

Sur le procédé

SUBOR JACKING

Famille de produit/Procédé : Tuyau, tube, canalisation et accessoire d'assainissement

Titulaire(s) : Société SUBOR BORU SANAYI VE TICARET AS

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 17.2 - Réseaux et épuration / Réseaux

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Première version de l'Avis Technique.	LAKEL Abdel Kader	VIGNOLES Christian

Descripteur :

Les tubes de fonçage SUBOR JACKING sont fabriqués en Polyester Renforcé de Verre (PRV) par la société SUBOR BORU SANAYI.

L'assemblage des tubes SUBOR JACKING est réalisé à l'aide de manchons non débordants fabriqués en PRV ou en acier inoxydable.

Les diamètres nominaux de fonçage STANDARD des produits fabriqués sont de DN/OD 272 à 3000 mm, et de rigidité de SN 20 000 à 1 000 000, pour application en écoulement gravitaire et pression et mise en œuvre par fonçage, microtunnelage ou forage.

Cet avis est formulé en prenant en compte les contrôles et modes de vérification et de fabrication fournis à l'instruction et vérifiés par le GS 17-2.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	4
1.1.1.	Zone géographique	4
1.1.2.	Ouvrages visés.....	4
1.2.	Appréciation	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	4
1.2.2.	Durabilité de l'ouvrage.....	4
1.2.3.	Impacts environnementaux.....	4
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	4
2.	Dossier Technique	6
2.1.	Mode de commercialisation.....	6
2.1.1.	Coordonnées.....	6
2.1.2.	Identification.....	6
2.1.3.	Mode de commercialisation.....	6
2.2.	Description	6
2.2.1.	Principe.....	6
2.2.2.	Caractéristiques des composants	7
2.2.3.	Caractéristiques du produit.....	7
2.3.	Dispositions de conception.....	17
2.3.1.	Dimensionnement mécanique.....	17
2.3.2.	Dimensionnement hydraulique	19
2.4.	Conditionnement, manutention et stockage.....	19
2.4.1.	Conditionnement.....	19
2.4.2.	Transport et stockage	19
2.5.	Dispositions de mise en œuvre.....	19
2.5.1.	Réalisation des branchements sur conduites gravitaires	19
2.5.2.	Assemblage gravitaire sur regard de visite	20
2.6.	Maintien en service du produit ou procédé.....	20
2.7.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication	20
2.7.1.	Mode de fabrication.....	20
2.7.2.	Contrôles internes.....	20
2.7.3.	Contrôles externes.....	21
2.8.	Mention des justificatifs	21
2.8.1.	Résultats expérimentaux	21
2.8.2.	Références chantiers	21
2.9.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	22

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

L'avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine et dans les départements et régions d'Outre-mer (DROM).

1.1.2. Ouvrages visés

Les tubes de fonçage SUBOR JACKING sont destinés à constituer des collecteurs d'assainissement à écoulement gravitaire utilisés pour véhiculer des eaux pluviales ou des eaux usées domestiques.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Aspects sanitaires

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir de substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.1.2. Aptitude à l'emploi

Les essais effectués montrent que les tubes de fonçage SUBOR JACKING sont conformes aux exigences de la norme NF EN 14457 et, en termes d'aptitude à l'emploi, aux exigences de la norme ISO 25780.

Les diamètres intérieurs peuvent être différents des diamètres recommandés de la norme NF EN 14457.

Les caractéristiques des produits mesurées lors des essais de laboratoire ainsi que les références de chantier fournies par le demandeur permettent de porter une appréciation positive sur l'aptitude à l'emploi de ces canalisations dans le domaine envisagé.

Les caractéristiques mécaniques des tubes SUBOR JACKING permettent de concevoir et réaliser des réseaux au comportement mécanique comparable à celui des canalisations traditionnelles.

1.2.2. Durabilité de l'ouvrage

La durabilité des réseaux constitués de tubes SUBOR JACKING, peut être estimée comparable à celle des réseaux constitués de matériaux de même nature. Cette durabilité est apportée par les propriétés du système de résine qui, comme en attestent certains composants de réseaux de même nature, ne pose pas de problème lorsqu'ils sont soumis à l'action de s eaux pluviales ou eaux usées dans le domaine d'emploi retenu.

Si l'entretien du réseau nécessite un hydrocurage, alors les conditions définies au § 2.6 du Dossier Technique doivent être prises en compte.

1.2.3. Impacts environnementaux

Les tubes SUBOR JACKING ne disposent d'aucune déclaration environnementale (DE) et ne peuvent donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du produit.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits (ou procédés) visés sont susceptibles d'être intégrés.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le choix des outils d'hydrocurage doit faire l'objet de vérifications pour s'assurer de leur compatibilité avec les caractéristiques des canalisations.

Tableau 1a : Diamètres nominaux et rigidités annulaires des tubes SUBOR JACKING

PN 1	SN (N/m ²)												
DN	20000	32000	40000	50000	64000	80000	100000	128000	160000	200000	320000	640000	1000000
272											X	X	X
324										X	X	X	X
376								X	X	X	X	X	X
427						X	X	X	X	X	X	X	X
530			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
550		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
616	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
650	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
718	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
752	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
820	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
860	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
924	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
960	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1026	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1099	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1229	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1280	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1348	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1434	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1499	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1638	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1720	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1842	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1940	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
2046	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
2160	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
2250	X	X	X	X	X	X	X	X					
2453	X	X	X	X	X	X	X						
2553	X	X	X	X	X	X	X						
2658	X	X	X	X	X	X	X						
2740	X	X	X	X	X	X							
2760	X	X	X	X	X								
2862	X	X	X	X	X								
2964	X	X	X	X	X								

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire :

Société SUBOR Boru Sanayi ve Ticaret AS
 Acibadem Mahallesi Sokullu Sokak No 12
 TU – 34718 Kadiköy/Istanbul
 Tél. : 00902164741900
 Email : contact@hydropipesolutions.com
 Internet : www.subor.eu

Distributeur :

Hydro Pipe Solutions
 29 Rue Condorcet
 Batiment B – Entrée 7013
 38090 VILLEFONTAINE
 Email : contact@hydropipesolutions.com
 Internet : www.hydropipesolutions.com

Usine : Sakarya (TR)

2.1.2. Identification

Les indications suivantes sont portées sur chaque tube :

- Identification du fabricant : SUBOR,
- Appellation commerciale : SUBOR JACKING,
- Identification composants : UP-GF,
- Diamètre extérieur (OD)
- Rigidité annulaire (SN),
- Pression nominale (PN),
- La force de poussée admissible,
- Numéro d'ordre et date de fabrication,
- Le logo QB suivi de la référence figurant sur le certificat.

Les indications suivantes sont portées au niveau du manchon :

- Identification du fabricant,
- Matériau,
- Diamètre extérieur (OD)
- Pression nominale (PN)
- Numéro d'ordre et date de fabrication,
- Le logo QB suivi de la référence figurant sur le certificat.

2.1.3. Mode de commercialisation

Les tubes SUBOR JACKING sont commercialisés par Hydro Pipe Solutions SAS.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les tubes de fongage SUBOR JACKING sont fabriqués en Polyester Renforcé de Verre (PRV) par la société SUBOR BORU SANAYI. L'assemblage des tubes SUBOR JACKING est réalisé à l'aide de manchons non débordants fabriqués en PRV ou en acier inoxydable.

Les diamètres nominaux de fonçage STANDARD des produits fabriqués sont de DN/OD 272 à 2964 mm, et de rigidité de SN 20 000 à 1 000 000 (Voir tableau 1a), pour application en écoulement gravitaire et mise en œuvre par fonçage, microtunnelage ou forage. En complément, SUBOR est en mesure de fabriquer sur mesure les diamètres extérieurs et classes de rigidité en fonction des besoins du chantier.

Les canalisations SUBOR JACKING sont destinées à véhiculer des eaux usées domestiques et eaux pluviales conformes à la réglementation. D'autres applications par mise en œuvre par fonçage, microtunnelage ou forage telles que réalisation de fourreau de protection pour réseaux secs (gainés télécom, câbles électriques...) ou humides (eau potable, réseaux incendies, eaux résiduaires...) peuvent être réalisées avec les canalisations SUBOR JACKING.

Les produits SUBOR JACKING sont conformes aux prescriptions générales de la norme NF EN 14457 et aux spécifications de la norme ISO 25780.

La conception de l'ouvrage et la mise en œuvre des produits doivent prendre en compte les exigences :

- de la norme NF EN 12889,
- de la norme ISO 25780,
- des paragraphes mise en œuvre du Fascicule 70-1,

Et les recommandations du manuel « Projet National Microtunnels – Recommandations » de la FSTT publié en octobre 2003.

2.2.2. Caractéristiques des composants

Les matières premières utilisées sont les suivantes :

Résine polyester UP insaturée de type orthophtalique, ou équivalent, polymérisée à chaud possédant les spécifications minimales définies ci-dessous, avec catalyseur de type peroxyde de méthyléthylcétone et accélérateur octoate de cobalt.

Caractéristiques	Valeurs
Résistance en traction à court terme	Min. 65 MPa
Allongement en traction à court terme	Min. 3,0 %
Résistance en flexion à court terme	Min. 120 MPa
Température de fléchissement sous charge (HDT)	Min. 75°C

Renforcement de verre de type E / C / ECR continu et coupé selon la norme NF EN ISO 23856 et NF EN ISO 2078.

Le renforcement des couches interne et externe est à base d'un voile de verre pour la couche interne et synthétique pour la couche externe.

Charges de sable à au moins 95% en poids de quartz, et dont la granulométrie des particules est inférieure à 1,0 mm et supérieure à 60 µm à l'exclusion de toute autre charge.

Colorants éventuels.

2.2.3. Caractéristiques du produit

2.2.3.1. Structure

La structure composite de la paroi s'établit de la manière suivante (de l'intérieur vers l'extérieur) :

Figure 1 : Structure des tubes SUBOR JACKING



- Couche interne (5) constituée : D'une couche de résine et d'un voile de verre, d'une épaisseur minimale de 0,3 mm et qui permet d'obtenir la résistance à l'abrasion et au curage du produit.
- D'une couche barrière constituée de résine/verre/sable et d'épaisseur de 1,5 mm.
- Couches structurantes : Couches (2 et 4) constituées de résine et de fibres de verre enroulées. Les verres constituant cette couche structurante sont de type E ou ECR.

- Ame du tube (3) constituée de résine, de sable et fibres de verre coupées et représentant l'essentiel de l'épaisseur de paroi.
- Couche externe (1) constituée de résine et d'un voile polyester et d'épaisseur minimale de 0,2 mm.

Seules les couches structurantes voient leurs épaisseurs varier en fonction du diamètre et de la rigidité. Les autres couches ont une épaisseur constante telle que notée sur le schéma ci-dessus.

2.2.3.2. Aspect, état de finition

Tube lisse de couleur gris jaune. L'intérieur est légèrement plus foncé en fonction de la teneur en sable.

2.2.3.3. Caractéristiques géométriques

2.2.3.3.1. Diamètres

Les diamètres extérieurs et épaisseurs ainsi que les tolérances des tubes SUBOR JACKING figurent tableaux 2 à 4 en annexe. Les diamètres intérieurs déclarés à utiliser pour le dimensionnement hydraulique se déduisent du diamètre intérieur calculé, avec le diamètre extérieur minimum et l'épaisseur nominale selon les tableaux 1b, 2, 5 et 6, diminué de 5 mm selon la formule $ID_{min} = (OD_{min} - (2 * épaisseur s5)) - 5,0$.

Avec OD et s5 exprimés en mm.

2.2.3.3.2. Epaisseurs de paroi

Les épaisseurs minimales de parois et tolérances au niveau du corps du tube et du bout mâle figurent tableaux 1b, 2, 5 et 6 en annexe.

2.2.3.3.3. Longueurs des tubes

Les longueurs nominales standards, utiles et tolérances des tubes SUBOR JACKING sont les suivantes :

Diamètre extérieur	Longueur nominale 3 m		Longueur nominale 2 m		Longueur nominale 1 m	
	Longueur utile (mm)	Tolérance (mm)	Longueur utile (mm)	Tolérance (mm)	Longueur utile (mm)	Tolérance (mm)
Tous DN/OD	3000	± 25	2000	± 25	1000	± 25

NOTA : En fonction des besoins du chantier, d'autres longueurs sur mesure peuvent être proposées.

2.2.3.3.4. Equerrage

L'écart maximum de perpendicularité sur le diamètre extérieur du plan de joint est conforme aux spécifications de la norme ISO 25780.

2.2.3.3.5. Rectitude

L'écart maximum de rectitude sur le fût (extérieur du tube) est conforme aux spécifications de la norme ISO 25780.

2.2.3.4. Assemblage

2.2.3.4.1. Manchons

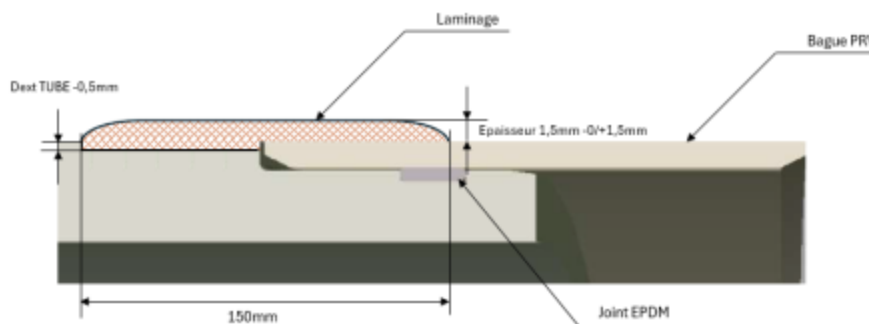
Les tubes sont assemblés par des manchettes PRV en polyester renforcé de fibres de verre coupées ou manchons en acier inoxydable de nuance 1.4404 (AISI 316L) ou 1.4571 (AISI 316Ti) selon la norme NF EN 10088-1. L'ensemble des assemblages présentés sont flexibles.

Les caractéristiques dimensionnelles principales des assemblages PRV ou métalliques figurent tableaux 1b à 4 et figures 8 à 11 en annexe.

Figure 2 : Schéma de principe manchette PRV avec laminage extérieur

Les manchettes PRV sont utilisées pour tous les DN jusqu'au DN 2964.

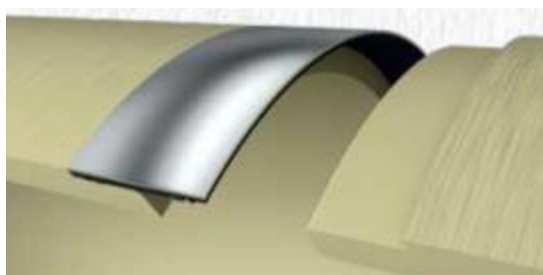
La manchette PRV est solidarisée au tube par laminage réalisé selon le principe décrit ci-dessous, en usine.



Tous les manchons PRV sont systématiquement laminés afin d'éviter tout risque de mouvement pendant la phase de travaux.

Figure 3 : Schéma de principe manchon standard acier inoxydable

Les manchons standards en acier inoxydable sont utilisés pour tous les DN jusqu'au DN 2964.



Les tubes sont livrés avec les manchons PRV ou INOX montés.

2.2.3.4.2. Elastomère

Les matériaux utilisés (EPDM ou sur demande SBR ou NBR) sont conformes à la norme NF EN 681 -1 (type WC, classe 50 ou 60)

- Manchon PRV : Joint élastomère Classe – Dureté 50 : 55 ± 5 DIDC
- Manchon INOX : Joint élastomère Classe – Dureté 60 : 60 ± 5 DIDC.

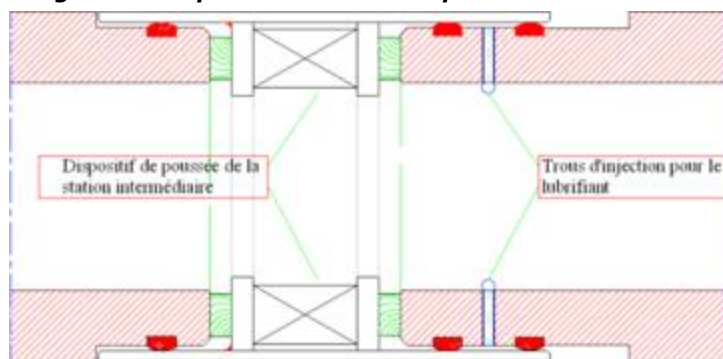
En annexe, les tableaux 3 et 4 présentent les principales caractéristiques géométriques des garnitures d'étanchéité.

2.2.3.5. Tubes spéciaux

Peuvent être fabriqués sur mesure les tubes spéciaux suivants :

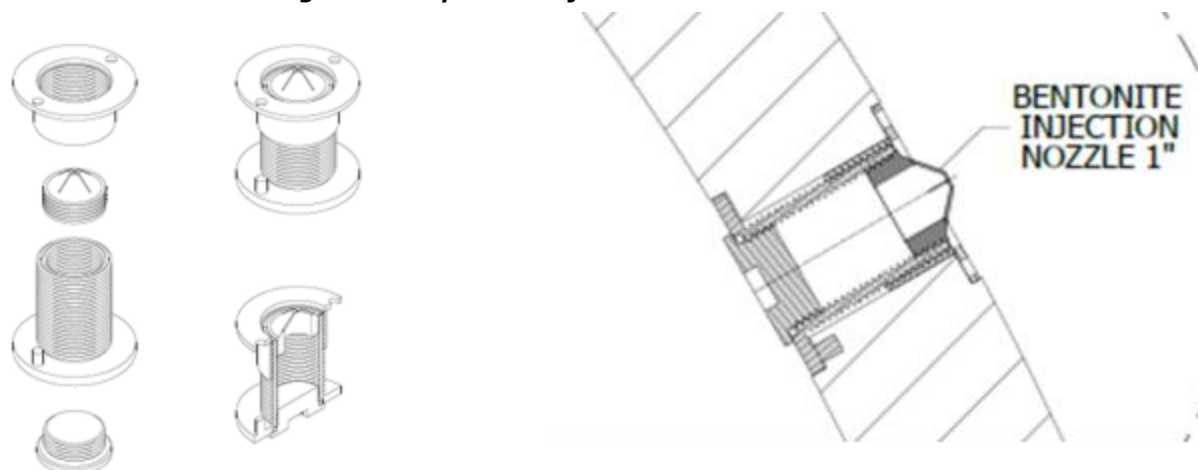
- Tube de tête avec usinage d'about adapté au matériel utilisé (trousse ou machine), en général de type about PRV,
- Tube aval et tube amont - avec abouts adaptés peuvent être livrés en cas d'utilisation de station de poussée intermédiaire. On trouvera ci-après un schéma de principe décrivant ce dispositif particulier. Les parties usinées des tubes doivent avoir une rigidité minimale calculée de $20\,000\text{ N/m}^2$.

Figure 4 : Dispositif de station de poussée intermédiaire



2.2.3.6. Accessoires

Les tubes peuvent être équipés en usine de trous d'injection avec bouchons en acier inoxydable ou en PVC.

Figure 5 : Dispositif d'injection de lubrifiant

2.2.3.7. Caractéristiques mécaniques

2.2.3.7.1. Rigidité annulaire spécifique initiale

Les tubes SUBOR JACKING sont proposés selon les classes de rigidité suivantes (valeurs correspondant à une rigidité annulaire spécifique à court terme exprimée en N/m²) : 20 000, 32 000, 40 000, 50 000, 64 000, 80 000, 100 000, 128 000, 160 000, 200 000, 320 000, 640 000 et 1 000 000.

La rigidité annulaire spécifique initiale à court terme est déterminée par essai mené selon la norme ISO 25780.

NOTA : Pour les besoins et en fonction des contraintes du projet, une rigidité sur mesure peut être proposée.

2.2.3.7.2. Rigidité annulaire spécifique à long terme en condition mouillée

Elle est déterminée selon les normes ISO 25780 et ISO 10468. La valeur de rigidité annulaire spécifique à long terme en condition mouillée à prendre en compte pour le dimensionnement mécanique est 72 % de la valeur de la rigidité annulaire spécifique initiale.

2.2.3.7.3. Résistance initiale à la rupture en condition de fléchissement

L'allongement ultime caractéristique à court terme ε_{CT} du matériau (essai de type selon la norme ISO 25780) est évalué en appliquant la formule suivante :

$$\varepsilon_r = \frac{4.28 \times e}{100 \times Dm} \times \frac{OV}{(1 + 0,005 \times OV)^2}$$

Avec :

e : épaisseur du tube (mm)

OV : ovalisation d'essai imposée au tube, provenant de la vérification de l'absence de fissuration lors de l'essai de Résistance Initiale à la Rupture en Condition de Fléchissement (RIRCF) (équation 4 de la norme ISO 25780)

Dm : diamètre moyen du tube (mm)

ε_r : allongement maximal calculé pour l'ovalisation d'essai OV. On retient la valeur $\varepsilon_{CT} = 1,2\%$ pour l'ensemble de la gamme.

2.2.3.7.4. Résistance spécifique initiale en compression longitudinale

La résistance spécifique initiale en compression longitudinale est déterminée selon l'Annexe A de la norme ISO 25780. La valeur minimale de cette caractéristique est de 90 MPa.

Cet essai permet de mesurer le module de compression longitudinal caractéristique E_l et l'étendue de la zone de comportement élastique.

2.2.3.7.5. Force de poussée admissible

Les forces de poussée admissibles sont calculées en fonction du DN, de la classe de rigidité du tube, du type d'assemblage et de l'angulation maximale retenue pour les assemblages en phase de poussée.

Les forces de poussée garanties Fult avant rupture sont données en annexe dans les tableaux 5 et 6.

Les forces de poussée admissible F_{adm} sont égales à $F_{ult} / (2 \times 1,75)$ (prise en compte d'un coefficient de répartition de 2 et de sécurité de 1,75 selon l'annexe C de la norme ISO 25780). Elles correspondent aux déviations maximales admissibles en phase de poussée suivantes par plage de diamètres :

Pour le manchon standard acier inoxydable :

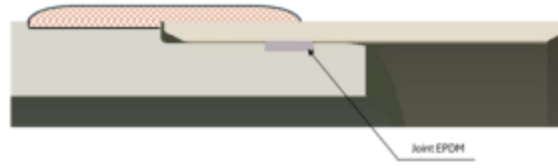


		Déviation maximale sans réduction de poussée admissible (en degré)		
OD	dg (mm)	pour l=1000mm	pour l=2000mm	pour L=3000mm
272	250,0	0,60	0,60	0,60
324	302,0	0,60	0,60	0,60
376	354,0	0,60	0,60	0,60
427	405,0	0,60	0,60	0,60
530	508,0	0,58	0,60	0,60
550	528,0	0,56	0,60	0,60
616	593,0	0,50	0,57	0,57
650	627,0	0,47	0,57	0,57
718	694,0	0,42	0,57	0,57
752	727,8	0,40	0,57	0,57
760	735,8	0,40	0,57	0,57
820	795,8	0,37	0,57	0,57
860	835,8	0,35	0,57	0,57
924	899,4	0,33	0,57	0,57
960	930,9	0,32	0,57	0,57
1026	996,3	0,30	0,38	0,38
1099	1068,1	0,28	0,38	0,38
1229	1197,1	0,25	0,38	0,38
1280	1248,1	0,24	0,38	0,38
1348	1314,9	0,22	0,38	0,38
1434	1399,1	0,21	0,38	0,38
1499	1462,0	0,20	0,38	0,38
1638	1600,4	0,18	0,27	0,27
1720	1681,7	0,18	0,27	0,27
1780	1737,8	0,17	0,27	0,27
1842	1797,8	0,16	0,27	0,27
1940	1893,9	0,16	0,27	0,27
2046	1998,5	0,15	0,27	0,27
2160	2110,5	0,14	0,22	0,22
2250	2197,1	0,13	0,22	0,22
2400	2346,1	0,13	0,22	0,22
2453	2395,7	0,12	0,22	0,22
2553	2494,1	0,12	0,22	0,22
2555	2496,1	0,12	0,22	0,22
2658	2597,9	0,11	0,19	0,19
2740	2678,7	0,11	0,19	0,19
2760	2698,7	0,11	0,19	0,19
2862	2797,9	0,11	0,19	0,19
2964	2897,5	0,10	0,19	0,19

Elles correspondent aux rayons de courbures minimaux admissibles en phase de poussée suivants par plage de diamètre :

DN/OD	Rayon de courbure minimal sans réduction de poussée admissible (en mètre)		
	Longueur Nominale du tube		
	1 m	2 m	3 m
272 - 427	95	191	286
530	99	191	286
550	102	191	286
616	115	191	286
650	122	191	286
718	136	191	286
752	143	201	302
760	143	201	302
820	155	201	302
860	164	201	302
924	174	201	302
960	179	201	302
1026	191	201	302
1099	205	201	302
1229	229	201	302
1280	239	302	452
1348	260	302	452
1434	273	302	452
1499	286	302	452
1638	318	302	452
1720	318	302	452
1780	337	302	452
1842	358	424	637
1940	358	424	637
2046	382	424	637
2160	409	424	637
2250	441	424	637
2400	441	424	637
2453	477	521	781
2553	477	521	781
2555	477	521	781
2658	521	521	781
2740	521	521	781
2760	521	521	781
2862	521	603	905
2964	573	603	905

Pour la manchette PRV :



		Déviation maximale sans réduction de poussée admissible (en degré)		
OD	dg (mm)	pour l=1000mm	pour l=2000mm	pour L=3000mm
272	255,0	0,60	0,60	0,60
324	307,1	0,60	0,60	0,60
376	359,0	0,60	0,60	0,60
427	410,2	0,60	0,60	0,60
530	512,5	0,57	0,60	0,60
550	533,0	0,55	0,60	0,60
616	599,0	0,49	0,57	0,57
650	632,5	0,47	0,57	0,57
718	700,7	0,42	0,57	0,57
752	733,6	0,40	0,57	0,57
760	741,6	0,40	0,57	0,57
820	802,5	0,37	0,57	0,57
860	842,3	0,35	0,57	0,57
924	903,8	0,33	0,57	0,57
960	940,0	0,31	0,57	0,57
1026	1006,1	0,29	0,38	0,38
1099	1078,6	0,27	0,38	0,38
1229	1208,6	0,24	0,38	0,38
1280	1259,4	0,23	0,38	0,38
1348	1328,4	0,22	0,38	0,38
1434	1413,6	0,21	0,38	0,38
1499	1477,7	0,20	0,38	0,38
1638	1614,8	0,18	0,27	0,27
1720	1696,8	0,17	0,27	0,27
1780	1756,8	0,17	0,27	0,27
1842	1818,8	0,16	0,27	0,27
1940	1916,8	0,15	0,27	0,27
2046	2023,0	0,15	0,27	0,27
2160	2137,0	0,14	0,22	0,22
2250	2226,8	0,13	0,22	0,22
2400	2376,6	0,12	0,22	0,22
2453	2429,6	0,12	0,22	0,22
2553	2527,1	0,12	0,22	0,22
2555	2529,1	0,12	0,22	0,22
2658	2632,1	0,11	0,19	0,19
2740	2714,0	0,11	0,19	0,19
2760	2734,0	0,11	0,19	0,19
2862	2835,9	0,10	0,19	0,19
2964	2937,6	0,10	0,19	0,19

Elles correspondent aux rayons de courbures minimaux admissibles en phase de poussée suivants par plage de diamètre :

DN/OD	Rayon de courbure minimal sans réduction de poussée admissible (en mètre)		
	Longueur Nominale du tube		
	1 m	2 m	3 m
272 - 427	95	191	286
530	101	191	286
550	104	191	286
616	117	191	286
650	122	191	286
718	136	191	286
752	143	201	302
760	143	201	302
820	155	201	302
860	164	201	302
924	174	201	302
960	185	201	302
1026	198	201	302
1099	212	201	302
1229	239	201	302
1280	249	302	452
1348	260	302	452
1434	273	302	452
1499	286	302	452
1638	318	302	452
1720	337	302	452
1780	337	302	452
1842	358	424	637
1940	382	424	637
2046	382	424	637
2160	409	424	637
2250	441	424	637
2400	477	424	637
2453	477	521	781
2553	477	521	781
2555	477	521	781
2658	521	521	781
2740	521	521	781
2760	521	521	781
2862	573	603	905
2964	573	603	905

Les rayons de courbure doivent comprendre l'ensemble des incertitudes lors de la réalisation du tir, ils sont donc des rayons minimaux.

Les déviations maximales admissibles sont calculées pour chaque diamètre en tenant compte de l'élasticité longitudinale des tubes, l'allongement longitudinal caractéristique du matériau et des longueurs unitaires.

Pour des déviations angulaires imposées (par exemple pour réaliser des fonçages courbes provoquant des déviations angulaires supérieures à celles indiquées ci-dessus ; mais dans la limite des déviations angulaires pour conserver une étanchéité § 2.2.3.8), le coefficient de répartition doit être augmenté et la force de poussée réduite selon les principes décrits dans l'annexe C de l'ISO 25780.

Les matériaux PRV du fait de la précision d'usinage des bouts et de l'élasticité longitudinale des tubes ne nécessitent pas de matériau répartiteur généralement constitué de latté bois ou d'aggloméré dense. L'usage de matériau répartiteur, peut cependant être envisagé pour les stations de poussée intermédiaires, la couronne de poussée et les fonçages courbes notamment pour les tubes de longueur unitaire 1m, l'accord d'utilisation devant être soumis à SUBOR BORU SANAYI France SAS.

Les déviations maximales admissibles pour les tubes amont et aval pour station de poussée intermédiaires sont calculées selon la même démarche.

2.2.3.7.6. Résistance à la corrosion sous contrainte

La résistance à la corrosion déterminée selon la norme ISO 25780 (éprouvettes soumises à l'effet d'une solution contenant 0,5 mol/L d'acide sulfurique) permet de déclarer un allongement maximum admissible à long terme supérieur à 0,8 %.

2.2.3.8. Etanchéité à l'eau

Le contrôle des jonctions a été réalisé selon l'ISO 25780 pour les trois types de manchons suivant les modalités décrites dans le tableau suivant :

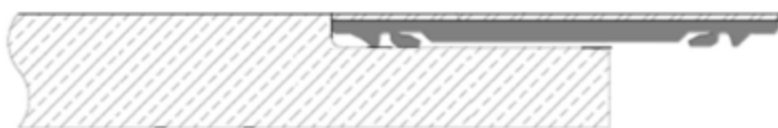
Conditions	Pression	Niveau (bar)	Durée
Test d'étanchéité initiale	Pression initiale	1,5 x PN	15 min
Pression différentielle externe	Pression négative	-0,8*	1 h
Cisaillement (20xDN en N) et retrait**	Pression statique	2 x PN	24 h
Cisaillement (20xDN en N) et retrait**	Pression cyclique	de pression atmosphérique à 1,5 x PN bars puis retour à la pression atmosphérique	10 cycles de 1,5 à 3 min chacun
Déviation angulaire et retrait **	Pression initiale	1,5 x PN	15 min
	Pression statique	2 x PN	24 h

*par rapport à la pression atmosphérique

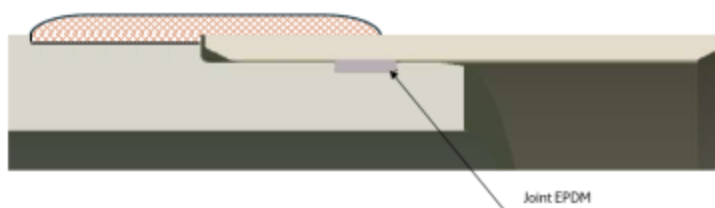
**retrait égal à 0,2% de la longueur utile soit $0,2\% \times 3000 = 6 \text{ mm}$

Les déviations angulaires d'essai sont les suivantes :

Pour le manchon standard acier inoxydable :



Pour la manchette PRV :



OD	Déviations angulaires (°)
272 - 550	0,600
616 - 960	0,573
1026 - 1499	0,382
1535- 2047	0,279
2160 - 2555	0,224
2964	0,190

2.2.3.9. Résistance à l'abrasion

Les canalisations SUBOR JACKING ont fait l'objet d'essai d'abrasion réalisé selon la norme CEN/TR 15729 :2010.

La diminution moyenne d'épaisseur observée est de 0,20 mm après 100 000 cycles (200 000 glissements) et de 0,42 mm après 200 000 cycles (400 000 glissements).

2.2.3.10. Résistance au curage

La résistance sous jet haute pression des tubes SUBOR a été testée selon la norme DIN 19523 selon la méthode 2.

2.2.3.11. Coefficient de dilatation

Dans le sens axial, ce coefficient est inférieur à $26.10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

2.2.3.12. Température

Les résines utilisées ont une température de fléchissement sous charge (Heat Distortion Temperature) d'au moins 75°C selon la norme NF EN ISO 75-2 méthode A.

Nota : Conformément à la norme NF EN ISO 23856, les canalisations SUBOR JACKING sont dimensionnées pour une température maximale en service de 35°C.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Dimensionnement mécanique

Le dimensionnement mécanique des tubes SUBOR JACKING est réalisé conformément au § 6 "Recommandation pour la conception d'un projet de microtunnelage, le dimensionnement des tuyaux et le système de fonçage" du "Projet National Microtunnels – Recommandations » de la FSTT publié en 2003.

Le dimensionnement est réalisé en deux étapes qui prennent en compte les phases de mise en œuvre et d'exploitation. Ces principes s'appliquent aux 3 procédés de mise en œuvre décrits au chapitre 2.5.

Etape 1 :

L'entreprise évaluera dans un premier temps les efforts de fonçage attendus dans les conditions de sols du projet, du matériel utilisé et pour les longueurs à construire. Ceux-ci serviront à définir l'épaisseur minimale du tube SUBOR JACKING.

La vérification consiste à s'assurer que la force de poussée maximale attendue reste inférieure à la force de poussée admissible par le tube choisi calculée selon les principes décrits au chapitre 2.2.3.7.5.

Etape 2 :

Le modèle le plus couramment utilisé pour les ouvrages posés à des profondeurs supérieures à 0,80 m est celui du Fascicule 70-1 en considérant la canalisation comme posée dans un remblai infini, les paramètres géotechniques considérés étant ceux du terrain en place.

Pour le calcul des étapes 1 et 2 sont pris en compte les paramètres suivants :

Caractéristique	Court Terme	Long Terme (50 ans)
Poids spécifique	20 kN/m ³	20 kN/m ³
Module en flexion (calcul rigidité about tube aval de station de poussée intermédiaire)	12 000 MPa	-
Coefficient de Poisson du matériau (ν)	0,26	-
Allongement minimal garanti avant rupture ϵ_r (déformation circonférentielle)	1,2%	0,8%
Module de compression longitudinal E_l sur la zone à comportement élastique (calcul du facteur de répartition de charge)	10 000 MPa	-
Déformation maximale en limite élastique $\epsilon_{lim} = \epsilon_{rup}/1.75$	0,34%	-
Résistance à la compression longitudinale minimale garantie σ_{lr}	90 MPa	-

Le défaut de forme e_o à prendre en compte est $0,0025 \times DN$ jusqu'à SN 200 000, puis $0,001 \times DN$.

En ce qui concerne l'étape 2 on procède aux vérifications suivantes :

La vérification vis à vis du risque de flambement à court et long terme (ELU) est faite sur la base d'un coefficient de sécurité de 2,5.

Les allongements à court terme et à long terme sous l'effet des charges majorées (ELU), sont calculés à partir de l'expression du moment ultime :

$$\epsilon_{ult} = \frac{1}{2} \frac{M_{ult} \cdot S5}{D_m^3 \cdot SN}$$

ϵ_{ult} : allongement à la rupture (%),

M_{ult} : moment à la rupture (N.m),

D_m : diamètre moyen du tube (m),

SN : rigidité annulaire nominale (N/m²).

On vérifie que $\gamma_m \times \epsilon_{ult} \leq \epsilon_r$ à Court Terme (avec $\epsilon_r = \epsilon_{rCT}$) et à Long Terme (avec $\epsilon_r = \epsilon_{rLT}$) avec $\gamma_m = 1,2$ pour les canalisations non visitable et 1,32 pour les canalisations visitables.

La vérification aux états limites de service (ELS) complémentaire est menée à court terme et à long terme en s'assurant que les ovalisations calculées restent inférieures aux valeurs limites de service suivantes :

SN	OV limite d'ELS à CT (%)	OV limite d'ELS à LT (%)
20000	2,4	3,9
32000	2,0	3,4
40000	1,9	3,1
50000	1,8	2,9
64000	1,6	2,7
90000	1,4	2,4
100000	1,4	2,3
128000	1,3	2,1
160000	1,2	2,0
200000	1,1	1,8
320000	0,9	1,6
550000	0,8	1,3
640000	0,7	1,2
1000000	0,6	1,1

2.3.2. Dimensionnement hydraulique

Le dimensionnement hydraulique des réseaux constitués de tubes de fonçage SUBOR JACKING doit être réalisé conformément à la norme NF EN 16933-2 en prenant en compte les valeurs de diamètres intérieurs annoncées.

2.4. Conditionnement, manutention et stockage

2.4.1. Conditionnement

Les tubes SUBOR JACKING sont livrés prêts à l'emploi. Les tubes sont livrés unitairement.

Les tubes sont séparés par des bois, et des cales sont disposées sur chaque bois pour faciliter la manutention.

Dans certains cas les tubes peuvent être livrés emboîtés les uns dans les autres, leur conditionnement réalisé en usine étant adapté aux conditions de transport et de déchargement.

2.4.2. Transport et stockage

Le transport, la manutention et le stockage des tubes SUBOR JACKING ne posent pas de difficultés particulières. Les précautions habituelles doivent être respectées :

- Stocker sur des aires planes.
- Eviter le contact des manchons avec le sol lors du déchargement.
- Manutention à l'aide de sangles en proscrivant chaînes et câbles.
- Le stockage à l'extérieur de durée supérieure à 6 mois sans protection des élastomères est proscrit.
- En cas de livraison avec les tubes emboîtés les uns dans les autres, les tubes intérieurs seront retirés en utilisant des moyens de levage (chariot élévateur) assurant leur retrait sans frotter sur la paroi du tube extérieur.

2.5. Dispositions de mise en œuvre

La mise en œuvre des tubes de fonçage SUBOR JACKING doit s'effectuer en prenant en compte les prescriptions de la norme NF EN 12889, celles du chapitre mise en œuvre du Fascicule 70-1 et selon les indications du Dossier Technique.

Les tubes sont conçus pour être mis en œuvre sans tranchée par l'un des 3 procédés suivants :

- Fonçage traditionnel avec excavation mécanique ou manuelle du terrain en front de taille protégé par une trousse coupante.

Les éléments de canalisation sont poussés à l'aide de vérins au fur et à mesure de l'avancement du creusement. Cette technique autorise la pose de tubes SUBOR JACKING visitables dans tout type de terrains sur des longueurs pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres. Des tirs courbes sont réalisables.

- Par forage à la tarière :

Les terrains sont forés à l'aide d'une tête de creusement, en général rétractable et parfois munie d'un marteau fond de trou, couplé à la rotation d'une tarière assurant l'évacuation des déblais. Les éléments de canalisation sont poussés à l'aide de vérins au fur et à mesure de l'avancement. Cette technique autorise la pose de tubes SUBOR JACKING de DN 272 à 1499 dans tous types de terrains sur des longueurs pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres. Les tirs sont rectilignes.

- Par microtunnelage :

Les microtunneliers s'apparentent aux tunneliers de grand diamètre. La machine associe un système de creusement (roue de coupe), un bouclier, un système de marinage (en général hydraulique) et un banc de poussée. Les éléments de canalisation sont poussés à l'aide de vérins au fur et à mesure de l'avancement de la machine. Cette technique autorise la pose de tubes SUBOR JACKING de DN 272 à 2964 dans tout type de terrain sur des longueurs pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres. Les tirs sont rectilignes ou non.

En cas d'utilisation d'une station de poussée intermédiaire, la surface interne de ladite station en contact avec les joints SUBOR doit être d'aspect lisse et ne pas comporter d'irrégularités. La lubrification des joints du tube aval est préconisée après chaque aller-retour de la station.

En général, il n'est pas nécessaire d'utiliser des anneaux en bois pour le transfert de poussée entre tubes PRV. L'utilisation d'anneaux de transfert de type aggloméré est cependant recommandée à l'interface de deux matériaux différents, entre la couronne de poussée acier et le dernier tube dans la fosse de poussée, entre la machine de fonçage et le tube PRV de tête ou entre la station de poussée intermédiaire et les tubes PRV amont.

L'étude préalable est indispensable pour permettre une mise en œuvre satisfaisante à l'aide de ces techniques (étude de sol, détections des obstacles...).

L'ensemble des conditions d'exécution des travaux disponibles au stade de l'étude préalable doit préalablement être transmis à SUBOR BORU SANAYI pour avis. La mise en œuvre sur chantier, ne peut être réalisée que par des entreprises spécialisées et équipées.

2.5.1. Réalisation des branchements sur conduites gravitaires

La réalisation de branchements se fait soit en utilisant des selles de branchement, soit par lamination d'un branchement en PRV sur le collecteur PRV.

Les selles de branchement sont collées sur la surface extérieure du tuyau préalablement découpé à l'aide d'outils diamantés. SUBOR BORU SANAYI SAS fournit les kits de colle et les instructions de mise en œuvre.

Le laminage in situ de branchement PRV sur le tuyau préalablement découpé à l'aide d'outils diamantés doit être effectué par du personnel qualifié par SUBOR BORU SANAYI SAS.

Ces opérations nécessitent un accès à l'extérieur du tube par réalisation d'une fouille ou par technologie sans tranchée. L'espace de travail doit être sec pour permettre la réalisation des collages ou des laminages.

2.5.2. Assemblage gravitaire sur regard de visite

Dans certains cas, les puits de travail sont équipés après les opérations de fonçage de regard de visite en PRV ou en béton. Les tubes PRV SUBOR JACKING sont coupés à la disqueuse avec disque diamant à la longueur nécessaire, en fonction des dimensions finales des ouvrages à réalisés.

Dans le cas du béton, les fonds des regards et cunettes sont coulés en place. L'étanchéité entre la cunette et les tubes SUBOR JACKING entrant et sortant est traitée par l'intermédiaire de joint hydrogonflant. Pour le joint hydrogonflant, les préconisations du fabricant doivent impérativement être respectées.

Dans le cas des regards en PRV, ces regards sont fabriqués sur mesure aux dimensions et angulation transmises par le client. Le raccordement se fait après ajustement des tubes entrant et sortant dans les puits de travail par une des solutions suivantes :

- Manchon mécanique Type FLEXSEAL de chez NORHAM ou VPC de chez FUNKE ou équivalent,
- Laminage sur place entre le regard et les tubes PRV.

2.6. Maintien en service du produit ou procédé

Les canalisations SUBOR JACKING ne réclament pas d'entretien particulier autre que l'entretien classique des réseaux d'assainissement : curage, inspection, etc...

Le nettoyage des canalisations SUBOR JACKING doit s'effectuer dans les conditions suivantes :

- La pression maximum doit être de 120 bars, le débit maximum de 250L/min,
- Les tuyères avec des chaînes ou forêts sont à proscrire.

On prendra soin d'éviter les chocs de la tête de buse contre la paroi du tube. Les systèmes avec des chaînes ou câbles sont à proscrire.

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.7.1. Mode de fabrication

Les tubes SUBOR JACKING sont fabriqués par enroulement filamentaire. La machine est constituée d'un mandrin muni d'un feuillard d'acier en enroulement continu et se déroulant à l'extrémité de la machine pour se réenrouler à son origine. Sur cette machine sont produits les tubes de DN 272 à 2964.

Après dépose d'un film de cellophane afin d'assurer l'étanchéité du mandrin et le démoulage après durcissement de la résine, celle-ci se dépose sur toute la longueur de la zone. Une première couche est constituée par l'enroulement d'un voile chargé de résine. Cette couche donne un état de surface lisse à l'intérieur du tube. Elle est suivie de la couche barrière. Puis vient la zone d'enroulement de filaments de verre continus, et de dépose de fils coupés, de sable et de résine. Un "filet" est enroulé en fin de constitution de cette couche structurante, et un voile de finition et de protection vis à vis de l'environnement externe est enroulé.

Le tube ainsi constitué pénètre ensuite dans un four tunnel où la polymérisation s'effectue. La température varie en fonction de l'avance du tube et du processus de polymérisation. Le caractère exothermique de la réaction est pris en compte. Un système de contrôle en continu tout au long de cette zone suit l'évolution de la température dans le stratifié.

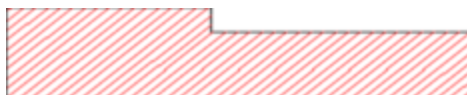
A la sortie du four tunnel, le cylindre continu est tronçonné automatiquement à la longueur souhaitée de 1 ou 2 m ou 3 m +/- 25 mm, valeur préalablement introduite dans un logiciel de commande.

Les tubes une fois tronçonnés sont transférés vers une station d'usinage où l'usinage éventuel des extrémités est réalisé.

Figure 6 : About pour manchon PRV



Figure 7 : About pour manchon acier inoxydable



2.7.2. Contrôles internes

Les contrôles portent notamment sur :

- Les matières premières et produits achetés,
- Les paramètres de production,
- Les produits finis.

Les contrôles effectués par SUBOR BORU SANAYI sont définis dans le cadre d'un plan d'assurance qualité déposé au CSTB.

2.7.3. Contrôles externes

2.7.3.1. Management de la qualité

La fabrication des tubes et accessoires SUBOR JACKING est réalisée dans le cadre de Plans d'Assurance Qualité certifiés ISO 9001.

2.7.3.2. Certification

La Société SUBOR BORU SANAYI doit être en mesure de produire un certificat QB délivré par le CSTB attestant, pour chaque site de fabrication, la régularité et le résultat satisfaisant du contrôle interne. Les produits bénéficiant d'un certificat valide sont identifiables par la présence sur les produits du logo QB.

Les caractéristiques certifiées sont les suivantes :

- rigidité annulaire spécifique initiale (Voir § 2.2.3.7.1),
- déflexion annulaire initiale minimale (Voir 2.2.3.7.3),
- caractéristiques dimensionnelles (Voir § 2.2.3.3),
- résistance en compression (Voir § 2.2.3.7.4),
- étanchéité (Voir § 2.2.3.8).

Dans le cadre de la Certification QB, le CSTB audite périodiquement les sites de fabrication pour examen du système qualité mis en place et, sauf évolution entérinée par le Groupe Spécialisé n°17 et le Comité Particulier de la marque QB, prélève et réalise les essais suivants au laboratoire de l'usine ou de la marque (sur un tube) :

- caractéristiques dimensionnelles (§ 2.2.3.3, Tableaux 1b à 6, tube avec manchon/manchette)
- résistance en compression (§2.2.3.7.4),
- rigidité annulaire spécifique initiale (§2.2.3.7.1),
- déflexion annulaire initiale minimale (§2.2.3.7.3).

Les résultats de ce suivi sont examinés par le Comité d'évaluation des certificats.

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats expérimentaux

Pour assurer leur conformité à l'ensemble des normes applicables de nombreux essais ont été réalisés sur des tubes SUBOR JACKING dans les laboratoires d'SUBOR, SUBOR BORU SANAYI ainsi que dans des laboratoires extérieurs :

- Comportement mécanique à court et long terme (CSTB n° EAU 24-29348 de 08/2024, SUBOR LT 2019-03 (10/2019) et S+K n°2092943-6 de 12/2020 sur tube assainissement (suivant ISO 25780) accompagné d'une confirmation par essai écourté en witness test suivant CEN/TS 14632 : SUBOR LT202408 de 11/2024),
- Etanchéité (TÜV SÜD n°21-IS-0497-34-G-001 (09/2021) et 20-II-0642-34-T-001 (10/2020), test SUBOR 03/2020 sur la résistance en pression (2xPN) d'une jonction par laminage seul),
- Comportement en traction (SUBOR n°2020T-206 de 04/2020, 2020T-684 de 09/2020 et S+K n°2092943 -zw de 12/2020),
- Comportement à la corrosion (SUBOR n°LT 2019-02 de 10/2019),
- Comportement à l'abrasion (TUV SUD n°19-IS-0650-34-B-001 de 02/2020),
- Comportement au curage (TUV SUD n°19-IS-0286b-34-B-001 de 04/2019).

2.8.2. Références chantiers

Environ 25 km de canalisations SUBOR JACKING ont été posées en Europe et aux Etats-Unis dont environ 3 km en France dans la gamme DN 272 à 2964.

2.9. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

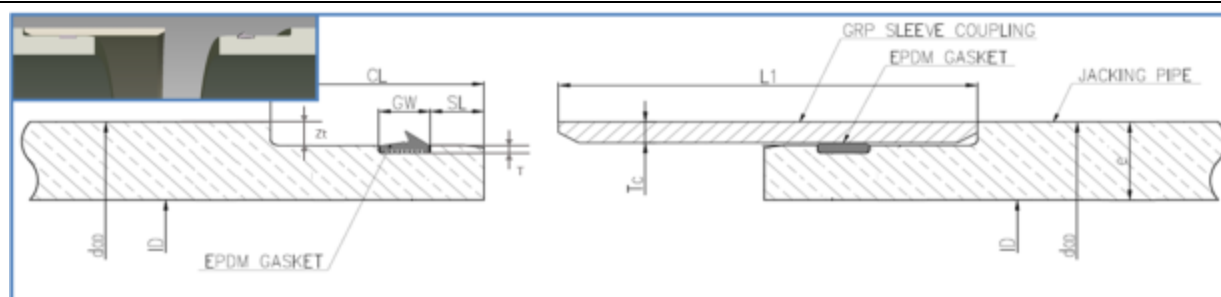


Figure 8 : Assemblages PRV

Tableau 1b : Dimensions des tubes et assemblages PRV (en mm)

DN OD /	dOD		L1	CL	SL	GW	Zt	T	Tc	Volume linéique
	min	max	moy.	moy.	moy.	moy.	moy.	moy.	moy.	m³/m
272	271	273	155	80	27	26	7,5	3,5	5	0,018
324	323	325	155	80	27	26	7,5	3,5	5	0,027
376	375	377	155	80	27	26	7,5	3,5	5	0,027
427	426	428	155	80	27	26	7,5	3,5	5	0,035
530	529	531	155	80	27	26	7,5	3,5	5	0,056
550	549	551	155	80	27	26	7,5	3,5	5	0,059
616	615	617	155	80	27	26	8	3,5	5,5	0,034
650	649	651	155	80	27	26	8	3,5	5,5	0,035
718	717	719	155	80	27	26	8,5	3,5	6	0,040
752	751	753	202	106	30	26	8,6	3,5	6,1	0,045
820	819	821	202	106	30	26	8,6	3,5	6,1	0,053
860	859	861	202	106	30	26	8,6	3,5	6,1	0,059
924	923	925	202	106	30	35	8,8	3,5	6,3	0,066
960	959	961	259	135	30	35	8,8	5,75	6,3	0,070
1026	1025	1027	259	135	30	35	9,1	5,75	6,6	0,081
1099	1098	1100	259	135	30	35	9,7	5,75	7,2	0,092
1229	1228	1230	259	135	30	35	10,2	5,75	7,7	0,116
1280	1279	1281	259	135	30	35	10,2	5,75	7,7	0,123
1348	1347	1349	259	135	30	35	10,8	5,75	8,3	0,140
1434	1433	1435	259	135	30	35	11,7	5,75	9,2	0,157
1499	1498	1500	259	135	30	35	12,7	5,75	10,24	0,180
1638	1637	1639	259	135	30	35	13,1	5,75	10,55	0,210
1720	1719	1721	367	189	47	45	13,4	5,75	10,92	0,226
1842	1841	1843	367	189	47	45	14,4	7,75	11,86	0,258
1940	1939	1941	367	189	47	45	15,3	7,75	12,8	0,290
2046	2045	2047	367	189	47	45	16,0	7,75	13,5	0,318

2160	2159	2161	367	189	47	45	17,0	7,75	14,5	0,350
2250	2249	2251	367	189	47	45	18,7	7,75	16,2	0,378
2453	2452	2454	367	189	47	45	20,9	7,75	18,4	0,442
2553	2552	2554	367	189	47	45	21,7	7,75	19,2	0,476
2658	2657	2659	367	189	47	45	22,3	7,75	19,8	0,508
2740	2739	2741	367	189	47	45	22,9	7,75	20,4	0,541
2760	2759	2761	367	189	47	45	22,9	7,75	20,4	0,549
2862	2861	2863	367	189	47	45	24,3	7,75	21,8	0,585
2964	2963	2965	367	189	47	45	25,5	7,75	23,0	0,626

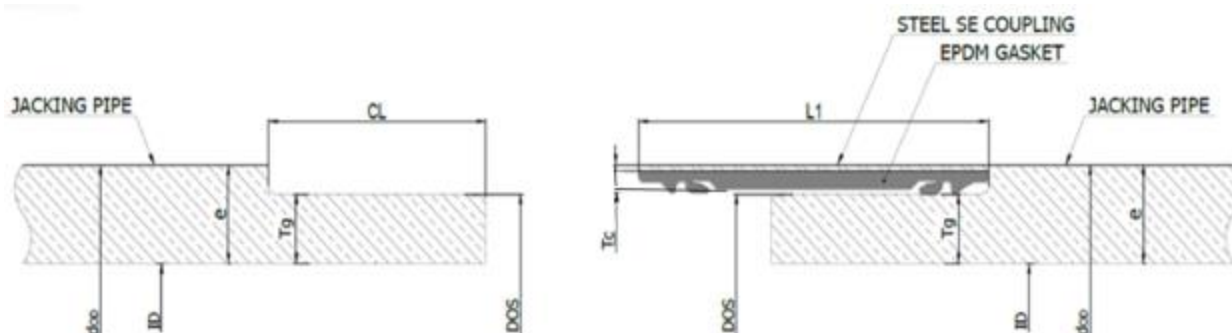
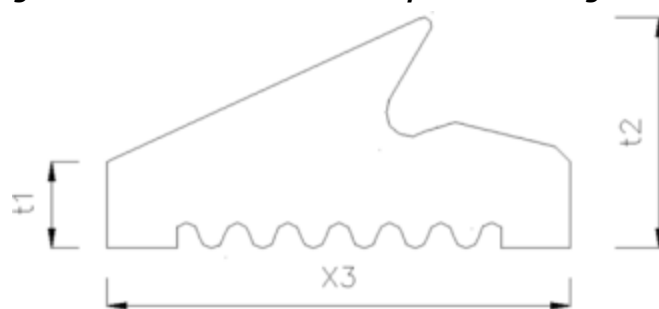


Figure 9 : Assemblages INOX

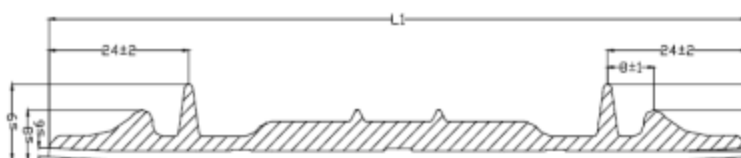
Tableau 2 : Dimensions des tubes et assemblages INOX (en mm)

DN/OD	dOD		d10		DOS		L1	CL	S6	Tc	VOLUME linéique
	min	max	min	max	min	max	moy.	moy.	moy.	moy.	m³/m
376	375,0	377,0	374,6	375,3	359,0	360,0	120	64	2,0	8,7	0,027
427	426,0	428,0	425,8	426,5	410,2	411,2	120	64	2,0	8,7	0,035
530	529,0	531,0	528,1	528,8	512,5	513,5	120	64	2,0	8,7	0,056
550	549,0	551,0	548,6	549,3	533,0	534,0	120	64	2,0	8,7	0,059
616	615,0	617,0	614,6	615,3	599,0	600,0	120	64	2,0	8,7	0,034
650	649,0	651,0	648,1	648,8	632,5	633,5	120	64	2,0	8,7	0,035
718	717,0	719,0	716,3	718,0	700,7	701,7	120	64	2,0	8,7	0,040
752	751,0	753,0	749,2	749,9	733,6	734,6	120	64	2,0	8,7	0,045
820	819,0	821,0	818,1	818,8	802,5	803,5	120	64	2,0	8,7	0,053
860	859,0	861,0	857,9	858,6	842,3	843,3	120	74	2,0	8,7	0,059
924	923,0	925,0	921,4	922,1	903,8	904,8	140	74	2,9	9,7	0,066
960	959,0	961,0	957,6	958,3	940,0	941,0	140	74	2,9	9,7	0,070
1026	1025,0	1027,0	1023,7	1024,4	1006,1	1007,1	140	74	2,9	9,7	0,081
1099	1098,0	1100,0	1096,2	1096,9	1078,6	1079,6	140	74	2,9	9,7	0,092
1229	1228,0	1230,0	1226,2	1226,9	1208,6	1209,6	140	74	2,9	9,7	0,116
1280	1279,0	1281,0	1277,0	1277,8	1259,4	1260,4	140	74	2,9	9,7	0,123
1348	1347,0	1349,0	1346,0	1346,7	1328,4	1329,4	140	74	2,9	9,7	0,140
1434	1433,0	1435,0	1431,2	1431,9	1413,6	1414,6	140	74	2,9	9,7	0,157
1499	1498,0	1500,0	1495,3	1496,0	1477,7	1478,7	140	74	2,9	9,7	0,180
1638	1637,0	1639,0	1634,4	1635,3	1614,8	1615,8	140	74	3,9	10,7	0,210

1720	1719,0	1721,0	1716,4	1717,3	1696,8	1697,8	140	74	3,9	10,7	0,226
1842	1841,0	1843,0	1838,4	1839,3	1818,8	1819,8	140	74	3,9	10,7	0,258
2046	2045,0	2047,0	2042,4	2043,3	2023,0	2024,0	140	74	3,9	10,7	0,318
2160	2159,0	2161,0	2156,4	2157,3	2137,0	2138,0	140	74	3,9	10,7	0,350
2250	2249,0	2251,0	2246,4	2247,3	2226,8	2227,8	140	74	3,9	10,7	0,378
2453	2452,0	2454,0	2449,2	2450,3	2429,6	2430,6	140	74	3,9	10,7	0,442
2553	2552,0	2554,0	2548,7	2549,8	2527,1	2528,1	140	74	4,9	11,7	0,476
2658	2657,0	2659,0	2653,6	2654,8	2632,1	2633,1	140	74	4,9	11,7	0,508
2760	2759,0	2761,0	2755,6	2756,8	2734,0	2735,0	140	74	4,9	11,7	0,549
2964	2963,0	2965,0	2959,2	2960,8	2937,6	2938,6	140	74	4,9	11,7	0,626

Figure 10 : Profil des élastomères pour assemblages PRV**Tableau 3 : Dimensions des élastomères pour assemblage PRV**

Type	x3 (mm)	t1 (mm)	t2(mm)
Type 1	21 ± 0,50	3,70 ± 0,30	10,50 ± 0,50
Type 2	30 ± 0,50	5,50 ± 0,50	15 ± 0,50
Type 3	40 ± 0,80	7,50 ± 0,50	20 ± 0,60

Figure 11 : Profil des élastomères pour assemblages INOX**Tableau 4: Dimensions des élastomères pour assemblage INOX**

Type	s6 (mm)	s8* (mm)	s9 (mm)	L1 (mm)
Type 1	1,95 ± 0,5	8,8 ± 0,5	13,2 ± 0,8	120 ± 1
Type 2	2,9 ± 1	9,7 ± 0,5	14,0 ± 0,9	120 ± 1
Type 3	3,9 ± 1	10,7 ± 0,5	15,0 ± 0,9	120 ± 1
Type 4	4,9 ± 1	11,7 ± 0,5	16,0 ± 0,9	140 ± 2
Type 5	5,9 ± 1	12,7 ± 0,5	17,0 ± 0,9	140 ± 2
Type 6	6,9 ± 1	13,7 ± 0,5	18,0 ± 0,9	140 ± 2
Type 7	7,9 ± 1	14,7 ± 0,5	19,0 ± 0,9	140 ± 2

*s8 = Tc dans les tableaux 1b et 2

Tableau 5 : Epaisseurs minimales (mm) et forces de poussée garanties Fult avant rupture (kN) – assemblages PRV

DN / OD	20.000		32.000		40.000		50.000		64.000		80.000		100.000		128.000		160.000		200.000		320.000		640.000		1.000.000	
	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr
272																					21,5	218	21,5	218	24,5	273
324																			20	232	27,7	403	27,7	403	29,2	435
376															17	191	18,4	229	20	273	24	379	30,5	547	34	635
427											17,1	222	18,5	266	19,5	297	21,1	347	22,8	400	27	527	34	733	38	847
530					17	276	17,6	299	19,2	363	21	434	22,7	501	24,6	575	26,5	648	29	743	35,5	987	44	1295	50,45	1521
550			17	287	18	328	18,3	341	21,5	472	22	492	24,5	594	26	654	27,5	714	30	813	36	1047	45	1387	51,5	1624
616	17	299	18	346	19	392	21	485	23	577	24,7	655	27,5	782	29	850	31,5	962	33,5	1051	41	1378	47	1633	57,49	2065
650	17	316	18,65	398	21	513	23	611	25	708	26	756	29	900	30,6	976	33,2	1099	36,5	1253	43	1552	50	1866	58,5	2237
718	17,6	356	20,8	531	23	651	24,5	732	26,8	855	28,9	967	31,01	1079	34	1237	36,5	1367	39,8	1538	47,2	1914	55,8	2340	61,5	2616
752	18,9	443	21,7	603	25	791	26	847	28,2	971	30,5	1099	34	1293	35	1348	38,5	1540	42	1729	49,2	2113	58,6	2601	65,3	2940
820	20,5	585	24,3	822	27	990	29	1113	30,1	1180	34	1418	37	1599	39	1719	41,2	1850	44,6	2051	52,4	2506	63	3108	70,3	3512
860	21,5	681	24,7	891	29	1170	30	1235	31,95	1360	34,2	1504	38	1745	40	1871	44	2122	47	2308	53,7	2718	64	3334	73,5	3887
924	22,4	783	26,6	1079	29,5	1282	31,5	1421	34	1594	37,5	1835	41	2073	43,2	2222	47,4	2505	50,2	2691	59	3269	67	3784	78,5	4506
960	23	689	27,5	1019	30	1201	32,5	1382	35	1562	38	1776	41,5	2025	45	2271	48,5	2516	55,2	2979	62	3441	70	3975	81,5	4724
1026	25	872	30	1263	32	1419	34	1574	38,5	1920	41,5	2149	45	2414	48,3	2662	52,3	2961	59	3455	63	3747	73,5	4500	87,5	5476
1099	26,5	1011	31	1389	35	1723	37,15	1901	40	2136	44	2463	48	2788	52,2	3126	57	3509	61	3826	66,5	4257	79,5	5256	92,5	6228
1229	30	1419	34,6	1851	38	2168	43,1	2640	46,5	2953	49,2	3199	53,5	3590	58,7	4059	61,8	4336	64,3	4558	73,5	5368	89	6701	103,5	7914
1280	30,5	1529	36,3	2097	39,4	2398	44,1	2851	47,5	3177	51	3511	55,2	3909	59,7	4332	64,5	4779	70	5287	76,3	5864	92	7272	108	8665
1348	33	1809	39	2426	41,4	2672	46	3140	50	3544	54,5	3995	60	4543	64,5	4987	67	5232	73	5817	83	6778	101	8469		
1434	35	2047	41,5	2759	43,7	2999	48,5	3518	53,2	4023	57,5	4483	62,5	5013	68	5591	73,5	6165	80	6836	85,5	7399	105	9355		
1499	38,5	2423	42	2824	47	3393	49,5	3675	55	4294	61	4964	64	5297	70	5957	76	6613	82	7262	93	8437	113	10523		
1638	41	2931	46	3557	52	4303	57,2	4944	61,1	5423	64,95	5892	72	6746	77	7347	83,5	8122	86	8418	100	10059				
1720	42	3165	49	4086	54	4738	60,1	5529	64,5	6095	68	6544	74	7308	80,2	8091	84,2	8593	93	9689	105	11163				
1842	45	3395	51,4	4297	57	5081	63	5915	66,5	6398	72,5	7223	80,5	8313	85,5	8990	90	9595	95	10264	111,5	12442				
1940	48	3886	54,2	4806	59	5514	65	6393	71,5	7339	76	7991	83,5	9068	87	9568	92	10279	100	11407						
2046	50	4308	58	5560	63,3	6383	68,5	7187	75	8185	81	9100	89	10311	91	10613	105	12703	108	13147						

DN / OD	20.000		32.000		40.000		50.000		64.000		80.000		100.000		128.000		160.000		200.000		320.000		640.000		1.000.000	
	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr
2160	52	4719	61	6206	65	6863	72	8006	77,2	8850	84,5	10027	92	11228	101	12657	107,6	13697								
2250	54	4967	64,5	6774	71	7883	76,5	8817	80,2	9442	86	10418	97	12253	102	13081										
2453	58	5762	70	8014	75	8946	84,7	10742	93,2	12303	95	12632	105	14451												
2553	60	6237	74	8971	78	9747	91,5	12344	94	12822	100	13965	105	14913												
2658	61,5	6685	77	9837	80	10443	93	13051	100	14444	105	15434	109	16223												
2740	63,5	7191	77,5	10128	82	11066	93,5	13447	100	14783	106	16010														
2760	64	7351	77,8	10268	83,5	11464	93,7	13591	100	14896	107	16339														
2862	65,8	7713	79,1	10631	86	12133	94,5	13973	100	15158																
2964	68	8219	81,5	11287	88,5	12866	96,3	14616	104	16335																

Tableau 6 : Epaisseurs minimales (mm) et forces de poussée garanties Fult avant rupture (kN) - assemblages INOX Standard

DN / OD	20.000		32.000		40.000		50.000		64.000		80.000		100.000		128.000		160.000		200.000		320.000		640.000		1.000.000	
	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr
272																					21,5	269	21,5	269	24,5	323
324																			20	294	27,7	465	27,7	465	29,2	497
376															17	263	18,4	301	20	345	24	451	30,5	619	34	707
427											17,1	308	18,5	352	19,5	383	21,1	433	22,8	485	27	613	34	819	38	933
530					17	368	17,6	392	19,2	456	21	527	22,7	593	24,6	667	26,5	741	29	836	35,5	1080	44	1388	50,45	1614
550			17	394	18	435	18,3	448	21,5	579	22	599	24,5	701	26	761	27,5	821	30	920	36	1154	45	1494	51,5	1731
616	17	443	18	490	19	537	21	629	23	722	24,7	799	27,5	927	29	994	31,5	1106	33,5	1195	41	1522	47	1777	57,49	2209
650	17	456	18,65	538	21	653	23	751	25	848	26	896	29	1040	30,6	1116	33,2	1239	36,5	1393	43	1692	50	2006	58,5	2377
718	17,6	545	20,8	720	23	839	24,5	920	26,8	1044	28,9	1156	31,01	1268	34	1425	36,5	1556	39,8	1726	47,2	2103	55,8	2529	61,5	2805
752	18,9	614	21,7	774	25	962	26	1018	28,2	1142	30,5	1271	34	1465	35	1519	38,5	1711	42	1900	49,2	2284	58,6	2772	65,3	3111
820	20,5	801	24,3	1039	27	1206	29	1329	30,1	1397	34	1634	37	1815	39	1935	41,2	2067	44,6	2268	52,4	2722	63	3324	70,3	3728
860	21,5	901	24,7	1111	29	1390	30	1455	31,95	1580	34,2	1724	38	1966	40	2092	44	2342	47	2528	53,7	2938	64	3555	73,5	4108
924	22,4	943	26,6	1239	29,5	1442	31,5	1581	34	1754	37,5	1995	41	2234	43,2	2383	47,4	2665	50,2	2851	59	3429	67	3944	78,5	4666
960	23	1033	27,5	1363	30	1545	32,5	1726	35	1906	38	2120	41,5	2369	45	2615	48,5	2860	55,2	3323	62	3785	70	4319	81,5	5068
1026	25	1268	30	1660	32	1815	34	1970	38,5	2316	41,5	2545	45	2810	48,3	3059	52,3	3357	59	3851	63	4143	73,5	4896	87,5	5872
1099	26,5	1467	31	1845	35	2178	37,15	2356	40	2591	44	2918	48	3243	52,2	3582	57	3965	61	4281	66,5	4712	79,5	5711	92,5	6683
1229	30	1977	34,6	2409	38	2727	43,1	3199	46,5	3511	49,2	3758	53,5	4149	58,7	4617	61,8	4895	64,3	5117	73,5	5927	89	7260	103,5	8473
1280	30,5	2101	36,3	2669	39,4	2970	44,1	3424	47,5	3750	51	4083	55,2	4481	59,7	4904	64,5	5351	70	5860	76,3	6436	92	7844	108	9238
1348	33	2529	39	3147	41,4	3393	46	3860	50	4264	54,5	4716	60	5263	64,5	5707	67	5953	73	6537	83	7499	101	9189		
1434	35	2871	41,5	3583	43,7	3822	48,5	4342	53,2	4847	57,5	5306	62,5	5836	68	6415	73,5	6988	80	7660	85,5	8223	105	10179		
1499	38,5	3354	42	3755	47	4323	49,5	4607	55	5225	61	5895	64	6227	70	6888	76	7543	82	8193	93	9368	113	11454		
1638	41	3866	46	4492	52	5238	57,2	5879	61,1	6357	64,95	6827	72	7681	77	8282	83,5	9057	86	9353	100	10994				
1720	42	4198	49	5119	54	5771	60,1	6562	64,5	7128	68	7577	74	8341	80,2	9124	84,2	9626	93	10722	105	12196				
1842	45	4931	51,4	5833	57	6616	63	7450	66,5	7934	72,5	8758	80,5	9849	85,5	10525	90	11130	95	11799	111,5	13977				
1940	48	5649	54,2	6569	59	7276	65	8156	71,5	9102	76	9753	83,5	10831	87	11331	92	12041	100	13170						

DN / OD	20.000		32.000		40.000		50.000		64.000		80.000		100.000		128.000		160.000		200.000		320.000		640.000		1.000.000	
	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr	s5	Fr
2046	50	6298	58	7550	63,3	8373	68,5	9176	75	10175	81	11090	89	12301	91	12603	105	14693	108	15137						
2160	52	6992	61	8479	65	9136	72	10279	77,2	11123	84,5	12301	92	13501	101	14931	107,6	15970								
2250	54	7621	64,5	9427	71	10537	76,5	11470	80,2	12095	86	13071	97	14907	102	15734										
2453	58	9065	70	11318	75	12249	84,7	14045	93,2	15606	95	15935	105	17754												
2553	60	9584	74	12318	78	13093	91,5	15691	94	16169	100	17311	105	18259												
2658	61,5	10297	77	13450	80	14055	93	16663	100	18057	105	19047	109	19836												
2740	63,5	11035	77,5	13973	82	14910	93,5	17291	100	18627	106	19855														
2760	64	11224	77,8	14141	83,5	15337	93,7	17464	100	18769	107	20212														
2862	65,8	12037	79,1	14954	86	16457	94,5	18297	100	19481																
2964	68	12945	81,5	16013	88,5	17592	96,3	19342	104	21060																