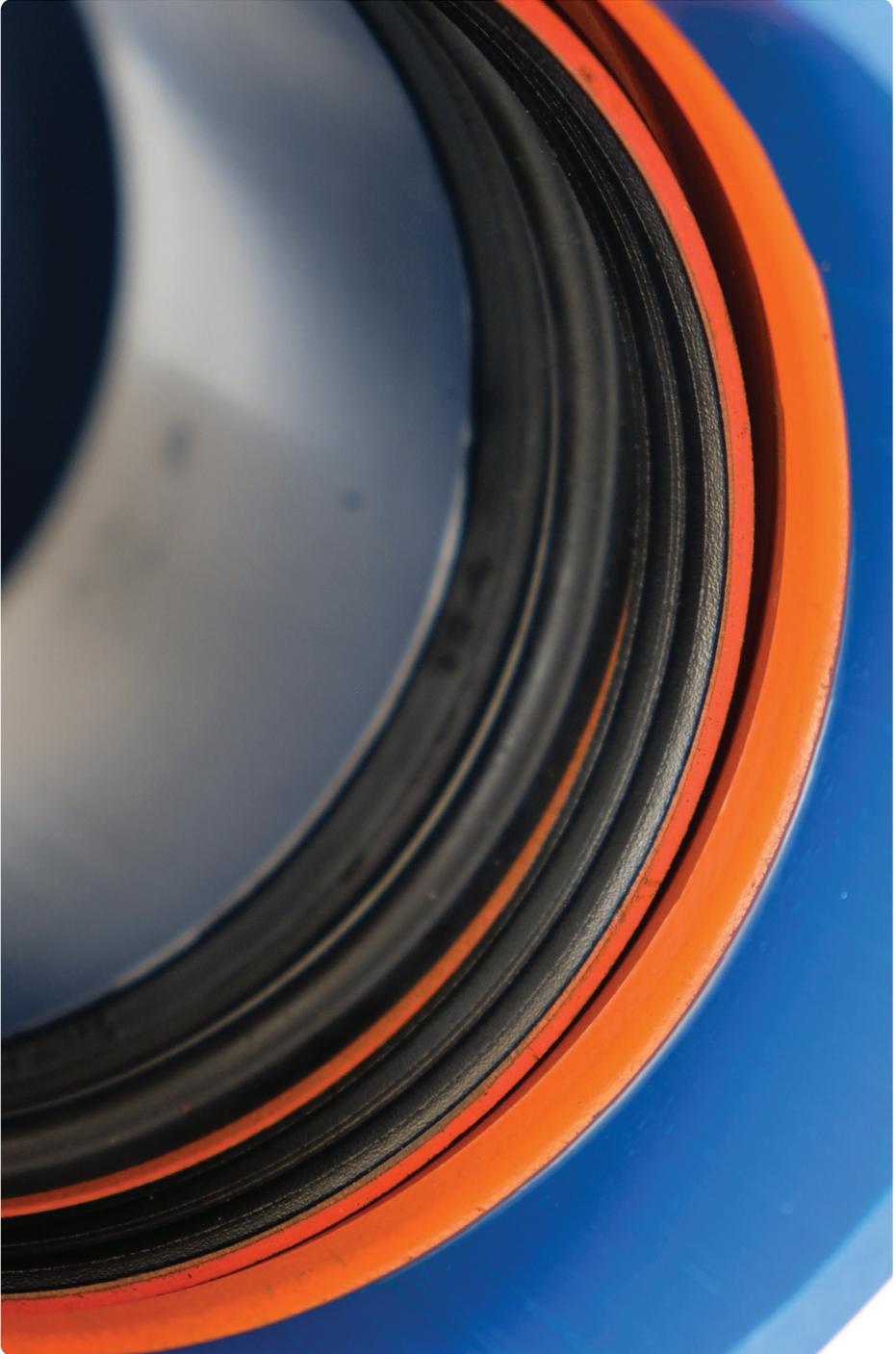
En général, la dilatation est absorbée par les embouts mâles sans nécessité des pièces spéciales.

FITT BLUFORCE

DN [mm]	A [m]	L [m]	α [°]	R [m]
90	1,30	6	18,6	9,2
110	1,10	6	15,8	10,9
125	0,95	6	13,6	12,6
140	0,85	6	12,2	14,1
160	0,75	6	10,7	16,0
200	0,60	6	8,6	20,0
225	0,50	6	7,2	24,0
250	0,45	6	6,4	26,7
280	0,40	6	5,7	30,0
315	0,37	6	5,3	32,4
355	0,32	6	4,6	37,5
400	0,28	6	4,0	42,9
500	0,22	6	2,9	60,0

FITT BLUFORCE RJ

DN [mm]	A [m]	L [m]	α [°]	R [m]
90	1,30	6	18,6	9,2
110	1,10	6	15,8	10,9
160	0,75	6	10,7	16,0
200	0,60	6	8,6	20,0
225	0,50	6	7,2	24,0
250	0,45	6	6,4	26,7
315	0,37	6	5,3	32,4
400	0,28	6	4	42,9



5. test

5.1 / INTRODUCTION

Un test d'étanchéité hydrostatique doit être effectué pour vérifier le bon fonctionnement d'un tuyau destiné au transport des liquides sous pression. Il existe plusieurs façons de tester un tuyau : dans le présent chapitre, les trois méthodes présentées sont particulièrement adaptées aux tuyaux en PVC-A, qui, comme toutes les résines, sont sensibles à la viscoélasticité.

5.2 / APERÇU

Le tuyau doit être testé sur toute sa longueur. Très souvent, pour simplifier les choses, un tuyau est testé dans des segments dont la longueur doit être choisie en fonction de leur rationalité, en tenant compte des conditions générales du site et de la disponibilité de l'eau. Les parties terminales du tuyau doivent être fermées à l'aide de brides borgnes, en tenant compte des poussées générées par la pression hydrostatique et en prévoyant des systèmes de réaction appropriés. La pression d'essai doit être déterminée en fonction de l'élément contenu dans le tuyau, caractérisé par la pression nominale la plus basse.

IL EST conseillé d'essayer de maintenir la température aussi constante que possible lors de l'essai ; la température idéale de l'eau est comprise entre 12 et 15 °C.

Utilisez des outils de mesure de sensibilité appropriés capables d'enregistrer la tendance de pression au fil du temps (notamment les jauges avec disque d'enregistrement). Le test doit être effectué lorsque le tuyau est rempli d'eau. La présence d'air, en raison de sa compressibilité, est capable de fausser le test, c'est la raison pour laquelle il faut prévoir des systèmes pouvant évacuer l'air.

C'est la raison pour laquelle l'eau doit être injectée au point le plus bas, tandis que les orifices doivent être placés aux points les plus hauts.

La jauge de pression doit être placée au plus bas, où la pression hydrostatique est plus élevée. Après avoir rempli le tuyau d'eau et avant de procéder au test, le tuyau doit être maintenu à la pression nominale afin de s'assurer que les premiers ajustements aient lieu. Cette phase de préparation dure le temps de la stabilisation de la pression et peut aller jusqu'à 2 à 24 heures.

La pression d'essai doit être choisie en fonction de l'orientation des Services de gestion du site et peut être équivalente à 1,5 fois la pression de fonctionnement ou 1,5 fois la pression nominale de l'élément le plus faible du tuyau.

5.3 / MÉTHODE 1: MÉTHODE COMPLÉMENTAIRE

Cette méthode est divisée en deux étapes: une étape préliminaire et une étape finale.

La méthode exige que le tuyau subisse une pression d'essai et soit isolé de la pompe.

La pression peut diminuer pendant une heure au cours de l'étape de test préliminaire, puis pendant 24 heures pendant l'étape finale du test.

Étape préliminaire

Après une heure, la quantité d'eau nécessaire pour rétablir la pression d'essai est mesurée. Le test sera réussi si après une heure, la quantité (Q) d'eau nécessaire pour rétablir la pression ne dépasse pas 3 litres par 25 mm de diamètre intérieur par kilomètre de la longueur du segment testé, et pour chacun des 3 bars de pression.

Étape finale

Une fois l'étape de test préliminaire achevée, le test final d'une durée de 24 heures est donc réalisé. Après cette période, la quantité d'eau nécessaire pour réajuster la pression d'essai ne doit pas dépasser la quantité d'eau obtenue avec la formule précédente de 24 heures.

L'eau supplémentaire compense la dilatation par défilement (fluage) et la quantité minimale d'air piégée dans le système afin de ne plus les considérer comme des fuites.

$$Q [l] = 3[l] \cdot \frac{\varnothing_i [mm]}{25[mm]} \cdot \frac{L[m]}{1.000[m]} \cdot \frac{1,5.PN[bar]}{3[bar]} \cdot \frac{1[ora]}{24[ore]}$$

(formule 1)

5.4 / MÉTHODE 2: NORME UNI EN 805

Cette méthode fait référence à la norme UNI EN 805 «Approvisionnement en eau - Exigences relatives aux systèmes et composants extérieurs des bâtiments», et est divisée en trois étapes:

1. Étape préliminaire
2. Test de perte de charge intégré
3. Test principal

1. Étape préliminaire

Au cours de l'étape préliminaire, comme généralement effectué pour tous les systèmes, le tuyau est rincé, ventilé (pour éliminer toute bulle d'air) et rempli d'eau grâce à la pression atmosphérique. Cette action est suivie d'une période de repos de 60 minutes. La pression est ensuite rapidement augmentée (en moins de 10 minutes) jusqu'à la valeur de pression d'essai et maintenue stable pendant 30 minutes par pompage continu. Pendant cette période, le tuyau est vérifié pour repérer toute fuite éventuelle.

Au bout de 30 minutes, le pompage s'arrête pendant 1 heure. Pendant ce temps, vous remarquerez une chute de pression causée par la déformation du tuyau en raison du défilement des molécules de «fluage». La pression résiduelle est donc mesurée; et dans ce cas, si la perte de pression est inférieure à 30 %, le test est considéré comme positif.

2. Test de perte de charge intégré

Après l'étape préliminaire, on procède au test de perte de charge intégré. En effet, il consiste à diminuer rapidement, par une décharge d'eau, la pression restante à la fin de l'étape préliminaire de 10 à 15 % supplémentaires de la pression d'essai initiale, par le biais de la purge d'eau.

Le volume d'eau retirée ΔV et la chute de pression ΔP sont ensuite mesurés.

La fuite d'eau autorisée ΔV_{ma} sera calculée à l'aide de la formule suivante:

$$\Delta V_{max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta P \cdot \left(\frac{1}{E_w} + \frac{\emptyset}{e \cdot ER} \right)$$

(formule 2)

Où:

ΔV_{max}	fuite d'eau autorisée en litres
V	volume en litres du tuyau testé
P	perte de pression mesurée en Kpa
\emptyset	diamètre du tuyau intérieur mesuré en mètres
E_w	module d'élasticité d'eau mesuré en Kpa (égal à 2 000 000 Kpa)
e	épaisseur du tuyau en mètres
ER	module d'élasticité de la paroi de tuyau circonférentielle en Kpa (pour PVC-A = 2 500 000 Kpa)

Le résultat du test sera positif si $\Delta V \leq \Delta V_{max}$

Dans le cas contraire, le test doit être répété après vérification du tuyau.

3. Test principal

Une fois le test de perte de charge intégré terminé, nous passons au test principal. La décharge induite de l'eau pendant le test de perte de charge intégré entraînera la rétraction du tuyau qui donne lieu à une augmentation de la pression. Cette augmentation sera enregistrée pendant environ 30 minutes grâce à un dispositif approprié. L'étape de test principal est considérée comme réussie si la courbe de pression montre une tendance croissante et ne diminue à aucun moment pendant les 30 min, qui correspond à la période généralement suffisante pour fournir une bonne indication (voir figure 43). Si la courbe de pression montre une tendance décroissante pendant cette période, elle indique, dans ce cas, une fuite dans le système.

En cas de doute, prolongez l'étape de test principal à 90 min. À ce moment, la perte de pression est limitée à 25 Kpa à partir de la valeur maximale survenant pendant la phase de contraction. Si la pression chute de plus de 25 Kpa, le test a échoué.

5.5 / MÉTHODE 3: CHUTE DE PRESSION

Cette troisième méthode est basée sur une évaluation de la vitesse de la chute de pression d'un tuyau en PVC-A isolé de la pompe et nécessite l'utilisation d'un enregistreur de données.

L'hypothèse de départ est la suivante : en tenant compte d'une échelle logarithmique, la courbe de chute de pression peut être comparée à une ligne droite. Avec t_L le temps nécessaire pour atteindre la pression d'essai, après un temps $t_1 = t_L$, une pression inférieure P_1 s'affichera. Une deuxième lecture doit être effectuée après un temps $t_2 = 7 \cdot t_L$.

En réalité, pour tenir compte de la relaxation du tuyau sous pression, un facteur de correction de temps doit être appliqué, de sorte que les temps de lecture réels soient, respectivement:

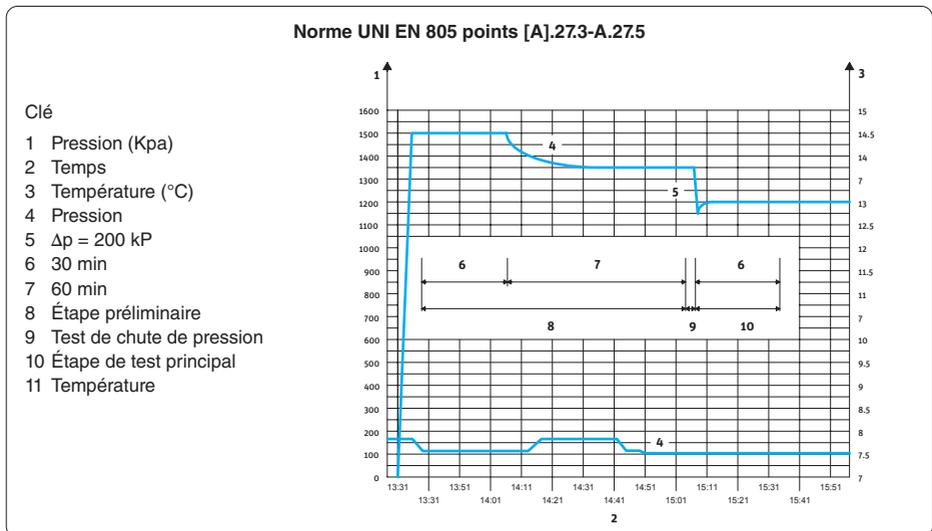
1ère lecture P_1 : après un temps $T_{1c} = t1 + 0,4 \cdot tL$

2ème lecture P_2 : après un temps $T_{2c} = t2 + 0,4 \cdot tL$

La pente de la courbe de chute de pression sera calculée à partir du rapport:

$$N_1 = \frac{\log P_1 - \log P_2}{\log T_{2c} - \log T_{1c}} \quad (\text{formule 3})$$

Pour un tuyau sain, la valeur N_1 doit être comprise entre 0,03 et 0,085 si les tuyaux n'ont pas de revêtement de support et entre 0,03 et 0,05 pour les tuyaux avec remblai fermement compacté. Si les valeurs sont beaucoup plus faibles que celles indiquées, cela signifie qu'il y a encore trop d'air piégé dans le tuyau, et vous devrez donc l'évacuer avant la poursuite du test. Une nouvelle mesure de la pression sera prise après un temps $t_3 = 15 \cdot tL$.



(figure 43)

3ème lecture P_3 : après un temps $T_{3c} = t_3 + 0,4 \cdot t_L$.

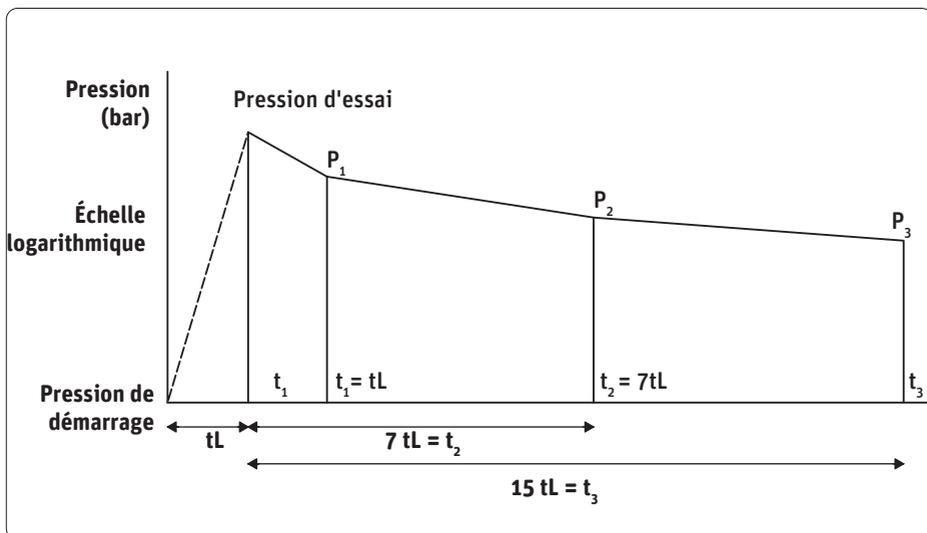
La pente de la courbe de chute de pression sera établie par:

$$N_2 = \frac{\log P_2 - \log P_3}{\log T_{3c} - \log T_{2c}}$$

(formule 4)

Les valeurs N_2 et N_1 doivent être similaires. Si la valeur $N_2 > N_1$ (plus de 5 %), alors il y a fuite. Les valeurs N_1 ou N_1 évaluées à moins de 0,03 indiquent une trop grande quantité d'air dans le tuyau. Dans ce cas, la pression est libérée, l'air est purgé de la partie testée et le test reprend. Entre deux tests, une période de «repos» égale à quatre fois le «temps sous pression» doit être prévue après le test précédent. Le «temps sous pression» inclut le temps de pressurisation. La présence d'air peut être confirmée en surveillant la tendance de la courbe de pression.

La présence d'air entraîne un changement de pression initiale lent, qui commence ensuite à augmenter. En comparant les résultats de tests effectués sans la présence d'air, nous remarquons une augmentation de la pression grâce à une courbe linéaire. Une valeur de $N_2 > 0,07$ pour les tuyaux nus ou 0,065 pour les tuyaux souterrains et compactés indique la présence de fuites. La sensibilité de test peut être augmentée en choisissant un temps de lecture t_3 encore plus long. Quelle que soit la méthode de test choisie, si au cours de la phase de test une perte supérieure à celle associée au défilement, inhérente au produit et au système, se produit, tous les équipements mécaniques présents devront, dans ce cas, être vérifiés, de même que les joints du tuyau. Après tout ajustement, le test doit être répété. Dans ce cas, vous devrez toujours attendre une période équivalente à au moins 5 fois la durée du test.



(figure 43)

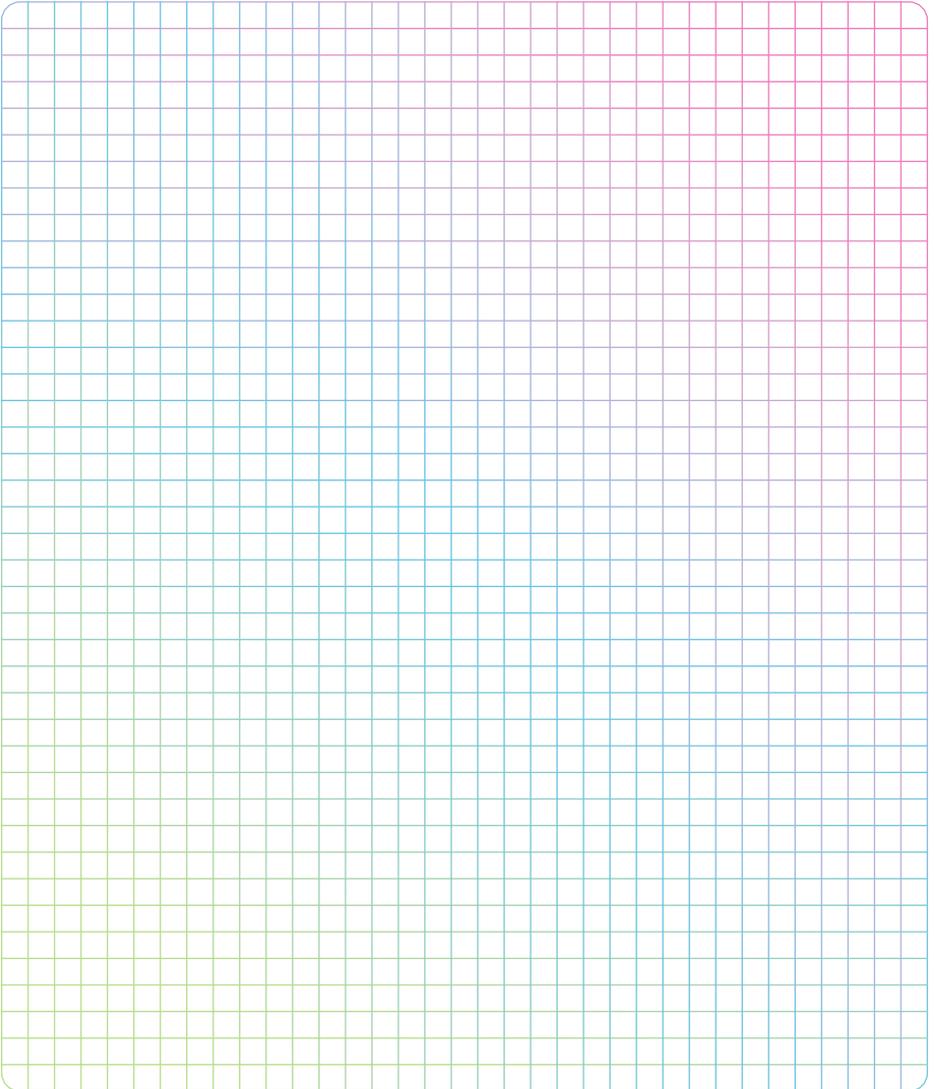
5.6 / MISE EN SERVICE

Une fois le test de pression de toute la conduite réussi, nous procédons au remblai final, pour ensuite nettoyer et stériliser le tuyau.

Les procédures suivantes doivent être effectuées pendant la mise en service:

- nettoyage avec jet d'eau ou brosses
- remplissage et stérilisation
- vidange avec neutralisation
- remplissage
- prélèvement bactériologique
- certification d'acceptation
- mise en service

notes



FITT INFRASTRUCTURE SOLUTIONS

C'est le secteur commercial du groupe FITT qui produit et développe des solutions complètes de conduites et de raccords pour la conduction sous pression et en gravité des fluides destinées aux organismes de gestion du service d'eau intégré, tels que les réseaux d'eau potable et les réseaux d'assainissement.

Pour plus d'informations:

bluforce.fitt.com

fitt.com

FITT Group © All rights reserved

Via Piave, 8

36066 Sandrigo (VI) - Italy

Tel. +39 0444 46 10 00

Fax +39 0444 46 10 99

bluforce@fitt.com

info@fitt.com

