

GUIDE TECHNIQUE EAU



Année 2009

PRESENTATION

Aujourd’hui, nul ne doute que la normalisation offre à l’Entreprise d’importants bénéfices en facilitant l’adaptation des produits, procédés et services aux buts auxquels sont destinés, en protégeant la santé et le milieu ambiant. C’est donc une activité qui apporte des solutions optimales pour des applications répétitives dans les travaux de distribution ou d’exploitation.

La normalisation est imposée dans une large mesure par des raisons commerciales, mais reste une garantie d’unification des critères, simplification des solutions et des méthodes, sécurité dans la conception et l’exécution.

Le guide technique d’eau potable constitue un référentiel technique pour la conception et la pose des réseaux d’adduction et de distribution.

Il est rédigé dans l’objectif de garantir la qualité et l’homogénéité des infrastructures d’alimentation en eau.

Son domaine d’application s’étend pratiquement à toutes les activités :

- Conception et réalisation des réseaux neufs ou des extensions du réseau existant;
- Modification et/ou réhabilitation importante des réseaux existants.

Ce guide revêt un caractère provisoire et donc une mise à jour est nécessaire du fait de :

- ✓ L’expérience cumulée,
- ✓ Innovations et progrès technologiques,
- ✓ Amélioration des connaissances concernant le comportement et les interactions, en fonction du temps, des matériaux en contact avec l’eau,
- ✓ Modifications dans les normes techniques
- ✓ Nouveaux textes législatifs et réglementaires.



ASSEMBLAGE

PRESENTATION.....	1
I. CONDITIONS GENERALES.....	4
I.1 OBJET	
I.2 DOMAINE D'APPLICATION	
I.3 DÉFINITIONS	
I.3.1 Pressions	
I.3.2 Réseaux	
I.3.3 Composants	
I.3.4 Diamètres	
I.4 SYSTEME D'UNITES	
II COMPOSANTS D'UN RESEAU D'EAU POTABLE.....	10
II.1 TUYAUX ET RACCORDS	
II.1.1 Tuyaux et raccords Fonte Ductile	
II.1.2 Tuyau Béton précontraint	
II.1.3 Tuyau Acier	
II.1.4 Tuyau en PVC non plastifié et raccords	
II.1.5 Tubes en polyéthylène PEHD (PE80) bande bleu PN 16	
II.2 ASSEMBLAGE DE CONDUITES DE NATURE DIFFERENTES.....	37
II.2.1 Assemblage flexible	
II.2.2 Assemblage à bride	
II.2.3 Manchons de réparation inox	
II.3 ELEMENTS DE ROBINETTERIE.....	46
II.3.1 Vannes de sectionnement	
II.3.2 Ventouses	
II.3.3 Bouches et poteaux d'incendie	
II.3.4 Vidanges	
II.3.5. Vannes de régulation hydraulique	
II.4 BOULONNERIE	61
II.4.1 Normes et Qualité d'acier	
II.4.2 Directive Européenne RoHS	
II.4.3 Solutions alternatives	
II.4.4 Perçage des brides ISO PN 10 et ISO PN 16	
II.4.5 Dispositifs de fermeture	
III MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX.....	67
III.1 OPERATIONS PRELIMINAIRES	
III.1.1 Etude géotechnique	

III.1.2 Accès - Installations et emprises du chantier	
III.2 EXECUTION DES TRAVAUX.....	70
III.2.1 Stockage et Bardage des tuyaux	
III.2.2 Transport et manutention	
III.2.3 Travaux de pose	
III.2.4 Travaux sur réseau existant	
III.2.5 Branchements	

ANNEXES

A0 CONCEPTION D'UN RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU.....	134
A.1 TERRASSEMENT.....	145
A.2 BETONS ET MORTIERS.....	171
A.3 REGARDS ET CHAMBRES CONSTRUITS SUR SITE.....	174
A.4 BUTEES – ANCRAVES.....	176
A.5 POSE DES CONDUITES EN ELEVATION.....	179
A.6 EXECUTION DES TRAVAUX SPECIAUX.....	180
A.7 PROTECTION CONTRE LA CORROSION DES CONDUITES.....	185
A.8 EPREUVES SOUS PRESSION.....	208
A.9 RINÇAGE ET DESINFECTION.....	215
A.10 REFECTION DES CHAUSSEES& TROTTOIRS.....	221
A.11 ROUTE ET MATERIEL.....	226
REFERENCES ET BIBLIOGRAPHIE.....	247



I. CONDITIONS GENERALES

I.1. OBJET

Le présent guide a pour but d'établir les conditions techniques de réalisation des réseaux d'eau potable et définit les critères généraux à prendre en compte pour l'étude, l'installation et l'exploitation, et ce afin de viser l'uniformisation des pratiques au Maroc.

I.2. DOMAINE D'APPLICATION

Ce guide s'applique pour tous les réseaux d'eau aussi bien dans les extensions que dans les opérations de renouvellement des réseaux existants, dans les communes urbaines et rurales incluses dans le périmètre de la gestion déléguée.

I.3. DÉFINITIONS

Dans le but de faciliter l'application de ce guide, des définitions dont certaines sont extraites de la norme EN 805:juin 2000 : « *Alimentation en eau-Exigences pour les réseaux extérieurs aux bâtiments et leurs composants* », sont exposées dans ce qui suit :

I.3.1. Pressions

Tableau des pressions relatives au réseau

Abréviation	Désignation	Définition	Équivalence
DP	Pression de calcul en régime permanent	Pression maximale de fonctionnement du réseau ou de la zone de pression, fixée par le projeteur en tenant compte des développements futurs mais non compris le coup de bâlier.	Dans des réseaux gravitaires, Pression statique (Ps). Dans des réseaux de pompage, Pression de pompage (Pb)
MDP	Pression maximale de calcul	Pression maximale de fonctionnement du réseau, ou de la zone de pression, fixée par le concepteur, y compris le coup de bâlier, compte tenu de développements futurs ;	Pression maximale de travail (Pt)
OP	Pression de fonctionnement	Pression interne qui s'exerce à un instant, un moment donné en un point déterminé du réseau d'alimentation en eau	
SP	Pression de service	Pression interne fournie au point de raccordement à l'installation du consommateur, à débit nul dans la conduite de branchement.	(Ps)
STP	Pression d'épreuve du réseau	Pression hydrostatique appliquée à une conduite nouvellement posée de façon à s'assurer de son intégrité et de son étanchéité ;	

Tableau des pressions relatives aux composants

Abréviation	Désignation	Définition	
PFA	Pression de fonctionnement admissible	Pression hydrostatique maximale à laquelle un composant est capable de résister de façon permanente en service	$PFA \geq DP$
PMA	Pression maximale admissible	Pression dynamique maximale, y compris le coup de bélier, à laquelle un composant est capable de résister lorsqu'il y est soumis de façon intermittente en service	$PMA > MDP$
PEA	Pression d'épreuve admissible	Pression hydrostatique maximale à laquelle un composant nouvellement mis en œuvre est capable de résister pendant un laps de temps relativement court afin de s'assurer de l'intégrité et de l'étanchéité de la conduite	$PEA > STP$

Outre les pressions relatives aux composants, rassemblés dans la norme (EN 805:juin 2000), on prend en considération la définition suivante de pression normalisée ou nominale :

Pression nominale (PN) : Référence concernant des caractéristiques mécaniques et dimensionnelles d'un composant de réseau.

Elle comprend les lettres PN suivies par un nombre sans dimension [EN 1333:1996, 2]
 $PN \geq PFA$

Coup de bélier : Fluctuations rapides de pression dues aux variations de débit pendant de courts intervalles de temps. Le coup de bélier est essentiellement mis en relation avec la vitesse de l'eau et non avec la pression interne .Il génère une succession d'onde de surpression et d'onde de dépression(voir Fig. I-1 et Fig. I-2)

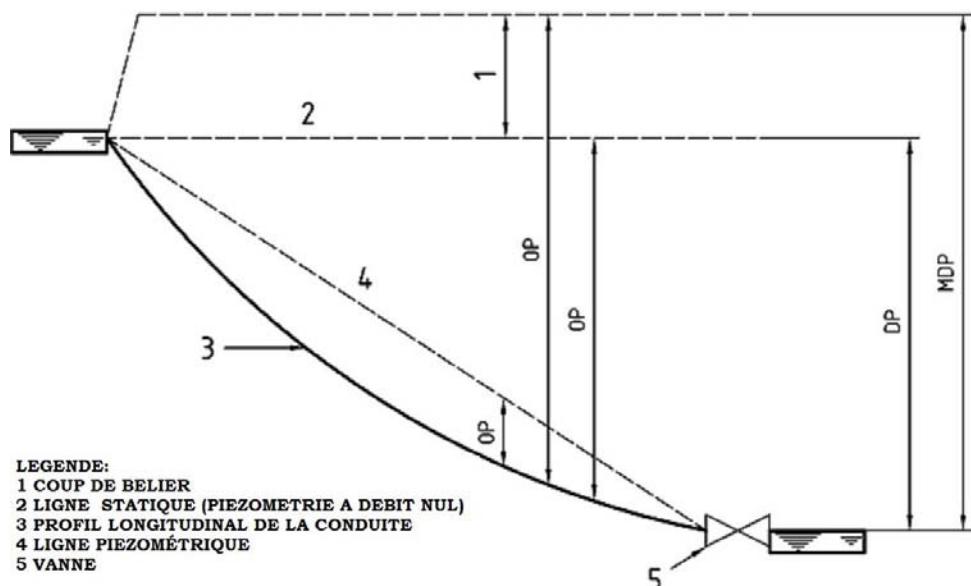


Fig. I-1. Exemple de surpression dans une conduite gravitaire
 (Figure de la Norme EN 805:2000)

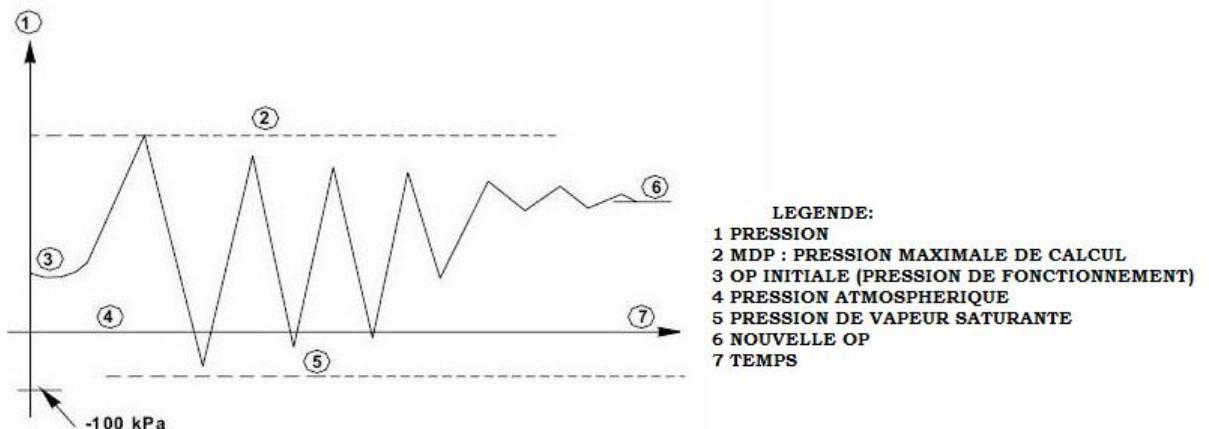


Fig. I-2. Exemple d'onde du coup de blier
(Figure de la Norme EN 805:2000)

I.3.2. Réseaux

Réseau d'Alimentation en eau: Ensemble d'installations qui relient les sources d'approvisionnement aux branchements particuliers. Vu sa fonction spécifique on peut le subdiviser en quatre réseaux enchaînés : captage, traitement, adduction et distribution.

Captage : Ensemble d'installations de régulation, dérivation et amenée des eaux superficielles et souterraines, depuis les sources d'approvisionnement jusqu'aux installations de traitement. Il comprend des retenues, canaux, puits, stations de pompage et conduites d'eau brute.

Traitement : Ensemble d'installations de potabilisation nécessaires pour que l'eau d'approvisionnement atteigne les paramétriques physico-chimiques, organoleptiques et bactériologique requis à la consommation humaine.

Adduction : Selon la définition de l'ASTEE et reprise dans le reporting environnemental de Veolia Environnement, les ouvrages d'adduction servent uniquement au transport d'eau brute. L'adduction d'eau potable est un terme générique pour signifier le transport de l'eau potable, il inclut donc les conduites de distribution.

Les conduites d'adduction sont les conduites transportant l'eau entre les ouvrages ou points de prélèvement et les stations de production d'eau potable.

A la sortie de ces dernières, les conduites de transfert vers le réseau de distribution sont des conduites de transport ou feeders.

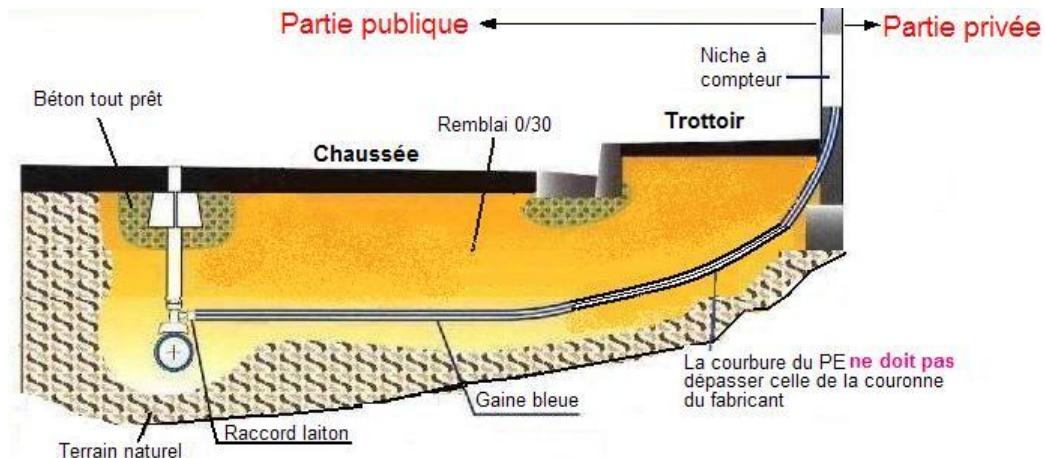
Distribution: Partie du réseau d'eau potable, comprenant les conduites, les réservoirs de réseau, les stations de pompage et les autres équipements, par laquelle l'eau est fournie aux consommateurs.

Maille: Contour fermé, formé par des conduites du réseau d'alimentation en eau .

Ramification: Conduite d'un réseau d'alimentation en eau, par laquelle circule l'eau sous pression ou à surface libre mais dont le tracé ne forme pas une maille.

Arbre : Ensemble de branches avec une origine commune.

Branchement : On entend par branchement eau, toutes canalisations et équipements qui permettent de relier un point (des) de livraison (inclus) à la conduite d'adduction. Le branchement comprend donc en général une partie sur le domaine public (ou collectif) et une partie sur le domaine privé. La limite « partie privée – partie publique » étant généralement matérialisée par un ouvrage dit « regard, coffret de façade » implanté préférentiellement en limite du domaine public à l'intérieur du domaine privé ou à défaut sous trottoir voire plus à l'intérieur du domaine privé.



Un cas particulier est également à prendre en compte, les points de livraison (compteurs individuels) en immeuble collectif qui sont reliés au branchement par l'intermédiaire d'une conduite en « partie privée » usuellement appelée « colonne montante ».

Hydrant : Bouche ou poteau d'incendie.

I.3.3. Composants

Tuyau: pièce moulée de section uniforme, d'axe rectiligne, ayant des extrémités à emboîture, à bout uni ou à bride. Suivant leurs caractéristiques mécaniques nous pouvons distinguer :

Joint : assemblage des extrémités adjacentes de deux composants comprenant les moyens d'étanchéité. Nous pouvons distinguer entre :

Pièce spéciale ; raccord : pièce moulée autre qu'un tuyau, permettant une dérivation, un changement de direction ou de section : Té, coude, cône. Les manchons sont aussi classés dans les raccords.

Appareil de robinetterie: composant permettant de couper ou de régler le débit et la pression par exemple, vanne d'isolement, vanne de régulation, dispositif réducteur de pression, purgeur, clapet anti retour, poteau et bouche.

Accessoire : toute pièce moulée autre qu'un tuyau ou un raccord qui est utilisé pour une canalisation.

I.3.4. Diamètres

Diamètre extérieur (OD): Diamètre extérieur moyen du fût du tuyau dans une section quelconque.

Diamètre intérieur (ID): Diamètre intérieur moyen du fût du tuyau dans une section quelconque.

Diamètre nominal (DN/ID ou DN/OD) : Désignation numérique du diamètre d'un composant, laquelle est un nombre égal à la dimension réelle en millimètres. Les valeurs de DN doivent être prises dans l'une des deux séries suivantes, la première correspondant au diamètre intérieur (DN/ID), la seconde au diamètre extérieur (DN/OD). Les normes de produit doivent indiquer à quelle série elles se rapportent.

DN/ID : 20 30 40 50 60 65 80 100 125 150 200 250 300 350 400 450 500 600 700 800 900 1000
1100 1200 1250 1300 1400 1500 1600 1800 2000 2100 2200 2400 2500 2600 2800
3000 3200 3500 4000

Pour les matériaux suivants : FD, FG, Acier, Béton précontraint...

DN/OD : 25 32 40 50 63 75 90 110 125 160 180 200 225 250 280 315 355 400 450 500 630
710 800 900 1000 1100 1200 1250 1300 1400 1500 1600 1800 2000 2100 2200 2400
2500 2600 2800 3000 3200 3500 4000

Pour les matériaux suivants : PVC, PEHD...

I.4. SYSTEME D'UNITES

Les unités de base sont adoptés à partir du Bureau International des poids et mesures.

Désignation	Unité	Symbol
Longueur	mètre	m
Masse	kilogramme	kg
Temps	seconde	s

Désignation	Unité	Symbol	Équivalence
Surface	mètre carré	m ²	
Volume	mètre cube	m ³	
Vitesse	mètre par seconde	m/s	
Accélération	mètre par seconde carré	m/s ²	
Force	Newton	N	kg·m/s ²
Pression	pascal	Pa	N/m ²
Énergie	joule	J	N.m
Puissance	Watt	W	J/s
Densité	kilogramme par mètre cube	kg/m ³	
Débit	mètre cube par seconde	m ³ /s	

La correspondance avec le Système Mètre-Kilopound-Seconde (MKS) est la suivante :

1 N = 0.102 kp et inversement 1 kp = 9.81 N

1 N/mm² = 10.197 kp/cm² et inversement 1 kp/cm² = 0.0981 N/mm²

Le kilopound (kp) s'appelle aussi kilogramme force (kgf).

Relation entre différentes unités de pression

1 unité de cette colonne équivaut à	Pa N/m ²	MPa N/mm ²	kgf/cm ²	atm	m.c.a.	mm Hg	bar
Pa = N/m ²	1	10 ⁻⁶	10,2·10 ⁻⁶	9,87·10 ⁻⁶	1,02·10 ⁻⁴	0,0075	0,00001

MPa = N/mm2	10^6	1	10.1972	9.86923	101.974	7500.62	10
kgf/cm2	98066.5	0.098067	1	0.96784	10	735.559	0.98067
atm	101325	0.101325	1.03323	1	10.3326	760	1.01325
m.c.a.	9806.38	0.009806	0.1	0.09678	1	73.5539	0.09806
mm Hg	133.322	$1.333 \cdot 10^4$	0.00136	0.00132	0.013595	1	0.00133
bar	100 000	0.1	1.01972	0.98692	10.1974	750.062	1

(Atm= atmosphère ; m.c.a.= mètre de colonne d'eau ; mm Hg = millimètre de mercure)

Équivalence avec d'autres unités de pression :

1 kgf/cm2 = 14.223 psi (livre par pouce carré) = 2048.2 psf (livre par pied carré) = 0.9289 tsf (tonne par pied carré)



II. COMPOSANTS D'UN RESEAU D'EAU POTABLE

Aucun composant du réseau en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine ne doit altérer les caractéristiques physiques, chimiques, bactériologiques et organoleptiques de l'eau.

Si le contact de l'eau avec les composants se produit à travers une protection, celle-ci comme le matériel protégé du composant doivent respecter les critères d'alimentarité

II.1. TUYAUX ET RACCORDS

Les tuyaux sont unis successivement avec l'intercalation d'autres éléments qui permettent l'installation et l'exploitation d'un système facile et économique.

Le système employé pour la jonction des tuyaux entre eux, dépend du matériau de base. La jonction peut être effectuée au moyen de : joint, éléments électro soudables et soudures.

Comme pour les joints, les accessoires et les pièces spéciales dépendent aussi du matériau de base de la conduite.

Pour les différents matériaux considérés dans la suite, Il est indispensable de connaître les étapes de conception et processus de fabrication ainsi que les caractéristiques de chacun de leurs composants : Normes, Certifications, recommandations d'installation, contrôles de qualité et essais effectués à l'usine.

Dans l'objectif de normalisation, de maintenance, etc., les matériaux admis dans la conception et la construction des réseaux d'alimentation en eau potable sont ceux exposés ci après.

II.1.1. Tuyaux et raccords en fonte ductile

II.1.1.1. Tuyaux Fonte Ductile

II.1.1.1.1. Généralités:

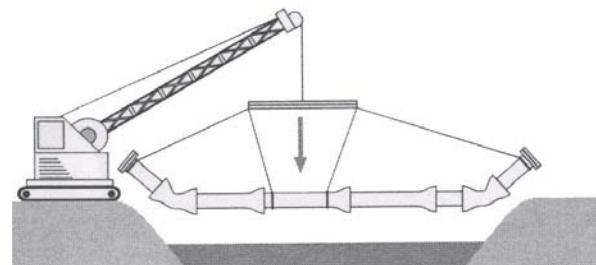
Les conduites en fonte ductile pourront être utilisées pour des diamètres compris entre $80 \leq DN \leq 600$ mm et pour des pressions normalisées (PN) allant de 1.0 à 4.0 MPa.

On privilégie l'usage de la fonte ductile sur des tronçons où il est prévu de réaliser plusieurs dérivations et aussi lorsque l'environnement du chantier est défavorable ou que l'opération revêt une certaine complexité, par exemple :

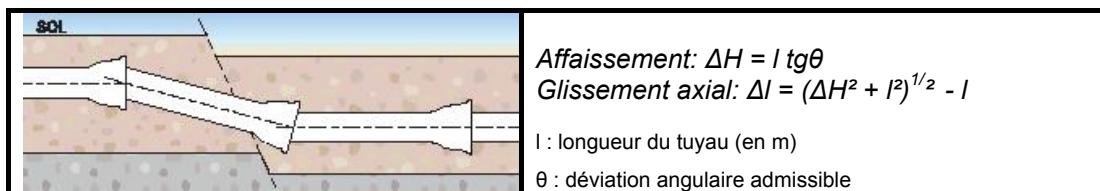
- chaussée à trafic intense
- franchissement d'un ouvrage d'art : pont par ex.



- traversée en siphon d'un oued



- Faible hauteur de couverture
- Milieu corrosif, revêtement (Zn+Al) renforcé
- Encombrement du sous sol : utilisation des joints verrouillés pour éviter les butées et ancrages.
- Pose en pente abrupte.
- Pose sans tranchée(en forage horizontal).
- Terrains instables. Grâce à la déviation angulaire des joints, la canalisation a un comportement de chaînette flexible. Elle se déforme comme le terrain jusqu'à des limites qui sont celles du non-déboîtement.
- Remarque : Dans le cas d'affaissements occasionnant des allongements importants, une solution peut consister à verrouiller les joints et à récupérer cet allongement sur des manchons placés aux frontières entre les zones stable et instable.



Les tuyaux en fonte sont fabriqués selon des « classes d'épaisseurs », de sorte que l'épaisseur du tube est déterminée en fonction du diamètre nominal (DN) et de la « classe d'épaisseur » correspondante.

Il est à noter, cependant que les tuyaux en FD ne sont pas adaptés en cas de sol pollué, à cause du problème de pérméation par le joint caoutchouc.

II.1.1.2. Désignation



Tuyau FD à emboîtement pour joint automatique DNmm

Les diamètres nominaux couramment utilisés sont les suivants: **80, 100, 150, 200, 300, 400, 500 et 600 mm**. Cette série n'est pas exhaustive elle n'est donnée qu'à titre indicatif. D'autres calibres, supérieurs, peuvent être utilisés après justification préalable.

II.1.1.3. Normes :

Les tuyaux en fonte ductile, doivent être conformes aux normes : NM 01.4.047 et ISO 2531. EN 545:2002, EN 681- 1:1996, EN 681-1/A1 : 1999 et ISO 7005-2 : 1988.

II.1.1.4. Caractéristiques:

Les tuyaux sont droits en Fonte ductile standard 2 GS à emboîtement, à joint automatique, éventuellement en fonte ductile 2GS à emboîtement à joint mécanique ou à joint automatique verrouillé, Standard Ve.

Grâce à la forme sphéroïdale du graphite qu'elle contient, la fonte ductile possède de remarquables caractéristiques mécaniques:

- Résistance à la traction (420Mpa)
- Résistance aux chocs
- Haute limite élastique (32 DAN/mm²)
- Allongement minimal à la rupture (10%)
- Ovalisation verticale maximale de ($\Delta D/D \leq$) 4%

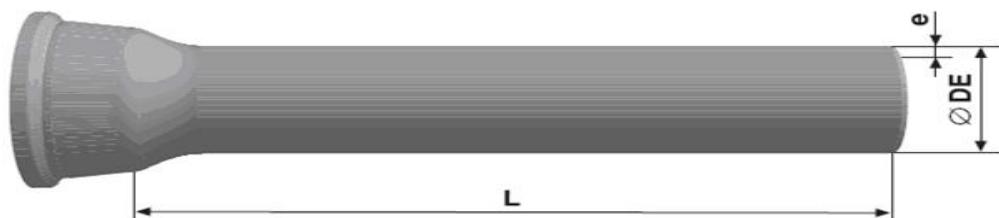
Tolérance sur l'épaisseur est fixée à 1,3 + 0,001 DN

Longueur du tuyau est fixée à 6 m avec une tolérance de +/- 30 mm pour les tuyaux à emboîtements.

Tolérance sur la masse est de +/- 5 %

Tous les tuyaux doivent être revêtus intérieurement et extérieurement :

- Revêtement extérieur de zinc avec une masse moyenne de zinc \geq 130 g/m² et une épaisseur moyenne de la couche de finition \geq 50 μ m.
- Revêtement intérieur de mortier de ciment d'une épaisseur de 4 à 5 mm.



DN mm	L. utile hors emboiture (m)	P:profondeur emboitement STD (mm)	Dext STD (mm)	e STD (mm)	Masse métrique STD (kg)	PFA (MPa)		Type d'assemblage	
						Classe 40	K 9	normal Std	Ve (Std Verrouillé
80	6	90	98	6	15	6.4	8.5		
100	6	92	118	6.1	18.5	6.4	8.5		
150	6	98	170	6.3	27,5	6.4	7.9		
200	6	104	222	6,4	37	5.0	6.2		
300	6	105	326	7,2	61	4.0	4.9		
400	6	110	429	8,1	95,5		4.2		
500	6	115	532	9	131		3.8		
600	6	120	635	9,9	170		3.6		

II.1.1.1.5. Eléments d'assemblage :

Les tuyaux de fonte ductile peuvent être assemblés par jonction flexible avec joint élastomère ou bien par jonction rigide avec des brides. Les paramètres de classification étant différents dans les deux cas.

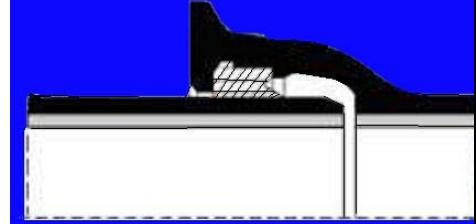
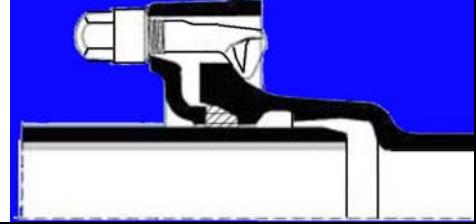
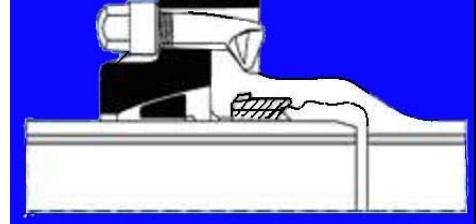
Les éléments d'assemblage doivent être conformes aux normes suivantes:

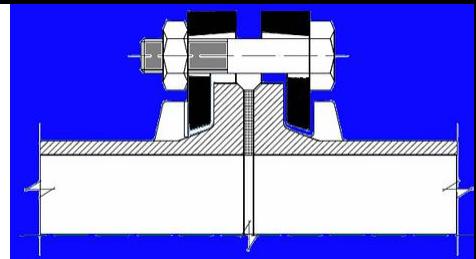
NF A 48.870- joints standard

NF A 48.860- joints express

NF A 48.840- système de raccordement à brides pour canalisations en FD.

NF T 47.305- bague de joints - spécification des matériaux.

Type Joint	caractéristiques	coupe
Joint standard	joint automatique, l'étanchéité est assurée lors de l'assemblage par compression radiale d'une bague de joint en élastomère, il se distingue par : - Facilité & rapidité de mise en œuvre - Tenue à forte pression - jeu axial et déviation angulaire	
Joint express	joint mécanique, composé d'une bague de joint en élastomère, d'une contre-bride et de boulons. Caractéristiques principales sont: - Montage sans effort d'emboîtement - Possibilité d'orientation des pièces - Jeu axial et déviation angulaire	
Joint standard verrouillé	joint automatique verrouillé permettant la réalisation de canalisations auto butées. Le verrouillage a pour rôle une reprise des efforts axiaux et permet de s'affranchir des butées en béton	

Joint à brides	baguette de joint plat en élastomère comprimée entre les brides	
----------------	---	--

II.1.1.2. Raccords en Fonte Ductile pour Tuyau FD

II.1.1.2.1. Normes :

Les raccords et pièces accessoires en fonte ductile, doivent être conformes aux normes :

NM 01.4.047

ISO 2531.

EN 545:2002,

EN 681- 1:1996,

EN 681-1/A1 : 1999

ISO 7005-2 : 1988.

NF A 48.863 Raccords à emboîtement

NF A 48 842 Raccords à bride

II.1.1.2.2. Caractéristiques:

Les pièces et raccords sont en fonte ductile 2 GS à emboîtement Standard, Standard Ve, Express et à bride.

Les pièces et raccords à bride sont de l'ISO PN 16 en fonte ductile GS

Toutes les pièces et raccords sont revêtus intérieurement et extérieurement

La tolérance sur la masse est fixée à +/- 12 %

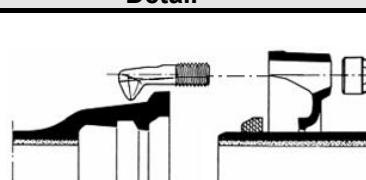
II.1.1.2.3. Désignation

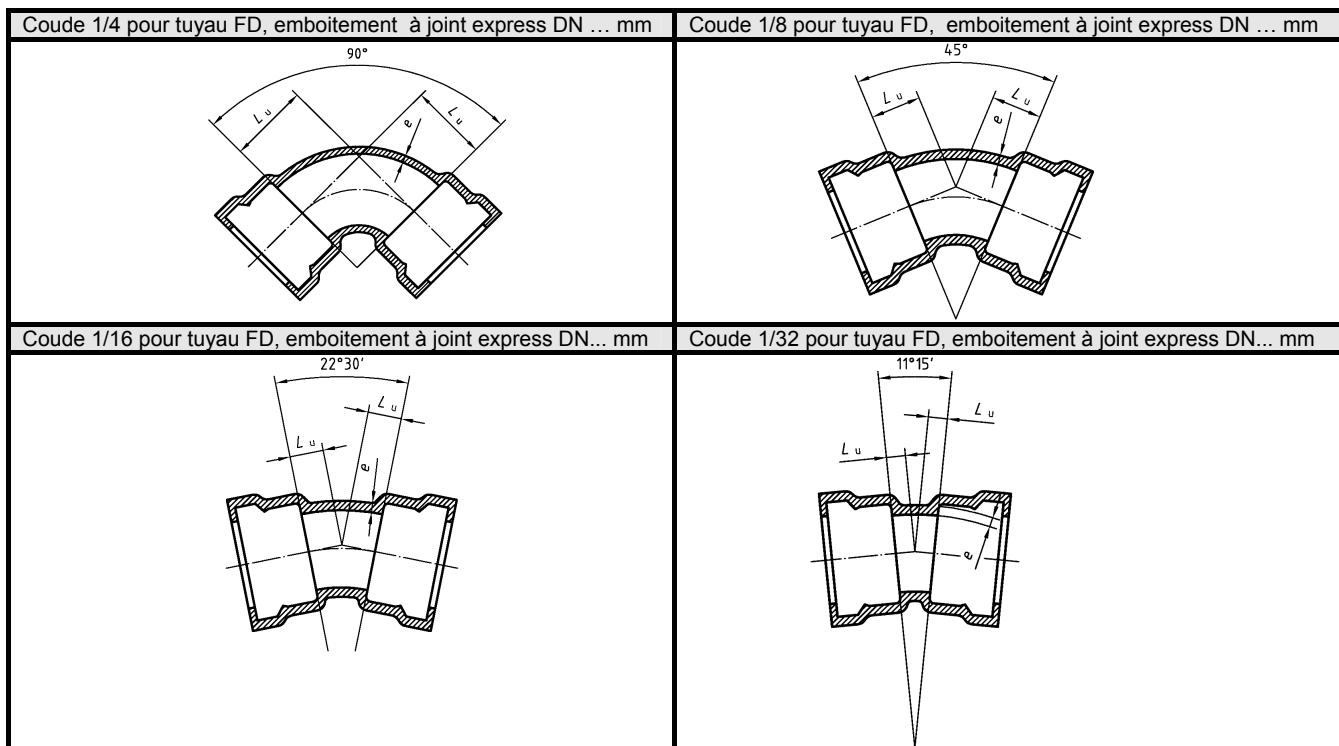
- Adaptateur de bride pour FD mm

Série des diamètres utilisés : **DN 60, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 500 et 600mm**



- Coude pour tuyau FD, à deux emboitements à joint express DN.... mm

joint express	Détail
	



\varnothing (mm)	Coude de type			
	1/4	1/8	1/16	1/32
80				
100				
150				
200				
300				
400				
500				
600				

- TE pour tuyau FD, à deux emboitements standard et tubulure bridée $\varnothing 1 \times \varnothing 2$ mm



$\varnothing 1$: DN 80, 100, 150, 200, 300, 400, 500 et 600mm

$\varnothing 2$: DN 60, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 500 et 600mm

Avec : $\varnothing 1 \geq \varnothing 2$

$\varnothing 1$ (mm)	$\varnothing 2$ (mm)								
	60	80	100	150	200	300	400	500	600
80									
100									
150									
200									
300									
400									
500									
600									

Cône pour tuyau FD, à deux emboitements à joint standard DN Ø1 x Ø2 mm



Ø1: DN 80, 100, 150, 200, 300, 400, 500 et 600mm

Ø2: DN 60, 80, 100, 150, 200, 300, 400, et 500 mm

Avec : Ø1 > Ø2

Ø1 (mm)	Ø2 (mm)							
	60	80	100	150	200	300	400	500
80								
100								
150								
200								
300								
400								
500								
600								

II.1.2. Tuyau Béton précontraint

On utilise les tuyaux en béton précontraint avec ou sans âme tôle, dans des diamètres supérieur ou égal à 500 mm, pour des pressions normalisées (PN) jusqu'à 1.6 MPa, dans des tronçons avec risque potentiel d'ovalisation importante et dans lesquels on prévoit peu de dérivation.

II.1.2.1. Tuyau en béton précontraint sans âme tôle

La fabrication du tuyau est réalisée par la méthode de centrifugation et précontrainte longitudinale et transversale des fils d'acier de haute résistance.

Les tuyaux en béton précontraint avec ou sans âme tôle sont calculés pour résister à la pression interne et aux charges externes fixes et mobiles.



La précontrainte longitudinale résiste aux efforts de flexion et permet au tuyau de résister aux efforts du frettage.

La précontrainte transversale résiste à la pression et à l'ovalisation.

Fabriqués par du ciment « portland CPJ45 » dosé au moins à 350 kg/m³. Le rapport eau/ciment du béton est adapté au procédé de mise en place du mortier et ne doit pas dépasser 0.45 après serrage.

Résistance à la rupture des aciers est supérieure à 160 kg/mm².

A 28 jours, le béton a une résistance minimale à la compression de 35 MPa.

Perméabilité K du revêtement inférieure à 0,03 cm³/cm 2/h.

Coefficient de diffusion des ions chlorure : 9.10-12 m²/s.

Porosité accessible à l'eau $\leq 15\%$.

Tableau dimensionnel

<i>DN mm</i>	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1500	1600	1800	2000
<i>Epaisseur avec âme tôle mm</i>	50	50	50	50	55	65	70	75	85	90	100	115	125
<i>Epaisseur sans âme tôle mm</i>	40	40	40	45	45	50	50	60	70	70	75	75	80
<i>L. totale mm</i>	7090	7101	7101	7101		7114	7132	7132	7149	7149	7149	7141	6143
<i>Déviation angulaire (Gr)</i>	2,5	2,5	2	2	1,5	1,5			1,1	0,7		0,5	0,3
<i>Kg/m.l</i>	270	355	440	535		755	885	1040	1460	1600	1695	1875	2475
<i>Force (T) pour emboîter</i>		3		4		5		6	7		8		

Les tuyaux portent systématiquement un numéro de fabrication, la date de fabrication et l'indication de leur pression caractéristique ainsi que le diamètre nominal.

Les tuyaux en béton précontraint sans âme tôle sont conformes à la norme NF EN 642. Les pièces spéciales (Cônes, Tés à tubulure pour ventouse et vidange) sont réalisées en béton précontraint avec âme tôle.

La tolérance en moins d'épaisseur de paroi est fixée à : 3 mm + 0,02 e (e=épaisseur nominale). Les diamètres intérieurs réels ne sont, en principe, pas inférieurs aux diamètres nominaux. La tolérance sur le diamètre réel D est fixée à $\pm 1\%$.

II.1.2.2. Tuyau en béton précontraint avec âme tôle

Le tuyau en béton précontraint avec âme tôle possède un tuyau médian en acier soudé, dont l'épaisseur minimale est de 1,5 mm pour tous les diamètres, ils sont conformes à la norme NF EN 642.

Les pièces spéciales sont en général des pièces chaudronnées en acier de 8cm d'épaisseur, soudées ou raccordées souples. Le revêtement intérieur consiste en une couche de mortier de béton enrichi d'adjuvants d'étanchéité. La protection extérieure est constituée de toile de jute enduite de Flinkot.

Les raccordements des pièces se font sur âme tôle par soudure. Afin de permettre ces raccordements, les tuyaux sont être sectionnés avec une meule spéciale.

La tolérance en moins d'épaisseur de paroi est fixée comme suit :

- Revêtement intérieur : $2\text{mm}+0,02.\text{ei}$ (ei=épaisseur nominale du revêtement intérieur) ;
- Revêtement extérieur : $2\text{mm}+0,02.\text{ee}$ (ee=épaisseur nominale du revêtement extérieur) ;
- Ame tôle : 0,10 et par rapport à l'épaisseur nominale et de l'âme tôle.

Les diamètres intérieurs réels ne sont, en principe, pas inférieurs aux diamètres nominaux. La tolérance sur le diamètre réel D est fixée à $\pm 1\%$.

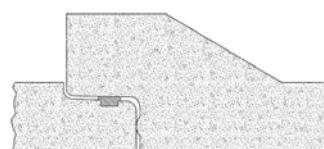
Le tuyau béton précontraint est moins vulnérable à la corrosion que le tuyau acier, grâce à la couche protectrice du béton secondaire, le seuil de protection est généralement porté à 10 voire à 5 Ohms-mètres selon la qualité et l'épaisseur du béton de recouvrement. Notons que ces

critères ne sont valables que pour un béton d'enrobage de qualité standard, caractérisé par une porosité comprise entre 12% et 18% et un recouvrement des armatures homogènes et sans défaut de 30 mm

II.1.2.3. Assemblages des tuyaux en béton précontraint

Les types habituels d'assemblage dans les tuyaux en béton EB et pièces spéciales sont les suivants :

- Assemblage rigide : Jonction soudée qui concerne un tuyau âme tôle et une pièce spéciale en acier (coude, col de cygne,...). La préparation et la soudure doivent être effectuées selon ce qui est indiqué dans la norme EN 288:1993, par des soudeurs qualifiés, en accord avec la norme EN 287:1992. Dans les tubes de diamètre supérieur ou égal à 800 mm la soudure s'effectue par l'intérieur.
- Assemblage flexible avec anneau élastomère : La jonction est effectuée avec emboîtement de l'about lisse dans la tulipe. Les bagues d'étanchéité des joints sont réalisées en caoutchouc naturel ou synthétique par moulage ou fermeture d'un cordon par soudure vulcanisée (joint à lèvres), placé directement en contact avec le béton.



Les caractéristiques du caoutchouc sont les suivantes :

- Résistance à la rupture à 15 °C (norme NFT 46 002) : $R > 150 \text{ DaN/cm}^2$;
- Allongement à la rupture à 15 °C (norme NFT 46 002) : $A > 400 \%$;
- Vieillissement accéléré à 7 jours à l'étuve à 70 °C (norme NFT 46 005) : $R' > 0,75 R$ et $A' > 0,75 A$.
- Ces joints doivent autoriser des déviations angulaires suffisantes, compte tenu de la longueur normale des tuyaux, pour permettre de réaliser des courbes de 500 m de rayon sans utilisation de pièces spéciales.

II.1.2.4. Désignation

Désignation	Unité	Echantillon
Tuyaux en béton précontraint à emboîtement DN...mm, sans âme tôle, étanchéité par bague d'élastomère, PC...bar, conforme à NF EN 642.	m	
Tuyaux en béton précontraint à emboîtement DN...mm, avec âme tôle, étanchéité par bague d'élastomère, PC...bar, conforme à NF EN 642.	m	
Pièces spéciales (Cônes, Coudes, Tés et vidange) en acier de 8cm d'épaisseur, revêtues : <ul style="list-style-type: none"> • intérieurement par une couche de mortier de béton enrichi d'adjoints d'étanchéité. • Extérieurement, la protection est constituée de toile de jute enduite de Flinkot. 	U	

Les diamètres usuels **DN 500, 600, 700 et 800 mm**, les diamètres supérieurs peuvent être utilisés après justification.

II.1.3. Tuyau Acier

Les tuyaux à base d'acier peuvent être utilisés pour différents diamètres intérieurs dans diverses installations : réservoirs, stations de pompage, pour franchir des obstacles particuliers, tel que siphon, passage sur pont. Les tuyaux acier soudés sont adaptés pour un usage dans un sol pollué.

Application spécialement dans le cas des hautes pressions, PN \geq 1,6 MPa.

Sur tronçons autoportés et dans les galeries, les tuyauteries d'acier sont soutenues ou appuyées sur des plots.

En zones urbaines, aménageables, les tuyaux d'acier doivent être enrobés d'une couche de béton de section carrée de côté \geq (Dext +50cm) La couche protectrice en béton, renforcée d'acier sur les quatre côtés, est calculée pour résister aux charges roulantes et au poids et poussées des terres. Les tuyaux acier non revêtus extérieurement doivent être protégés par un système de protection cathodique.

La relation épaisseur/diamètre dépasse en tout cas la valeur de huit pour mille (8 %).

L'acier employé dans la fabrication est du type non allié, selon les indications de la norme EN 10020:2001.

Les tuyaux sont fabriqués, par lamination et soudés, à partir de tôles d'acier doux qu'on cintre longitudinalement, avec des soudures électriques ou bien à partir de feuillards sous forme de bandes continues, hélicoïdalement enroulées.

Les tubes sont parachevés en extrémités, soit par :

- deux bouts lisses pour assemblages par soudure bout à bout;
- ou un bout lisse et un bout tulipé pour assemblage par slip joint et soudure à clin;
- ou un bout lisse et un bout équipé d'une emboîture avec joint élastomère ou assemblage automatique.

Le tuyau d'acier doit avoir une qualité minimale S-275 JR, selon la norme EN 10025:1994 ;

Les dimensions normalisées dans les tuyaux d'acier (diamètres et épaisseurs) sont variables selon la norme qui régit le produit utilisé : EN 10224:2003, DIN 1626:1984 OU API 5L : 2000

Pour l'acier nu qui est l'élément le plus exposé à la corrosion, le seuil de protection est porté à 100 Ohms- mètres. Les tuyaux en acier doivent être revêtus intérieurement avec une protection contre la corrosion sous forme d'une couche de 500 microns de peinture époxy de qualité alimentaire, avec une préparation préalable de la surface, de degré SA 2½ selon la norme suédoise SS. 055900-1.

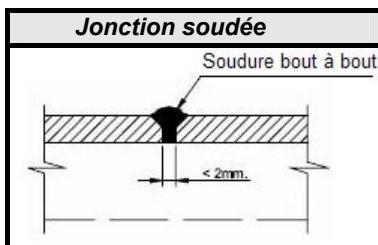
Si les tuyaux ne sont pas posés enrobés de béton, ils seront protégés extérieurement grâce à une couche minimale de 400 microns de peinture époxy ou une couche de 3 mm de polyéthylène

extrudé à chaud, avec une préparation préalable de la surface, de degré SA 2½ selon norme suédoise SS.055900-1.

II.1.3.1. Assemblages des tuyaux en acier

Les tubes en acier peuvent être pourvus avec différents types de jonctions, dont les plus fréquentes sont les assemblages rigides:

Jonction soudée : la préparation et soudure des jonctions doivent être effectuées conformément à la norme EN 288:1993, par des soudeurs qualifiés en accord avec la norme EN 287:1992.



Les soudures d'assemblage des conduites en acier sont considérées comme défectueuses et inacceptables, lorsqu'elles ne sont pas conformes aux qualités normes et tolérances des soudures de classe III, définies par le Syndicat National de la Chaudronnerie - Tôlerie dans son avant - projet n°7 concernant la classification des soudures.

A tout moment, on peut faire procéder par un organisme qualifié à des contrôles radiographiques, par ultrasons ou autres, sur les soudures exécutées par l'Entrepreneur.

Les tuyaux en acier soudé sont adaptés pour un usage dans un sol pollué. Les tuyaux acier non revêtu extérieurement sont protégés par un système de protection cathodique.

Jonction avec des brides : cette jonction est employée de manière plus usuelle dans des tuyauteries de petits diamètres, dans diverses installations : réservoirs, stations de pompage, stations de traitement d'eau, etc. On peut, cependant, employer d'autres types de jonctions, comme la jonction avec manchon.

L'assemblage par brides, doit respecter les conditions suivantes :

- Assurer la continuité de la conduite sans risque de rupture ou déboîtement (la conduite sera considérée comme autobutée) ;
- Assurer l'étanchéité ;
- Assurer la continuité des revêtements intérieurs et extérieurs, de telle sorte de ne créer aucune zone privilégiée de corrosion.

II.1.4. Tuyau en polychlorures de vinyle non plastifié PVC-U et raccords



II.1.4.1. Caractéristiques générales du tuyau "PVC"

Les tubes sont fabriqués essentiellement de polychlorure de vinyle, obtenu par polymérisation du chlorure de vinyle non plastifié PVC-U ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$), auquel ont seulement été ajoutés les additifs nécessaires à leur fabrication. Ces additifs ne doivent pas être utilisés, séparément ou ensemble, en quantités telles qu'ils aient une action néfaste sur les propriétés physiques et mécaniques des tubes, et principalement sur les propriétés à long terme.

Les tuyaux sont fabriqués par procédé d'extrusion : la matière première chauffée à 140° C est déplacée à l'état pâteux, par le mouvement hélicoïdal d'une vis sans fin pour adopter la forme du tuyau.

Les tubes doivent être de couleur grise, bleue ou crème dans toute leur épaisseur. La paroi du tube doit être opaque et ne doit pas transmettre plus de 0,2 % de lumière visible mesurée selon l'EN 578.

Les surfaces internes et externes des tubes doivent être lisses, propres et exemptes de rainures, cavités et autres défauts de surface susceptibles d'empêcher de satisfaire à la présente norme. La matière ne doit contenir aucune impureté visible à l'œil nu. Les extrémités du tube doivent être coupées nettement et perpendiculairement à l'axe du tube.

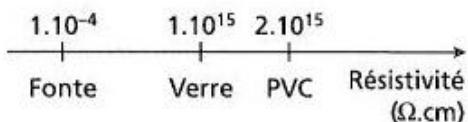
On privilégie l'usage des tuyaux PVC-U pour les qualités suivantes, par exemple :

- Légereté et facilité de mise en œuvre:

Matériaux	Masse linéique
PVC Ø225	12kg/m
Fonte Ø200	37 Kg/m

La légereté du PVC-U permet de réduire les coûts de transport et de manutention des tubes. Une manutention aisée entraîne un gain de temps certain et peut éviter de faire appel à des moyens de levage lourds et coûteux.

- Insensibilité aux courants vagabonds.



- Résistance à la corrosion et propriétés chimiques et durabilité.

- Alimentarité.

- Etanchéité et résistance aux coups de bélier.

Matériaux	Module d'élasticité : E
Acier	2 100 000 kg/cm ²
Fonte	1 700 000 kg/cm ²
PVC-U	36 000 kg/cm ²

Grâce à leur module d'élasticité moins élevé que celui de matériaux rigides utilisés dans les canalisations, les conduites en PVC-U limitent naturellement les surpressions dues aux coups de bélier. La souplesse et la déformation momentanée du tube en PVC-U amortissent l'effet du coup

de bâlier au lieu de le transmettre intégralement le long de la canalisation comme le font les conduites de module d'élasticité supérieur.

- Faibles pertes de charge :

Matériau	K (mm)
Fonte revêtement ciment	0.03
PVC-U	0.001

- Comportement au feu : Le PVC-U rigide est auto extinguable, mais soumis à haute température il se décompose. Le PVC est naturellement de classe M2 (difficilement inflammable)

- Résistance aux chocs.

Caractéristiques et méthodes d'essais	Spécifications
	Tubes
Norme de référence	NF EN 1452-2 NF T 54034
Aspect Marquage	(1)
Dimensions	Tableau 3
Embouts	NF EN 1452-2
Masse volumique NF EN ISO 1183-1 Méthode A	1370 à 1430 kg/m ³
Température de ramollissement Vicat NF EN 727	T \geq 80°C
Gélification NF EN 580	Absence de plaque d'attaque à 16°C
Non toxicité	Conformité à la législation en vigueur (brochure 1227)
Caractéristiques en Traction NF EN ISO 6259-1 et ISO 6259-2 (contrainte maximale Allongement à la rupture)	R \geq 45 MPa A \geq 80%
Retrait après recuit à 150°C NF EN ISO 2606	T \leq 5 % Absence de cloque
Résistance à la pression à 20°C Tubes NF EN ISO 1167-1-2 Raccords NF EN ISO 1167-3	Tenue \geq 1 heure (contrainte 42 MPa calculée selon l'épaisseur nominale et le diamètre nominal) (option b de la norme NF EN ISO 1167-1 paragraphe 7.1)
Résistance à la pression à 20°C - longue durée Tubes NF EN ISO 1167-1-2 Raccords NF EN ISO 1167-3	Tenue \geq 100 heures (contrainte 35 MPa) (option a de la norme NF EN ISO 1167-1 paragraphe 7.1)
Résistance à la pression à 60°C courte durée NF EN ISO 1167-1-2	Tenue \geq 10 heures (pression d'essai donnée dans le tableau 3 de la présente annexe) (option a de la norme NF EN ISO 1167-1 paragraphe 7.1)
Résistance à la pression à 60°C longue durée NF EN ISO 1167-1-2	Tenue \geq 1000 heures (contrainte 12.5 MPa) (option a de la norme NF EN ISO 1167-1 paragraphe 7.1)
Résistance aux chocs NF EN 744- méthode	TIR \leq 10 %
Dosage du plomb	< 0.1 %

Il est à noter que le **PVC Biorienté** est fortement déconseillé par la DT pour des PN < 25 bars et de façon générale pour la distribution d'eau potable.

Par ailleurs les PVC sont perméables aux micropolluants chimiques (solvants, peintures, hydrocarbures...) Leur usage est déconseillé dans le cas de sols pollués.

II.1.4.2. Désignation

Tuyau PVC-U non plastifié PN 16 bars, à assemblage par bague d'étanchéité de Série des diamètres utilisés DN/ID : **75, 90, 110, 160, 225, 315 et 400**.

II.1.4.3. Références aux normes

Tube : NFT 54.016, NFT 54.003, NFT 54.002 , NF EN 1452
 Assemblage : NFT 54.038, NFT 54.039, NFT 54.095
 Bague d'étanchéité : EN 681-1

II.1.4.4. Caractéristiques géométriques :

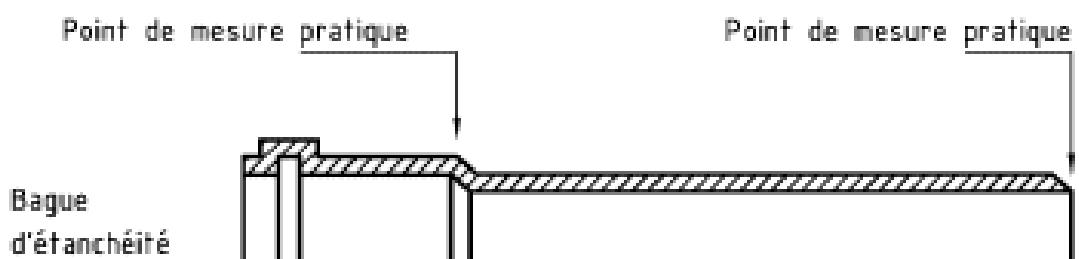
Diamètre extérieur nominal DN (mm)	Tolérances sur diamètre extérieur (mm)		Épaisseur (mm)		PN (MPa)	Valeur de S	Niveau de l'essai de chocs M/H	Contrainte P60°C 10h (MPa)
	(Dq)(1)	Moyen (DN)	Nominale	Maximale				
75	$\pm 0,9$	+ 0,3 0	5,6	6,4	1,6	6,3	M	13,7
90	$\pm 1,1$	+ 0,3 0	6,7	7,6		6,3	M	
110	$\pm 1,4$ (*)	+ 0,4 0	8,1	9,2		6,3	M	
160	± 2	+ 0,5 0	9,5	10,7		8	M	
225	$\pm 2,7$	+ 0,7 0	13,4	15		8	M	
315	$\pm 3,8$	+ 1,0 0	18,7	20,8		8	M	
400	$\pm 4,8$	+ 1,2 0	23,7	26,3		8	M	

Dq(1) diamètre extérieur quelconque

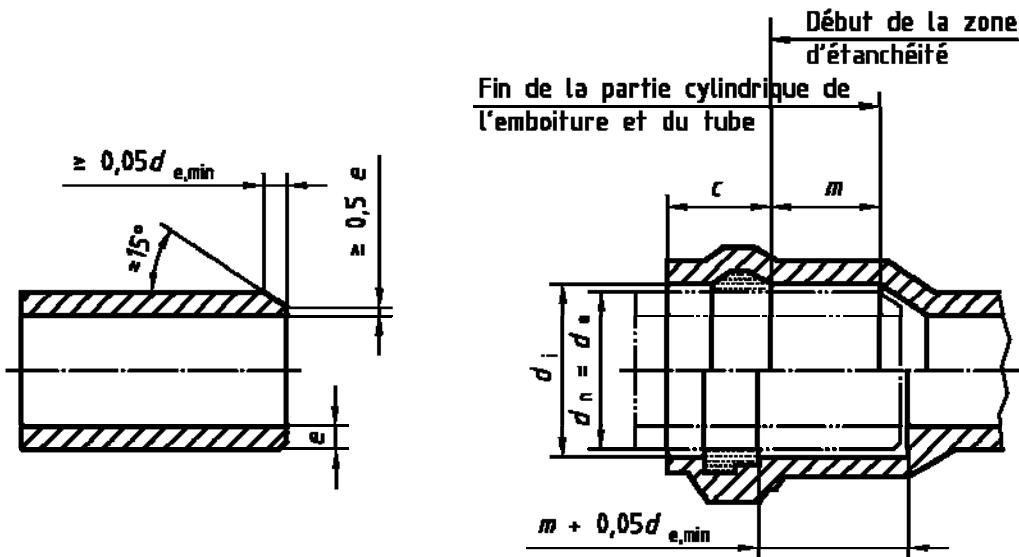
Caractéristiques dimensionnelles des tubes suivant NFEN 1452-2, NFT 54-034 et ISO3126

La longueur nominale du tube doit être une longueur qui ne comprend pas la profondeur de la partie d'emboîture, comme le montre la figure ci dessous.

La longueur de chaque tube est fixée à 6 m, la tolérance est de +/- 5 cm :



Le bout mâle du tube est emboîté avec bague d'étanchéité en élastomère :



- La valeur de $m_{min.}$ se calcule avec la formule appropriée suivante :

$$m_{min.} = 50 \text{ mm} + 0,22 dn - 2e, \text{ quand } dn \leq 280$$

$$m_{min.} = 70 \text{ mm} + 0,15 dn - 2e, \text{ quand } dn > 280$$
 Les valeurs obtenues doivent être arrondies au 1,0 mm supérieur.
- La valeur de c se calcule avec la formule suivante : $c = 22 + 0,16 dn$
 et c n'est donné qu'à titre indicatif pour le calcul des longueurs minimales des bouts mâles. Les fabricants doivent indiquer les valeurs de c dans leurs catalogues.



L'assemblage par collage est exclu.

II.1.4.4.1. Caractéristiques fonctionnelles des assemblages à bague d'étanchéité

Caractéristiques et méthodes d'essais (1)	Spécifications
Composition de l'assemblage et caractéristiques dimensionnelles	Catégorie Assemblage à bague d'étanchéité NF T 54-038
Essai d'étanchéité à la pression hydrostatique interne à court terme - Essai selon la EN ISO 13845	Pression d'essai : (cf la fig.1 de la EN 1452-5) à une température de 15 à 25 °C - Déviation : 2° Durée de l'essai : 100 min
Essai d'étanchéité à la pression d'air négative à court terme (cf la fig.2 de la EN 1452-5 - Essai selon la EN ISO 13844)	Pression d'essai : pression négative conforme à la fig.2 à la température de 15 à 25 °C - Déviation : 2° Déformation : 5 % - Durée de l'essai : conforme à la fig 2
Etanchéité à la pression hydrostatique interne à long terme - Essai selon la EN ISO 13846	Pression d'essai : 1,7 [PN] à 20 °C, 1,3 [PN] à 40 °C - Contrainte de calcul du tube : $\sigma_s = 10 \text{ MPa}$ pour PVC-U Durée de l'essai : 1000 heures
Qualité des bagues d'étanchéité en élastomère NF EN 681-1 (2)	NF EN 681-1
Résistance à la pression des emboîtures à 20 °C selon la NF EN ISO 1167-1-2	Pression d'essai (page 16 de la norme EN 1452-2) DN ≤ 90 mm : 4,2°PN Durée de l'essai : 1 heure DN > 90 mm : 3,36°PN Durée de l'essai : 1 heure

II.1.4.5. Classification et choix des tubes

II.1.4.5.1. Classification

Les tubes doivent être classés selon leur pression nominale PN et la série de tubes S.

II.1.4.5.2. Choix de la PN et de la série S de tubes pour de l'eau jusqu'à 20 °C environ

La pression nominale PN, la série S du tube et la contrainte de calcul σ_s sont liées par la relation suivante :

$$[PN] \geq \frac{10 \sigma_s}{[S]}$$

S= (Dext-e) / (2.e)

S : série du tube.

e : épaisseur de la paroi.

SDR= Dext / e

SDR (Standard dimension ratio, il est convenu d'arrondir ces valeurs aux nombres suivants de la série de Renard : 33, 26, 21, 17(ou 17.6), 13(ou 13.6), 11, 9 et 6).

S= (SDR -1) / 2 => SDR = 2.S +1

$\sigma_s = MRS/C$

MRS (Minimum Required Strength) =Résistance minimale spécifique, exprimé en MPa

C : coefficient global de service (de calcul).

$$PN = 10 \cdot MRS / (C \cdot ((SDR-1)/2)) = 20 \cdot MRS / (C \cdot (SDR-1))$$

- La matière du tube doit avoir une résistance minimale exigée (MRS) ≥ 25 MPa, telle qu'elle est définie dans l'EN 1452-1.

PN est désignée en conformité avec le tableau suivant en tenant compte du diamètre du tube et de la série de tubes S.

MRS	DN	Coef. C	σ_s	PN ; Série de tubes	
				S8 (SDR 17)	S6.3 (SDR 13.6)
25 MPa	≤ 90 mm	2.5	10 MPa	PN12.5	PN16
25 MPa	>90 mm	2	12.5 MPa	PN16	PN25

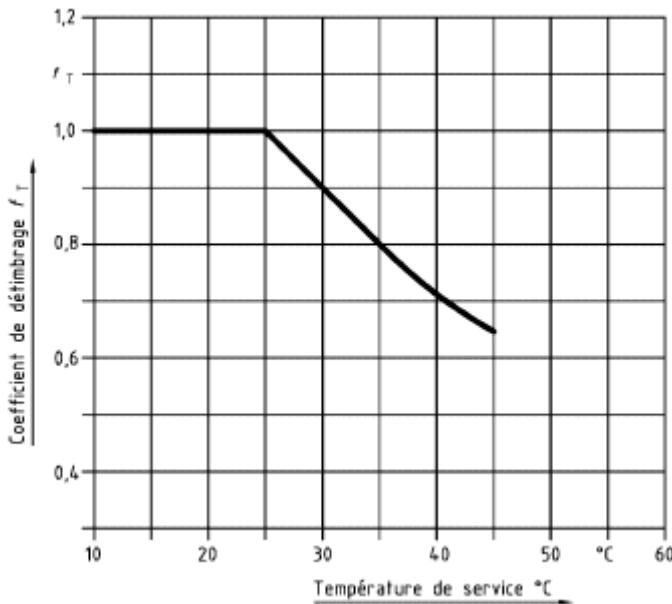
II.1.4.5.3. Détimbrage

La pression de fonctionnement admissible (PFA) pour des températures jusqu'à 20 °C doit être égale à la pression nominale, PN.

Pour déterminer la pression de fonctionnement admissible (PFA) pour des températures entre 20 °C et 45 °C, il faut appliquer à la pression nominale (PN) un coefficient de détimbrage supplémentaire, f_T , de la façon suivante :

$$[PFA] = f_T \cdot [PN].$$

Le facteur de détimbrage est basé sur une expérience de longue durée et des résultats d'essai. Le coefficient de détimbrage f_T pour des températures de service jusqu'à 45 °C est donné par la figure suivante :



Dans les applications où un détimbrage de la pression s'avère nécessaire, par exemple pour obtenir plus de sécurité que celle incluse dans le coefficient global de service (de calcul) de 2,0 ou 2,5, il convient d'appliquer un facteur supplémentaire, f_A , choisi au moment de la conception.

La pression de fonctionnement admissible, en service continu, doit alors être calculée par la formule :

$$[PFA] = f_T \cdot f_A \cdot [PN]$$

où :

PFA est la pression de fonctionnement admissible ;

f_T est le coefficient de détimbrage pour températures de service entre 20 °C et 45 °C ;

f_A est le coefficient de détimbrage lié à l'application ;

PN est la pression nominale ;

[PFA] et **[PN]** sont exprimées avec la même unité de pression (bar de préférence).

Marquage

Les détails du marquage doivent être imprimés ou formés directement sur le tube à des intervalles maximaux de 1 m de façon qu'après stockage, exposition aux intempéries, manutention et pose (par exemple, selon l'ENV 1452-6), la lisibilité soit maintenue pendant la durée de vie des produits. Marquage minimal exigé :

- | | |
|---|-----------------|
| • Numéro de la Norme de Système | EN 1452 |
| • Nom du fabricant et/ou marque commerciale | xyz |
| • Matière | PVC-U |
| • Diamètre extérieur nominal $dn \times$ épaisseur de paroi en | p.ex. 110 × 6,6 |
| • Pression nominale PN | p.ex. PN 16 |
| • Informations de fabrication | p.ex. 90.06.14 |
| • N° de la ligne d'extrusion, s'il n'est pas compris dans les renseignements du fabricant | p.ex. N° 12 |

Il est recommandé que les tubes achetés spécifiquement pour la distribution d'eau publique doivent, en plus, porter une marque avec le mot EAU.

II.1.4.6. Raccords en fonte ductile pour tuyaux PVC-U et PE :

II.1.4.6.1. Généralité :

Les Raccords en fonte ductile pour tubes PVC-U et PEHD PN 16, à joint automatique où l'étanchéité est assurée par la compression radiale d'une bague de joint obtenu par la simple introduction du bout uni dans l'emboîture.

Entièrement polyvalents, les raccords s'adaptent indifféremment sur les tubes PVC ou PE pression.

II.1.4.6.2. Désignations :

<i>Désignation</i>	<i>DN (mm)</i>	<i>Vue</i>
Adaptateur de bride en fonte GS pour PVC DN...mm	60-65/75	
	80/90	
	100/110	
	150/ 160	
	200/225	
	315	
	400	
	63	
Adaptateur de bride autobuté en fonte GS pour PVC DN...mm	75	
	90	
	110	
	160	
	225	
	90x75	
Cône en fonte GS à deux emboîtures pour PVC DN x dn ...mm	110x75	
	110x90	
	160x110	
	160x90	
	225x160	
	225x110	
	315x160	
	315x225	
	400x160	
	400x225	
	400x315	
	75	
Bouchon en fonte GS , pour tuyau PVC DN...mm	90	
	110	
	160	
	225	
	315	
	400	

DESIGNATION	DNx dn	Vue
TE en fonte GS à deux emboîtures pour PVC DN...mm et tubulure à bride dn ...mm	75x60 90x60 90x80 110x60 110x80 110x100 160x60 160x80 160x100 160x150 225x60 225x80 225x100 225x150 225x200 315x60 315x80 315x100 315x150 315x200 315x300 400x60 400x80 400x100 400x150 400x200 400x300 400x400	
Coude 1/4 en fonte GS à deux emboîtures, pour PVC DN ...mm	75 90 110 160 225 315 400	
Coude 1/8 en fonte GS à deux emboîtures, pour PVC DN ...mm	75 90 110 160 225 315 400	

DESIGNATION	DN (mm)	Vue
Coude 1/16 en fonte GS à deux emboitures, pour PVC DN ...mm	75	
	90	
	110	
	160	
	225	
	315	
	400	
Coude 1/32 en fonte GS à deux emboitures, pour PVC DN ...mm	400	

Un système de canalisations d'eau sous pression, en PVC, subit d'importantes contraintes : des forces de poussées hydrauliques apparaissent aux changements de direction, aux réductions de diamètre et aux extrémités des canalisations.

Pour éviter tout risque de déboîtement, il devient essentiel de rééquilibrer ces efforts, soit en réalisant des massifs de butée en béton, soit en verrouillant le système de canalisations.

Les massifs de butées en béton présentent quelques contraintes non négligeables tant dans leur mise en œuvre qu'en exploitation :

- Problèmes d'encombrement des sous-sols par d'autres réseaux divers, en particulier en milieu urbain.
- Durée d'ouverture du chantier : les règles de l'art suggèrent un délai de mûrissement des ouvrages en béton de 28 jours avant de pouvoir y prendre appui. Ce délai même raccourci est impossible à respecter, quand il s'agit de travaux d'extension avec la contrainte de "lâcher" l'eau immédiatement.
- Risques de déstabilisations : des décaissements à proximité pour réintervention sur d'autres réseaux, notamment en milieux urbains, affectent la stabilité, donc la pérennité des ouvrages en béton et peuvent faire redouter d'éventuels déboîtements.

Les massifs de butées en béton peuvent être remplacés par un dispositif de verrouillage constitué de raccords en fonte ductile à brides et de deux adaptateurs à brides autobutés pour tuyaux PVC.

II.1.4.6.3. Références aux normes

- ❖ EN 1452 - 1 à 7,
- ❖ EN 12201 - 1 à 7,
- ❖ EN 12842.

II.1.4.6.4. Caractéristiques :

- Garnitures d'étanchéité EPDM conformes à la norme EN 681.1
- Produits bénéficiant d'une Attestation de Conformité Sanitaire (ACS)
- Revêtement intérieur et extérieur : époxy

- Tenue à la pression.
- Résistance aux chocs
- Résistance au poinçonnement (surtout au contact des butées en béton).
- Les raccords en fonte ductile, doivent avoir une résistance minimale en traction de 420 MPa et un allongement minimal après rupture de 5%.
- Déviation angulaire admissible

Diamètres	Déviation angulaire admissible
75≤ Dext.≤315 mm	3.5°
350≤ Dext.≤ 630mm	2.5°

- La dureté Brinell : 250 HB.

II.1.4.6.5. Marquage

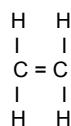
Tous les raccords doivent être marqués de façon lisible et durable et porter au moins les indications suivantes :

- Nom ou la marque du fabricant
- Identification de l'année de fabrication ;
- Identification que la fonte est ductile ;
- dn et/ou le DN selon les cas ;
- PN des brides le cas échéant ;
- Référence à la norme ;
- «PVC» et/ou «PE».

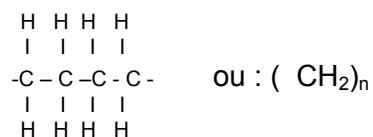
II.1.5. Tube en polyéthylène PEHD PN 16



L'éthylène est un produit de la pétrochimie, sous forme de gaz composé de 2 atomes de carbone et 4 atomes d'hydrogène symbolisé par C_2H_4 :



La polymérisation des molécules d'éthylène donne le polyéthylène :



Destiné au transport de l'eau potable, les matériaux constitutifs doivent satisfaire à la réglementation en vigueur concernant le cas de l'eau potable : solubilité, saveur et alimentarité.

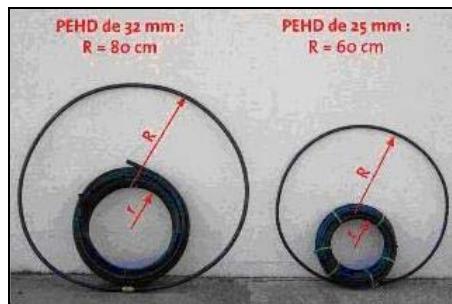
II.1.5.1. Généralités:

On privilégie l'usage des tuyaux en polyéthylène pour les qualités suivantes :

- Légèreté et facilité de mise en œuvre grâce aux couronnes
- Insensibilité aux courants vagabonds.
- Résistance à la corrosion.
- Alimentarité.
- Etanchéité et résistance aux coups de bâlier.
- Faibles pertes de charge :

Coef. rugosité hydraulique	Diamètre
0.01	DN≤ 200
0.05	DN> 200

- Rareté ou absence des fuites
- Flexibilité : rayon de courbure important, ce qui permet d'éliminer beaucoup de raccords.



Ne pas courber le PEHD au-delà de « r », égal au rayon de courbure des couronnes livrées par le fabricant (avant rupture des sangles). Ne pas faire de contre courbures.

Si on utilise du PEHD en barres : courber sans jamais dépasser le rayon « R ».

- Résistance aux secousses Séismiques.
- Très avantageux pour le forage horizontal dirigé.

Terminologie

Le Coefficient de sécurité C est appliqué sur les résistances à la pression interne, obtenues en laboratoire d'après un modèle d'essai normalisé. Pour les conduites de transport d'eau : $C = 1.25$

Résistance à long terme La contrainte de résistance à long terme à la pression interne des tubes PE 80 (resp. PE 100) pour une température de 20 ° et une durée minimale de 50 ans, est de : 8.0 N/mm² (resp. 10.0 N/m m²)

Contrainte de service (appelée « sigma » σ) : En tenant compte du coefficient de sécurité, nous avons les contraintes de service des tubes PE 80 (resp. PE 100) pour une température de 20 °C et une durée minimale de 50 ans, suivantes: 6.4 N/mm² (resp. 8.0 N/m m²)

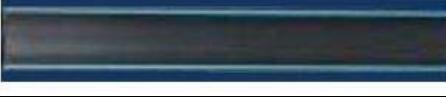
SDR	Série	PN (bar) avec $C=1.25$	
		PE 80 (MRS 8)	PE 100 (MRS 10)
9	4	16	20
11	5	12.5	16

SDR= D/e rapport dimensionnel standardisé, il a été convenu de d'arrondir ses valeurs aux nombres suivants (selon la Série de Renard) : 33- 26- 21- 17 (ou 17.6)-13.6- 11- 9- 6.

II.1.5.2. Aspect

Les surfaces internes et externes des tubes doivent être lisses, propres et exemptes de stries, cavités et autres défauts de surface susceptibles d'altérer la performance du tube. Les extrémités du tube doivent être coupées proprement et perpendiculairement à leur axe.

II.1.5.3. Couleur

Couleur	Bleu ou Noir à bandes bleues
Echantillon	

II.1.5.4. Références aux normes

Les normes indiquées ci-après n'excluent pas l'application des normes internationales supérieures ou équivalentes (NM, ISO, DIN, AFNOR), en particulier AFNOR NFT 54.063, EN 12-201 et NF 114 ou équivalent.

II.1.5.5. Désignation :

Tuyau PE 80, PN 16 bars, noir à bandes bleues,
Série des diamètres DN/OD : **25, 32, 40, 50, 63, 75, 90 et 110.**(NF 114)

Tuyau PE 100, PN 16 bars, noir à bandes bleues ou bleu
Série des diamètres DN/OD : **90, 110, 160, 225, 315, 400, 500 et 630.** (NF 114)

Cependant d'autres produits « non NF » existent en PE100 PN16 dans des DN de 25 et 32 mm par exemple le tube excel-plus que l'on utilise sur les sites pollués où désinfectés au dioxyde de



chlore.

De façon générale les industriels du PE tendent à vouloir abandonner le PE80 au profit du PE100 dans tous les diamètres. La norme évoluera sans doute dans ce sens et motive notre choix :

PE 80, PN 16	25	32	40	50	63	75	90	110						
PE 100, PN 16							90	110	160	225	315	400	500	630

II.1.5.6. Caractéristiques :

II.1.5.6.1. Composition de base

La composition de base doit uniquement contenir la résine polymère et les antioxydants, le noir de carbone et les autres additifs nécessaires à la l'élaboration de la matière et la fabrication et à l'emploi des tubes répondant aux spécifications de la norme NFT 54.063.

La composition de base doit répondre aux spécifications du tableau ci- dessous.

L'emploi de matière retraitable et du polyéthylène de récupération est interdit.(NF114)

II.1.5.6.2. Composition de repérage

La composition de couleur bleue utilisée pour la réalisation de filets de repérage coéxtrudés doit être fabriquée à partir de la même résine polyéthylène que celle de la composition de base.

II.1.5.6.3. Noir de carbone

Même si les conduites PEHD contiennent du noir de carbone pour les protéger contre les ultraviolets, celles-ci ne doivent pas être exposées au soleil de façon prolongée.

II.1.5.6.4. Spécifications pour la composition de base

TABLEAU I - SPECIFICATIONS POUR COMPOSITIONS DE BASE ET DE REPERAGE

Groupes d'application		gr. 2 - PE 80, PE 100	
Caractéristiques et (1) méthodes d'essais	Type de composition	composition de base	composition de repérage
Massé volumique conventionnelle (kg/m ³) (préparation ISO 1872/1) (mesure ISO 1183-1 et 2+§2.1.2.)		≥ 930 valeur producteur ± 5	
Indice de fluidité à 190° sous 5 kg (g/10 min.) (NF EN ISO 1133)		valeur producteur ± 20 %	
Stabilité à l'oxydation à 200°C (min) (NF EN 728) + § 2.1.2.		t ≥ 20	t ≥ 20.
Teneur en noir de carbone (%) (ISO 6964 + § 2.1.2)		2,0 à 2,5	
Dispersion du noir de carbone (ISO 18553 + § 2.1.2.) - note		≤ 3	
Teneur en matières volatiles (mg/kg) (NF EN 12 099) (3)		≤ 350	
Propriétés organoleptiques sur granulés (§ 2.1.2.) - note		≤ 1	
Alimentarité (4)		présence de tous les constituants sur les listes de la Répertoire des Fraudes relatives aux matériaux en contact avec les denrées alimentaires	
Conformité sanitaire		Les compositions doivent être conformes aux dispositions de l'arrêté du 29.05.97 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine et ses annexes (J.O. du 01.06.97)	
Limite inférieure de confiance (contrainte statique de référence) (NF EN ISO 9080)		8,00 à 9,99 MPa (PE 80) 10,00 à 11,19 MPa (PE 100)	
Résistance à la propagation rapide de fissure : Test 84 (ISO 13477) (6)		Arrêt de la fissure (condition d'essai suivant NF EN 12201-1)	
Pression critique Pos4 à 0°C			
Résistance à la propagation lente de fissure : Essai sur tube entaillé (NF EN ISO 13479 + § 2.1.2.)		≥ 500 h - 80° sur tubes SDR 11 9,2 bar pour PE 100 8,0 bar pour PE 80	
Compatibilité au soudage (ISO 13953)		Suivant norme NF EN 12201-1	

II.1.5.6.5. Dimensions

-Les diamètres extérieurs nominaux, épaisseurs nominales et ovalisations absolues mesurées suivant la norme NF114 (révision 23 de janvier 2008):

TUBES EN PE80							
Diamètre extérieur nominal D _n (mm)	S.D.R	Pression nominale (bar)	Epaisseur nominale (ε) (mm)	Tolérances par rapport aux valeurs nominales (mm)		Ovalisations maximales absolues sur tube droit	Masse métrique (kg/m)
				sur diamètre extérieur moyen	Sur épaisseur		
25	9	16	3,0	0,3	+0,4 -0	1,2	0,210
32	9	16	3,6	0,3	+0,5 -0	1,3	0,326
40	9	16	4,5	0,4	+0,6 -0	1,4	0,510
50	9	16	5,6	0,4	+0,7 -0	1,4	0,790
63	9	16	7,1	0,4	+0,9 -0	1,5	1,260
75	9	16	8,4	0,5	+1,0 -0	1,6	1,770
90	9	16	10,1	0,6	+1,2 -0	1,8	2,550
110	9	16	12,3	0,7	+1,4 -0	2,2	3,790

TUBES EN PE 100

Diamètre extérieur nominal Dn (mm)	S.D.R	Pression nominale (bar)	Epaisseur nominale (e) (mm)	Tolérances par rapport aux valeurs nominales (mm)		Ovalisations maximales absolues sur tube droit	Masse métrique (kg/m)
				Sur diamètre extérieur moyen	Sur épaisseur		
90	11	16	8.2	0.6	+1.0 0	1.8	2.150
110	11	16	10.0	0.7	+1.1 0	2.2	3.180
160	11	16	14.6	1.0	+1.6 0	3.2	6.750
225	11	16	20.5	1.4	+2.2 0	4.5	13.300
315	11	16	28.6	1.9	+3.0 0	11.1	26.000
400	11	16	36.3	2.4	+3.8 0	14.0	49.000
500	11	16	45.4	3.0	+4.7 0	17.5	65.500
630	11	16	57.2	3.8	+5.9 0	22.1	104.000

II.1.5.7. Détimbrage

La durabilité du tube PEHD est de 50 années si le système est bien conçu, installé et exploité conformément aux recommandations du fabricant. La durée de vie est divisée par deux quand la température augmente de 5°C au-delà de 20°C. Ainsi :

- à 25°C ce tube durera 23 ans,
- à 30°C son espérance de vie sera inférieure à 12ans,
- à 35°C elle tombe à 6 ans.

Dans les cas où les conditions de fonctionnement présentent un risque vis-à-vis de la pérennité de la canalisation (température > 20°C, nature du fluide, type de pose...), il convient d'appliquer alors un coefficient de détimbrage en partant de la formule suivante :

$$PMA = f_T x f_A x PN$$

PMA : pression maximum admissible à ne pas outrepasser dans le réseau considéré.

f_T : coefficient imposé par la température, donné par le tableau ci-dessous avec f_T ≤ 1.

f_A : coefficient de détimbrage entraîné par les conditions internes environnementales de fonctionnement, avec f_A ≤ 1. (pour le transport d'eau f_A = 1).

Ce qui revient à dire que pour une PMA déterminée on définira la pression nominale (PN) du tube par l'expression :

$$PN = PMA / (f_T x f_A)$$

Lorsqu'un système de canalisation en PE doit fonctionner à une température constante continue supérieure à 20°C jusqu'à 40°C, il est permis d'appliquer le coefficient de détimbrage donné au tableau suivant (NF 12 201-2^ePartie) :

Température (1)	coefficient	Coefficient f _T
20°C	1.00	
30°C	0.87	
40°C	0.74	
(1) pour les températures intermédiaires, une interpolation est permise (voir aussi ISO13761 :1996). Les coefficients ci-dessus se rapportent au PE80 et PE100.		

Ainsi à 30°C pour un tube PN16 la PMA est de 16x0.87= 14bars.

Ce phénomène est visible sur le terrain ou l'on observe une recrudescence de fuites sur les branchements pendant la saison estivale. Pour limiter la montée de température, il faut assurer une profondeur suffisante des branchements

Par ailleurs, les tubes PEHD ne doivent pas être posés quand il fait moins de 5°C. De façon générale ne pas le poser trop « tendu » car il se rétracte avec le froid.

II.1.5.8. Température et dilatation

La température peut être la cause de contraintes, entraînant des déformations et des déboitements...

Sous l'effet des variations de température, en plus ou en moins par rapport à la température de pose, la canalisation aura tendance à se dilater et à se rétracter. Si elle n'est pas bloquée, la variation de longueur ΔL du tronçon de conduite aura pour valeur :

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

L : longueur de la canalisation

α : coefficient de dilatation(0.2mm/m/°C)

ΔT : variation maximale de température

II.1.5.9. Résistance aux coups de bélier

La nature de la matière utilisée limite les efforts du coup de bélier par un effet d'amortissement rapide selon la formule d'Allievi. La longévité des différents composants du réseau s'en trouve améliorée :

$$V_p = \frac{9900}{\sqrt{(48.3 + K \times D/e)^2}}$$

Dans laquelle :

V_p : célérité de l'onde de choc(en m/s)

K : coefficient variable selon la nature du matériau de la canalisation, pris égal à 16 pour les PE

D: diamètre intérieur de la canalisation (en m)

e : épaisseur de la canalisation (en m)

Par ex : $D/e = 9 \Rightarrow V_p = 714 \text{ m/s}$

II.1.5.10. Marquage :

Chaque tube doit porter de façon indélébile les indications qui suivent, répétées au moins une fois par mètre et dans l'ordre :

- Numéro de la norme EN 12 201 ;
- Identification du fabricant : Nom ou symbole ;
- Dimensions (DN x e) par ex.: 110 x 10 ;
- Série SDR par ex.: SDR 9 , SDR 11
- Matière et désignation par ex.: PE 80, PE100;
- Classe de pression en bars par ex.: PN 16 ;
- Période de production (date ou code).

Le stockage dans des conditions normales, les intempéries, les manipulations, la pose et l'utilisation ne doivent pas altérer la lisibilité du marquage.

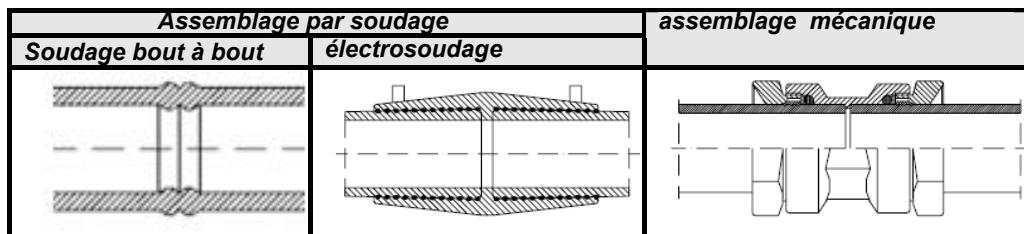
II.1.5.11. Assemblage

Les assemblages et pièces de raccord ne doivent entraîner aucune lésion du tuyau.

Les assemblages par filetage et les raccordements par collets battus sont interdits.

Les assemblages des tuyaux en PEHD se subdivisent en deux familles :

- Les assemblages par soudage dont le principe général est la fusion
- Les assemblages mécaniques en laiton dont le principe est la compression du joint.



- 1) Les raccordements par collets battus sont interdits.
- 2) Le PEHD est proscrit quand l'eau est désinfectée au dioxyde de chlore ou quand l'eau accumule une forte température et de fortes quantités de chlore.
- 3) Dans le cas exceptionnel d'un sol fortement pollué par des composés aromatiques, il est possible à titre provisoire d'assurer une protection complémentaire du réseau par un fourreau. Il est nécessaire ensuite de procéder à la décontamination du sol afin d'être à l'abri de la perméation.

II.2. ASSEMBLAGE DE CONDUITES DE NATURE DIFFERENTES

II.2.1. Assemblage flexible

Les manchons à larges tolérances en fonte ductile sont destinés à être utilisés avec des tuyaux faits de différents matériaux fonte ductile, fonte grise, acier, PVC – U et fibre-ciment. Ils assurent un assemblage étanche sur une large plage de diamètres extérieurs de tuyaux, permettent une déviation angulaire significative à la fois pendant et après la pose et une légère excentration.

Des plages de diamètres trop grandes ne permettent pas un serrage facile et de bonne qualité sur les tuyauteries. Exemple gamme Tyco-Bayard raccord AMT très grande tolérance. La référence 3204 a une tolérance de 105-135 mm en diamètre extérieur. Un tube PVC DN/OD 125 sera facilement serrer tandis qu'un tube PVC DN/OD 110 sera très difficilement serré, l'écart entre la tolérance maximale et le diamètre du tube est trop important.

Ces raccords très grands tolérance ne sont pas validés en France, par exemple.

II.2.1.1. Désignation

Désignation	DN (mm)	Matériaux	Echantillon
Manchons à larges tolérances	DN 60	PVC, FD, FG, AC	
	DN 80	PVC, FD, FG, AC	
	DN 100	PVC, FD, FG, AC	
	DN 150	PVC, FD, FG	
	DN 200	PVC, FD, FG	
	DN 300	PVC, FD, FG	
	DN 400	PVC, FD, FG	
	DN 500	PVC, FD, FG	
	DN 600	PVC, FD, FG	
Manchons dissymétriques ou de réduction à larges tolérances	DN 150	AC/FD, PVC	
	DN 200	AC/FD, PVC	
	DN 300	AC/FD, PVC	
	DN 400	AC/FD, PVC	
	DN 500	AC/FD, PVC	
	DN 600	AC/FD, PVC	

II.2.1.2. Normes :

NF EN 14525 (mai 2005) : « *Adaptateurs de brides et manchons à larges tolérances en fonte ductile destinés à être utilisés avec des tuyaux faits de différents matériaux : fonte ductile, fonte grise, acier, PVC-U, PE, fibre-ciment* »

II.2.1.3. Caractéristiques :

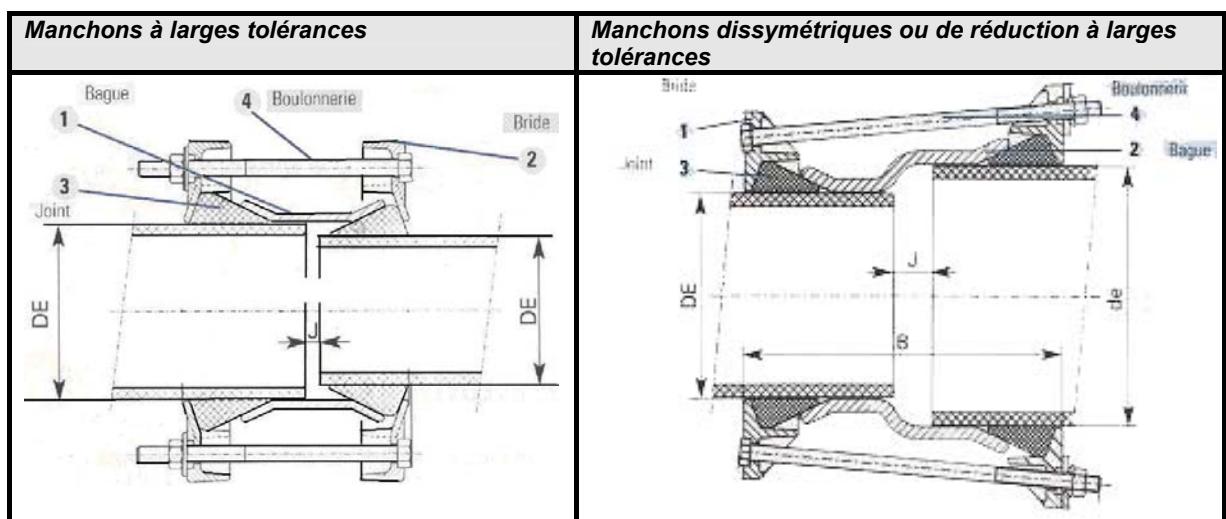
II.2.1.3.1. Plage de diamètre

- Les manchons à larges tolérances sont définis par le minimum et le maximum des diamètres extérieurs des tuyaux à assembler, dans cette plage de diamètres, les prescriptions doivent être satisfaites à la PFA déclarée par le fabricant.

- La plage de fonctionnement minimale des diamètres extérieurs, pour les manchons à larges tolérances est donnée par le tableau ci – joint :

OD ou DN maximum des tuyaux à assembler		Plage de fonctionnement minimale des diamètres (mm)
OD	DN	
OD <= 110	DN <= 100	10
110 <OD<= 225	100 <DN<= 200	15
225 <OD<= 315	200 <DN<= 300	20
315 <OD<= 400	300 <DN<= 400	25
400 <OD<= 630	400 <DN<= 600	30

II.2.1.3.2. Caractéristiques dimensionnelles :



II.2.1.3.2.1. Epaisseur de paroi :

OD ou DN maximum des tuyaux à assembler		Epaisseur minimale de paroi (mm)
OD (mm)	DN	
OD <= 225	DN <= 200	4,0
225 <OD<= 315	200 <DN<= 300	5,0
315 <OD<= 630	300 <DN<= 600	6,0

II.2.1.3.2.2. Jeu d'assemblage et profondeur d'emboîtement

Le jeu maximal de l'assemblage ne doit pas être inférieur aux valeurs données par le tableau ci joint :

Le jeu de l'assemblage maximum entre le tuyau ou la bride à assembler peut être affecté par le retrait ou la dilatation du tuyau qui se produisent suite aux variations de température ou de pression ;

La profondeur d'emboîtement dépend de la conception du joint le fabricant doit déclarer dans les instructions de montage la profondeur minimum d'emboîtement pour chaque type de matériau de tuyau.

La profondeur minimum d'emboîtement doit être telle que les tuyaux puissent supporter les charges provoquées par le système d'assemblage.

OD ou DN max. des tuyaux à assembler		Jeu de l'assemblage du manchon (mm)	Jeu d'assemblage manchon LT
OD	DN		
OD <= 110	DN <= 100	20	
110 < OD <= 225	100 < DN <= 200	25	
225 < OD <= 315	200 < DN <= 300	35	
315 < OD <= 400	300 < DN <= 400	55	
400 < OD <= 630	400 < DN <= 600	70	

Légende:

- 1-Manchon
- 2-Profondeur d'emboîtement
- 3-Jeu de l'assemblage
- 4-Garniture de joint

II.2.1.3.3. Caractéristiques mécaniques de la fonte ductile:

- les manchons et les adaptateurs de brides en fonte ductile doivent avoir une résistance minimale en traction Rm de 420 MPa et un allongement minimal après rupture de 5%.
- La dureté Brinell ne doit pas dépasser 250 HB
Pour les composants fabriqués par soudage, une dureté Brinell plus élevée est admise dans la zone affectée thermiquement par la soudure

II.2.1.3.4. Revêtements :

Les revêtements intérieur et extérieur des manchons et adaptateurs de brides doivent être conformes aux normes en vigueur en matière d'alimentarité.

Les revêtements doivent être garantis par le fabricant contre des défauts d'accroche sur la pièce elle-même, sur sa qualité de polymérisation, sur sa tenue aux chocs, sur une épaisseur minimale...

Ce revêtement protège la pièce elle-même et empêche la création de courant galvanique entre cette pièce et d'autres éléments moins résistants qui se détériorent telle que la boulonnerie.

Les boulons et les écrous doivent être revêtus du Géomet contre la corrosion.

II.2.1.4. Marquage :

Tous les manchons doivent être marqués de façon lisible et durable et porter au moins les indications suivantes :

- le nom ou la marque du fabricant
- l'identification que la fonte est ductile
- le PN et le DN des brides
- la référence à la norme
- l'identification des diamètres minimum et maximum
- le PFA du manchon ou de l'adaptateur de brides
-

Autres informations doivent être fournies avec chaque produit :

- le jeu maximum de l'assemblage
- la profondeur minimale d'emboîtement admissible

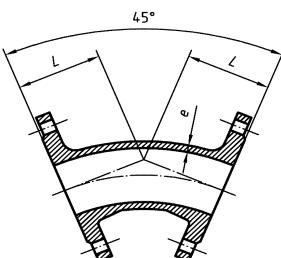
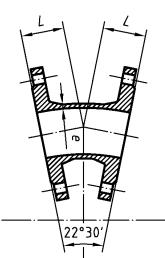
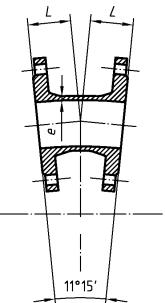
II.2.1.5. Étanchéité :

Les manchons doivent être conçus pour être étanches à l'eau sous leur pression d'épreuve admissible (PEA), ils ne doivent laisser apparaître aucune fuite visible, aucun suintement ni aucun autre signe de défaut.

II.2.1.6. Diamètres extérieurs des conduites de différentes nature

Types de tuyauterie	Diamètre extérieur	Types de tuyauterie	Diamètre extérieur
PVC DN 75	75	Fonte Grise DN 300	324 à 331
Fonte Ductile DN 60	77	Amiante Cement DN 300cl 10	324 à 334
Fonte Grise DN 60	75 à 83	Amiante Cement DN 300cl 15	334 à 344
Amiante Cement DN 60 cl 10/15	80 à 84	Amiante Cement DN 300cl 20	350 à 360
Amiante Cement DN 60 cl 20/25	84 à 88	Amiante Cement DN 300cl 25	368 à 378
PVC DN 90	90	PVC DN 355	355
Fonte Ductile DN 80	98	Acier DN 350	355.6
Fonte Grise DN 80	96 à 103	Fonte Ductile DN 350	378
Amiante Cement DN 80 cl 10/15		Fonte Grise DN 350	379
Amiante Cement DN 80 cl 20/25	100 à 108	Amiante Cement DN 350cl 15	390
Amiante Cement DN 80 cl 30	104 à 112	Amiante Cement DN 350cl 20	404
PVC DN 110	110	PVC DN 400	400
Fonte Ductile DN 100	118	Fonte Ductile DN 400	429
Fonte Grise DN 100	117 à 125	Amiante Cement DN 400cl 10	432 à 444
Amiante Cement DN 100cl 10/15	118 à 126	Fonte Grise DN 400	444
Amiante Cement DN 100cl 20	124 à 132	Amiante Cement DN 400cl 15	446 à 458
Amiante Cement DN 100cl 25	126 à 134	Amiante Cement DN 400cl 20	468 à 480
Amiante Cement DN 100cl 30	130 à 138	Acier DN 400	406.4
PVC DN 160	160	PVC DN 450	450
Fonte Ductile DN 150	170	Acier DN 450	457
Amiante Cement DN 150cl 10	170 à 178	PVC DN 500	500
Amiante Cement DN 150cl 15	174 à 182	Fonte Ductile DN 500	532
Amiante Cement DN 150cl 20	178 à 186	Fonte Grise DN 500	548
Amiante Cement DN 150cl 25	184 à 192	Amiante Cement DN 500cl 10	540 à 552
Amiante Cement DN 150cl 30	192 à 200	PVC DN 560	560
PVC DN 200	200	Amiante Cement DN 500cl 15	558 à 570
Acier DN 200	219	Amiante Cement DN 500cl 20	584 à 596
Fonte Ductile DN 200	222	PVC DN 630	630
Fonte Grise DN 200	220 à 229	Fonte Ductile DN 600	635
PVC DN 200	225	Amiante Cement DN 600cl 15	654
Amiante Cement DN 200cl 10	220 à 230	Fonte Grise DN 600	658
Amiante Cement DN 200cl 15	228 à 237	Acier DN 700	711
Amiante Cement DN 200cl 20	238 à 245	Fonte Ductile DN 700	738
Amiante Cement DN 250cl 25	246 à 255	Acier DN 800	813
Fonte Ductile DN 250	274	Fonte Ductile DN 800	832
Amiante Cement DN 250cl 10	270 à 280	Acier DN 900	914
Fonte Grise DN 250	274 à 281	Fonte Ductile DN 900	945
Amiante Cement DN 250 cl 15	280 à 289	Acier DN 1000	1016
PVC DN 315	315	Fonte Ductile DN 1000	1048
Fonte Ductile DN 300	326		

II.2.2. Assemblage à bride

Désignation	DN mm	VOE
Coude à brides à 90° DN... PN16	60 80 100 150 200 300 400 500 600	
Coude à brides à 90° (1/4) à patin DN... PN16	100	
Coude à brides à 45° (1/8) DN... PN16	60 80 100 150 200 300 400 500 600	
Coude à brides à 22 °30 (1/16) DN... PN16	60 80 100 150 200 300 400 500 600	
Coude à brides à 11°15 (1/32) DN... PN16	400 500 600	

TE en FD à 3 brides DN x dn	60 x 60	
	80 x 60	
	80 x 80	
	100 x 60	
	100 x 80	
	100 x 100	
	150 x 60	
	150 x 80	
	150 x 100	
	150 x 150	
	200 x 60	
	200 x 80	
	200 x 100	
	200 x 150	
	200 x 200	
	250 x 200	
	300 x 60	
	300 x 80	
	300 x 100	
	300 x 150	
	300 x 200	
	300 x 300	
	350 x 300	
	400 x 80	
	400 x 100	
	400 x 150	
	400 x 200	
	400 x 300	
	400 x 400	
	500 x 100	
	500 x 150	
	500 x 200	
	500 x 300	
	500 x 400	
	500 x 500	
	600 x 100	
	600 x 150	
	600 x 200	
	600 x 300	
	600 x 400	
	600 x 500	
	600 x 600	
Esse de réglage en FD	100	

Plaque pleine en FD, PN16 DN... mm	60	
	80	
	100	
	150	
	200	
	300	
	400	
	500	
	600	
	700	
Cône en FD à 2 brides DN x dn	80 x 60	
	100 x60	
	100 x80	
	150x60	
	150x80	
	150x100	
	200 x 100	
	200 x 150	
	250 x200	
	300x150	
	300x 200	
	350 x300	
	400 x 300	
	500x 400	
	600 x 400	
	600 x500	
Manchette à 2 brides en FD PN16 , L =500 mm , DN... mm,	60	
	80	
	100	
	150	
	200	
Joint de démontage DN ...mm	60	
	80	
	100	
	150	
	200	
	300	
	400	
	500	
	600	
	700	
	800	

Les dimensions et les tolérances des brides sont conformes à l'EN 1092-2. Ceci garantit

l'interconnexion entre tous les composants à brides (tuyaux, raccords, robinets, etc.) de même PN et de même DN, quel que soit la nature du matériau PVC, FD, FG , Acier....
Les garnitures des joints à brides peuvent être l'une de celles données dans l'EN 1514.

Bien que cela n'affecte pas l'interconnexion, le fabricant doit indiquer dans ses catalogues si ses produits sont normalement livrés avec des brides fixes ou des brides orientables.

II.2.3. Manchons de réparation inox

Le manchon de réparation inox, par sa garniture alvéolée serrée autour de la canalisation, permet de bloquer la fuite d'eau s'écoulant à travers l'avarie.

Souvent ils sont placés vu leur avantage de remédier rapidement au problème d'écoulement, sans imposer une coupure d'alimentation en eau.

En réalité après remblaiement la réparation qu'on croyait provisoire se convertit en définitive. D'où l'intérêt de soigner l'installation initiale afin qu'elle requiert toute l'efficacité nécessaire.

II.2.3.1. Utilisation

<i>Nature de la canalisation</i>	<i>Utilisation du manchon inox</i>
Fonte grise et fonte ductile	OUI
acier	OUI
Amiante ciment	OUI
PVC	OUI si celui-ci n'est pas déformé - sauf fente longitudinale
PE	NON

II.2.3.2. Type de casse

Casse franche sans déviation angulaire



Corrosion si piqûre < 2 mm

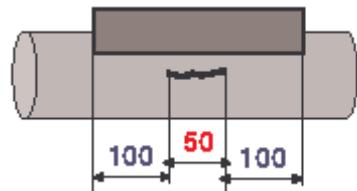
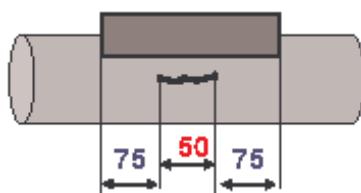


Casse longitudinale sauf PVC



Manchon de 200mm pour
les DN 50 à 60 mm

Manchon de 250mm à
partir du DN 80 mm



Dans tous les cas, l'avarie ne doit pas excéder 50 mm.
Respecter une distance de pose de 50mm à proximité d'un emboîtement, joint, coude, té...

II.2.3.3. Désignation :

Désignation	DN (mm)	Longueur L	Echantillon	
Manchon de réparation inox, boulonnerie et mâchoires inox, revêtement caoutchouc EPDM, simple bande à poignée, de longueur L=...(mm), de DN...(mm)	50 - 65	200 mm		
	80	250 et 300mm		
	100			
	150			
	200			
	250			
	300	L= DN ou DN+100 mm		
	400			
Manchon de réparation inox, boulonnerie et mâchoires inox, revêtement caoutchouc EPDM, double bande, de longueur L=... (mm), de DN... (mm)	150	250 et 300mm		
	200			
	250			
	300			
	400	L= DN ou DN+100 mm		

II.3. ELEMENTS DE ROBINETTERIE

Ce sont des composants intercalés dans les tuyauteries, employés pour régler le flux d'eau qui circule dans le réseau afin d'optimiser son exploitation.

D'après les spécifications de la norme NF EN 1074-1 (Octobre 2000), les appareils de robinetterie d'un réseau peuvent se subdiviser en :

- Vannes de sectionnement.
- Ventouses
- Bouches et poteaux d'incendie.
- Vannes de régulation hydraulique
- Clapets de non-retour (voir III.2.5.3.4)

Ces appareils doivent être marqués de façon durable et clairement visible de la façon suivante :

- DN suivi du numéro approprié,
- ISO PN suivi du numéro approprié,
- désignation du matériau du corps,
- nom du fabricant ou marque de fabrication,
- référence à la norme ou à la marque de qualité
- année de fabrication - n° de série,
- type - sens de fermeture,
- nombre de tours devant assurer la fermeture,

II.3.1. Vannes de sectionnement

Ce sont des dispositifs hydromécaniques destinés à couper le flux d'eau dans une conduite grâce à un obturateur. Leur fonctionnement sera de type tout ou rien : ouverture ou fermeture totales : les positions intermédiaires correspondent à des situations provisoires ou exceptionnelles.

Dans ce groupe les plus utilisées sont: le robinet vanne et la vanne à papillon.

II.3.1.1. Robinet –Vanne

D'après Le règlement de la marque NF RFH « *Le robinet-vanne est un appareil de robinetterie dont l'obturateur ou opercule se déplace perpendiculairement à l'axe de l'écoulement du fluide et conçu pour être utilisé en position ouverte ou fermée* »

Le robinet-vanne est appelé également vanne à opercule.



Il est fortement déconseillé d'utiliser une vanne à opercule pour réaliser du réglage du débit.

Les robinets vannes doivent avoir un passage intégral, c'est-à-dire que le diamètre du passage du fluide est au moins égal aux valeurs définies dans le Tableau ci-dessous, lorsque l'obturateur est totalement relevé.

<i>DN</i>	<i>Diamètre minimal de passage (mm)</i>
65	62
80	77
100	97
150	146,5
200	196,5
300	296

Ci-joint les spécifications techniques particulières d'une vanne à opercule:

- Le corps du robinet est en fonte ductile GS.
- Les robinets vannes à opercule doivent être intégralement conformes au règlement de la marque NF RFH.
- Les matériaux constituants ne présentent pas entre eux de risques d'oxydo-réduction
- Les substances entrant dans la composition des pièces en contact avec l'eau ne doivent communiquer à celle-ci ni mauvais goût, ni mauvaise odeur, ni toxicité à court ou à long terme.
- Ces substances doivent être conformes à l'arrêté du 29 mai 1997 et des circulaires associées relatifs aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production, de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine.
- Le perçage des brides selon les normes NFA 48-840, ISO2531, ISO7005.
- Le sens de fermeture sera FSAH (Fermeture Sens Anti Horloge).
- La manœuvre est faite par carré d'ordonnance 30x30mm fonte GS pour la pose en terre et par volant pour la pose en aérien et en chambre.
- Les robinets vannes doivent permettre la transmission des vibrations de la canalisation créées par une fuite d'eau. Cette transmission est assurée par un contact métal-métal entre le point d'ancrage de la vanne sur la canalisation et l'extrémité de l'accessoire de manœuvre sur lequel sera posé le capteur de vibrations.

Pour réceptionner au mieux cette vibration, la surface de contact du carré de manœuvre doit permettre la mise en place d'un capteur d'au moins 20mm de diamètre par un contact magnétique direct et franc, sur une surface rigoureusement plane, continue ou non (exemple : trou de fixation du carré). Le carré de manœuvre doit être solidement attaché à la tige de manœuvre de la vanne

- Le perçage des brides de DN 60 et DN 65 sera double avec des trous oblongs.
- Le passage dans le diamètre intérieur doit être continu pour permettre :
 - Le nettoyage des conduites sans détérioration d'un quelconque composant de la vanne,
 - La prise en charge à travers le robinet vanne.
- La tige de manœuvre, en acier inoxydable type 13% Cr, est tournante et non montante.
- L'opercule est entièrement surmoulé en élastomère y compris le passage de la vis de Manœuvre.

II.3.1.1.1. Avantages et inconvénients d'un robinet à opercule

Avantages
<ul style="list-style-type: none"> - robustesse - domaine étendu d'applications en température et en pression - passage intégral - faible perte de charge en position ouverte
Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Encombrement et masse importants (ce robinet devient coûteux pour les diamètres importants) - Inadaptation au réglage - Inadaptation aux manœuvres fréquentes (du fait des efforts importants de manœuvre) - Le couple de manœuvre est limité par la norme NF EN 1074 partie 1 et partie 2. Le non usage des vannes les rend difficile à manœuvrer au même titre que la vanne papillon.

II.3.1.2. Vanne à papillon

La vanne à papillon s'utilise dans le sectionnement de fluides sous pression, Grâce à un obturateur en forme de disque ou lentille. L'obturateur dit papillon se déplace dans le fluide par rotation autour d'un axe orthogonal à l'axe d'écoulement du fluide.

Son fonctionnement normal est l'ouverture ou la fermeture totale.

L'utilisation exceptionnelle des vannes papillon est également possible pour les robinets vannes vidange de réservoir.

Tout comme les robinets-vannes, les vannes papillon ne doivent pas être utilisées en régulation, elles ne font que créer une perte de charge singulière et ne sont pas conçues pour cela. Des

appareils spécifiquement conçus pour cela existent et font de la vraie régulation de pression et de débit.

II.3.1.2.1. Avantages et inconvénients d'un robinet à papillon

<i>Avantages</i>
- Faible encombrement et poids réduit
- Simplicité (peu de pièces constitutives)
-Prix de revient faible, surtout pour les grands calibres
- Très bonne étanchéité, surtout avec joint élastomère
-Visualisation de la position de l'obturateur
- Aptitude au réglage de débit grâce aux pertes de charges variables en fonction de l'ouverture.
- Adapté à des manœuvres fréquentes
- Facilité d'adaptation d'actionneurs à énergie auxiliaire
- Manœuvre simple et rapide du papillon
- Montage et démontage rapide
-Entretien : des manœuvres régulières.
<i>Inconvénients</i>
- Pas de passage intégral
- Non adapté pour des fonctionnements à forte pression différentielle
- Pertes de charge

II.3.1.2.2. Matériaux

La marque NF RFH définit les matériaux constitutifs de ces vannes.

II.3.1.2.3. Pied

Les robinets à papillon d'un diamètre nominal supérieur à >DN 500 sont toujours munis d'un pied support.

II.3.1.2.4. Familles de produits

Les robinets à papillon présentent un écartement bride/bride court, standard, série 14 du tableau 4 de la norme EN 558-1 : **E= 150 + (0,4 x DN)**.

La gamme des DN utilisés: **400-500-600 et 800 mm**

- Fermeture sens d'horloge **ESH** (la fermeture sens contraire d'horloge FSAH est conventionnelle pour robinet enterré)
- Disposition aérienne (NF E 29-430).
- Disposition enterrée (NF E 29-431)

Pour les vannes enterrées, réaliser une assise et éventuellement un ancrage

Les diamètres inférieurs sont utilisés dans les équipements de stations de pompage.

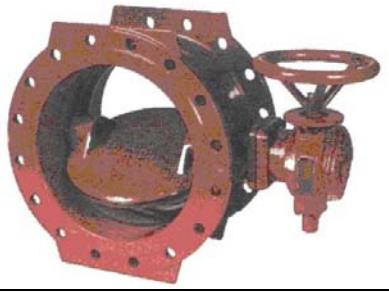
II.3.1.3. Gamme d'utilisation :

Type vanne calibre (mm)	Robinet vanne à opercule PN16, FAH		Robinet papillon à brides PN 16	Remarques
	Série 15 longue	variante: Série 14 courte		
DN 65, 80, 100, 150 et 200 mm	oui	oui	non	Série 15 ou longue : Longueur = DN + 200. (NFE 29 305).
DN 300 mm	non	oui	non	Jusqu'à DN 300 le robinet vanne s'impose par son prix et par son passage intégral
DN>300 mm	non	non	oui	DN>300, le robinet à papillon se justifie plus pour les raisons suivantes: -Légèreté relative et facilité de manutention - Le robinet-vanne est très encombrant en gros diamètre, sa hauteur est très grande. La mise en place d'une vanne à opercule nécessite d'enterrer la canalisation plus profondément, sinon la manœuvre est au-dessus du niveau du sol. C'est pourquoi la vanne papillon est préférée par son encombrement en hauteur plus réduit. -Meilleur couple de manœuvre - Aptitude au réglage - Adapté à des manœuvres fréquentes - Facilité d'adaptation d'actionneurs à énergie auxiliaire

II.3.1.4. Désignation

Désignation	ISO PN...	DN... mm	Vue
Robinet-vanne, à portage élastomère/métal, à brides ISO PN..., série courte, fermeture sens anti horloge FSAH, DN... mm, PFA 16.	ISO PN 10/16	65 80 100 150 ISO PN 10 200 300 ISO PN 16 200 300	
Robinet-vanne, à portage élastomère/métal, à brides ISO PN..., série longue, fermeture sens anti horloge FSAH, DN... mm, PFA 16.	ISO PN 10/16	65 80 100 150 ISO PN 10. 200 ISO PN 16 200	

En option colonnette de manœuvre

Désignation	ISO PN...	DN... mm	Vue
Robinet-vanne à papillon, de corps en fonte ductile GS à brides ISO PN ..., obturateur revêtu d'élastomère, axe en acier inoxydable avec mécanisme de manœuvre multi tour et réducteur par vis écrou comportant une bride pour l'adaptation d'une motorisation, fermeture sens anti horloge FSAH, DNmm, PFA16,	ISO PN 10.	400	
		500	
		600	
		800	
	ISO PN 16	400	
		500	
		600	
		800	

II.3.2. Ventouses

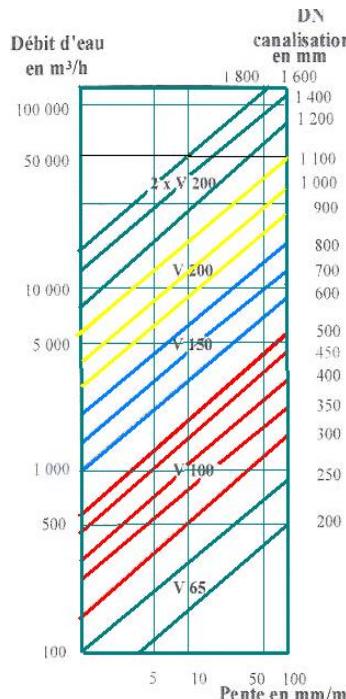
II.3.2.1. Description

Les ventouses sont positionnées sur les points hauts des conduites et tous les 600 m, sur des conduites très longues. Leur fonction est la sortie et entrée d'air :

- la vidange d'air (désaérage) au remplissage car les poches d'air non évacuées rétrécissent jusqu'à obturation la veine liquide.
- Dégazage : Purge d'air en fonctionnement
- le remplissage d'air (aérage) en cas de dépression pour éviter la succion des joints, la collapse des tubes plastiques.

II.3.2.2. Fonctionnement et choix

Par ailleurs, la ventouse peut être dotée d'un organe d'isolement intégré, qui doit alors être en conformité avec l'EN 1074-2:2000 et d'un purgeur de contrôle.



Choix simplifié

<i>Diamètre Ø int de la conduite (mm)</i>	<i>Diamètre de passage de la ventouse (mm)</i>
≤ 250 mm	60 -65
250 à 600	80- 100
600 à 900	150
1000 à 1200	200
1400 à 1800	2 ventouses de 200 mm

Pour ce choix la vitesse de remplissage de la canalisation sera de 1m/s.

Les ventouses trois fonctions ne doivent en aucun cas être utilisées pour protéger la conduite de phases de dépressions en régime permanent. Lors de l'étude de conception du réseau, on procède à l'élimination des éventuelles phases de dépression. Dans les régimes transitoires, ces ventouses peuvent contribuer à lutter contre les phénomènes de dépression sous réserve d'une étude précise.

Il convient également de vérifier le débit d'air admis en cas de vidange ou de rupture accidentelle de la canalisation en relation avec le débit d'eau et avec la dépression admissible.

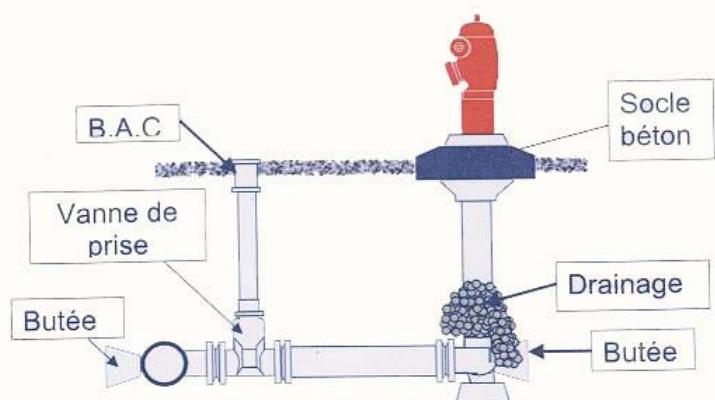
Par ailleurs les ventouses doivent être placées dans des regards DRAINES de façon à évacuer l'eau stagnante qui pourrait s'y trouver et qui risquerait d'être introduite dans la conduite lors d'une admission d'air.

II.3.2.3. Désignation :

<i>Désignation</i>	<i>DN (mm)</i>	<i>Photo</i>
Ventouse triple fonction DN (mm)	40/60	
	80	
	100	
	150	

II.3.3. Bouches et poteaux d'incendie

Les bouches et poteaux d'incendie DN 100 sont des points de prélèvement d'eau sur le réseau, permettant le raccordement du matériel de lutte contre l'incendie. Ils sont fabriqués en FD revêtue de poudre époxy.



Les caractéristiques de fonctionnement doivent répondre à la norme NFS 61.211. Lorsqu'ils sont munis d'une bride d'entrée, ils doivent être conformes à l'EN 1092-2.

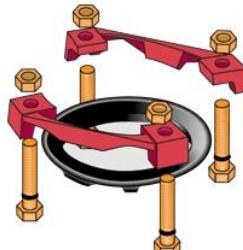
Version avec prise Keyser pour DN100, la prise symétrique DN100, sur demande et sera conforme à la norme NF E 29.572.

Les bouches sont logées dans des coffres orientables, à couvercle strié de classe C250 selon EN 124. Les couvercles sont basculant, solidaire du coffre, et permettant un dégagement total de la prise.

Les bouches, situées à ras du sol, ont l'avantage d'être discrètes et conviennent pour des zones de trafic piétonnier mais ont cependant l'inconvénient d'être difficilement repérables d'une part et d'autre part il y a de très forts risques de retour d'eau stagnante en surface dans le réseau d'eau potable lors d'une mise en dépression de celui-ci.

Par contre les poteaux, ont l'avantage d'être saillants sur le niveau du sol et sont donc facilement repérables, mais ont cependant l'inconvénient de constituer un obstacle pour la libre circulation des piétons et des véhicules.

Vu le nombre d'accidents et les dégâts encourus par ces appareils, les fabricants préconisent des barrières de protection ou des dispositifs renversables pour limiter les dégâts et prolonger la durée de vie des poteaux.



Kit de renversabilité

En l'absence de dispositif renversable, le poteau doit supporter la force, $F = 25\ 000\ N$, en restant étanche.

Si le poteau est conçu pour se renverser au niveau du sol, la force F , nécessaire pour le renverser est telle que, $10\ 000\ N \leq F \leq 30\ 000\ N$, le poteau doit rester étanche après s'être renversé et aucun des éléments se situant en dessous du dispositif renversable ne doit être détérioré.

La norme NF S 62-200 définit les règles d'installation et de maintenance des poteaux et bouches incendie. Cette norme est en cours d'évolution, avec de nombreuses modifications par rapport à l'ancienne.

Les poteaux et bouches à actionnement manuel (manœuvre par carré 30x30) doivent se fermer dans le sens d'horloge. Le nombre de tours pour une ouverture ou fermeture complète est de minimum 5 tours -maximum 13 tours.

Les tours morts sont toujours limités à 3 tours.

Le débit horaire maximum à assurer : $60m^3/h$ pour une pression de 1bar mesurée à l'orifice.

La perte de charges maximale ΔH_{max} ne doit pas être supérieure à 1mCE(NFS 61 211).

Le fabricant doit indiquer dans sa documentation technique si le poteau est équipé d'un dispositif de vidange automatique.

II.3.3.1. Désignation :

<i>Désignation</i>	<i>Echantillon</i>
Bouche d'incendie DN 100 mm.	
Poteau d'incendie avec prise centrale de DN 100 mm et deux prises latérales en DN 65mm. <u>En option :</u> * Système renversable. *Sous coffre	 

II.3.4. Vidanges :

Des dispositifs de vidange appropriés doivent être installés, en fonction des conditions locales, compte tenu des exigences d'exploitation, par exemple pour la vidange ou le rinçage.

Le diamètre de vidange doit être lié au volume d'eau à vidanger, au temps disponible et à la capacité des exutoires. En règle générale on adopte les diamètres suivants :

<i>Diamètre de la tuyauterie (mm)</i>	<i>Diamètre de la vidange (mm)</i>
Ø60	60
Ø 80	80
100≤ Ø ≤ 200	100
200 < Ø ≤ 600	150
600 < Ø < 800	200

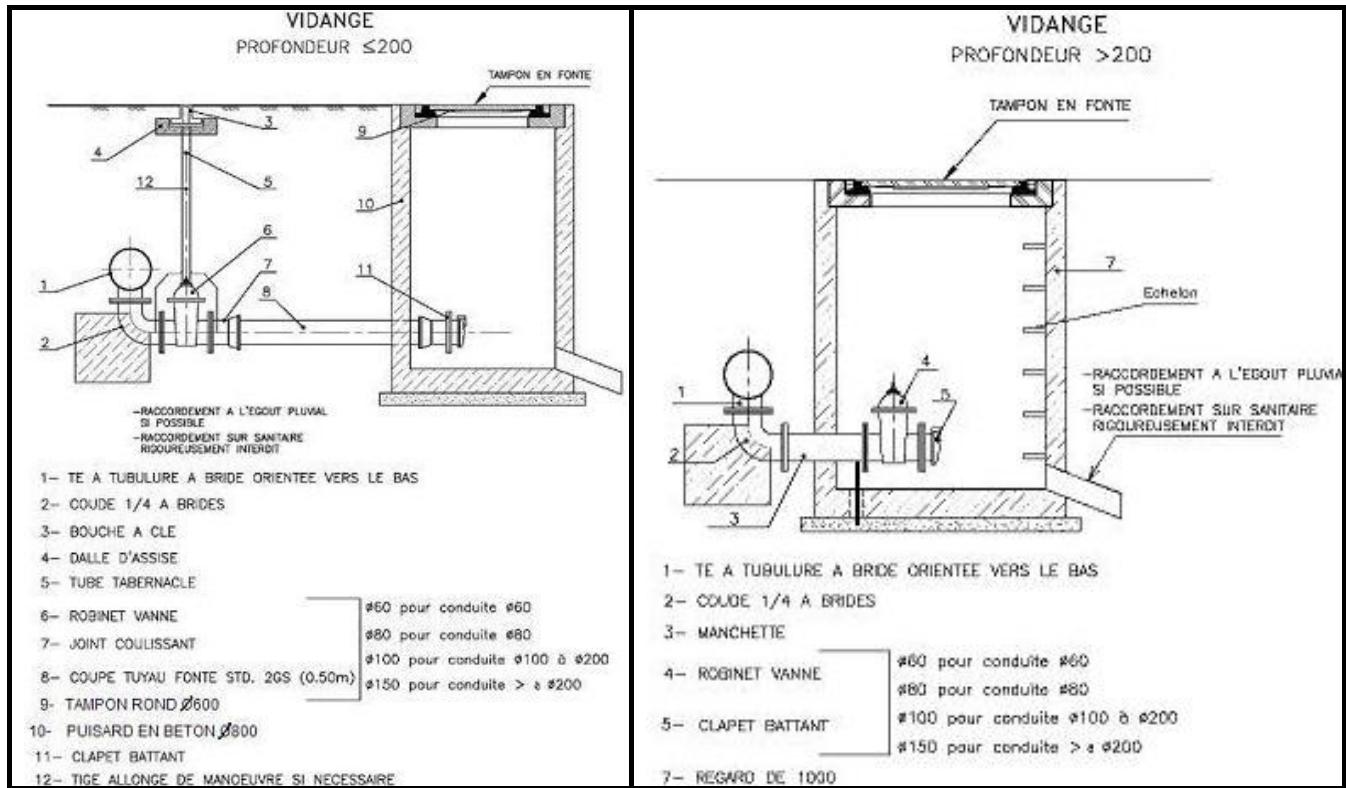
Normalement, il y a lieu de ne pas dépasser un diamètre de vidange DN 200.

Il faut s'assurer que l'énergie cinétique de l'eau vidangée soit dissipée de façon sûre. Dans ce but, on peut disposer d'un regard de vidange.

Ces vidanges s'effectuent grâce à un raccordement au collecteur des eaux pluviales ou à travers un exutoire naturel.



Il est proscrit de raccorder une vidange au réseau sanitaire.



Dans les deux cas on devra éviter l'inversion du débit, soit par clapet de retenue soit en effectuant la décharge à un niveau inférieur à celui de la tuyauterie principale.

II.3.5. Vannes de régulation hydraulique

Les différentes fonctions les plus couramment utilisées sont :

– Régulation de pression aval:

Réduction et stabilisation de la pression dans un réseau situé en aval à partir d'une conduite à pression plus élevée quelles que soient les variations de la pression dans la conduite amont et quel que soit le débit demandé en aval.

– Régulation de pression amont (montage en ligne)

Maintien en priorité de la pression d'eau dans un réseau amont à une valeur prédéterminée quelles que soient la pression en aval et le débit demandé. La partie aval du réseau sera alimentée si la pression minimale en amont est atteinte.

– Régulation de pression amont par vanne de décharge (montage en dérivation)

Décharge d'une pression excessive ou d'une surpression hors phénomènes transitoires. Limiter la pression d'un réseau amont par ouverture à la pression de consigne et évacuation des excédents vers un réseau de plus faible pression ou un réservoir. Cette vanne se referme dès que la pression dans le réseau amont revient à sa valeur de consigne. Supprime et canalise les sauts de pression du réseau.

– Limiteur de débit :

Limitation des débits quelles que soient les variations de pression dans le réseau amont et dans le réseau aval

– Remplissage de réservoir par régulation de niveau tout ou rien avec flotteur mécanique 2 positions:

Fermeture complète de l'arrivée d'eau dans un réservoir lorsque le niveau maximum est atteint. Maintien de la fermeture jusqu'à ce que le niveau bas soit atteint puis ouverture complète à ce niveau bas (marnage de réservoir).

– Remplissage de réservoir par maintien de niveau avec pilote altimétrique hydraulique:

Fermeture progressive et complète de l'arrivée d'eau dans un réservoir lorsque le niveau maximum est atteint.

Ouverture progressive de la vanne dès que l'on quitte le niveau haut.

Travail sur une tranche d'eau limitée située sous le niveau de fermeture d'environ 40-50 cm.

D'autres fonctions peuvent être réalisées par ce type d'appareils, telles que :

- la protection des stations de pompage contre les surdébits,
- la protection des stations de pompage contre la surpression,
- la protection générale des réseaux contre les phénomènes transitoires (coup de bâlier..),
- les fonctions multiples complexes,
- les vannes de survitesse,

Ces fonctions doivent également faire l'objet d'études spécifiques par le concepteur du réseau et / ou fabricant. Celui-ci sera à même de demander les conditions exactes de fonctionnement et d'installation pour déterminer le type et le modèle d'appareil de régulation à installer.

Le concepteur du réseau et / ou le fabricant choisit un stabilisateur de pression adapté aux besoins en fonction du différentiel de pression, des vitesses de passage de l'eau dans l'appareil pour les 3 débits mentionnés pour avoir un fonctionnement optimum de la régulation.

Le fonctionnement des vannes de régulation est simple, le circuit pilote relie l'amont de l'appareil, la chambre et l'aval de l'appareil. Le pilote régule le remplissage/vidange de la chambre selon la pression aval/amont, hauteur d'eau, perte de charge sur un diaphragme... Le type de régulation souhaité est obtenu en changeant le pilote de commande.

Les mécanismes et les ajutages des tubulures sont conçus de sorte que les appareils soient fidèles et n'engendrent par leur fonctionnement propre, aucun coup de bâlier supérieur à 100 kPa.

Les appareils sont munis de couvercle et chapeaux démontables donnant accès au mécanisme intérieur, et éventuellement d'un robinet de purge ou bouchon.

Le réglage de la consigne au niveau du pilote est fait par le serrage d'un ressort bloqué par un contre-écrou. Le desserrage n'est pratiquement jamais constaté.

Les corps des appareils, les plaques de vidange, chapeaux et couvercles sont en fonte ou en acier, les ressorts en acier inoxydable et les parties mobiles, flottantes ou coulissantes, ainsi que les organes d'étanchéité en matériaux appropriés.

Les appareils sont pourvus, à l'amont et à l'aval, de prises de pression conformément aux normes NF E 15-024 et NF E 15-025.

En stabilisant la pression dans le réseau à une valeur déterminée, le volume des pertes par fuites diminue considérablement. Mais ce gain peut être amélioré si durant les heures creuses, de nuit par exemple, il y a une modulation de la pression de consigne. Cet objectif est atteint dans le cas d'un grand réseau par le biais d'un stabilisateur à modulation de pression dont les caractéristiques sont fixées après une étude préalable basée sur des relevés de débit nécessité par la zone de desserte et de pression au niveau d'une sonde installée à l'extrême et au point le plus haut du réseau. Vu la complexité de cette étude, réalisée généralement par un BET spécialisé, nous nous limitons dans ce guide aux vannes de régulation classiques.

II.3.5.1. Dimensionnement

Le diamètre d'un appareil de régulation sera choisi en fonction du débit maximum et de la perte de charge disponible et non selon le diamètre de la canalisation.

Travaillant exclusivement à partir des pressions du réseau, les vannes de régulation sont **dimensionnées** sur le **débit** les traversant et par rapport à la **pression différentielle disponible**. Quel que soit le type de régulation souhaitée, il est nécessaire de connaître le débit **minimum**, le débit **maximum** ainsi que le débit **exceptionnel** pour déterminer le diamètre nominal de la vanne de régulation.

Le dimensionnement des appareils est à valider par le fabricant lui-même qui en prend ainsi la responsabilité.

Dans le cas de fonctionnements particuliers en limite de plage de performance ou lorsque la **section de passage** de certains appareils de régulation est **inférieure** à leur diamètre nominal de raccordement, ne permet pas le débit réglementaire des poteaux incendie, le fournisseur prendra contact avec vous.

II.3.5.1.1. Détermination des paramètres de fonctionnement

La taille et le modèle de ces appareils sont déterminés selon leurs conditions de fonctionnement. C'est pourquoi une attention toute particulière doit être donnée en particulier aux valeurs de débits.

– Définition des débits transitant

Trois débits sont à considérer :

- le débit minimum, correspondant aux consommations nocturnes
- le débit maximum correspondant aux consommations de pointes usuelles
- le débit exceptionnel correspondant à des tirages très importants et inhabituels (défense incendie en particulier) qui peuvent s'additionner aux pointes de consommation habituelles.

– Détermination de ces valeurs

Ces valeurs peuvent provenir soit :

- de mesures faites à partir de compteurs placés sur la canalisation
- d'estimations faites à partir du nombre et du type d'abonnés situés sur le réseau concerné.

– Estimation du débit minimum :

Il correspond généralement au débit minimum nocturne.

Dans une zone d'habitations individuelles ou collectives, il est très faible, voire nul sauf en cas de fuite sur le réseau.

En cas de présence d'artisans ou de gros consommateurs, isolés, dans les zones d'activité et dans les zones industrielles, des mesures ponctuelles doivent être faites.

– Estimation du débit maximum :

Il correspond aux pointes de consommation. Il faut distinguer les pointes de consommation des particuliers qui peuvent être estimées et celles des gros abonnés, industriels, artisans qui doivent être mesurées.

En l'absence de mesure de débit, il faut **estimer** la valeur du **débit de pointe** en fonction du **nombre d'abonnés particuliers** desservis par l'appareil de régulation et du **rendement** du **réseau** concerné.

Dans les zones où la population varie très fortement à certaines périodes de l'année des mesures de débit doivent être réalisées pour connaître ces variations de manière précise.

Pour les **gros consommateurs**, artisans, industriels, une **mesure** du débit de pointe ainsi que la détermination de sa période dans la journée doit être faite de manière **individuelle**.

Ces débits seront alors additionnés au débit de pointe des particuliers, en fonction de l'heure de la journée.

A ces débits (estimation du débit des particuliers, des mesures de débit chez les gros consommateurs) il faut **ajouter** une estimation du **débit de fuite** du réseau concerné (cette valeur ne varie pas en fonction de la journée, elle ne varie que selon l'apparition ou la réparation des fuites).

– Estimation du débit exceptionnel

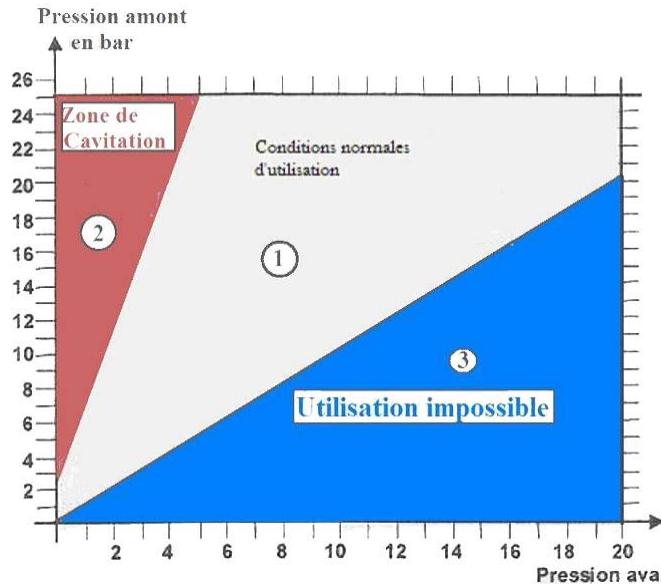
Ce débit correspond à une sollicitation exceptionnelle du réseau de distribution comme par exemple des tirages sur poteau ou borne incendie ; ces débits peuvent s'ajouter aux pointes de consommation. Il est nécessaire de connaître le nombre de poteaux/ bornes incendie pouvant être ouverts de manière simultanée.

Rappel: le débit nominal de chaque poteau incendie Ø100 est de 60 m³/h sous 1 bar de pression.

II.3.5.1.2. Diagramme de cavitation :

Les appareils de régulation avec des pertes de charge >1bar peuvent subir une détérioration si la pression amont est trop importante et la pression aval trop faible.

Il est important de vérifier si l'appareil va travailler dans la bonne zone.



Ce diagramme permet de vérifier les conditions de fonctionnement de l'appareil :

- **Zone 1** : Conditions normales d'utilisation
- **Zone 2** : Zone de cavitation, prévoir un kit anti cavitation, des appareils en cascade. En cas de pression aval inférieure à 1bar, un dispositif d'entrée d'air peut être envisagé.
- **Zone 3** : Impossible pression amont inférieure à pression aval

II.3.5.2. Régulateur-Stabilisateur : que choisir ?

Le régulateur est un appareil de réduction de pression aval (ou amont) fonctionnant avec un ressort.

Le stabilisateur est un appareil de contrôle de pression aval (ou amont ou combiné avec d'autres fonctions) fonctionnant avec un circuit piloté.

- Points communs entre ces deux types d'appareils :
- Ces deux appareils sont étanches à débit nul ;
- Ces deux appareils assurent la même fonction de réduction de la pression aval (95 % des appareils installés contrôlent la pression aval) ;
- Ces deux appareils ont des réactions identiques aux vitesses maximales autorisées.
- Différences entre ces deux types d'appareils :
- Le régulateur a un DN maximum de 200 mm, le stabilisateur va au-delà.
- Le régulateur fonctionne avec un ressort, il est plus simple que le stabilisateur qui possède un circuit piloté ;
- Le régulateur demande moins d'entretien. Il pourra être préféré en réseau simple.
- Le stabilisateur, grâce à son circuit piloté, peut évoluer au cours du temps en recevant des fonctions complémentaires, (par exemple deux valeurs de pression aval pour le jour et la nuit, une fonction amont sur une fonction aval existante, une fonction limiteur de débit.....), le régulateur ne peut pas évoluer.
- Le régulateur a un Kv plus important à diamètre équivalent ; à débit identique, il aura donc moins de pertes de charge.
- Le régulateur supporte mieux les sur débits que le stabilisateur.
- Le stabilisateur, à DN équivalent, est plus performant, et plus précis.

Dans la plus part des cas de fonction aval simple, le régulateur peut être préféré au stabilisateur

II.3.5.3. Désignation

Désignation	DN (mm)	Vue
Régulateur à ressort, de pression aval, DN ...mm	50 65 80 100 125 150 200	
Stabilisateur de pression avec circuit piloté à simple fonction de régulation: - aval, DN ...mm. - amont, DN ...mm.	50 65 80 100 125 150 200 250 300 400	
Boîte à crêpine, corps et chapeau en fonte ductile, tamis en inox, accessible par le haut, bouchon latéral, DN...mm	50 65 80 100 125 150 200 250 300 400	

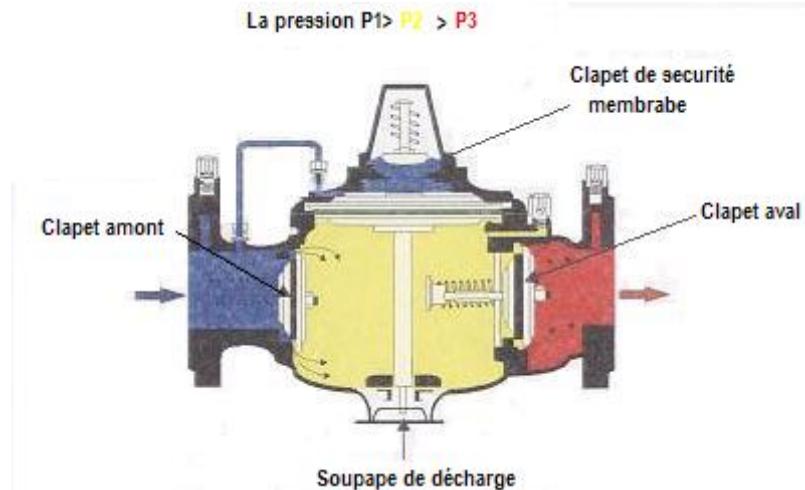
II.3.5.4. Disconnecteur

Dispositif anti-retour à zone de pression réduite contrôlable suivant norme NF EN 12729, permettant la protection des réseaux d'eau potable contre les retours de fluides ayant pour origine une dépression dans le réseau ou une contre-pression provenant d'un réseau d'eau éventuellement non potable.

Les établissements exerçant une activité qui, par un phénomène de retour d'eau, pourrait entraîner une pollution sur le réseau d'eau potable, devront être obligatoirement munis d'un disconnecteur agréé. Sont concernées par cette clause, toutes les installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration ou à autorisation.

Les clients disposant d'une autre alimentation que celle assurée par le réseau public devront obligatoirement le signaler et installer un disconnecteur agréé pour éviter toute pollution éventuelle.

Il est constitué de deux clapets successifs encadrant une chambre intermédiaire à décharge, qui se met à l'air libre dès qu'il y a risque de retour d'eau, réalisant ainsi une coupure totale



Son fonctionnement est basé sur trois zones à pressions différentes, créées par les pertes de charge successives engendrées par les organes d'étanchéité et sur des rapports de sections des éléments mobiles internes(clapets).

Débit maximum conseillé :

DN	40	65	80	100	150	200
Q(l/s)	6.4	14.2	20.3	31.5	56.5	101.1

L'appareil doit être contrôlé et entretenu obligatoirement une fois par an.

La perte de charge dans un disconnecteur à son débit maximum

La législation en vigueur impose l'installation de filtres à l'amont des disconnecteurs pour les protéger contre le sable et autres éléments dans les réseaux .

II.3.5.4.1. Désignation

Désignation	DN (mm)	Vue
Disconnecteur hydraulique PN 16, DN...mm	40	
	65	
	80	
	100	
	150	
	200	

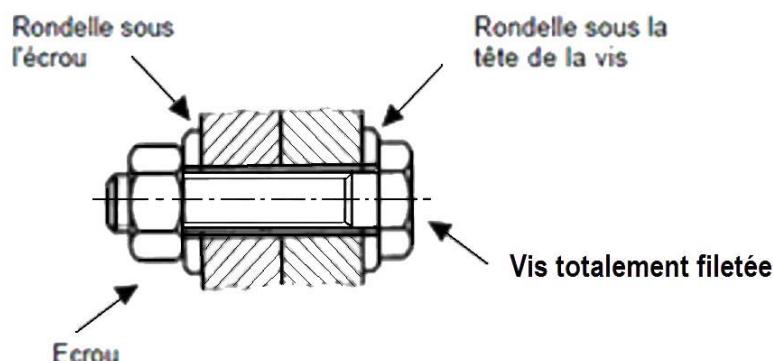
II.4. BOULONNERIE

Les assemblages boulonnés sont très fréquents sur les différents réseaux de distribution d'eau. On retrouve de la boulonnerie sur tous les assemblages par brides.

Comme pour les canalisations, une pérennité de 50 ans est demandée aussi pour ces assemblages.

Grâce à leur vertu de résistance efficace contre la corrosion, Les boulons revêtus de DACROMET (revêtement de type lamellaire Zn-Al (85%-15%) contenant du chrome hexavalent), étaient largement utilisés.

II.4.1. Normes et Qualité d'acier



Un boulon est constitué d'une vis et d'un écrou de même diamètre. Pour des problèmes de serrage et fixation des pièces, les opérateurs préfèrent des boulons à vis totallement filetées, conformes à la norme ISO 4017.

La classe de résistance de l'acier est définie par un code à 2 chiffres qui fait partie de la désignation et qui est gravé sur les têtes de vis, généralement avec le sigle du fournisseur.

Le premier chiffre renseigne sur la résistance à la rupture alors que le produit des 2 (leur multiplication) donne la limite élastique.

Exemple : pour une vis de classe 6.8 :

- 6 x 100 → la limite de rupture Rm vaut au moins 600 MPa,
- 6 x 8 x 10 → la limite élastique Re est supérieure à 480 MPa.

Dans les classes courantes, on obtient :

Classe	Rm (MPa)	Re (MPa)	Allongement (%)
3.6	300	180	25
4.6	400	240	22
4.8	400	320	16
5.6	500	300	20
5.8	500	400	10
6.8	600	480	8
8.8	800	640	12

selon ISO898 et NFE25-030

La qualité de l'acier et des vis est de classe 8.8.

Le choix du diamètre de la vis dépend également de la possibilité d'introduire la vis dans les orifices prévus à cet effet dans le corps de vanne, ou dans tout autre pièce de robinetterie. Ces diamètres sont normalisés et se trouvent dans le commerce.

En filetage métrique les diamètres courants vont de 1.6 mm à 64 mm.



Il existe d'autres valeurs intermédiaires : si par exemple le diamètre 30 n'est pas suffisant et le 36 surdimensionné, vous pouvez utiliser le diamètre 33, même s'il est un peu plus difficile à trouver.

Dans chaque assemblage, la répartition de la pression de contact est améliorée en plaçant deux rondelles : une sous la tête de la vis et une sous l'écrou. La dureté des rondelles sera de 200 Hv selon la norme ISO 7089-2000.

Il est à préciser que les rondelles sont plates, leur taille est normalisée ; Elles protègent également le revêtement des pièces à assembler.

Il convient de toujours choisir une rondelle de dureté supérieure à l'écrou sous peine de se mater, contribuant au tassement de l'assemblage, source de desserrage.

II.4.2. Directive Européenne RoHS

(Restriction of Hazardous Substances)

Les directives européennes VHU 2002/96/CE et 2000/53/CE limitent dorénavant l'utilisation de chrome hexavalent (et d'autres éléments tels que le plomb, le mercure et le cadmium). Le DACROMET utilise du chrome VI dans la composition de son liant et doit donc être remplacé par un autre type de revêtement anticorrosion exempt de chrome hexavalent.



Après le cadmium, le revêtement DACROMET, est désormais prohibé (à compter du 1^{er} juillet 2007 conformément à l'arrêté du 23 novembre 2006) du fait que son procédé fasse intervenir du chrome hexavalent reconnu cancérigène.

Cette démarche s'inscrit dans le cadre du développement durable et ne peut qu'être saluée par sa dimension environnementale.

II.4.3. Solutions alternatives

Plusieurs traitements de surface existent pour protéger la boulonnerie de la corrosion. Un protocole expérimental a été dressé afin d'identifier et de classer l'efficacité des revêtements.

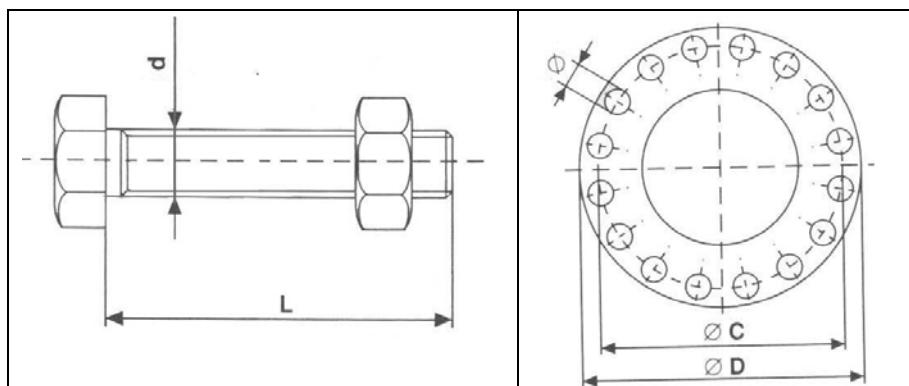
Un protocole expérimental dressé par la direction Technique et Anjou recherches a permis de comparer 6 revêtements et d'établir la supériorité du GEOMET sur son prédecesseur le DACROMET. L'emploi de ce nouveau revêtement est à préconiser sur la totalité de la boulonnerie du réseau afin de retarder la dégradation des assemblages et donc de l'apparition de fuites.

Type de revêtement	Composition	Mode d'application	Epaisseur théorique
Geomet 500 Grade B	Revêtement de zinc/aluminium lamellaire dans une matrice inorganique à base de silice. Exempt de chrome VI. Lubrifié dans la masse.	Trempé, centrifugé à froid. Cuisson à 300°C	8 à 10 µm

II.4.4. Percage des brides ISO PN 10 et ISO PN 16 :

Référence aux normes pour les perçages des brides : NF A 48-840, ISO2531, ISO 7005-2.

Référence aux normes pour boulons pour brides : NF E 25-112, NF E 25-401, ISO4014, ISO 4032



DN	PN 10						PN 16					
	Bride			Boulon			Bride			Boulon		
	D mm	C mm	I mm	Nb	d mm	L mm	D mm	C mm	I mm	Nb	d mm	L mm
60							175	135	19	4	M16	70
65							185	145	19	4	M16	70
80							200	160	19	8	M16	70
100							220	180	19	8	M16	70
150							285	240	23	8	M20	70
200	340	295	23	8	M20	70	340	295	23	12	M20	80
250	395	350	23	12	M20	80	405	355	28	12	M24	100
300	445	400	23	12	M20	80	460	410	28	12	M24	100
400	565	515	28	16	M24	100	580	525	31	16	M27	110
500	670	620	28	20	M24	100	715	650	34	20	M30	130
600	780	725	31	20	M27	110	840	770	37	20	M33	140

Avant montage, le joint à oreilles de centrage, en caoutchouc toilée de 4mm d'épaisseur, est fixé sur les brides : **DN 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700 et 800mm**



II.4.4.1.

Désignation

Désignation	d	L	Vue
Boulon en acier classe 8.8 revêtu de Geomet 500 Grade B. (exempt de l'ion chrome hexavalent) avec vis complètement filetée (norme ISO 4017) y compris deux rondelles en acier , revêtu de Geomet 500 Grade B (dureté 200Hv selon la norme ISO 7089-2000). d (diamètre en mm) x L(diamètre en mm).	16	70	
	20	70	
		80	
	24	100	
	27	110	
	30	130	
	33	140	

Le certificat d'origine du Géomet et l'agrément de l'applicateur pour ce produit est une nécessité absolue pour être certain que c'est réellement ce produit qui est appliqué.

II.4.5. Dispositifs de fermeture

Un dispositif de fermeture est constitué d'un cadre et tampon en fonte ductile (ISO 1083) recouvre l'ouverture d'accès d'un regard.

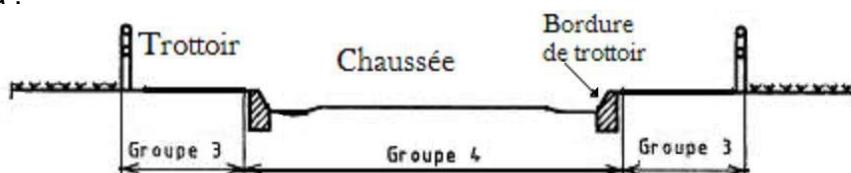
On appelle côte de passage CP (mm) (trou d'homme), le diamètre du plus grand cercle susceptible d'être inscrit dans l'ouverture libre du cadre d'accès du dispositif de fermeture . CP= 600 mm.

Le siège est équipé d'un joint élastique pour garantir la stabilité, l'absence de bruit et des odeurs.

On appelle force de contrôle, la force appliquée aux dispositifs de fermeture lors des essais.

Comme le réseau d'eau potable est posé principalement sous trottoir et chaussée, les classes C250 et D400 (conformément à la norme marocaine NM 10-9-001 ou la norme EN 124:1995) sont prépondérantes.

Ces classes correspondent respectivement aux charges de contrôle de 250 kN et 400 kN et correspondent à :



Groupe 3 - Classe C 250	Groupe 4 - Classe D 400
Trottoirs, zones piétonnes et zones comparables, aires de stationnement	Voies de circulation des routes, accotements stabilisés et les aires de stationnement pour tous types de véhicules routiers.

Le cadre des dispositifs de fermeture sera scellé à une côte permettant le raccordement à la chaussée au trottoir ou à l'accotement. Les dispositifs de fermeture seront posés de manière à ne créer aucune dénivellation sur les chaussées ou les trottoirs.

II.4.5.1. Mise en oeuvre

Afin d'éviter les inconvénients pouvant résulter d'une mise en œuvre incorrecte de ces dispositifs, quelques précautions particulières doivent être respectées, car elle conditionnent la bonne tenue de ces produits.

II.4.5.1.1. Stockage

- En les déchargeant du camion, ne jamais laisser tomber les tampons et cadres sur le sol, sous peine de les endommager.
- Prendre des précautions au stockage pour éviter les porte-à-faux.

II.4.5.1.2. Scellement

- Présenter le cadre et Le centrer sur le couronnement de la cheminée de visite ou de la cheminée d'évacuation, vérifier qu'il est bien de niveau avec la chaussée et que la surface supérieure affleure le niveau supérieur de la chaussée. Au besoin, le caler.
- Dans le cas où le dispositif est prévu pour être fixé par des goujons, présenter ceux-ci dans les trous prévus à cet effet.
- Bourrer l'intervalle entre le cadre et la semelle avec du béton, ou un conglomerat de résine et de gravillons.
- Sceller en dehors des périodes de gel. Sinon, prendre matériaux que le béton ordinaire (ciments à prise rapide, résine ...)
- Dans tous les cas, respecter le temps de durcissement complet avant la première mise en circulation.
- Bloquer les écrous lorsque la couche d'appui est sèche, compléter le remplissage et rétablir le revêtement de la chaussée autour du cadre.
- Placer le tampon dans un orifice.

Toutes précautions nécessaires devront être prises pour éviter de boucher le ou les orifices d'aération lors du renouvellement des surfaces de roulement.

Dans le cas de remplissage réalisé sur le chantier de pose, la responsabilité de la qualité des matériaux de remplissage et de leur tenue n'est pas assumée par le fabricant, mais par l'entreprise chargée de l'installation de ces appareils.

Un cas particulier de ces dispositifs est constitué par les bouches à clé, dont la forme permet de distinguer l'usage auquel ils sont destinés :

- Ronde pour un RPC.
- Carrée pour repérer une vanne enterrée.
- Hexagonale pour repérer une vanne frontière en termes de sectorisation.

II.4.5.2. Marquage

Les tampons sont tous marqués d'inscriptions claires, visibles et durables indiquant :

- Classe de résistance

- Nom et/ou sigle du fabricant
- Norme de référence
- Année et N° de série de fabrication
- «EAU»
- «VEOLIA»
- Organisme de certification

II.4.5.3. Désignation

Désignation	Type	Vue
Cadre et tampon en FD, étanche pour regard AEP, carré non apparent 850x850(resp. 1000x1000), Tampon rond, articulé, CP D600 (resp. D800), verrouillé par barreaux élastiques, équipé de joint élastomère, antibruit et anti-vibration, blocage de sécurité à la fermeture à 90°, sans orifice d'aération, peinture hydrosoluble noire non toxique ,	Classe C250	
	Classe D400.	
Bouche à clé en FD 6kg, diamètre de l'embase 220 mm avec ouverture de 120 mm. Trou de manœuvre. Bouchon relié au corps par une chaînette ou un tube métallique. La Fermeture du bouchon est assurée par deux languettes symétriques sur la base inférieure du bouchon et qui butent sur le bas de la base supérieure du corps. Peinture hydrosoluble noire non toxique.	Ronde	
	Carrée.	
	Hexagonale	



III. MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX

Chaque année nous posons plusieurs dizaines de kilomètres de canalisations.

Or cette opération délicate influe de manière directe sur la pérennité du patrimoine et sur l'efficacité du fonctionnement général du réseau.

Il importe donc que la pose soit réalisée avec minutie, en respectant les règles qui garantiront un service sans défaillance quel que soit le milieu et les conditions initiales du chantier.

Dans le présent chapitre on décrit les étapes successives et techniques de pose des canalisations, des problèmes de mise en œuvre relatifs à chaque matériau en veillant sur les dispositions minimales de sécurité et santé dans les chantiers de pose.

III.1. OPERATIONS PRELIMINAIRES

III.1.1. Etude géotechnique

Des sondages à la pelle hydraulique ou à la tarière sont effectués pour la reconnaissance in situ, par un laboratoire spécialisé en géotechnique.

Une coupe lithologique est dressée pour chaque point et une extrapolation est établie entre les différentes couches géologiques superficielles.

Les essais d'identification physique se font sur des échantillons prélevés des sondages :

III.1.1.1. Désignation

Etude géotechnique comprenant :

- Log stratigraphique avec nature lithologique (sable argileux, vase ...)
- W% : teneur en eau.
- Analyse granulométrique (pourcentage des fines, fraction de sable...) par tamisage NF P 94-056.
- Limites d'atterberg : WI, limite de liquidité et IP, indice de plasticité. Conforme à la norme NF P 94-056.
- Détermination du niveau d'assise à la profondeur préconisée.
- Etude de stabilité des fouilles(C, tgφ) avec détermination du système de soutènement (blindages, rideaux battus...)

En option :

Pour les conduites à risque potentiel de corrosion : Etude géoélectrique, détermination du degré de l'agressivité du sol le long du tracé par les mesures de résistivités électriques du sol traversé et prescriptions de protection.

III.1.2. Accès - Installations et emprises du chantier

Il est très fortement recommandé que l'emprise soit constituée d'une bande de 12 mètres de largeur et avec une largeur des voies d'accès non inférieure à 4 mètres.

La largeur d'emprise nécessaire à l'exécution des travaux peut être augmentée en fonction du diamètre et de la profondeur de la conduite, de la tenue du terrain et des conditions d'exécution (fouilles talutées, travaux de battage, bardage, dépôt de terres, etc.).

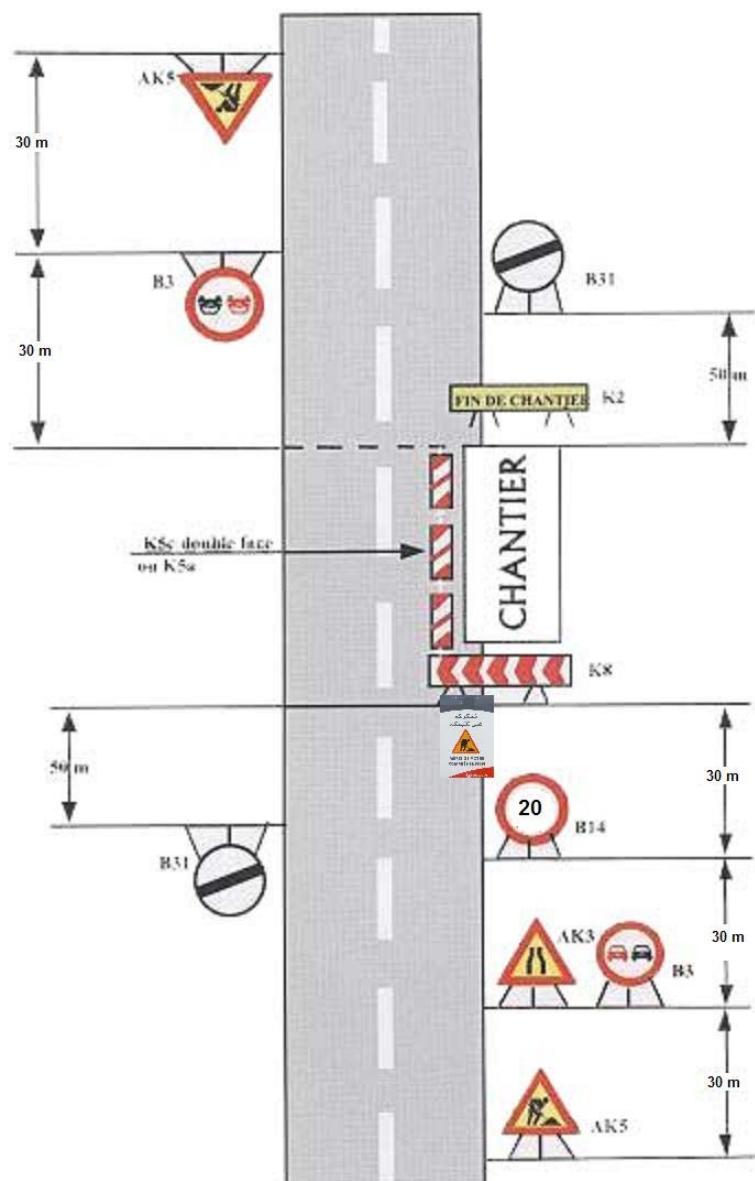
III.1.2.1. Signalisation

Les chantiers de pose de canalisations d'eau constituent un danger sérieux tant pour le personnel de l'Entreprise que pour les usagers de la voie publique. Avant de commencer une intervention sur le domaine routier, le balisage et les panneaux de signalisation temporaire de chantier sont mis en place conformément à la réglementation.

Une signalisation efficace, se distingue par les caractéristiques suivantes :

- lisible : éviter la concentration de panneaux; ne pas les placer trop près du sol ;
- stable : caler les panneaux afin qu'ils supportent les effets du vent et de la circulation.
- Informer et de guider les usagers ;

La limitation de vitesse est fixée en concertation avec la police du trafic.



Signalisation dans un chantier qui empiète sur chaussée

Par ailleurs les agents du chantier doivent être visibles et porter leur EPI

La signalisation des chantiers de pose des canalisations doit être considérée comme un facteur essentiel de sécurité.

La signalisation temporaire de chantier sur voie publique, se répartit en trois Catégories :

- signalisation d'approche avec panneaux triangulaires et circulaires.



Limitation de vitesse à 40 Km/h



Sens Interdit



Interdiction de dépasser



Sens obligatoire

- signalisation de position aux abords immédiats de la zone à signaler.



Dispositif conique



Ruban



Multi chevron



Fanion



Signalisation de position de travaux

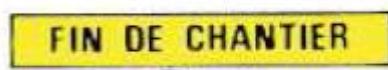


Barrière de tranchée

- signalisation de fin de prescriptions imposées, en aval du chantier.



Fin des interdictions signalées



Signalisation de Fin de travaux

De nuit, un chantier est souvent plus dangereux que de jour. La visibilité des panneaux et du balisage du chantier, est donc très importante.

La signalisation devra profiter au mieux de l'éclairage public. Tous les panneaux doivent être équipés d'un revêtement rétro réfléchissant de classe 2.

III.1.2.2. Protection de chantiers

Selon la nature, l'importance, la durée et le voisinage, les chantiers sont signalés et protégés par des dispositifs adaptés.

En zone urbaine, les tranchées ouvertes seront entourées de garde corps constituées de barrières en acier de 2m de hauteur fixées par terre à des socles en béton assez lourds pour éviter leur basculement provoqué volontairement.

L'entrepreneur procède, avant l'exécution du piquetage général, à la reconnaissance des conduites, câbles ou autres ouvrages souterrains,

III.1.2.3. Conditions d'acceptation des produits sur chantier

Les produits préfabriqués (tuyaux, raccords et pièces diverses) font l'objet, dans tous les cas, sur chantier, de vérifications portant sur l'aspect et le contrôle de l'intégrité.

Le contrôle pourra être effectué par échantillonnage dans chaque lot de fabrication.

Le résultat de l'échantillon sera significatif pour la totalité du lot.

Avant leur mise en place, les conduites seront inspectées et nettoyées de tout corps étranger. Leur surface intérieure doit être lisse, les aspérités et défauts de régularité dans les tolérances permises.

On vérifiera de même que la surface extérieure ne présente ni fentes, ni pores ni dommages dans la couche de protection ou finition. Les épaisseurs devront être uniformes.

III.2. EXECUTION DES TRAVAUX

III.2.1. Stockage et Bardage des tuyaux

Les tuyaux, appareils et accessoires sont transportés, manutentionnés, stockés et mis à pied d'œuvre de façon à ne pas détériorer leurs caractéristiques.

Sont notamment interdits :

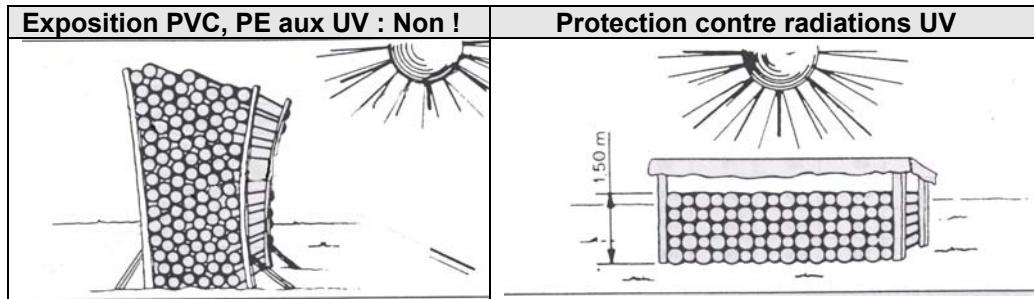
- Tout choc ou contact du revêtement avec des pièces métalliques
- Le frottement des tuyaux entre eux
- L'emploi d'élingues métalliques
- Le contact des emboîtures avec le corps des tuyaux
- La flexion prolongée des tuyaux pendant le transport et le stockage
- Le déchargement des camions par basculement des tuyaux
- Le roulement des tuyaux sur des pierres ou sur sol rocheux sans interposition de madriers.
- Le transport des tuyaux en matière plastique en porte-à-faux
- L'utilisation de dispositifs ou de méthodes de stockage comportant un risque de perforation des tuyaux en matière plastique.



L'endroit retenu pour le stockage des tuyaux est consistant, aussi plat que possible et exempt de pierres, roches ou corps durs susceptibles de blesser les tuyaux et d'entrailler leur revêtement.

La durée du stockage et la mise à pied d'œuvre des tuyaux le long du tracé sont fixées en fonction de la programmation des travaux pour éviter de soumettre inutilement les tuyaux aux

intempéries et aux multiples causes de détérioration. Même pour un laps de temps très court, les tuyaux ne peuvent être déposés dans les filets d'eau ou dans les fossés



L'aire de stockage des tuyaux est stabilisée et à l'abri des inondations ainsi que de toute cause de contamination; elle est établie à une distance supérieure à 20 m de la projection au sol des lignes électriques aériennes à haute tension.

Compte tenu de la faible largeur et de l'encombrement de certaines ruelles, le bardage des conduites et des équipements le long de la fouille peut s'avérer difficile, voire impossible. L'Entrepreneur doit alors employer les moyens et les méthodes appropriées à cette situation particulière à savoir :

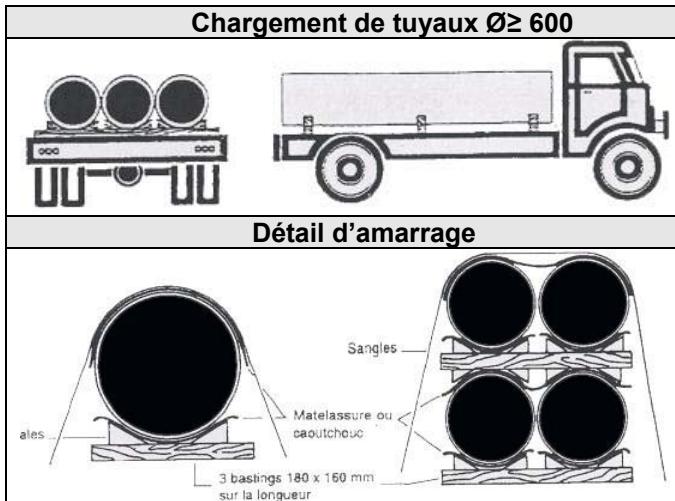
- Le transport par brouettage ou tout autre moyen des déblais à évacuer à la décharge ou à réutiliser vers un lieu provisoire de stockage ;
- L'apport des conduites sur le chantier au fur et à mesure de l'avancement des travaux avec stockage temporaire sur une aire de dépôt.

Le bardage est l'opération qui consiste à placer chaque tuyau au plus près de son emplacement exact de pose. Les tuyaux seront alignés le long du tracé et seront mis en cordon et étalés bout à bout avec un espacement suffisant de telle façon que les extrémités ne se heurtent ni s'endommagent. Deux tuyaux sur dix seront côté à côté pour rattraper l'espace entre bouts.



Les tuyaux seront calés sur deux lits de pose stables en terre meuble ou tamisée afin que les tulipes ne soient pas en contact avec le sol.

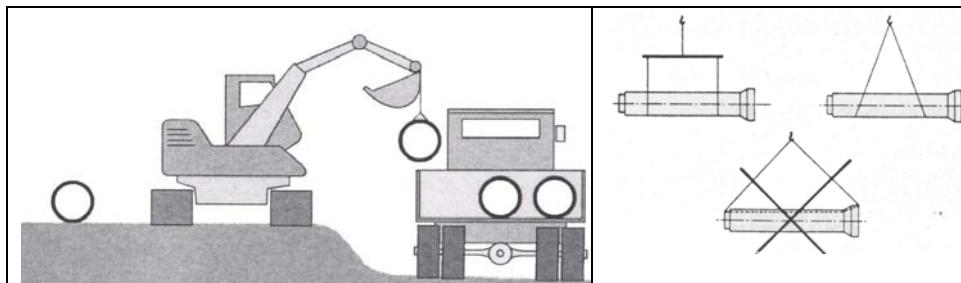
III.2.2. Transport et manutention



La manutention des tuyaux de toutes espèces doit se faire avec les plus grandes précautions. Les tuyaux sont déposés sans brutalité sur le sol ou dans le fond des tranchées. Il convient d'éviter de les rouler sur des pierres ou sur sol rocheux sans avoir constitué au préalable des chemins de roulement à l'aide de madriers.

Le calage soigné et la protection des extrémités lors du transport sont indispensables ; les appuis, non durs (berceaux en bois de préférence) doivent être en nombre suffisant et les porte-à-faux évités, ce qui exige que l'engin de transport soit de longueur suffisante.

Pour la manutention, il faut prévoir des engins de levage de force largement suffisante, des ceintures de bonne dimension, munies au besoin de palonniers pour éviter le glissement des ceintures le long du fût. Pour les tuyaux revêtus, les ceintures seront conçues de manière à éviter l'altération du revêtement.



Une attention particulière sera accordée pour n'endommager ni leurs extrémités ni leurs revêtements. L'élingage par l'intérieur, l'utilisation de crochets non protégés sont des techniques de manutention interdites.

Tout tuyau et équipement qu'une fausse manœuvre aurait laissé tomber de quelque hauteur que ce soit doit être considéré comme suspect et ne peut être posé qu'après vérification.

Tout élément de conduite qui, pendant le transport, la manutention ou toute autre opération, serait endommagé, doit être retiré du chantier et remplacé.

Au moment de leur mise en place, les tuyaux de toutes espèces sont examinés à l'intérieur et soigneusement débarrassés de tout corps étranger qui pourrait y avoir été introduit.

III.2.3. Travaux de pose



Les éléments d'une canalisation forment une chaîne où tous les maillons comptent : un seul élément mal posé, un seul joint défectueux est préjudiciable à la qualité de la conduite entière. L'assemblage des conduites consiste en la mise en œuvre des joints entre éléments du réseau pour assurer l'étanchéité aux conditions de service prévues, y compris en régime transitoire (pression, dépression).

Il permet aussi de reprendre les effets de fond, la pose en courbe et l'isolation ou la continuité électrique.

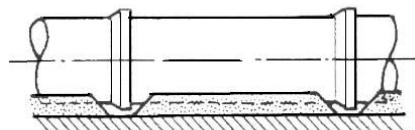
Les joints fabriqués et mis en œuvre selon les normes, appartiennent aux types suivants :

- joints avec garniture d'étanchéité ;
- automatique avec emboîture ou par manchon ;
- mécanique ;
- joints soudés ou électrosoudés ;
- joints isolants spéciaux ;
- joints verrouillés ou auto-butés ;
- joints à brides ;

Les travaux de pose et l'exécution des joints seront réalisés uniquement par des ouvriers qualifiés et expérimentés.

Les principes suivants doivent être respectés :

- Dans les carrefours, les conduites contournent les ronds-points et les voies carrossables, doivent être traversées suivant la longueur la plus courte possible.
- Des niches dans le lit de pose doivent être prévues pour les tuyaux à emboîture ;



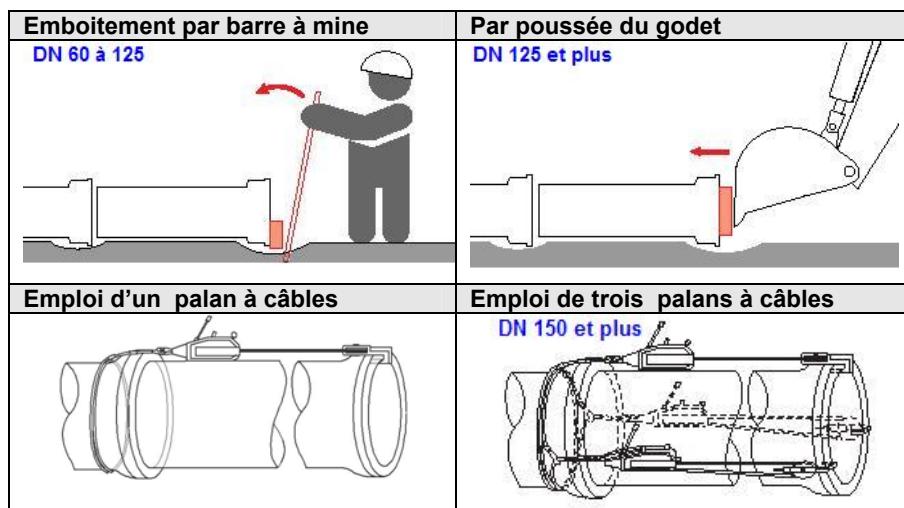
- la pose doit se dérouler de l'aval vers l'amont ; l'emboîture des tuyaux doit être dirigée vers l'amont ;



- le nivellation doit être réalisé à l'aide d'un niveau « laser de conduite » ;
- Lorsque les exigences de la pose le rendent nécessaire, on procède à la coupe des tuyaux avec des outils bien affûtés telles que tronçonneuses ou scies de manière à obtenir des coupes de géométrie appropriée et nettes.
- les abouts doivent être nettoyés et les joints lubrifiés si nécessaires ;



- l'emboîtement des conduites est réalisé par poussée progressive, coaxiale, dans l'axe jusqu'à ce que le repère arrive à l'aplomb de la tranche de l'emboîture. On utilisera des tire-forts, leviers manuels, une barre à mine, du godet d'une pelle hydraulique, de treuils ou autres dispositifs. La tranche de l'emboîture du tuyau doit toujours être protégée par une pièce de bois dur.



Chaque tuyau devra parfaitement se centrer avec ses adjacents, avec une déviation maximale ± 10 mm..

- Réaliser les connexions équipotentielle pour rétablir la continuité électrique, etc..

Le calage latéral, s'il est nécessaire, est soit définitif par remblai partiel symétrique, soit provisoire à l'aide de dispositifs appropriés.

Un renforcement avec enrobage en béton est prévu dans les situations suivantes :

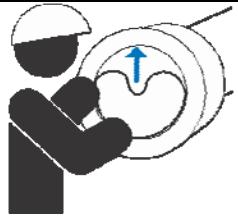
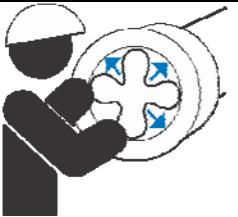
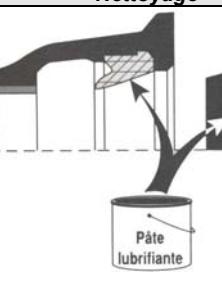
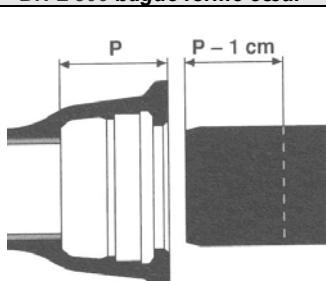
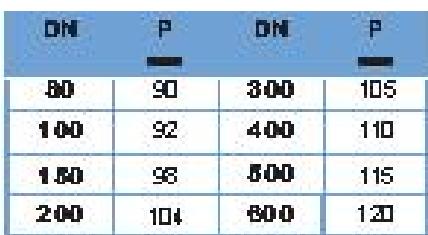
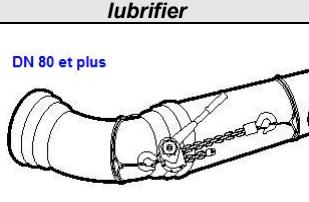
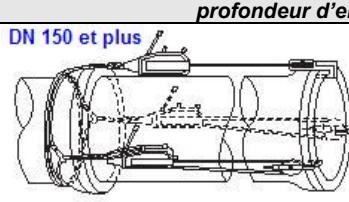
- Conduites appelées à supporter des charges supérieures à leur conception,
- Protection face aux agressions externes,
- Augmentation du poids pour éviter la flottabilité de la conduite sous le niveau phréatique.

Les parties de la tuyauterie correspondant aux jonctions seront maintenus libres, propres et protégées. A chaque arrêt de travail, elles sont obturées pour éviter l'introduction de corps étrangers ou d'animaux.

Une fois le montage des tuyaux et des pièces achevé, on procède à la confection des butées pour les coudes, réductions, pièces de dérivation et en général, tous les éléments qui sont soumis à des actions qui peuvent être à l'origine de déviations nuisibles

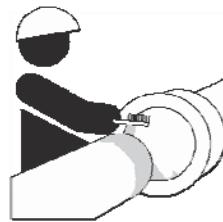
III.2.3.1. Pose de conduite FD

III.2.3.1.1. Tuyau à joint automatique :

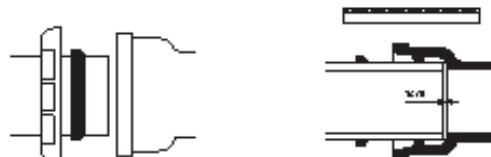
																							
Nettoyage	$DN \leq 800$ bague forme cœur	$DN \geq 800$ bague forme croix	Pâte lubrifiante																				
																							
lubrifier	profondeur d'emboîtement	profondeur d'emboîtement en fct (DN)																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DN</th><th>Nb. de palans à levier</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80 à 300</td><td>1 (1,5 tonnes)</td></tr> <tr> <td>300 à 800</td><td>3 (3 tonnes)</td></tr> <tr> <td>900 à 1200</td><td>2 (6 tonnes) ou 3 (3 tonnes)</td></tr> <tr> <td>1400 à 2000</td><td>3 (6 tonnes)</td></tr> </tbody> </table>	DN	Nb. de palans à levier	80 à 300	1 (1,5 tonnes)	300 à 800	3 (3 tonnes)	900 à 1200	2 (6 tonnes) ou 3 (3 tonnes)	1400 à 2000	3 (6 tonnes)		<table border="1"> <thead> <tr> <th>DN</th><th>Nb. de palans à câbles</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>150 à 300</td><td>1 T516 (2.5 tonnes)</td></tr> <tr> <td>350 à 600</td><td>1 T532 (5 tonnes)</td></tr> <tr> <td>700 à 1200</td><td>2 T532 (2 x 5 tonnes)</td></tr> <tr> <td>1400 à 2000</td><td>3 T532 (3 x 5 tonnes) + 3 poulies</td></tr> </tbody> </table>	DN	Nb. de palans à câbles	150 à 300	1 T516 (2.5 tonnes)	350 à 600	1 T532 (5 tonnes)	700 à 1200	2 T532 (2 x 5 tonnes)	1400 à 2000	3 T532 (3 x 5 tonnes) + 3 poulies
DN	Nb. de palans à levier																						
80 à 300	1 (1,5 tonnes)																						
300 à 800	3 (3 tonnes)																						
900 à 1200	2 (6 tonnes) ou 3 (3 tonnes)																						
1400 à 2000	3 (6 tonnes)																						
DN	Nb. de palans à câbles																						
150 à 300	1 T516 (2.5 tonnes)																						
350 à 600	1 T532 (5 tonnes)																						
700 à 1200	2 T532 (2 x 5 tonnes)																						
1400 à 2000	3 T532 (3 x 5 tonnes) + 3 poulies																						
usage de palans à levier avec sangles textiles à boucles d'extrémités	Emboîtement par palans à levier en fct Ø conduite	usage de palans à câbles	Emboîtement par palans à câbles en fct Ø conduite																				

III.2.3.1.2. Tuyau à joint Express

a). Nettoyer soigneusement l'intérieur de l'emboîture du tuyau, le logement de la bague de joint et le bout-uni. Vérifier le bon état du bout-uni.



b). Enfiler la contrebride sur le bout-uni, puis la bague de joint. Veiller au bon positionnement de la bague de joint (la pointe, le nez tourné vers l'extrémité du bout-uni). Introduire ensuite le bout-uni dans l'emboîture, puis le reculer d'environ 1 cm.



c). Faire glisser la bague de joint sur le fût, l'engager dans son logement et amener la contrebride à son contact. Mettre en place les boulons et effectuer un préserrage des écrous.

DN (mm)	Boulon	Clé de serrage	Couple serrage
60 à 400	22	30	12 m.daN
500 à 1200	27	35	30 m.daN



d. Vérifier la position de la contrebride, puis serrer les écrous à la clé en opérant dans l'ordre des numéros figurant sur le schéma ci-dessous :



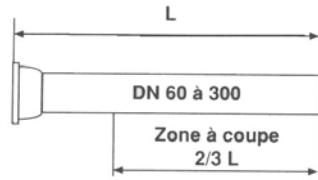
Après les essais hydrauliques, il est impératif de vérifier le serrage des boulons et de les resserrer le cas échéant.

III.2.3.1.3. Coupe des tuyaux FD

Les tuyaux en fonte ductile se coupent sans difficultés à l'aide:

- 1) d'une tronçonneuse à meule disque,
- 2) d'un coupe tube,
- 3) d'une scie pneumatique à tronçonner.

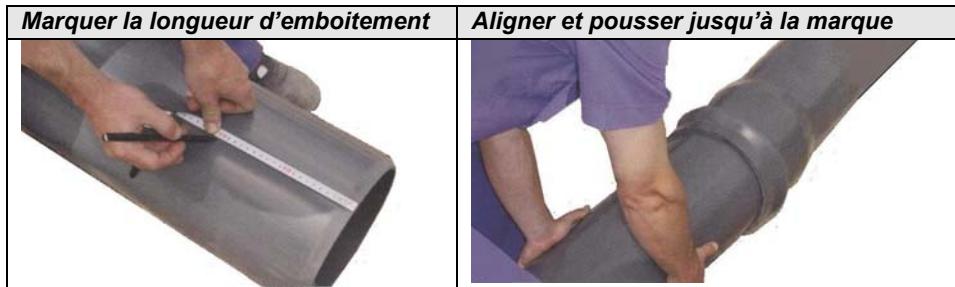
Après exécution de la coupe et avant assemblage, il faut rétablir le chanfrein pour éviter toute blessure de la bague de joint lors de l'assemblage et rétablir également le revêtement protecteur sur la partie de tuyau altérée par les opérations de coupe.

mesurer	couper	chanfreiner	dimensions						
			 <table border="1"> <tr> <td>DN</td> <td>M mm</td> <td>N mm</td> </tr> <tr> <td>60 à 600</td> <td>9</td> <td>3</td> </tr> </table>	DN	M mm	N mm	60 à 600	9	3
DN	M mm	N mm							
60 à 600	9	3							

III.2.3.2. Pose des tuyaux PVC

- a) le bout-mâle doit être chanfreiné ;
 - b) seuls les bagues de joints et les lubrifiants fournis par le fabricant du tube et/ou du raccord doivent être utilisés ;
 - c) pour les tubes coupés sur chantier, l'extrémité à assembler doit être coupée perpendiculairement et chanfreinée à 15° à l'aide d'une râpe ou d'une chanfreineuse, selon les côtes indiquées ci après :
- | $\varnothing(\text{mm})$ | 110 | 160 | 225 | 315 | 400 | 500 |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $L=\text{Longueur du Chanfrein (mm)}$ | 7 | 7 | 8 | 13 | 15 | 18 |
- Et ce afin d'obtenir une finition équivalente à celle des tubes et des raccords fournis par le fabricant ;
- d) Descente en tranchée : Chaque élément doit être descendu sans heurt dans la tranchée, présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé, emboîté, realigné éventuellement puis calé.
 - e) l'extrémité du tube, l'emboîture, et la gorge doivent être propres et la bague de joint doit être placé convenablement dans son emplacement ;
 - f) le lubrifiant doit être appliqué sur la totalité de l'extrémité chanfreinée. Il ne doit pas être agressif pour le PVC-U ou le joint en élastomère ;
 - g) Sens de pose :Les tubes doivent être posés à partir de l'aval, leur emboîture étant dirigée vers l'amont.
 - h) le tuyau doit être soigneusement aligné avec l'emboîture du tube à assembler, et poussé jusqu'à la profondeur d'emboîtement exigée. Lorsqu'un levier est utilisé pour pousser l'assemblage, il convient d'interposer une cale en bois entre le levier et l'extrémité du tube pour éviter de l'abîmer.

Nettoyer	Introduire le joint dans son emplacement
	



III.2.3.3. Pose de tuyau PEHD

Il est déconseillé de poser les conduites en polyéthylène à proximité d'une zone fortement imprégnée d'hydrocarbures, auquel cas la conduite doit être placée dans un fourreau afin d'éviter toute pollution des eaux.

La mise en place des tuyaux doit être réalisée en larges ondulations, destinées à compenser le retrait et la dilatation ($\Delta L=8\text{mm/m}$ pour $\Delta T=40^\circ\text{C}$)

Aux traversées de routes, le tuyau doit être placé dans un fourreau de protection rigide et solide. Au-delà de 1.2m de couverture, cette protection ne s'impose plus.

III.2.3.3.1. Pose en tranchée ouverte

- Tracé

La souplesse naturelle des tubes en PE leur permet de s'affranchir des coudes lorsque les rayons de courbure du tracé dépassent ceux admis par les tubes en PE. Cette propriété permet d'éviter les obstacles du sous sol et de croiser facilement les autres réseaux.

- Largeur

La largeur de fond de fouille doit être déterminée pour permettre le déroulage du tube et le compactage du remblai

<i>Tuyau</i>	<i>Surlargeur de part et d'autre du tuyau</i>
20 à 160 mm	100 mm
180 à 600 mm	300 mm
> à 600mm	400 mm

- Profondeur

D'une manière générale, la profondeur minimale recommandée est de 0.8m par rapport à la génératrice supérieure pour les canalisations d'adduction d'eau, ou 0.4m pour les branchements posés en terrain privé sans circulation. En cas de trafic automobile, il est recommandé de protéger la conduite par un fourreau rigide, si la profondeur d'enfouissement est inférieure à 40cm. Il est aussi possible de noyer dans le béton des portions de canalisations PE si celles-ci passent à travers un fourreau. L'épaisseur de l'enrobage doit être au moins de 10cm.

III.2.3.3.2. Assemblage par soudage

Il existe deux techniques principales de raccordement des canalisations PE par soudage :

- Le soudage bout à bout.
- L'electrosoudage.

La mise en œuvre de ces techniques d'assemblage doit être effectuée par du personnel qualifié afin d'optimiser la pérennité des ouvrages en PE.

A) Soudage bout à bout

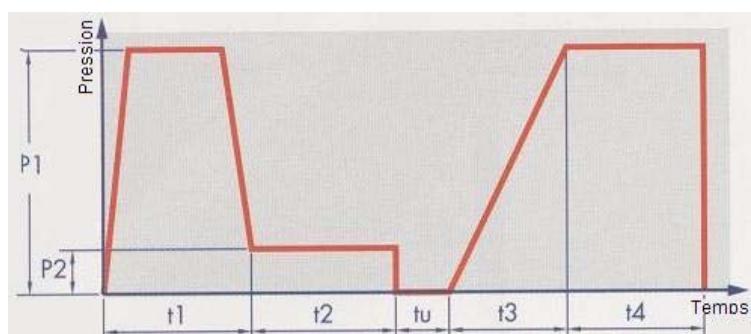
Le soudage bout à bout par élément chauffant est utilisé pour assembler les tubes et les raccords en PE d'épaisseurs identiques et d'indices de fluidité compatibles entre eux (MFI (190°C, 5kg) dans la fourchette de 0.2 à 1.3 g/10mn)

Les pièces lisses à souder bout à bout :



Automate de soudage

Appelé aussi soudage à l'aide des réflecteurs, consiste à réchauffer à $210^{\circ}\text{C}\pm 10$ les deux extrémités des tubes et/ou des raccords plastiques et à les assembler avec une pression déterminée (1,5 bars). Il en résulte un soudage homogène avec formation d'un bourrelet. Ci-joint les différentes étapes de soudage par élément chauffant :



$P1$: Pression d'égalisation=pression de soudage

$P2$: Pression de chauffage

$t1$: Temps d'égalisation

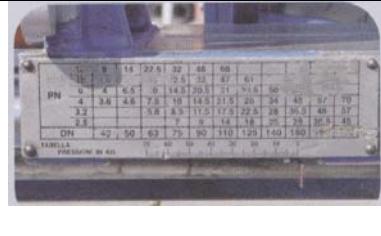
$t2$: Temps de chauffage

tu : Temps d'escamotage

$t3$: Temps de montée en pression du soudage

$t4$: Temps de refroidissement

$t3+t4$: Temps total de soudage

		
Nettoyage plaque (alcool -papier)	Nettoyage des 2bouts unis	Maintenir les tuyaux alignés
		
biseautage	Vérification d'alignement	Mettre la plaque et exercer pression
		
Chaufer les 2 bouts	Retirer la plaque et appliquer la pression lue sur table de la machine	



La moindre trace d'eau ou de liquide inapproprié se vaporise pendant la montée en température du raccord et empêchera la soudure de se réaliser.

III.2.3.4. Pose de tuyau béton précontraint



Le tuyau sera nettoyé de l'intérieur, des cailloux et des débris, avant de le présenter concentriquement devant le dernier posé. Les deux bouts seront rapprochés avec un, deux ou trois Tirfor, selon les diamètres, jusqu'à ce que l'emboîtement atteigne la marque précisée sur le tuyau.

A la fin de chaque tronçon posé, le topographe procédera au contrôle de la génératrice supérieure extérieure.

A la fin de chaque journée de pose, le dernier tuyau sera bouché par une plaque pleine scellée à l'extrémité du tuyau afin d'éviter l'introduction des corps étrangers.

Les tuyaux seront manutentionnés au moyen des sangles et emboités en utilisant la pelle sur chenille de terrassement et des madriers serviront pour atténuer les secousses de son godet.



DN (mm)	Force (T) d'emboitement
600	3
800	4
1000	5
1200	6
1400	7
1600	8

Grâce à la déviation angulaire et la possibilité de poser selon des courbures assez marquées, on réalise une économie sur les raccords à mettre en œuvre.



DN (mm)	Angle en grades entre 2 tuyaux	Rayon de Courbure (m)
400	3	150
500	2.5	180
600	2.5	180
700	2	220
800	2	220
900	1.5	300
1000	1.5	300
1200	1.1	400
1400	0.7	740

Pour l'exécution des joints soudés des tuyaux âme- tôle, il faut prévoir une niche, dimensionnée pour laisser un espace libre de 0.5m tout autour du tuyau, sur une longueur de 0.5 m de part et d'autres de l'axe du joint. Après pose et réglage du tuyau, la soudure du joint est réalisée manuellement à l'arc électrique.

L'exécution d'une dérivation qui nécessitait l'usage de pièces spéciales confectionnées à l'usine, peut être réalisée actuellement par perçage en charge, sur place, sur tuyau béton précontraint, sans coupure d'eau.

III.2.3.5. Grillage avertisseur

- Pour la signalisation de la conduite, un grillage avertisseur bleu est mis en place à l'intérieur du remblai secondaire à une hauteur de 60 cm en dessous du terrain fini. Il doit dans tous les cas être situé à une hauteur de 30 cm au dessus de la génératrice supérieure extérieure de la conduite. Il doit respecter les dispositions ci-après :
- DN ≤500 mm. : largeur du grillage sera 50 cm.
- DN ≥500 mm : juxtaposition de deux rouleaux de 50cm de largeur chacun.

Le grillage doit obligatoirement avoir dans tous les cas des renforts d'origine sur chaque bord.

En aucun cas, il n'est pas permis la pose de grillage taillé dans un rouleau dont la largeur est supérieure à 50cm.

Les dispositifs avertisseurs doivent répondre aux spécifications de la norme NFT-54-080. La coloration est bleue et doit être dans la masse et conforme à la norme NFX 08.002. Les matières constitutives sont du polyéthylène, du polypropylène ou tout autre matériau insensible aux micro-organismes. La matière doit être déterminée selon l'un des modes opératoires décrits par la NFT 51-063.

Les dimensions sont les suivantes :

- Largeur = 500 mm \pm 10 mm
- La maille = 15 mm x 15 mm.
- La largeur minimale des fils constituant les mailles = 1 mm.
- La longueur des rouleaux = 100 m.

III.2.3.5.1. Désignation

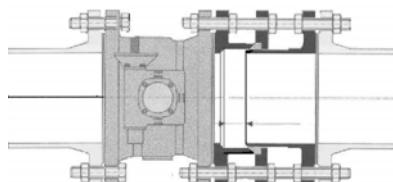
Désignation	Echantillon
Grillage avertisseur bleu, de (500 \pm 10 mm) de large, avec fil de 1 mm en PE ou PP et des mailles de 15 mm x 15 mm.	
<u>En option :</u> avec fil métallique pour la détection des tuyaux en matière plastique (PVC, PE)	

III.2.3.6. Pose de vannes

Les robinets vannes sont installés sur toutes les dérivations aussi près que possible de la conduite d'amenée.

Entre deux vannes en ligne, il peut être utile de disposer des équipements pour purger et vidanger. Sur les conduites principales et secondaires, les poteaux et bouches peuvent jouer ce rôle.

Toute la robinetterie est montée grâce à un joint de démontage ou adaptateur à brides, pour permettre de retirer l'équipement sans modifier le reste de l'installation. Ce raccord assure un jeu de valeur 10 mm au moins.



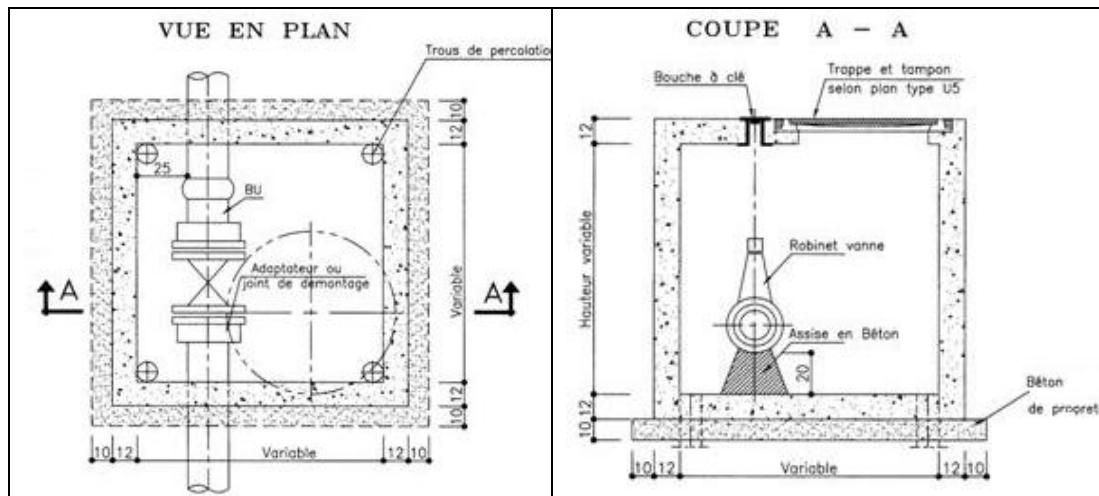
Toutes les vannes comportent un index indicateur de la position d'ouverture.

La mise en place des robinets-vannes à extrémité à brides et la confection des joints correspondants doivent être effectuées telle que les tuyauteries n'exercent sur les brides aucun effort anormal de traction susceptible de provoquer leur arrachement ou la déformation du corps de l'appareil.

les vannes papillons sont installées de sorte que l'axe de rotation de l'opercule soit horizontal, afin de faciliter les manœuvres.

En fonction des efforts susceptibles de s'exercer, il y a lieu d'établir des dispositifs complémentaires d'ancrage.

Les robinets vannes doivent être installés et raccordés de telle sorte que leur remplacement puisse être effectué sans nécessité de déplacement de la conduite ou démolition du massif ou ouvrage protecteur de maçonnerie.



Les robinets vannes en tranchée sont posés, soit dans un ouvrage en béton armé, soit sous bouche à clef, et, sauf indications contraires, sur un massif en béton.

Il y a lieu de fixer les intervalles entre vannes d'arrêt et leur implantation en accord avec les conditions locales.

Généralement, il est recommandé que les intervalles entre vannes d'arrêt n'excèdent pas :

- pour les conduites d'adduction : 5 km ;
- pour les conduites principales : 2 km ;
- pour les conduites secondaires (rurales) : 1 km ;
- pour les conduites secondaires (urbaines) : 0,5 km.

III.2.3.7. Pose des ventouses

Les points hauts doivent être équipés de ventouses à triple fonction, PN 16.

Ces ventouses seront posées sous regards accessibles de dimensions suffisantes pour le passage de l'appareil. Si le trou du regard n'est pas au-dessus de la ventouse, prévoir, dans la couverture de la chambre, une bouche à clé à l'aplomb exact du robinet d'arrêt.

Les débits d'air à évacuer au remplissage, ou à aspirer à la vidange, peuvent être très importants, il importe donc de prévoir dans la chambre une conduite ou un orifice convenable de mise en communication avec l'air libre ayant une section au moins égale à celle de la tubulure. Prévoir également une vidange reliée à un drainage.

Le montage s'effectue soit :

- directement sur la tubulure verticale d'un té, dans ce cas vérifier l'horizontalité de la face de la bride.
- en déport : utiliser alors de préférence un té à tubulure tangentielle ou un montage équivalent. Veiller à ce que le tuyau reliant le té à la vanne présente une pente suffisante (5 mm par mètre minimum) montant vers la ventouse.

Le montage sans robinet est possible.

Avant la mise en service, ouvrir le robinet d'arrêt et veiller à ce que le contrôleur soit bien en position service.

Un entretien périodique, à l'aide du contrôleur, est souhaitable. Mettre le contrôleur en position essai en tournant le volant en sens inverse d'horloge jusqu'à la butée, il doit alors évacuer de l'eau. S'il évacue de l'air, la pression de service est trop forte, ou la boule est détériorée ; s'il ne sort ni air, ni eau, l'orifice est obstrué ou le robinet d'arrêt fermé.

En service, l'étanchéité parfaite doit être obtenue.

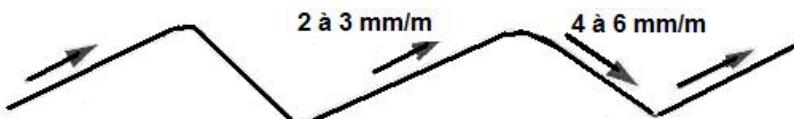
Après un long service, un nettoyage est recommandé ; pour cela, fermer le robinet d'arrêt, démonter carter, chapeau de ventouse et contrôleur, Nettoyer et rincer les organes mobiles et les joints, remonter, ouvrir le robinet d'arrêt.

Schémas de montage

Diamètre de la ventouse						
	L(mm)	I(mm)	H(mm)	L(mm)	I(mm)	H(mm)
60	800	800	475	800	800	600
80	800	800	550	1000	1000	700
150	1000	1000	600	1000	1000	800

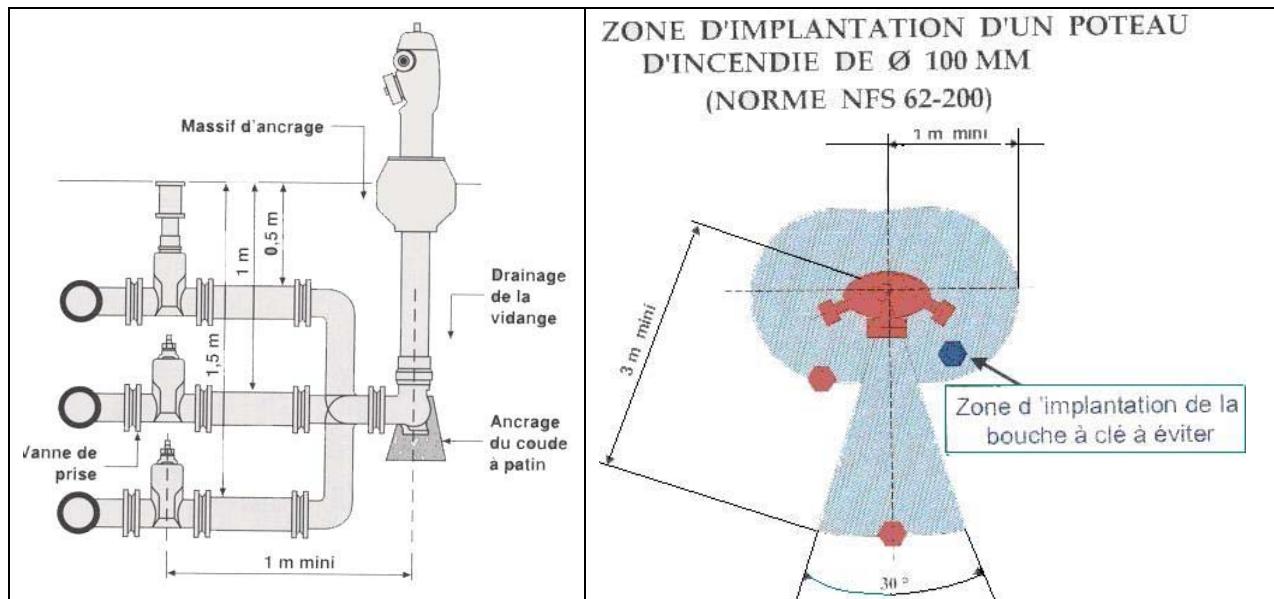
On installe conformément aux Normes NF-S 61.211 et NF S 61213 les dispositifs de purge automatique de l'air aux points suivants :

- A la sortie gravitaire des réservoirs.
- Aux points hauts relatifs de chaque tronçon.
- Tous les 600 m, sur conduites très longues.
- Immédiatement avant (resp. après) une vanne de sectionnement quand le tronçon est ascendant (resp. descendant) selon le sens de l'eau dans un tronçon.
- A tous les changements de pente même s'ils ne correspondent pas aux points hauts relatifs.



III.2.3.8. Pose des BI et PI

Se conformer à la norme NFS 62 220 qui définit les règles d'installation des bouches et des poteaux d'incendie. Les esses de réglage permettent de raccorder les poteaux et bouches d'incendie sur des conduites dont la hauteur de couverture se situe entre + 0,5 m et - 0,5 m par rapport à celle prévue pour le poteau ou la bouche seuls tout en assurant le placement correct de l'appareil par rapport au niveau du sol.

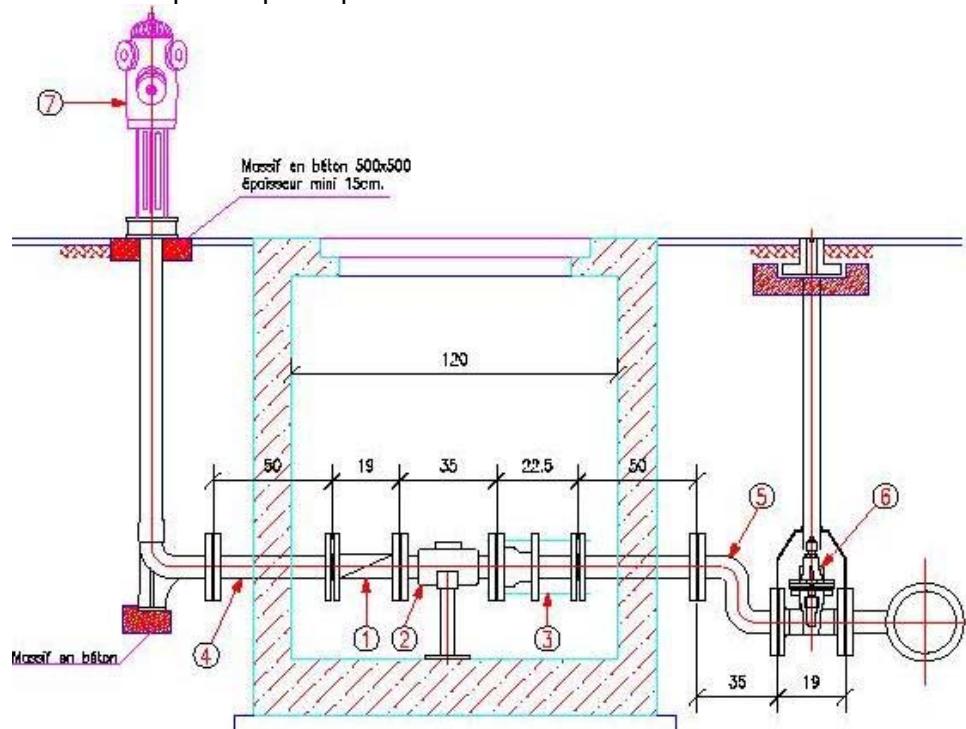


Pour faciliter le repérage surtout des BI des plaques de repérage (220x145) sont placées soit :

- sur poteau support;
- sur mur ou façade d'immeuble

Et ce conformément à la norme NF S 61-221.

Si une résidence privée doit être équipée d'un PI à l'intérieur de son enceinte, son branchement est séparé, avec un compteur spécifique :



LEGENDE :

- 1-Clapet anti retour à battant Ø100
- 2-Compteur Ø80 vitesse/turbine avec brides de 100mm
- 3-Joint de démontage autobuté Ø100
- 4-Manchette à brides en FD Ø100

- 5-Esse de réglage Ø100
- 6-Vanne à opercule Ø100
- 7-Poteau d'incendie Ø100

Les réseaux intérieurs équipés de RIA peuvent être alimentés par un seul compteur, seulement si le nombre de RIA appelés à fonctionner simultanément ne nécessite pas un débit supérieur à celui relatif à la consommation domestique.

Les installations comportant une défense incendie seront équipées obligatoirement de compteur à vitesse.

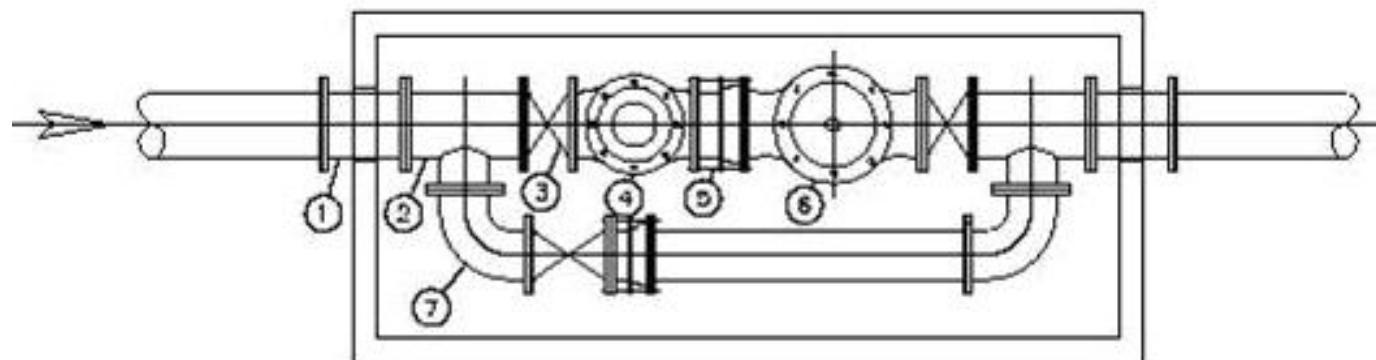
III.2.3.9. Pose des vannes de régulation hydraulique

En présence de sables ou d'éléments grossiers, les circuits pilotes de ces équipements s'obstruent, les sièges se détériorent créant des dysfonctionnements avec de graves conséquences.

Les boîtes à crêpine protègent les équipements sensibles aux sables et autres éléments présents dans les réseaux. Elles sont donc obligatoires sur les vannes de régulation hydraulique.

S'ouvrant par le dessus, et équipées d'un bouchon purge, l'entretien des boîtes à crêpine est facilement réalisable.

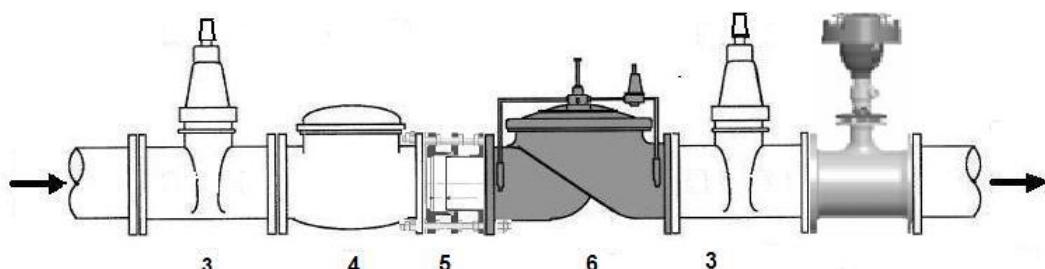
VUE EN PLAN
VANNE DE REGULATION



NOMENCLATURE DES EQUIPEMENTS

- 1 : Manchette d'ancrage et d'étanchéité
- 2 : Té BB TB
- 3 : Robinet vanne
- 4 : Boîte à crêpine
- 5 : Joint de démontage autobuté
- 6 : Vanne de régulation
- 7 : Coudé BB 1/4

VUE EN COUPE



L'installation d'une ventouse à l'aval de tout appareil fonctionnant en réducteur de pression et débitant sur une conduite à pente descendante est nécessaire pour éviter l'accumulation d'air génératrice de coups de bâlier.

On a souvent recours à une installation en by-pass pour éviter des coupures durant les travaux de maintenance ou de renouvellement (très utile en cas d'incendie).

Possibilité d'un montage de diamètre inférieur à celui de la canalisation avec installation de cône de réduction.

Le regard doit être assez vaste et accessible pour permettre aisément le contrôle des manomètres et les opérations de maintenance.

Une marge libre de 1m autour et 0.20 m au dessous est un minimum à adapter selon DN .

La différence de pression qui existe entre l'amont et l'aval pour la stabilisation de la pression amont ou aval provoque une poussée qui peut être importante et qu'il faut compenser par une butée nécessaire.

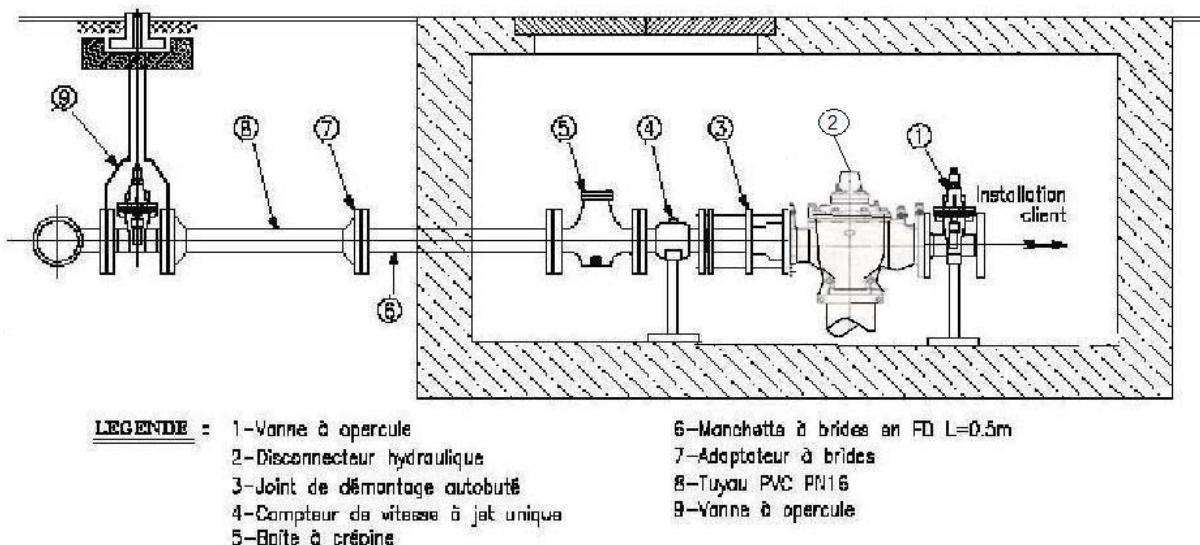
Le regard doit comporter un drainage ou une évacuation d'eau.

III.2.3.10. Pose d'un disconnecteur

Branchement privé :

Le disconnecteur est un appareil de sécurité sanitaire indispensable sur les branchements des hôpitaux et industries avec risque potentiel de retour d'eau .

Il faut impérativement que celui-ci soit installé conformément à la réglementation avec : la pose d'un dispositif d'isolement et d'un **filtre à son amont immédiat**, ainsi qu'un dispositif d'isolement à son aval immédiat.



Les règles de pose selon NF P 43.010 (annexes informatives) :

1 - Le choix de l'emplacement de l'appareil doit être tel que la sécurité des personnes étant assurée, l'ensemble du dispositif de protection soit en dehors de toute zone inondable

2 - Lorsque l'appareil est placé en protection d'un réseau particulier présentant un risque pour le réseau d'eau potable, toutes les canalisations destinées à des usages sanitaires ou alimentaires doivent être piquées en amont du dispositif de protection et le réseau aval doit comporter les signes distinctifs et les couleurs conventionnelles conformes à la norme NFXO8- 100.

3 - Le dégagement autour de l'appareil doit permettre d'effectuer les tests, les réparations, la pose ou la dépose sans difficulté, son accès doit être facile.

4 - L 'orifice de la soupape de décharge doit permettre une évacuation gravitaire des eaux d'écoulement.

5 - Les prises de pression ne doivent pas être situées côté du plan d'appui et les organes de manœuvre doivent être situés côté face avant.

7 - Tout dispositif d'évacuation ne doit pas permettre d'émanations toxiques ou indésirables dans le local.

8 - Les eaux évacuées ne doivent pas nuire à l'environnement.

9 - Le dispositif de récupération de fuites placé sous l'orifice de la soupape de décharge et les ouvrages collecteurs d'eau à évacuer, lorsqu'ils sont réservés à l'appareil et à son local, doivent avoir une section minimale correspondante au tableau ci-dessous.

DN disconnecteur	32	40	50	65	80	100	150	200	250
Ø évacuation	80	80	80	80	100	150	150	150	200

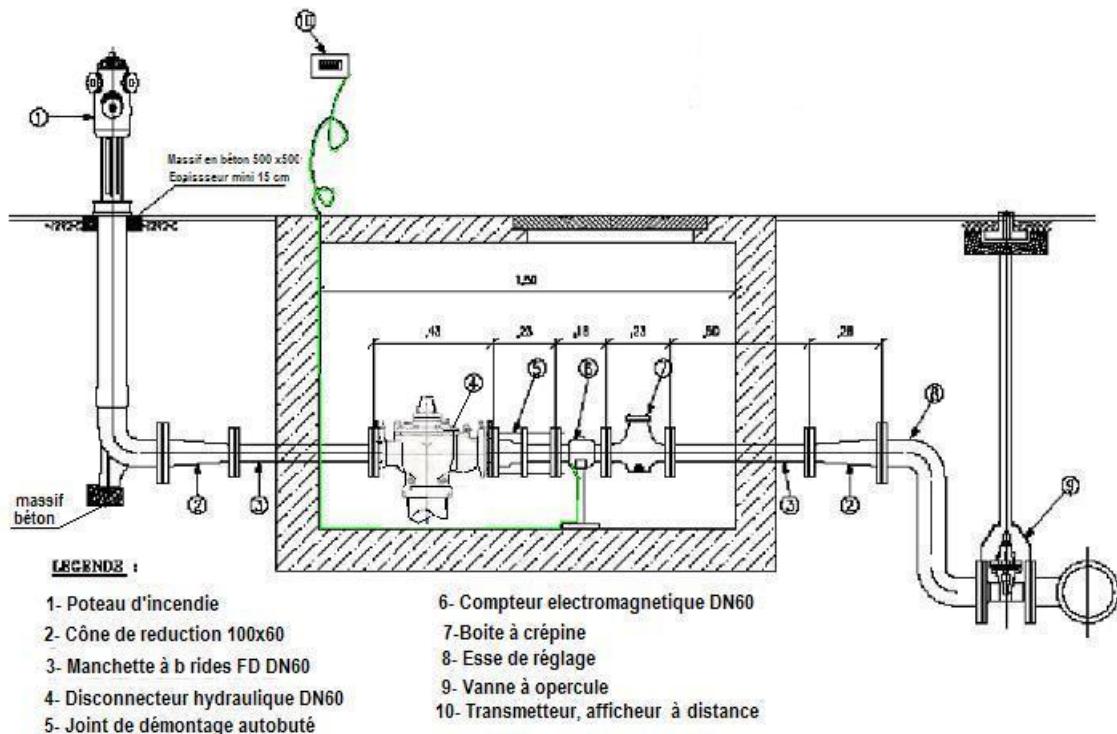
10 - S'il est envisagé la mise en communication du réseau aval du disconnecteur avec un autre réseau sous pression continue, le débit constant possible au droit de l'appareil ne doit pas être supérieur au débit d'évacuation de la soupape de décharge fixé au tableau ci-dessous.

DN disconnecteur	32	40	50	65	80	100	150	200	250
M3/h	2.34	2.34	4.50	4.50	6.84	6.84	8.64	13.5	13.5

La réglementation fait obligation d'une visite annuelle de contrôle et d'entretien par un spécialiste.

Borne de puisage:

L'installation d'un disconnecteur est aussi obligatoire sur les bouches de puisage(PIØ100 + 2Ø65) utilisées pour le remplissage des citernes privées .



III.2.4. Travaux sur réseau existant

Ces travaux englobent :

- les nouvelles jonctions.
- Réparations de fuites sur le réseau existant.

Les travaux en question ne peuvent être commencés que lorsque les manœuvres nécessaires sont exécutées par le personnel exploitant et toutes les mesures sont prises pour réduire au minimum les interruptions de la distribution d'eau en exploitation.

L'exécution commence par des travaux préparatoires de mise en place de la signalisation adéquate et les terrassements nécessaires et les opérations préliminaires à effectuer sur la conduite existante :

- Mesurer,
- Tracer et découper,
- Chanfreiner.

III.2.4.1. Nouveaux raccordements

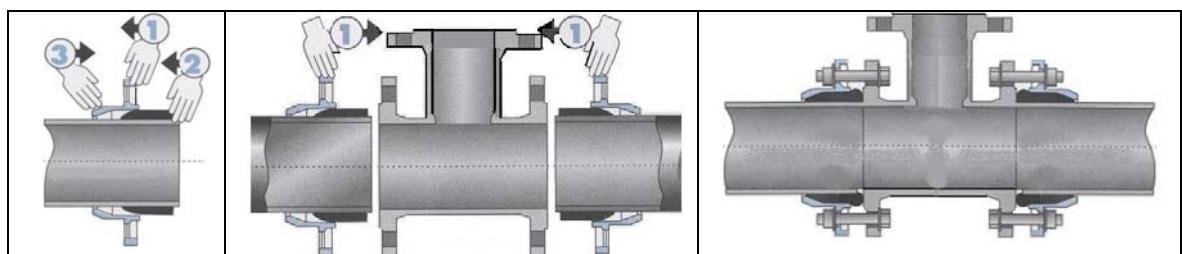
Il en existe deux types, en ligne et en dérivation :

- **En ligne :**
 - Installation d'une vanne, par ex. : mise en place de part et d'autre des adaptateurs à brides, autobutés spécifiques dans le cas du PVC et FD et des adaptateurs à brides à LT dans le cas de la FG, avec ancrage de la vanne.



Dans le cas du tuyau BP, on remplace l'élément existant de 7 m par deux tronçons en BP âme- tôle bridés. La vanne est installée moyennant un JD autobuté.

- Extension d'un réseau existant en FG ou AC se terminant par une plaque pleine: installation à l'emplacement de la PP, d'un adaptateur à brides pour PVC ou FD, selon les spécifications du projet.
Pour le cas d'un tuyau BP, le prolongement se fait par soudure d'un nouveau tronçon de tuyau âme tôle sur le support de la PP .
- ***En dérivation***, deux variantes :
- Découpe de la conduite existante et Installation d'un Té à 3B :
 - Mise en place de part et d'autre des adaptateurs à brides spécifiques dans le cas du PVC et FD ;
 - Des adaptateurs à brides LT dans le cas de la FG.



- Démontage total de la conduite AC à partir des Joints Gibaults ou des joints Réka en les sectionnant par coups de burin après les avoir humidifier au pulvérisateur.
Remplacement de l'élément de conduite en AC par deux bouts de conduite FD, emboités dans un Té à 2E&TB.
- Par forage en charge, technique qui a pour avantages d'assurer la continuité de distribution, le travail à sec et le gain de temps.



Machine de perçage en charge

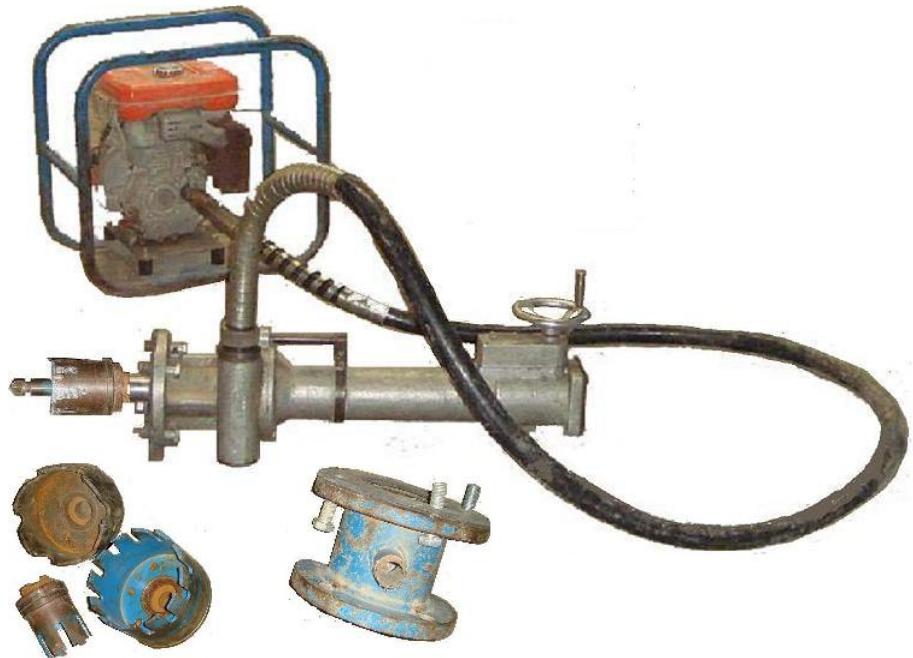
Caractéristiques moteur :

Moteur essence de marque KUBOTA GH 170-1 OHV, fabrication au Japon.

Puissance maximale du moteur : 4.1kW (5.5HP),

Vitesse de rotation : 3600 tr/mn,

Maintenance : Nettoyage de l'élément filtrant toutes les 50 heures de travail et son remplacement après 6 nettoyages ou minimum annuellement.



Les étapes principales d'un forage sont:

- Terrassement niche de travail perpendiculaire à la conduite.
- Montage d'un manchon Té à 2 coques pour Les conduites AC, FD, FG et PVC ou décapage du béton secondaire et scellement d'une pièce spéciale sur les aciers de frettage pour le tuyau en béton précontraint ;



- Mise en place d'un robinet-vanne méplate, à passage intégral sur la tubulure de dérivation ;
- Installation d'une manchette d'ajustement sur laquelle se monte en dernier lieu la machine de perçage.
- On branche une pompe d'essai manuelle pour vérifier à la pression, l'étanchéité du Té avant le perçage.
- Perçage.

La performance de cette machine correspond à un perçage de diamètre maximal 200 mm.



Diamètre de conduite (mm) AC,FD,FG,PVC	Diamètre de perçage (mm)				
	60	80	100	150	200
100					
150					
200					
250					
300					
350					
400					

Les Manchons Tés sont confectionnés localement, par deux coques en acier galvanisé à chaud. Pour les tuyaux AC, FG ou FD les largeurs sont les mêmes. Par contre pour les tuyaux PVC, les manchons Tés sont plus larges pour augmenter la surface d'adhérence avec la paroi extérieure des tuyaux.

Diamètre du Tuyau béton précontraint	Diamètre de perçage (mm)								
	100	150	200	250	300	350	400	500	600
400									
500									
600									
700									
800									

III.2.4.2. Réparation des fuites

Il existe deux types de réparations : avec et sans découpe de la conduite :

Sans découpe de tuyauterie:

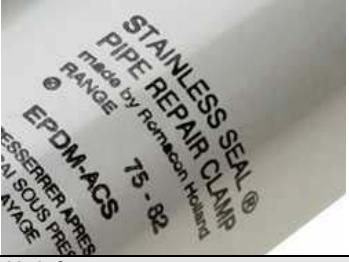
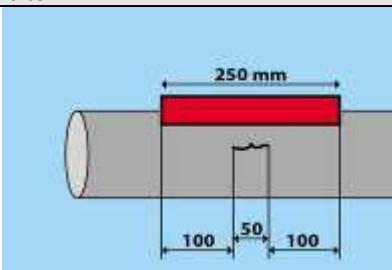
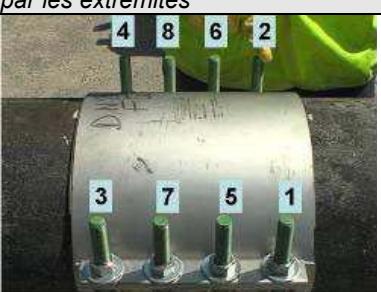
Si la blessure ≤ 50mm, on utilise un manchon de réparation inox, pour tous les matériaux de conduite : FD, FG, AC et PVC à condition que le tuyau ne soit pas déformé et que la blessure ne soit pas longitudinale.

Le tuyau PE, par contre ne s'adapte pas à cette technique.

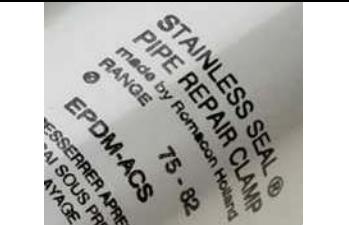
- i) Pose d'un manchon de réparation double bande sur une canalisation

Outils nécessaires : Clé dynamométrique, produit désinfectant, chiffon, truelle, clé Ø19, 22 ou 24mm, marqueur, compas d'épaisseur ou circomètre.



Nettoyer la canalisation	Mesurer le diamètre extérieur	Vérifier les limites d'utilisation
		
Vérifier le centrage par rapport à la fuite	Positionner la partie supérieure du manchon sur le tuyau	désinfecter
		
positionner la partie inférieure du manchon sous le tuyau	Accrocher d'un coté la plaque perforée sur les tiges, accrocher ensuite la deuxième	OUI
		
NON	Visser les écrous en commençant par les extrémités	Serrer au couple et resserrer après 15 à 20 mn
		

ii) Pose d'un manchon de réparation simple bande sur une canalisation

Nettoyer la canalisation	Mesurer le diamètre extérieur	Vérifier les limites d'utilisation
		
Vérifier le centrage par rapport à la fuite	Retirer les bouchons et dévisser le manchon	désinfecter

positionner le manchon sur le tuyau	Accrocher la plaque perforée sur les tiges	OUI									
NON	Visser les écrous en commençant par les extrémités	<table border="1"> <tr> <td>Boulon Ø12</td><td>Ecrou 19mm</td><td>Serrage 65Nm</td></tr> <tr> <td>Boulon Ø12</td><td>Ecrou 22mm</td><td>Serrage 85Nm</td></tr> <tr> <td>Boulon Ø12</td><td>Ecrou 24mm</td><td>Serrage 110Nm</td></tr> </table>	Boulon Ø12	Ecrou 19mm	Serrage 65Nm	Boulon Ø12	Ecrou 22mm	Serrage 85Nm	Boulon Ø12	Ecrou 24mm	Serrage 110Nm
Boulon Ø12	Ecrou 19mm	Serrage 65Nm									
Boulon Ø12	Ecrou 22mm	Serrage 85Nm									
Boulon Ø12	Ecrou 24mm	Serrage 110Nm									

iii) Réparation de conduite AC

Si la taille de l'avarie sur la conduite AC , ne permet pas la réparation par manchon inox, on procéde au remplacement intégral de la conduite avariée, La conduite de remplacement en FD est assemblée par 2 manchons de raccordement dissymétriques LT, AC/autres.



Il est interdit d'effectuer des travaux, de coupe et de chanfreinage sur des conduites en Amiante-ciment et ce conformément au décret N° (2-98-975) du 23 janvier 2001, relatif à la protection des travailleurs exposés à la poussière d'amiante qui est cancérogène.

Selon l'OMS, il n'y a aucune crainte concernant le transport de l'eau potable dans de telles conduites. L'eau est bue et non respirée. L'organisme humain n'assimile pas les fibres d'asbeste via l'appareil digestif.

Les employés chargés de ces travaux doivent disposer des équipements de protection suivants :

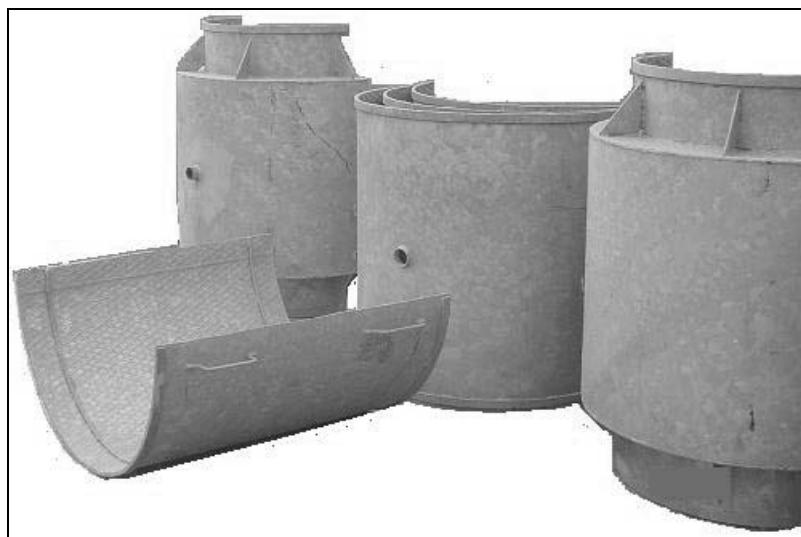
- Masque avec un filtre P3 ;
- Combinaison jetable de type 5
- Film plastique de récupération posé au sol
- Sac à déchets étiqueté comme suit, pour centre d'enfouissement et destruction.



⊕ Aspirateur à filtre de très haute efficacité

iv) Réparation de tuyau BP

Le tuyau BP est réparé par la mise en place d'un manchon en tôle striée, préfabriqué en deux coques et injection d'un coulis à prise rapide, en ciment et additifs spéciaux (appelé aussi, à joint autogonflant).



Coques AG pour tulipe et pour fût



La réparation par matage au plomb, après sa fusion, est proscrite.



Avec découpe de tuyauterie

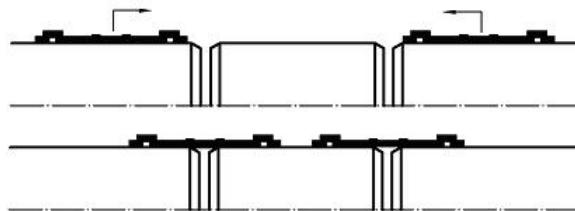
- a) la totalité de la section endommagée ou hors d'état doit être identifiée et enlevée ;
- b) les extrémités des tubes PEHD, PVC, FD et FG coupés doivent être perpendiculaires et chanfreinées pour l'assemblage ;
- c)

Conduite existante	Conduite de remplacement
PEHD	PEHD
PVC	PVC
FD	FD
FG	FD

Il ne faut jamais mettre une canalisation PVC en réparation d'une canalisation fonte, car la recherche de fuite devient très difficile par corrélation acoustique.

- d) Toutes les pièces sont préalablement désinfectés avant leur montage.

Les manchons de raccordement LT sont mis en place. Le tube de remplacement est installé sur un lit convenablement préparé et les manchons sont glissés dans leur position définitive;

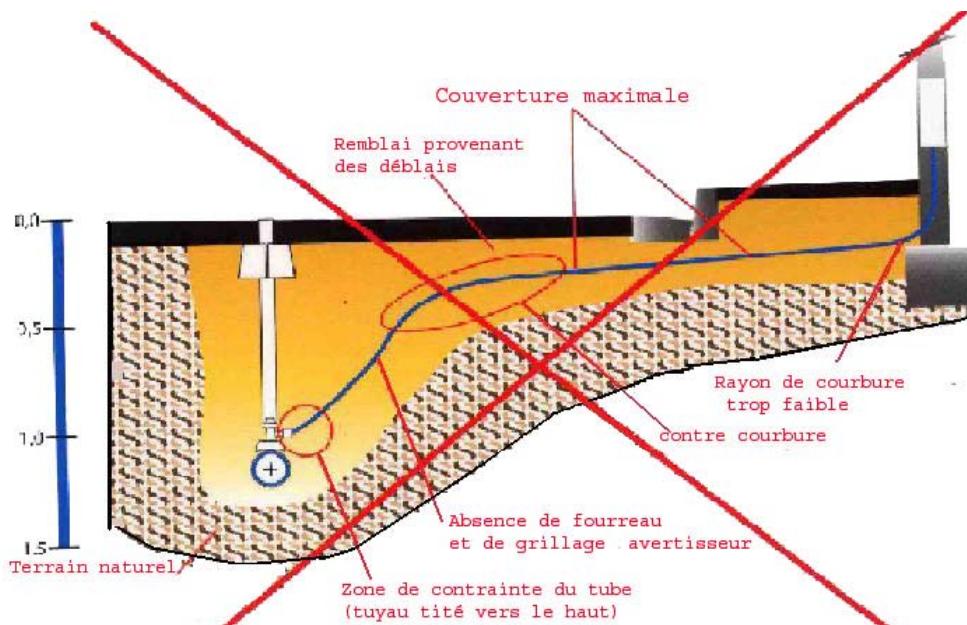


- e) le lit de pose doit ensuite être remis en place pour obtenir des valeurs de compactage sensiblement égales à celles du remblai immédiatement adjacent à la réparation.

III.2.5. BRANCHEMENTS

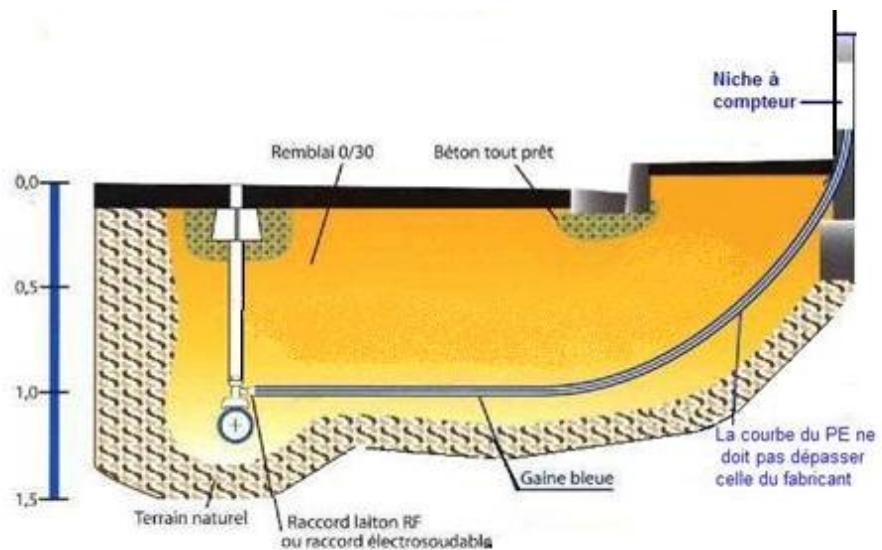
III.2.5.1. Branchements petit calibre

Ce qu'il ne faut pas faire :

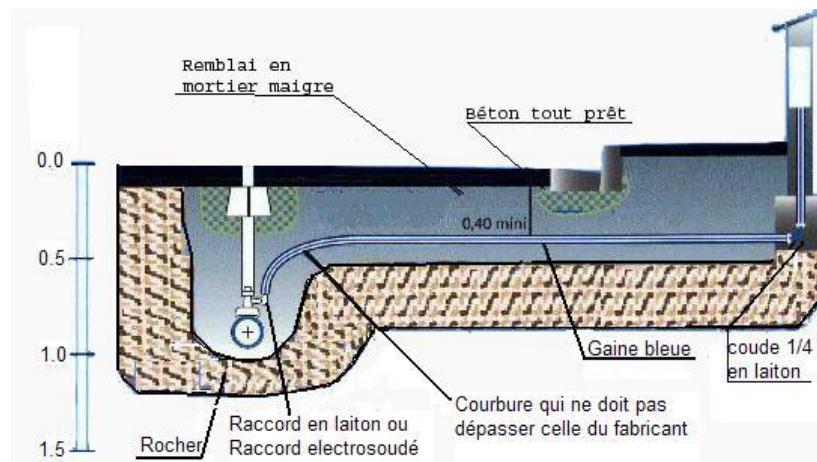


Ce qu'il faut faire :

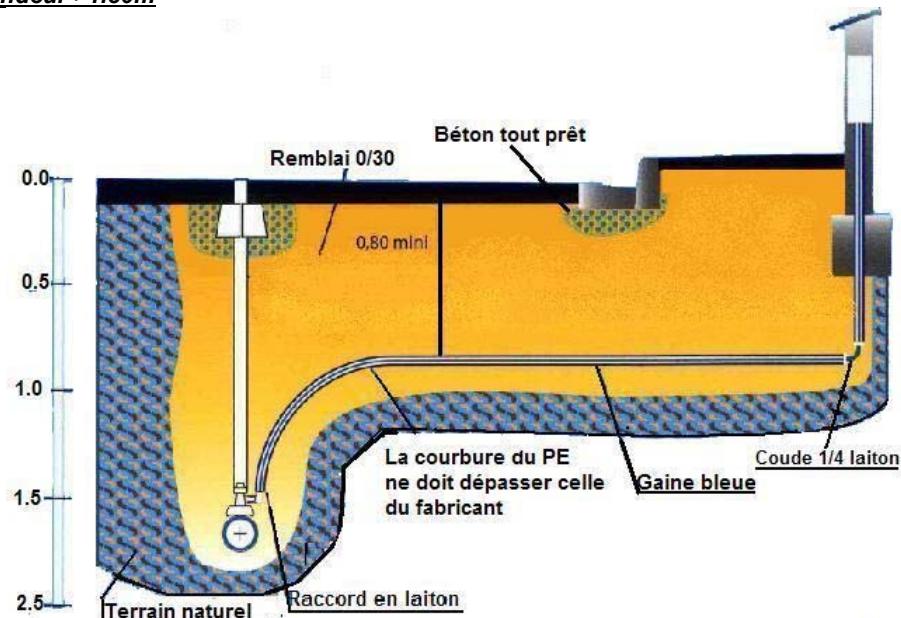
Profondeur ≤1.30m



Terrain rocheux



Profondeur >1.30m



III.2.5.1.1. Branchements de 25 mm avec compteur de 15 mm



- Collier PEC 20 pour tuyau PVC
- RPC 20 avec SR 25
- Tabernacle en PVC
- Tube allonge en PVC DN 110 long 1m.
- Bouche à clé ronde
- Tuyau PEHD DN 25 PN16
- Gaine simple paroi/PE DN ext.40mm.
- Coude en laiton 90° 25 x 25, 2SR
- Robinet équerre en laiton SR25 / EP ¾ " avec dispositif de blocage (ouvert et fermé).
- Robinet droit après compteur – EP ¾ "- M ¾ "
- Dispositif d'ancrage à proposer.
- Porte En tôle H=350 x l=500mm
- Raccord flexible avec protection, gaine métallique tressée, F3/4 " x M½ "
- Joint alimentaire eau DN 15
- Bague de plombage ou fil polyamide avec marquage

a) Caractéristiques techniques

Capacité hydraulique du branchement &compteur	Débit stabilisé pour une perte de charges de 2bars	2,6 m ³ /h=0.72 l/s
Caractéristiques du compteur volumétrique DN 15mm	Débit maximal-Qmax	3 m ³ /h=0.83 l/s
	Débit nominal-Qn	1.5 m ³ /h=0.42 l/s
	Débit de démarrage	2 l/h
	Classe	C
	Consommation maximale journalière conseillée	<5 m ³ /j
Dimensionnement	Longueur des pièces dans la niche	28 cm
	Dimension de la porte de niche (l x h)	500 x 350
Raccordement du client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation.	Ø3/4" ou 1"
Type d'usage	Immeubles d'habitations collectives : nombre de logements (sans protection incendie)	<5
	Immeubles de bureaux, sans protection incendie, sans cantine , nombre d'employés	<81
	Immeubles de bureaux, sans protection incendie, avec cantine , nombre d'employés	<41
	Ecoles, sans protection incendie : nombre d'élèves + encadrement.	<41
	Hôtels, sans protection incendie : nombre de chambres	<11
	Lots pour villas avec ou sans arrosage : superficie du lot (en m ²)	<1000

III.2.5.1.2. Branchemet de 32 mm avec compteur de 20 mm



Collier PEC 20 pour tuyau PVC.

RPC 20 avec SR 32

Tabernacle en PVC

Tube allonge en PVC DN 110 long 1m

Bouche à clé ronde

Tuyau PEHD DN 32 PN16

Gaine double paroi/PE D ext.50mm, Dint 40mm

Coude en laiton 90° 32x 32, 2 SR

Joint alimentaire eau DN 20

Robinet équerre anti fraude, en laiton SR 32 / EP 1"

Robinet droit, après compteur, M 1" / écrou prisonnier 1"

Porte En tôle H= 350 x l= 500 mm

Bague bleue pour compteur DN 20 ou fil polyamide avec marquage

Raccord flexible avec protection, gaine métallique tressée, M3/4 " x F1" PN16

Dispositif d'ancrage à proposer

a) Caractéristiques techniques

Capacité hydraulique du branchement y compris compteur)	Débit stabilisé pour une perte de charges de 2bars	6,6 m ³ /h=1.83 l/s
Caractéristiques du compteur volumétrique DN 20mm	Débit maximal-Qmax	5 m ³ /h=1.39 l/s
	Débit nominal-Qn	2.5 m ³ /h=0.69 l/s
	Débit de démarrage	3 l/h
	Classe	C
	Consommation maximale journalière conseillée	<10m ³ /j
Dimensionnement	Longueur des pièces dans la niche	42 cm
	Dimension de la porte de niche (lxh)	500x350
Raccordement du client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation.	Ø1" ou 1"1/4
	Immeubles d'habitations collectives : nombre de logements (sans protection incendie)	5 à 10
	Immeubles de bureaux, sans protection incendie, sans cantine , nombre d'employés	81 à 200
	Immeubles de bureaux, sans protection	41 à 80

Type d'usage	incendie, avec cantine, nombre d'employés	
	Ecole, sans protection incendie : nombre d'élèves + encadrement.	41 à 80
	Hôtels, sans protection incendie : nombre de chambres	11 à 60
	Lots pour villas avec ou sans arrosage : superficie du lot en (m²)	1000 à 2500

III.2.5.1.3. Branchemet de 50 mm avec compteur de 30 mm



Coude en laiton 90° 50x 50, 2 SR

Dispositif d'ancrage à proposer

Collier PEC 40 pour tuyau PVC

RPC 40 avec SR 50

Tabernacle en PVC

Tube allonge en PVC DN 110 long 1m

Bouche à clé ronde

Tuyau PEHD DN 50 PN16

Gaine double paroi en PE Dext.75mm, Dint 65mm

Joint alimentaire eau DN 30

Té égal en laiton M 1" 1/2 /M 1" 1/2, tubulure 1" F (avec bouchon en laiton M 1")

Clapet Anti retour en laiton à ressort FF 1" 1/2

Porte en tôle l=700 x H=500 mm

2 Robinet à bille à passage intégral PN16 FF 1" 1/2

Coude en laiton 90° SR 50/M 1" 1/2

a) Caractéristiques techniques

Capacité hydraulique du branchement y compris compteur)	Débit stabilisé pour une perte de charges de 2bars	13 m ³ /h=3.6 l/s
Caractéristiques du compteur volumétrique DN 30mm	Débit maximal-Qmax	10 m ³ /h=3.78 l/s
	Débit nominal-Qn	5 m ³ /h=1.39 l/s
	Débit de démarrage	10 l/h
	Classe	C
	Consommation maximale journalière conseillée	<20m ³ /j
Dimensionnement	Longueur des pièces dans la niche	60 cm
	Dimension de la porte de niche (lxh)	700x500

Raccordement du client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation.	Ø1"1/2 ou 2"
Type d'usage	Immeubles d'habitations collectives : nombre de logements (sans protection incendie sur le même compteur)	16 à 70
	Immeubles de bureaux, sans protection incendie, sans cantine, nombre d'employés	201 à 420
	Immeubles de bureaux, sans protection incendie, avec cantine, nombre d'employés	81 à 240
	Ecoles, sans protection incendie : nombre d'écoliers + encadrement.	81 à 240
	Hôtels, sans protection incendie : nombre de chambres	61 à 140
	Lots pour villas avec ou sans arrosage : superficie du lot (en m ²)	> 2500

b) Caractéristiques techniques

Capacité hydraulique du branchement y compris compteur)	Débit stabilisé pour une perte de charges de 2bars		13 m ³ /h=3.6 l/s
Caractéristiques du compteur de vitesse à jet unique DN 30mm	Débit maximal-Qmax		12 m ³ /h=3.33 l/s
	Débit nominal-Qn		6 m ³ /h=1.66 l/s
	Débit de démarrage		11 l/h
	Classe		C
	Consommation maximale journalière conseillée		<20m ³ /j
Dimensionnement	Longueur des pièces dans la niche		60 cm
	Dimension de la porte de niche (lxh)		700x500
Raccordement du client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation.		Ø1"1/2 ou 2"
Type d'usage	Installations domestiques ou administratives comportant une protection incendie définie ci après		
	protection incendie : RIA 40		2 RIA 40
	protection incendie : RIA 20		4 RIA 20
	Installation publique d'arrosage		4points en simultanéité

III.2.5.1.4. Branchemet de 63 mm avec compteur de 40 mm



Collier PEC 40 pour tuyau PVC.
 RPC 40 avec SR 63
 Tabernacle en PVC
 Tube allonge en PVC DN 110 long 1m
 Bouche à clé ronde
 Tuyau PEHD DN 63 PN16
 Grillage de signalisation bleu
 Coude égal en laiton 90° 63x 63, 2 SR
 Coude en laiton , 1/4 SR 63 x 2 "M
2 Robinet à bille à passage intégral PN16 FF 2"
 Clapet Anti retour en laiton à ressort FF 2 "
 Porte En tôle l=700 x H=500 mm
 Te égal en laiton 2 " M M avec tubulure 1" F (avec bouchon en laiton M 1")
 Dispositif d'ancrage à proposer

a) Caractéristiques techniques

Capacité hydraulique du branchement y compris compteur)	Débit stabilisé pour une perte de charges de 2bars	>20 m ³ /h soit 5.55 l/s
Caractéristiques du compteur volumétrique DN 40mm	Débit maximal-Qmax	>20 m ³ /h soit 5.55 l/s
	Débit nominal-Qn	10 m ³ /h=2.77 l/s
	Débit de démarrage	18 l/h
	Classe	C
	Consommation maximale journalière conseillée	<35m ³ /j
Dimensionnement	Longueur des pièces dans la niche	65 cm
	Dimension de la porte de niche (lxh)	700x500
Raccordement du client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation.	Ø2" ou 2"1/2
Type d'usage	Immeubles d'habitations collectives : nombre de logements (sans protection incendie sur le même compteur)	71 à 250
	Immeubles de bureaux, sans protection incendie, sans cantine , nombre d'employés	421 à 1200
	Immeubles de bureaux, sans protection incendie, avec cantine , nombre d'employés	240 à 730
	Ecoles, sans protection incendie : nombre d'écoliers + encadrement.	221 à 780
	Hôtels, sans protection incendie : nombre de chambres	141 à 500
	Lots pour villas avec ou sans arrosage : superficie du lot (en m ²)	> 2500

b) Caractéristiques techniques

Capacité hydraulique du branchement y compris compteur)	Débit stabilisé pour une perte de charges de 2bars	>20 m ³ /h soit 5.55 l/s
Caractéristiques du	Débit maximal-Qmax	>20 m ³ /h soit 5.55 l/s

compteur de vitesse à jet unique DN 40mm	Débit nominal-Qn	10 m ³ /h=2.77 l/s
	Débit de démarrage	30 l/h
	Classe	C
	Consommation maximale journalière conseillée	<35m ³ /j
Dimensionnement	Longueur des pièces dans la niche	65 cm
	Dimension de la porte de niche (lxh)	700x500
Raccordement du client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation.	
Type d'usage	Installations domestiques ou administratives comportant une protection incendie définie ci après	
	protection incendie : RIA 40	4 RIA 40
	protection incendie : RIA 20	6 RIA 20
	Installation publique d'arrosage	8 pts simultanéité

NB :

Prévoir des longueurs droites (5D) amont - aval pour les compteurs de vitesse. Les robinets génèrent des perturbations hydrauliques qui dégradent la métrologie du compteur de vitesse.

III.2.5.1.5. Matériel de branchement petit calibre

le matériel de branchement eau, est de PN16= 16 bars. Toutes les pièces en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine doivent disposer d'une attestation de conformité sanitaire (ACS).

Collier de prise en charge : collier PEC

- Collier pour tuyaux PE



- Collier pour tuyaux PVC



- Collier pour tuyaux fonte grise et ductile.



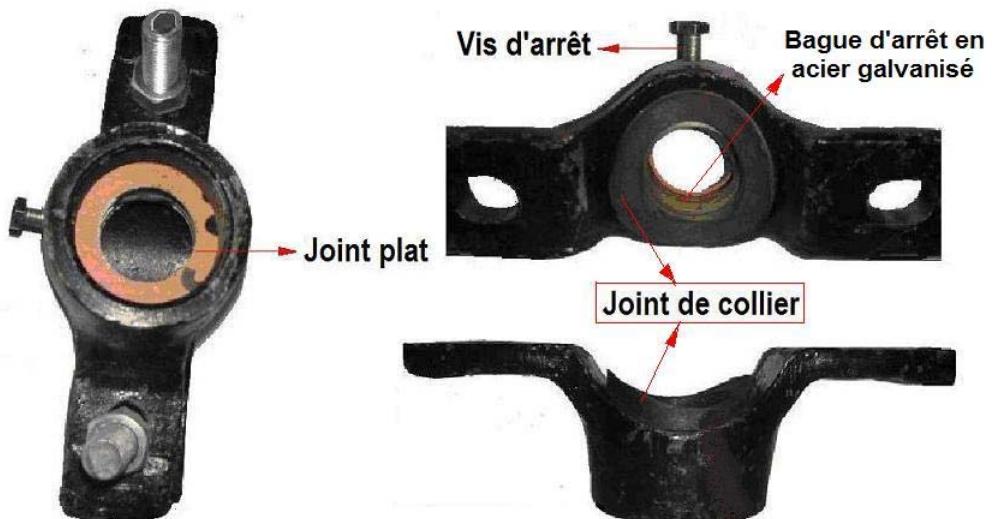
- Collier pour tuyaux AC



NB : Pour les tuyaux de calibres 60, 80 et 100 mm les colliers de prise en charge de 20 et 40, sont communs aux matériaux AC, FD et FG.

Par contre les colliers pour tuyaux PVC sont spécifiques, plus larges pour augmenter la surface d'adhérence.

Ces colliers sont en acier forgé, disposent d'un joint intégré en élastomère renforcé d'une bague d'arrêt en acier galvanisé, supprimant la difficulté en positionnement de la rondelle d'étanchéité et la nécessité d'utiliser de la filasse entre collier et le robinet de prise en charge :



Les joints d'étanchéité

Une vis de blocage permet l'immobilisation du robinet de prise en charge. Ces colliers doivent s'adapter parfaitement sur des tuyaux PVC, AC et FD. Ils sont revêtus d'une protection anticorrosion.

La boulonnerie est en acier classe 8.8 revêtue de Geomet.

Robinet de prise en charge : RPC

Les robinets de prise en charge sont de type multi-tours, prise en charge sur le dessus des conduites (sens de fermeture horaire).

Le corps doit être en laiton ou en bronze, commandé par chapeau ordonnance en fonte carré de 30X30.

RPC20 sortie SR25



RPC20 sortie SR32



RPC 40 sortie SR50



RPC 40 sortie SR63



Pour les robinets à sortie 50 et 63, le corps peut être commun avec une pièce d'adaptation en SR 50 ou SR 63 (montage étanche). Le passage minimum de l'intérieur du robinet est au moins égal à 42 mm.

L'étanchéité entre le collier PEC et le robinet PEC est obtenue par la compression du joint élastomère intégré au collier ;

Robinets avant compteurs

Les robinets d'équerre ou droit SR25/ EP^{3/4}, SR32/ EP1" pour branchement respectivement de 25



et de 32, doivent permettre le blocage du robinet en position ouverte ou fermée à l'aide d'une clé spéciale.

Robinets après compteurs

Les robinets après compteurs doivent être de type boisseau sphérique $\frac{1}{4}$ de tour en laiton:



EP $\frac{3}{4}$ " - M $\frac{3}{4}$ " et EP1" - M1". L'étanchéité extérieure est réalisée par joint torique, l'étanchéité interne est réalisée par siège en Téflon.

Le filetage est réalisé conformément à la norme ISO 228 /1.

Vannette FF à passage intégral: 1" 1/2 et 2"



- les vannettes doivent être de type à boisseau sphérique, en laiton matricé chromé ou nickelé selon la norme DIN 17660, à passage intégral, femelle - femelle
- L'axe et l'écrou sont en acier inox, conforme à la DIN 17762
- Le boisseau doit être en laiton chromé (minimum 300 μ de chromage)
- Le joint de siège en PTFE

NB : Le dispositif anti-fraude , avec numéro de série, est appliqué pour le "plombage" des compteurs Ø15 et Ø20 mm. Pour généraliser son usage aux calibres Ø30 et Ø40 , le fabricant doit confectionner sur le corps externe des vannettes Ø 1"1/2 et Ø 2" , un orifice de 2 mm de diamètre pour le passage du fil en polyamide.



Raccords à serrage rapide

Le raccord doit être muni d'un joint torique, d'une bague plate en laiton et d'une bague à griffe en laiton également, prévus pour un raccordement avec tuyau PEHD.

Désignation des pièces en laiton	dimensions	Vue
Coude en laiton à 90°	SR 25 x SR 25	
	SR 32 x SR 32	
	SR40 x SR40	
	SR 50 x SR 50	
	SR 63 x SR 63	
	SR 50 x M 1" 1/4	
	SR 50 x M 1" 1/2	
	SR 63 x M 2"	
Raccord droit en laiton	SR 25 x M 3/4"	
	SR 25 x M 1/2".	
	SR 32 x M 3/4"	
	SR 32 x M 1"	
	SR 50 x M 1" 1/2	
	SR 50 x M 2"	
	SR 63 x M 2"	
Manchon té en laiton à	2 SR 25 x F 3/4"	
	2 SR 32 x F 3/4"	
Té en laiton	MM1"1/2xF1"+bouchon M1".	
	MM 2" x F 1" + bouchon M 1".	
Manchon égal en laiton à 2 serrages rapides	25 mm	
	32 mm	
	40 mm	
	50 mm	
	63 mm	

Clapet anti retour à ressort en laiton FF DN. 1"1/2 et 2"



Les clapets à système d'obturation automatique sont installés pour la prévention des installations d'eau potable en cas de chute de pression, de retours d'eau froide ou chaude pour des installations mixtes.

Les compteurs Ø15 et 20mm comportent des clapets de non retour, anti-pollution et incorporables, en matière synthétique résistant à 90 °C).

Les clapets doivent être étanches et présenter des pertes de charge minimales - (fournir courbes) au débit maximal d'utilisation respectif :

$$\begin{aligned} Q_{\max} (1\frac{1}{2}) &= 10 \text{ m}^3/\text{h} \\ Q_{\max} (2") &= 20 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Leur contrôle est nécessaire. Leur fiabilité est importante. Leur choix doit être fait avec la marque de qualité (NF par ex.) antipollution qui garantit les contrôles par un organisme agréé dans les usines de fabrication.

Dispositifs d'ancrage

DN 15 : Collier type Atlas à 2 vis Ø 24 + patte à scellement 3/4 long 14cm

DN 20 : Collier type Atlas à 2 vis Ø 28 + patte à scellement 3/4 long 14cm.

NB : Ce système est refusé par les clients qui craignent l'apparition de fissures sur leur mur.

Aussi il est intéressant que les fournisseurs proposent un système de substitution par collage sur le mur

Gaine annelée de couleur bleue pour usage hydraulique:



Gaine annelée simple paroi renforcée ; (voir ci-dessous tableau de diamètre)

Gaine annelée double paroi avec paroi intérieure en polyéthylène basse densité conforme aux normes européennes : CEI EN 500861 (Classe CEI 23-39) et CEI EN 50086-2-4(classe CEI 23-46) type N normal. (Voir ci-dessous tableau de diamètre).

Le fabricant du tuyau PEHD préconise un enrobage en sable roulé de granulométrie de 0.1 à 5mm. Grâce à l'usage systématique de la gaine on peut remblayer avec 0-31.5 ou du 0-25 concassé. Cette gaine facilitera par ailleurs la dilatation du tuyau et son renouvellement éventuel.

Ø Conduite PE	Gaine annelée		
	D ext. (mm)	D Int. (mm)	Paroi
25	40	32	simple
32	50	40	double
50	75	65	double

A partir du PEHD Ø63 on utilise le grillage avertisseur bleu de $(500 \pm 10 \text{ mm})$ de large, avec fil de 1 mm en PE ou PP et des mailles de 15 mm x 15 mm.



Joint alimentaire

Désignation	DN(mm)	Filetage	Nbre /lot	Vue
joint en fibre alimentaire	15	20x27mm	50	
	20	26x35	50	
	30	40x49	50	
	40	50x60	50	

Pour lutter contre les fraudes et les infractions commises sur les anciens branchements de 15 et 20 mm, en cas de coupure par défaut de paiement, nous préconisons d'installer des pastilles d'obturation sous forme de joints pleins alimentaires(en remplacement des joints en cuir pleins) à l'amont et l'aval du compteur et de protéger les raccords compteur par bagues anti-fraude rouges.

Bague anti fraude pour compteur:

Désignation	DN(mm)	Couleur	Circonstance	Photo
Bague anti fraude pour compteur	15 et 20	Bleu	Compteur posé neuf	
		Rouge	Compteur en état de coupure	
		Jaune	Echange	

Raccord flexible avec protection gaine métallique tressée :



Flexibles de raccordement constitués par un tuyau en élastomère, assurant la fonction « étanchéité », autour duquel est tressé une gaine en acier inoxydable assurant la fonction «résistance à la pression ». Ils comportent à chaque extrémité un raccord permettant d'effectuer leur assemblage avec d'autres éléments du réseau.

Ils sont suffisamment rigide pour ne pas s'écraser en cas de flexion, existants en deux calibres :

- Ecrou prisonnier M 1/2" et F 3/4" pour compteur DN 15
- Ecrou prisonnier M 3/4" et F 1" pour compteur DN 20

Matériaux constitutifs :

-Tuyaux élastomères : EPDM conforme aux spécifications de la norme NF EN 681-1 pour une classe de dureté 80 et titulaire d'une ACS.

-Raccords d'extrémité en laiton nickelé

-Douilles de sertissage : Acier inox X5 Cr18-10 (N° d'Acier 1.4301).

-Aluminium conforme à la norme EN 573-3 de 1994.

-Fil de tresse : La tresse est constituée de fils d'acier inoxydable X5 Cr18-10 (N° d'Acier 1.4301).



Il est proscrit d'utiliser des flexibles en plomb.

Tabernacle en PVC



Fabriqué en résine PVC, ne présentant aucun défaut en examen visuel, résistant à une charge de rupture minimale de 300 Kg, ouverture adapté à un tube d'allonge de 110mm.

Tube allonge pvc à 2 bouts lisses DN 110 en longueur de 1 m et 2 m.



Pièce de réduction compteur

Désignation	calibre	Remplacement d'un compteur de ...mm	Par un compteur de ...mm	Photo
Réduction	1" M / 3/4"	20	15	
	1" 1/2" M / 1" F	30	20	
	2" M / 1" 1/2" F	40	30	
	2" M / 1" F	40	20	

L'ensemble du compteur de calibre réduit équipé des réductions devra avoir la même longueur que le compteur initial de diamètre supérieur.

Porte à compteur

Tôle en acier de 3mm d'épaisseur, trous de ventilation, peinture anticorrosion, serrure à tête triangulaire en laiton fixé par rivet, ressort de rappel en acier, marquage « EAU » et orifice de la serrure réalisés par emboutissage.



I=500 x H=350
pour cpt15 ou 20mm



I=500 x H=700
pour 2 ou 3cpt 15mm



I=700 x H=500
pour cpt 30 & 40mm

Bouche à clé ronde



Bouche à clé en FD de face apparente ronde, pèse 6kg, enduite de peinture hydrosoluble noire non toxique, son diamètre d'embase est de 220 mm avec ouverture de 120 mm pour permettre l'insertion d'un tube allonge en PVC Ø110 mm.

Le bouchon est rond et relié au corps par une chaînette ou un tube métallique. Le bouchon est équipé d'un trou de manœuvre. Marquage «EAU».

Compteurs petit calibre

Les compteurs normalement utilisés pour la facturation de l'eau sont de type mécanique, où l'on distingue deux grandes familles :

— les compteurs volumétriques dont l'organe de mesure, un piston à mouvement rotatif, se déplace sous l'effet d'une différence de pression dans le dispositif refoulant périodiquement un volume déterminé d'eau. Le nombre de refoulements donne donc une mesure du volume d'eau écoulé.

Le montage peut s'effectuer indifféremment sur une conduite horizontale, verticale ou oblique. La position du compteur n'influence pas sa classe C.



— les compteurs de vitesse dont l'organe mesurant est un rotor (turbine ou hélice) qui tourne sous l'effet de la poussée hydrodynamique de l'eau qui y transite. Le principe de mesure est la proportionnalité entre la vitesse angulaire du rotor et le débit de l'eau. C'est le nombre de tours du rotor sur une période de temps donnée qui indique le débit intégré, c'est-à-dire le volume d'eau écoulé.



Le compteur de vitesse est classe C en position horizontale et classe B toutes positions

<i>Désignation</i>	<i>Vue</i>
Compteur volumétrique de classe C	
DN 15mm	
DN 20mm	
DN30mm	

DN40mm	
Compteur de vitesse classe C à turbine de type jet unique	
DN30mm	
DN40mm	

Correspondance filetage

filetage	Diamètre Nominal	
	mm	pouce
15/21	12	1/2
20/27	15	3/4
26/34	20	1
33/42	25	1 1/4
40/49	30	1 1/2
50/60	40	2

Pour les besoins de dimensionnement, il est nécessaire de calculer le coefficient de simultanéité ou de foisonnement :

$$C = \frac{1}{\sqrt{N-1}}$$

Ce coefficient vient pondérer la somme des débits unitaires des équipements d'un immeuble d'habitations ou de bureaux par exemple, mais ne s'applique pas à des équipements indépendants, c'est-à-dire présentant une probabilité de fonctionnement égale dans le temps, comme les douches d'un complexe sportif, une caserne ou un internat ; On considère dans ce cas, les douches comme un seul appareil ayant pour débit la somme des débits unitaires. Ce coefficient ne s'applique jamais aux installations de lutte contre l'incendie, on considère effectivement, qu'en cas d'incendie, l'ensemble des autres consommations cessent.

III.2.5.2. Nourrices à compteurs

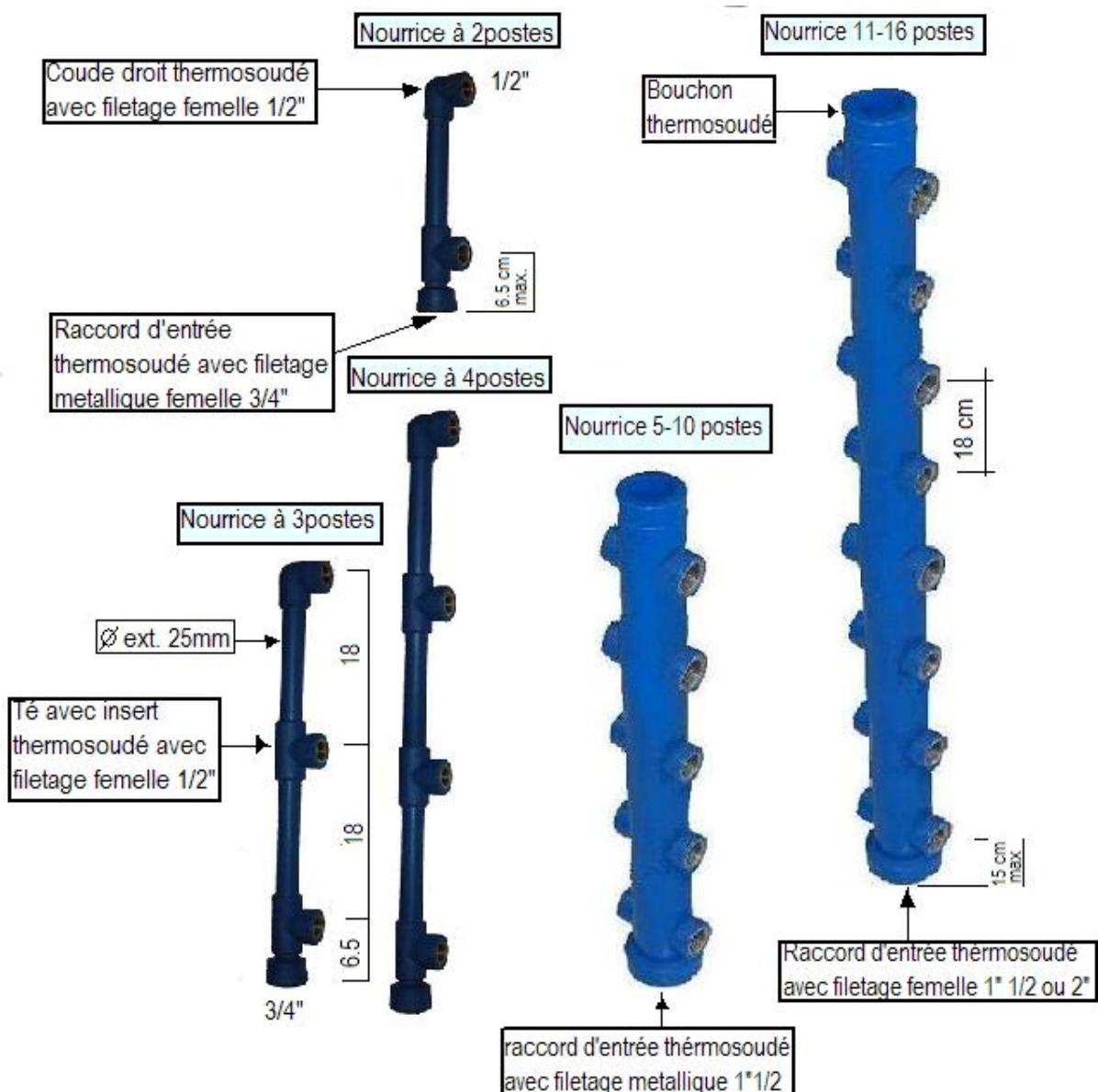
Elles sont composées d'éléments en matériau polypropylène ou similaire assemblées par électrosoudage.

III.2.5.2.1. Nourrice pour 2, 3, 4, 5-10 et 11-16 compteurs Ø 15

Les sorties compteur seront réalisées avec des inserts métalliques thérmosoudés de diamètre : F 1/2", équipés de raccord à compteur M1/2" x EP 3/4".



L'entrée de la nourrice sera réalisée par un insert F en fonction du nombre de compteurs de la nourrice.



III.2.5.2.2. Niches et armoires techniques pour nourrices

Type de nourrices	Dimensions de la niche (porte métallique fournie par AMENDIS) L(cm) x h(cm)	Dimensions minimales de l'armoire technique (à la charge du client) L x h	Sortie du PEHD -Raccordement de la nourrice dans l'armoire (Vue dessus)
Nourrice à 2 et 3 postes	50 x 70	Néant	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> X = 8 cm (Distance mur latéral - axe nourrice) </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Y = 20 cm (Distance mur façade - axe nourrice) </div>
Nourrice à 4 postes	Néant	50 x 90	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> X = 8 cm (Distance mur latéral - axe nourrice) </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Y = 20 cm (Distance mur façade - axe nourrice) </div>
Nourrice à 5 postes	Néant	50 x 110	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> X = 8 cm (Distance mur latéral - axe nourrice) </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Y = 20 cm (Distance mur façade - axe nourrice) </div>
Nourrice de 6 à 10 postes	Néant	120 x 140 x 40 cm (profondeur)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> X = 60 cm (Distance mur latéral - axe nourrice) </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Y = 20 cm (Distance mur façade - axe nourrice) </div>
Nourrice de 11 à 16 postes	Néant	120 x 180 x 40 cm	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> X = 60 cm (Distance mur latéral - axe nourrice) </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Y = 20 cm (Distance mur façade - axe nourrice) </div>

III.2.5.2.3. Préconisations de mise en œuvre des nourrices :

III.2.5.2.3.1. Branchements

Les nourrices sont raccordées aux branchements en polyéthylène Dext 25, 50, 63 mm, par l'intermédiaire de raccords droits (SR 25- M 3/4 " ; SR 50- M1"1/2 ; SR 63- M2").

III.2.5.2.3.2. Nourrices

Les nourrices sont composées d'éléments en matériau plastique (type coprax) assemblés par thermosoudure. Le nombre de postes par nourrice varie entre 2 et 16 (voir schémas).

Nbre de pts /nourrice	D. ext du branchement
2-4	25mm
5-11	50mm
11-16	63mm

Les nourrices doivent être installées conformément au tableau « Niches et armoires techniques pour nourrices ».

Le tuyau PEHD dépasse de 2 à 10 cm par rapport au plancher de la niche ou de l'armoire.

Les nourrices sont fixées aux parois par les colliers d'ancrage.

Type de nourrice	Nombre de colliers d'ancrage	Diamètres de colliers d'ancrage
2 à 3 compteurs	1	Collier Atlas24 + scellement à 14cm
4 compteurs	2	Collier en acier pour PVC 50cm, scellement à 30cm
5 à 8 compteurs	2	Collier en acier pour PVC 63cm, scellement à 50cm
9 à 16 compteurs	2	Collier en acier pour PVC 63cm, scellement à 50cm

Les grandes nourrices du fait de leur taille peuvent favoriser l'accumulation d'air au point culminant. La mini-ventouse de dégazage simple effet de $\frac{3}{4}$ " ou purgeur permet de pallier à ce problème. Pour éviter le risque de fraude, de prélèvement non compté, la ventouse doit être plombée.



III.2.5.2.3.3. Robinets avant compteurs

Le robinet droit en laiton $\frac{1}{4}$ tour avec la tête anti-fraude M3/4"-EP3/4" est raccordé à la nourrice par le raccord en laiton M1/2"-EP3/4":



L'étanchéité est assurée par un joint en fibre à l'exclusion de tout autre modèle. Ce robinet est bloqué en position ouverte à la fin des travaux.

III.2.5.2.3.4. Compteurs

Les compteurs installés dans les nourrices sont des compteurs volumétriques DN15mm, légèrement inclinés vers l'extérieur pour faciliter la lecture.

III.2.5.2.3.5. Robinets après compteurs



Le robinet droit en laiton 1/4 tour EP3/4"- M3/4" est assemblé au compteur à l'aide d'un écrou prisonnier ; l'étanchéité est assurée par un joint en fibre

III.2.5.2.3.6. Raccordement après compteur DN15 mm

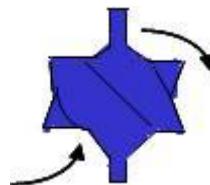
Le Raccord flexible avec protection, gaine métallique tressée sert à relier le branchement à l'installation intérieure du client. Il est fourni et posé par le Service travaux.

III.2.5.3. Branchement gros calibre

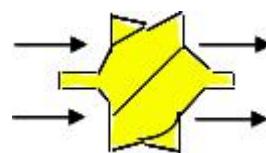
Terminologie et définitions :

Les compteurs sont du type « vitesse » et seront de principe de mesure suivante :

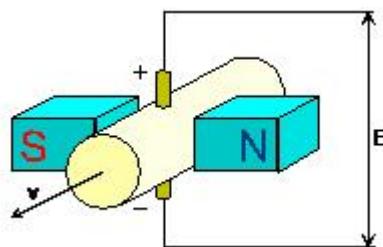
Compteur à injection dit compteur à turbine,



Compteur à hélice dit compteur Woltmann,



Les compteurs électromagnétiques fonctionnent selon la loi de Faraday : Un conducteur en déplacement dans un champ électromagnétique génère une tension.



Dans le cas d'un compteur électromagnétique, le conducteur est matérialisé par le fluide en circulation dans le tube de mesure. Un champ magnétique (B) est généré entre les deux pôles. La tension induite (E) est proportionnelle à la vitesse de déplacement du fluide (V) et transmise au calculateur pour traitement électronique : calcul du débit, affichage, signaux de sortie
 Condition de fonctionnement : la conductivité électrique minimale de l'eau mesurée: $\geq 20 \mu\text{S/cm}$.

III.2.5.3.1. Description des branchements gros calibres

III.2.5.3.1.1. Branchement en PVC 75 mm avec compteur de vitesse à jet unique DN 50 surbridé DN 60

Variante perçage en charge sur PVC 160 mm : Manchon Té pour PEC (168-176) x 60

Té à 3 brides FD DN 150 x 6

Adaptateur de brides pour PVC Dext 160 mm (2)

Vanne à opercule PN 16 DN 60(2)

Tuyau PVC AEP 16 bars Dext 75 mm

Adaptateur de bride pour PVC Dext 75 mm(2)

Manchette à brides FD long 500 mm PN 16 DN 60

Joint de démontage autobuté DN 60

Compteur de vitesse/turbine DN 50 surbridé DN 60

Clapet anti retour à battant DN 60

Té à 3 brides FD DN 60 x 60

Plaque pleine PN 16 DN 60 taraudée 1" avec bouchon

Boulons

Joint en élastomère pour brides

Dispositif d'ancrage (collier pour fonte DN 60 soudé au tube galvanisé 2"- l= 50 cm) (2)

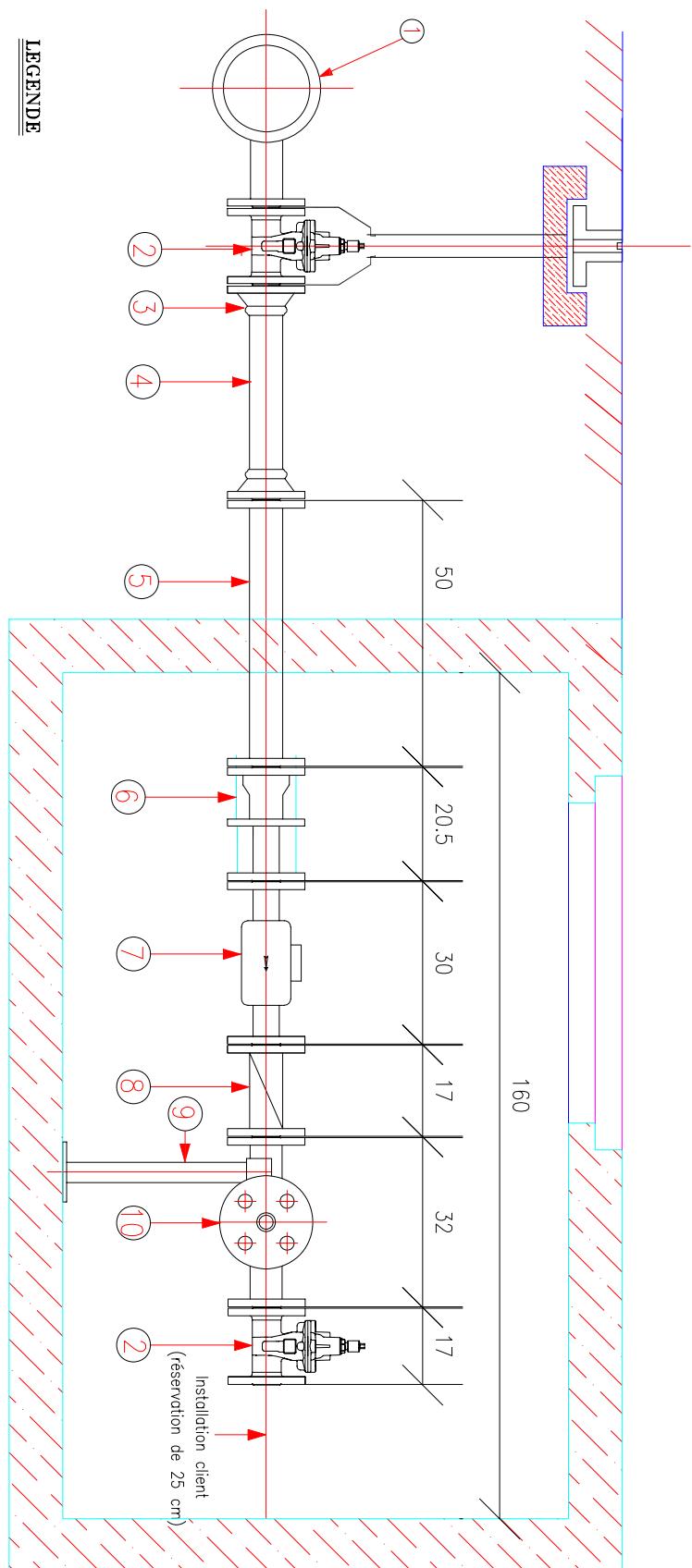
Bouche à clé carrée

Tabernacle pour vanne ;

Tube allonge PVC 110 long 1 m

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU BRANCHEMENT EN PVC 75 mm AVEC COMPTEUR DE VITESSE JET UNIQUE DN 50 SURBRIDE DN 60		
Caractéristiques techniques du compteur	Débit maximal – Qmax	$30 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow 8.33 \text{ l/s}$
	Débit nominal – Qn	$15 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow 4.17 \text{ l/s}$
	Débit de démarrage	15 l/h
	Classe	C
	Consommation maximale journalière conseillée	$< 60 \text{ m}^3/\text{j}$
Dimensionnement	Dimension du regard (L x l x p)	1.60 x 1.00 x p m
Raccordement client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation	$\phi 60$ Ou $\phi 80$
Type d'usage	Installations domestiques ou administratives comportant une défense incendie définie ci après	
	Protection incendie : RIA 40*	5
	Protection incendie : RIA 20*	8

BRANCHEMENT EN PVC DN 75
COMPTEUR DE VITESSE A JET UNIQUE DN50 SUR BRIDES DN60



LEGENDE

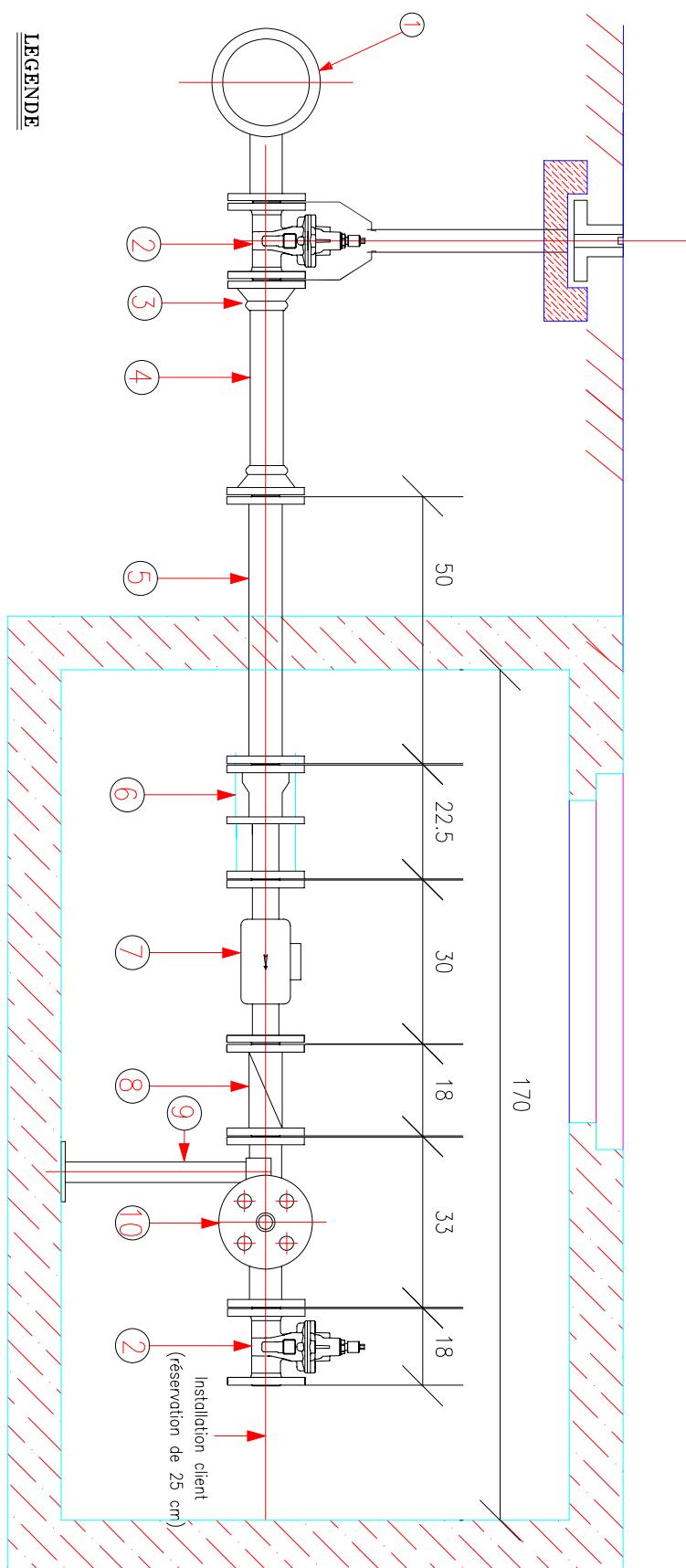
- 1-Manchon té pour PEC ou té à 3brides FD
- 2-Vanne à opercule meplate DN60 avec brides
- 3-Adaptateur de brides DN75
- 4-Tuyau PVC DN75
- 5-Manchette à brides en FD DN60
- 6-Joint de démontage autobuté DN60
- 7-Compteur de vitesse à turbine DN50 avec brides DN60
- 8-Clapet anti retour à battant DN60
- 9-Dispositifs d'ancrage
- 10-Té à 3 brides DN60 avec plaque pleine taraudée 1" et bouchon

III.2.5.3.1.2. Branchement en PVC 90 mm avec compteur de vitesse à jet unique DN60/65 surbridé DN80

Variante perçage en charge sur tuyau PVC 160 mm : Manchon té pour PEC (168-176) x 80
 Té à 3 brides FD DN 150 x 80
 Adaptateur de bride pour PVC Dext 160 mm (2)
 Vanne à opercule PN 16 DN 80 (2)
 Tuyau PVC AEP 16 bars Dext 90 mm
 Adaptateur de bride pour PVC Dext 90 mm (2)
 Manchette à brides FD long 500 mm PN 16 DN 80
 Joint de démontage autobuté DN 80
 Compteur de vitesse/turbine DN 60/65 surbridé DN 80
 Clapet anti retour à battant DN 80
 Té à 3 brides FD DN 80 x 60
 Plaque pleine PN 16 DN 60 taraudée 1" avec bouchon
 Boulons
 Joint en élastomère pour brides
 Dispositif d'ancrage (collier pour fonte DN 80 soudé au tube galvanisé 2"- l= 50 cm) (2)
 Bouche à clé carrée
 Tabernacle pour vanne
 Tube allonge PVC 110 long 1 m

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU BRANCHEMENT EN PVC 90 mm AVEC LE COMPTEUR DE VITESSE JET UNIQUE DN 65 SURBRIDE DN 80		
Caractéristiques techniques du compteur	Débit maximal – Qmax	40 m ³ /h \Rightarrow 11.11 l/s
	Débit nominal – Qn	20 m ³ /h \Rightarrow 5.55 l/s
	Débit de démarrage	35 l/h
	Classe	C
	Consommation maximale journalière conseillée	100 m ³ /j
Dimensionnement	Dimension de l'armoire technique (L x l x p)	1.70 x 1.00 x p m
Raccordement client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation	DN 60 ou DN 80
Type d'usage	Installations domestiques ou administratives comportant une défense incendie définie ci après	
	Protection incendie : PI / BI ϕ 100 mm	1
	Protection incendie : RIA 40	$<= 6$

BRANCHEMENT EN PVC DN90 mm
COMPTEUR DE VITESSE A JET UNIQUE DN60-65 SUR BRIDES DN80



III.2.5.3.1.3. Branchement en PVC 110 mm avec compteur de vitesse jet unique DN 80 surbridé DN 100

Variante perçage en charge sur PVC 225 mm : Manchon té pour PVC (220–227) x 100

Té à 3 brides FD DN 200 x 100

Adaptateur de bride pour PVC Dext 225 mm (2)

Vanne à opercule PN 16 DN 100 (2)

Adaptateur de bride pour PVC Dext 110 mm

Tuyau PVC AEP 16 bars Dext 110 mm

Adaptateur de bride pour PVC Dext 110 mm (2)

Manchette à brides FD long 500 mm PN 16 DN 100

Joint de démontage autobuté DN 100

Compteur de vitesse/turbine DN 80 surbridé DN 100

Clapet anti retour à battant DN 100

Té à 3 brides FD DN 100 x 60

Plaque pleine PN 16 DN 60 taraudée 1" avec bouchon

Boulons

Joint en élastomère pour brides

Dispositif d'ancrage (collier pour fonte DN 100 soudé au tube galvanisé 2"- l= 50 cm) (2)

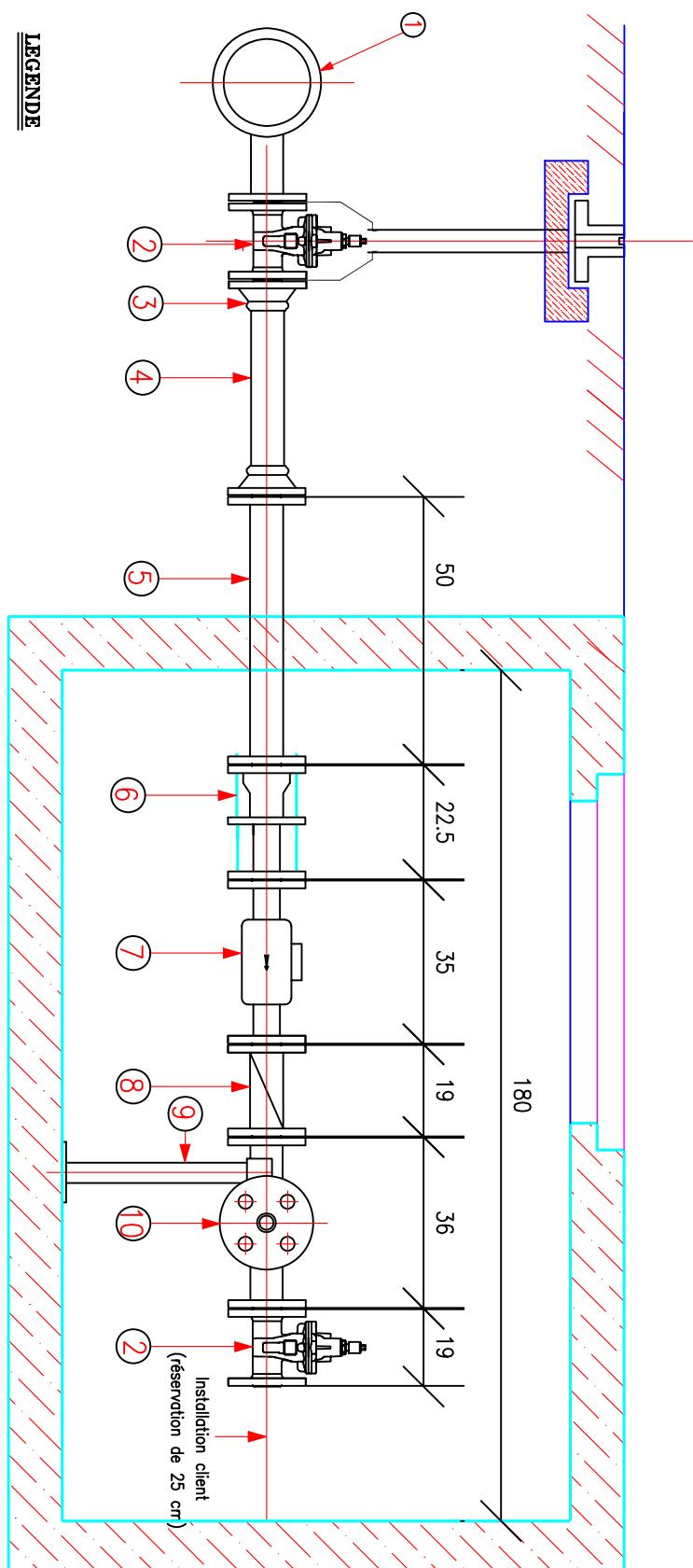
Bouche à clé carrée

Tabernacle pour vanne

Tube allonge PVC 110 long 1 m

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU BRANCHEMENT EN PVC 110 mm AVEC LE COMPTEUR DE VITESSE JET UNIQUE DN 80 SURBRIDE DN 100		
Caractéristiques techniques du compteur	Débit maximal – Qmax	60 m ³ /h \Rightarrow 16.67 l/s
	Débit nominal – Qn	30 m ³ /h \Rightarrow 8.33 l/s
	Débit de démarrage	50 l/h
	Classe	C
	Consommation maximale journalière conseillée	200 m ³ /j
Dimensionnement	Dimension de l'armoire technique (L x h x p)	1.80 x 1.00 x p cm
Raccordement client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation	DN 80 Ou DN 100
Type d'usage	Installations domestiques ou administratives comportant une défense incendie, définie ci après	
	Protection incendie : PI / BI ϕ 100 mm	1
	Protection incendie : RIA 40	8

BRANCHEMENT EN PVC DN 110
COMPTEUR VITESSE A JET UNIQUE DN80 SUR BRIDES DN100

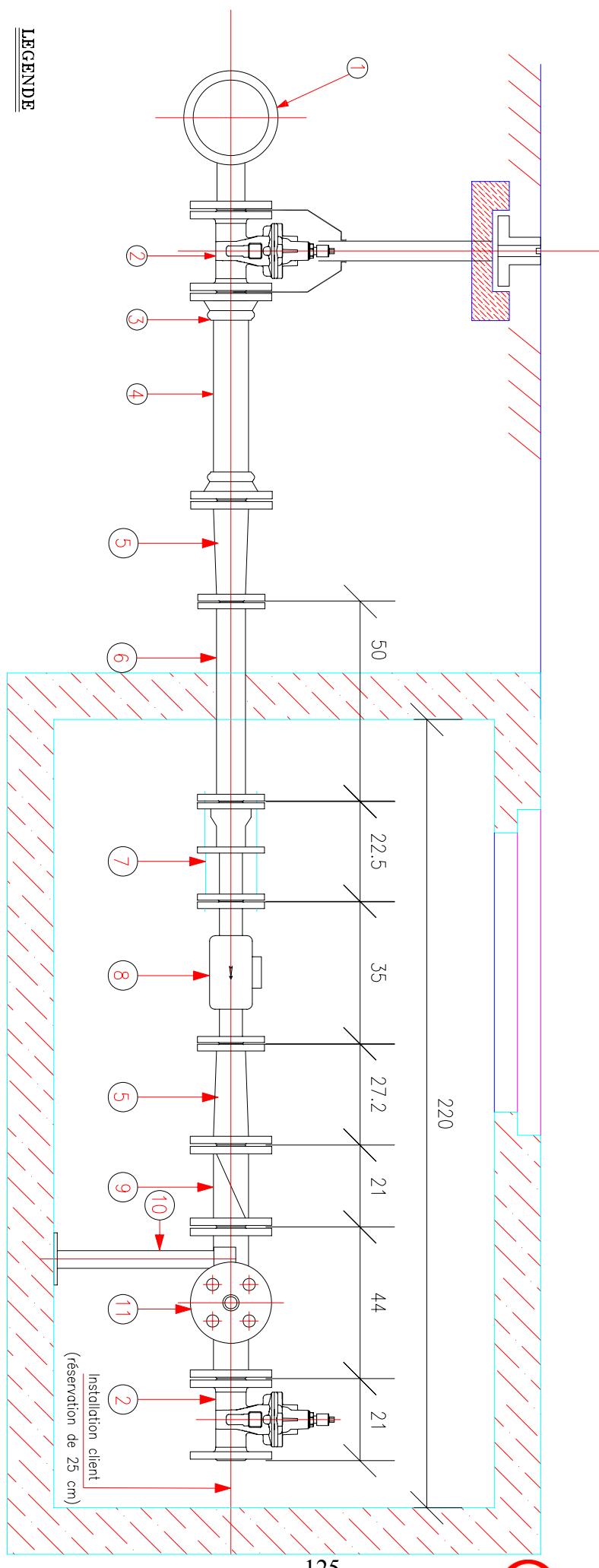


III.2.5.3.1.4. Branchement en PVC 160 mm, compteur de vitesse à jet unique DN 100

Variante perçage en charge sur PVC 225 mm : Manchon té pour PEC (220-227) x 150
 Té à 3 brides FD DN 200 x 150
 Adaptateur de bride pour PVC Dext 225 mm (2)
 Adaptateur de bride pour PVC Dext 160 mm (2)
 Plaque pleine PN 16 DN 60 taraudée 1" avec bouchon
 Joint en élastomère pour brides
 Vannes à opercule PN 16 DN 150 (2)
 Cônes de réduction à brides 150x100 (2)
 Compteur de vitesse/turbine DN 100
 Joint de démontage autobuté DN 100
 Clapet à battant DN 150
 Manchette à brides DN 100 en FD, L=500 mm
 Tuyau PVC AEP 16 bars Dext 160 mm
 Dispositif d'ancrage (collier pour fonte DN 150 soudé au tube galvanisé 2"- l= 50 cm) (2)
 Boulons
 - Té à 3 brides FD DN 150 x 60
 Boulons
 Bouche à clé carrée.
 Tabernacle en PVC
 Tube allonge PVC 110 long 1 m

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU BRANCHEMENT EN PVC 160 mm AVEC LE COMPTEUR DE VITESSE A JET UNIQUE DN 100		
Caractéristiques techniques du compteur	Débit maximal – Qmax	100 m ³ /h \Rightarrow 27.78 l/s
	Débit nominal – Qn	50 m ³ /h \Rightarrow 13.89 l/s
	Débit de démarrage	70 l/h
	Classe	C
	Consommation maximale journalière conseillée	450 m ³ /j
Dimensionnement	Dimension du regard(L x l x p)	2.20 x 1.00 x p m
Raccordement client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation	DN 100 ou DN 150
Type d'usage	Installations domestiques ou administratives comportant une défense incendie définie ci après	
	Protection incendie : PI / BI ϕ 100 mm	2
	Protection incendie : RIA 40	16

BRANCHEMENT EN PVC DN 160
COMPTEUR DE VITESSE A JET UNIQUE DN100 SUR BRIDES DN100



LEGENDE

- 1-Manchon té pour PEC ou té à 3brides FD
- 2-Vanne à opercule meplate avec brides DN150
- 3-Adaptateur de brides DN160
- 4-Tuyau PVC 160mm
- 5-Cone à brides 150x100
- 6-Manchette à brides en FD DN100
- 7-Joint de démontage autobuté 100
- 8-Compteur vitesse / turbine 100 avec brides de DN100
- 9-Clapet anti retour à battant DN150
- 10-Dispositifs d'ancrage
- 11-Té à 3 brides DN150 avec plaque pleine taraudée 1" et bouchon

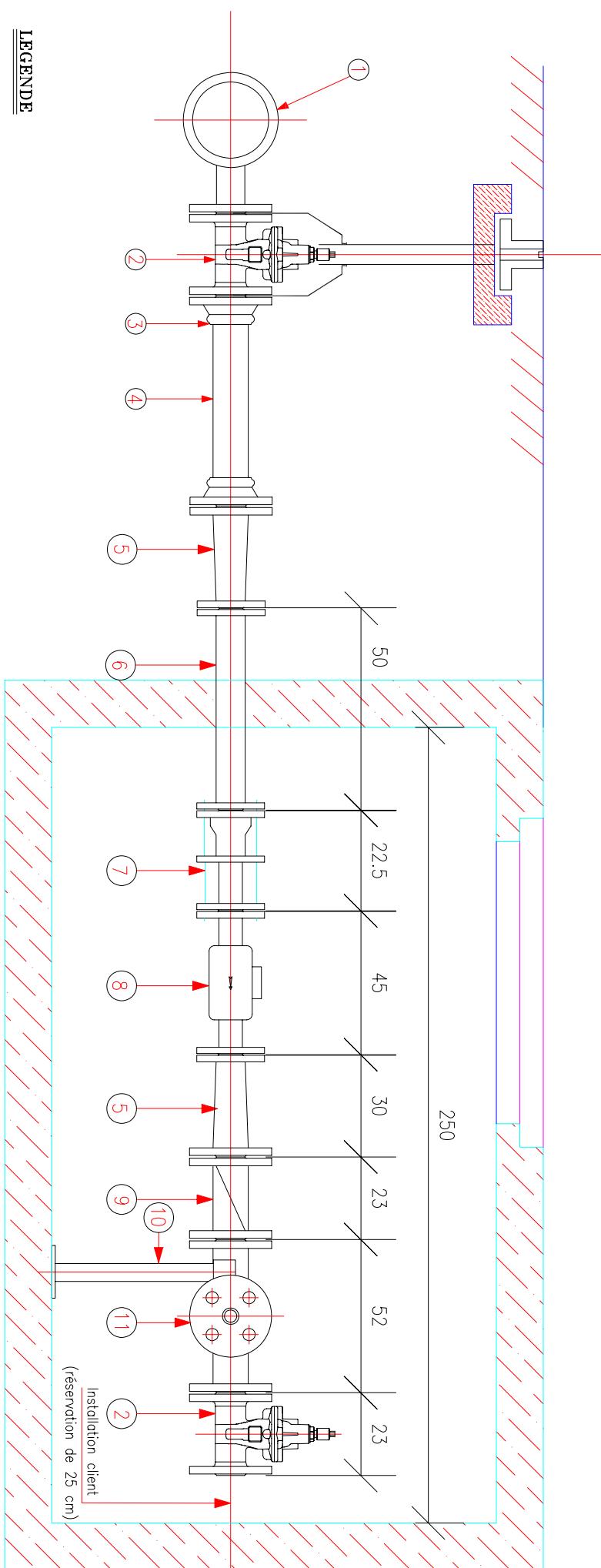
Branchemen en PVC 225 mm, compteur de vitesse à jet unique DN150 ou DN100 à brides de DN 150

- Variante de perçage en charge :Manchon té pour PEC (326-331) x 200
- Té à 3 à brides FD DN 300 x 200
- Adaptateur de bride pour PVC Dext 315 mm (2)
- Vannes à opercule PN 16 DN 200(2)
- Adaptateur de bride pour PVC Dext 225 mm (2)
- Tuyau PVC AEP 16 bars Dext 225 mm
- Manchette à brides FD L= 500 mm PN 16 DN 150
- Joint de démontage autobuté DN 150
- Compteur de vitesse /turbine DN 150 (Ou compteur de vitesse/turbine DN 100 surbridé DN150)
- Clapet anti retour à battant DN 200
- Té à 3 brides FD DN 200 x 60
- Plaque pleine PN 16 DN 60 taraudée 1" avec bouchon
- Boulons
- Joint en élastomère pour brides
- Dispositif d'ancrage (collier pour fonte DN 200 soudé au tube galvanisé 2" - l= 50 cm) (2)
- Bouche à clé ronde
- Tabernacle pour vanne
- Tube allonge PVC 110 long 1 m

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU BRANCHEMENT EN PVC 225 mm AVEC LE COMPTEUR DE VITESSE A JET UNIQUE DN150		
Caractéristiques techniques du compteur	Débit maxmal – Qmax	200 m ³ /
	Débit nominal – Qn	100 m ³ /h
	Débit de démarrage	85 l/h
	Classe	C
	Débit maximal (2 heures max.)	260 m ³ /h
Dimensionnement	Longueur du compteur	450 mm
	Dimension de l'armoire technique (L x h x p)	2.50 x 1.00 x p m
Raccordement client	En fonction de la longueur de la canalisation reliant le compteur aux points principaux de consommation	DN 150 ou DN 200
Type d'usage	Installations domestiques ou administratives comportant une défense incendie, définie ci-après.	
	Protection incendie : PI / BI Ø 100 mm	8

BRANCHEMENT EN PVC DN 225

COMPTEUR DE VITESSE A JET UNIQUE DN150 SUR BRIDES DN150



III.2.5.3.2. Installation particulières

il faut prévoir un espace libre suffisant entre au moins un côté du compteur d'eau et de ses accessoires associés installés et toute paroi latérale ou obstacle. Il est recommandé que cet espace libre soit au moins égal au diamètre de la conduite + 300 mm.

Le couvercle du regard de visite doit résister à l'entrée d'eau, doit être facile à manipuler par une seule personne et doit être spécifié pour résister aux charges rencontrées à cet emplacement particulier.

Il doit être possible de lire le dispositif indicateur à une distance ne dépassant pas 1 m, dans un cône de 30° par rapport à un axe passant par le compteur et perpendiculaire à celui-ci.

La lecture du dispositif indicateur ne doit pas exiger l'utilisation d'un miroir.

Il ne doit pas être nécessaire d'utiliser une échelle mobile pour accéder au compteur afin de le lire.

Si une lecture facile du dispositif indicateur est exigée par l'utilisateur et le personnel mais qu'elle ne peut pas être réalisée en raison de problèmes d'accès ou autres problèmes similaires, il faut mettre en œuvre une technologie de transmission de données à distance assurant l'accès aux indications.



L'utilisation des raccordements d'eau comme système de mise à la terre pour les installations électriques est strictement interdite.

les stabilisateurs d'écoulement ou tranquilleurs

La présence de singularités dans la canalisation (coude, vanne, réduction...) crée des perturbations hydrauliques qui nuisent aux mesures d'un compteur monté directement à leur aval.

Pour pallier à ce phénomène, les fabricants préconisent généralement l'installation de manchettes droites à l'amont du compteur pour tranquilliser l'écoulement.

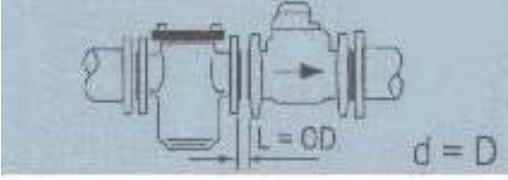
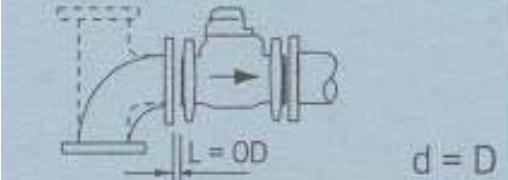
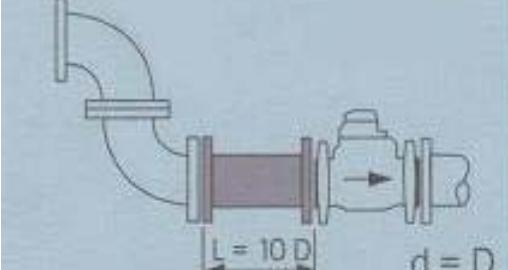
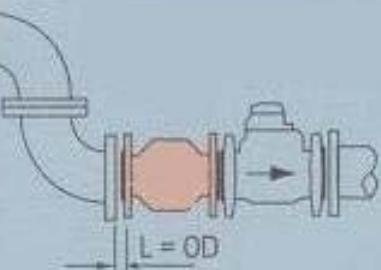
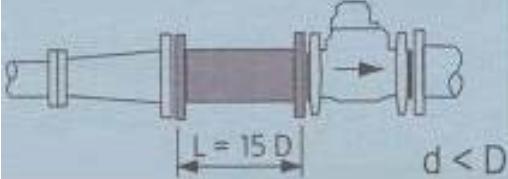
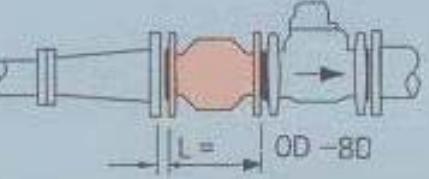
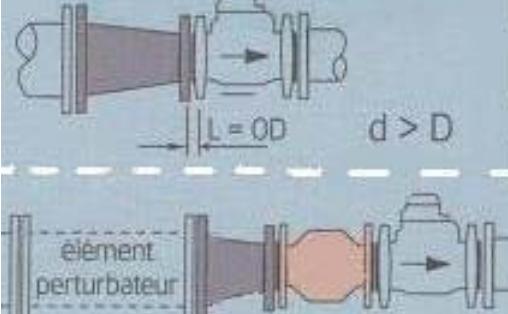
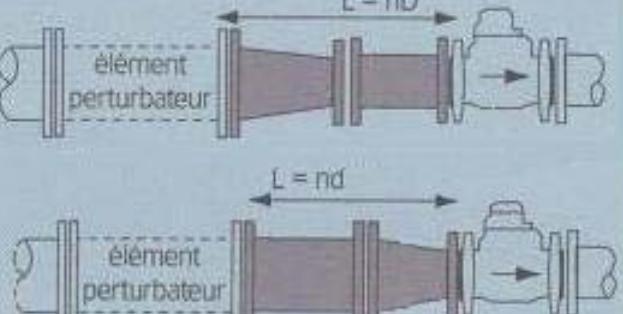
Cependant devant certaines situations complexes où l'espace est exigu, les stabilisateurs d'écoulement ou tranquilleurs conçus dans le but de supprimer les effets néfastes de ces perturbations, apportent la solution adéquate.



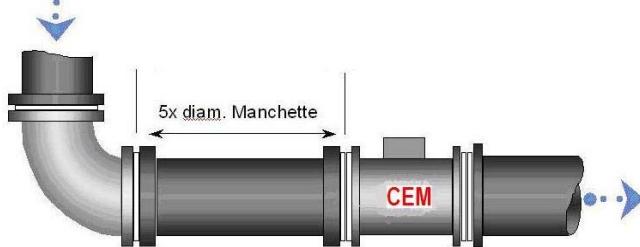
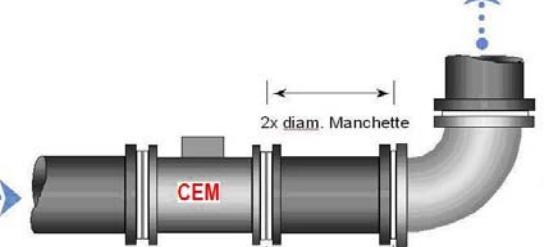
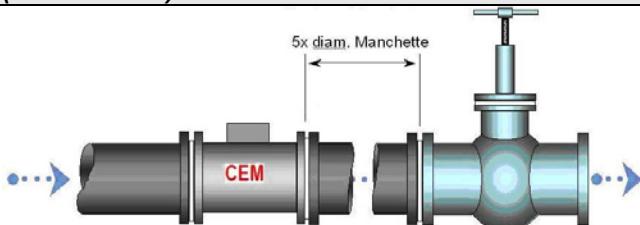
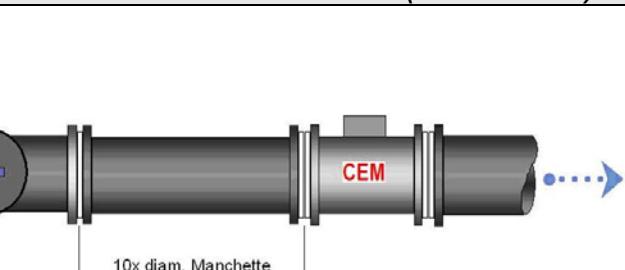
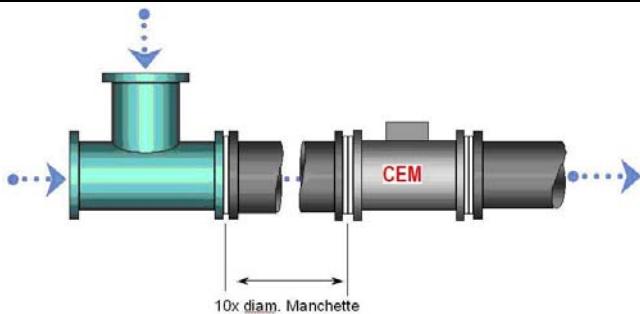
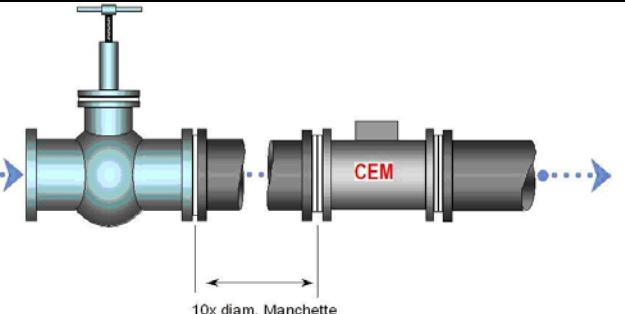
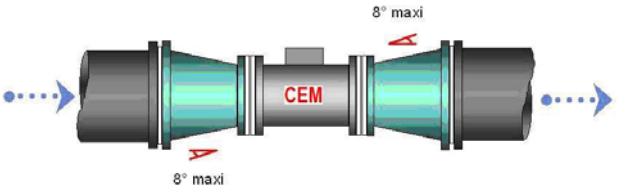
Les calibres utilisés **60, 80, 100, 150 et 200 mm**.

Le tranquilleur s'installe directement sur la bride d'entrée du compteur, en respectant le sens d'écoulement indiqué par la flèche

a) Compteurs mécaniques

Elément perturbateur à l'amont du compteur, $D = \emptyset$ compteur $d = \emptyset$ conduite	Sans stabilisateur d'écoulement	Avec stabilisateur d'écoulement
<i>Filtre, Boîte à crête</i>		
<i>Coude, Té</i>		
<i>-2 coudes -Té et coude</i>		
<i>Cône divergent</i>		
<i>Cône convergent Non perturbateur</i>		

b) Compteurs électromagnétiques : CEM

Montage avec longueurs droites avec coude à 90° en amont : Manchette de (5 x diamètre)	Montage avec longueurs droites avec coude à 90° en aval : Manchette de (2 x diamètre)
	
Montage avec Vanne en aval : Manchette de (5 x diamètre)	Montage avec longueurs droites avec coude à 90° horizontal en amont : Manchette de (10 x diamètre)
	
Montage avec collecteur en « T » en amont : Manchette de (10 x diamètre)	Montage avec Vanne en amont : Manchette de (10 x diamètre)
	
Pas de Manchette si angle<8° :	Montage avec pompe en amont : Manchette de (10 x diamètre)
	

L'équipement amont et aval est spécifié et conçu pour éviter de générer des conditions hydrauliques pouvant nuire aux performances du compteur d'eau.

III.2.5.3.3. Regards pour abriter les compteurs « Gros Calibres »

Branchemen t en PVC DN	Compteur de vitesse jet unique	Regard		
		Longueur(m)	Largeur(m)	Profondeur (m)
75 mm	DN 50	1.60	1.00	P*
90 mm	DN 60 - 65	1.70	1.00	P*
110 mm	DN 80	1.80	1.00	P*
160 mm	DN 100	2.20	1.00	P*
225 mm	DN 150	2.50	1.00	P*

p* - profondeur du regard à déterminer en fonction de profondeur de la conduite (le radier du regard est situé à 20 cm au-dessous de la génératrice inférieure de la conduite) ;

III.2.5.3.4. Désignation des compteurs et accessoires pour les branchements «Gros calibres »

Compteur	DN _{compteur} (mm)	Branchemen t en tuyau PVC	Remarques	Echantillon		
1° Cas : Q ≤ 800 m ³ /jour						
Compteur classe C à turbine de type jet unique	50 surbridé DN 60	DN 75 mm	Le compteur électromagnétique autonome n'est pas utilisé actuellement, il est réservé uniquement à la sectorisation.			
	60- 65 surbridé DN 80	DN. 90 mm				
	80 surbridé DN 100	DN 110 mm				
	100	DN 160 mm				
	100 surbridé DN 150	DN 225 mm				
	150					
Compteur à hélice	200	DN315 mm				
2° Cas : Q > 800 m ³ /jour						
Compteur électromagnétique:						
<ul style="list-style-type: none"> autonome, fonctionnant par piles nécessitant un raccordement au réseau électrique. 						

Clapets à battant

Appareil dont l'obturateur se déplace dans le fluide par rotation autour d'un axe orthogonal à l'axe de l'écoulement du fluide.

Afin de se conformer aux prescriptions réglementaires de protection des réseaux d'eau potable contre la pollution par phénomène de retour d'eau (NF EN 1717– mars 2001), les branchements sont munis d'un clapet anti-retour placé à l'aval immédiat du compteur.

Les activités à risque doivent quant à elles disposer de protections adaptées supplémentaires (disconnecteurs, surverses...).



Les calibres utilisés sont **60, 80, 100, 150 et 200 mm**.



L'installation des compteurs combinés est proscrite !



Actions

A0 CONCEPTION D'UN RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU



1 ADDUCTION

Les conduites d'adduction sont les conduites transportant uniquement l'eau brute entre les ouvrages ou points de prélèvement et les stations de production d'eau potable.

Le profil en long des conduites d'adduction ne peut dépasser en aucun point la ligne piézométrique.

Les vannes sont installées sur toutes les conduites d'adduction de sorte que les tronçons isolés ne soient pas supérieurs à 1.500 m

On installe des ventouses triple fonction, sur les tuyauteries d'adduction aux emplacements suivants :

- Points hauts relatifs de chaque tronçon.
- Changement marqué des pentes même s'il ne correspond pas à des points hauts relatifs.

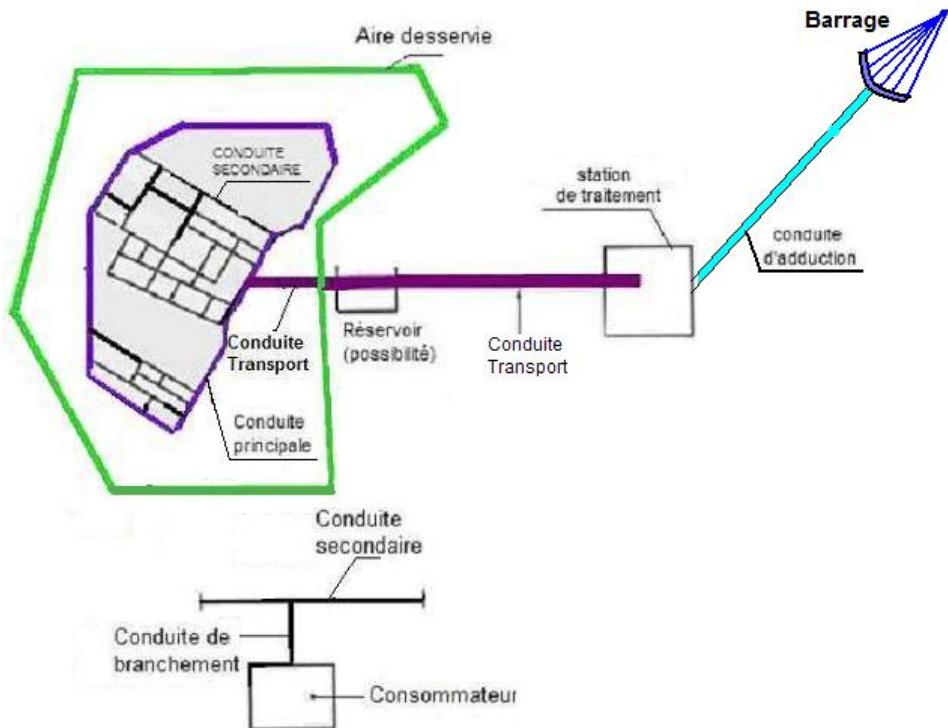
On installe des vidanges dans tous les points bas relatifs de chaque tronçon des conduites d'adduction. Dans des conduites de diamètre égal ou supérieur à 600 mm, les vidanges disposent d'une vanne papillon.

2 RÉSEAU DE DISTRIBUTION

Le réseau de distribution dans des zones urbaines de grande extension dépasse les limites d'une seule commune, comme c'est le cas pour les grandes villes, ce qui complique parfois la distinction claire entre des conduites d'adduction et de transport de distribution, puisque fréquemment ils doivent partager les mêmes fonctions.

2.1 Conception

Dans le réseau de distribution on distingue trois catégories : réseau de transport, réseau principal et réseau secondaire.



- Réseau de transport. A la sortie des stations de production d'eau potable, les conduites de transfert vers le réseau de distribution sont des conduites de transport ou feeders. Ce réseau est constitué par des tuyauteries de diamètre nominal, supérieur à 150 mm, sur lequel on évite l'installation des branchements et hydrants afin de ne pas perturber son régime d'exploitation

On dispose des dispositifs de sectionnement (vanne à opercule ou à papillon), à une distance non supérieure à 500 m dans des zones urbaines et à 1.500 m dans des zones non urbaines, ainsi que des dispositifs d'aération y vidanges respectivement dans les points hauts et bas de chaque tronçon.

-Réseau principal, constitué par les tuyauteries de diamètre nominal supérieur ou égal à 150 mm. Sur ce réseau sont installés les branchements et on autorise l'installation d'hydrants, dont le diamètre nominal est fixé à 100 mm.

Les hydrants sont situés dans des lieux facilement accessibles aux équipes de la protection civile, et distribués de manière que la distance entre eux ne dépasse pas 200 m et sont

préférentiellement placés en coïncidant avec les points vulnérables contre les incendies (bâtiments publics, grands magasins, salles de spectacles, etc.).

On dispose les ventouses et vidanges respectivement dans les points hauts et bas de chaque tronçon



Il est interdit d'utiliser les hydrants pour l'approvisionnement des camions citerne privés. Des bornes de puisage contrôlées, sont destinées à cet usage.

-Réseau secondaire, constitué par des tuyauteries de diamètre nominal : $80 \leq DN \leq 150$ mm.

Sur ce réseau on installe les branchements, les vidanges dans tous les points bas et au moins un dispositif de sectionnement dans chaque tronçon, à l'extrémité la plus proche du réseau principal.

Les réseaux de distribution sont dans la mesure du possible de conception maillée, en éliminant des points et des situations qui facilitent la pollution ou la détérioration de l'eau distribuée.

Cependant dans les lieux où il est impossible de mailler le réseau de distribution, comme les impasses, le réseau est ramifié.

On installe des dispositifs de sectionnement de sorte pour la coupure par secteurs, devant des situations anormales, et vidanges qui permettent les purges par secteurs pour la protection contre de possibles risques sanitaires.

En règle générale, dans les extrémités finales des branches situées dans des impasses, par exemple, des purges sont installées et reliées à l'égout.

Le réseau sera posé en suivant les voies ou dans des espaces publics non constructibles.

Dans les voies de plus de 10 m de large on installe deux tuyauteries, une à chaque côté. Dans les rues plus étroites on installe une tuyauterie du côté où sont prévus le plus grand nombre de branchements.

2.2 Règles de distance minimale entre réseaux

Il est obligatoire que les tuyauteries d'alimentation en eau potable soient toujours sur un plan supérieur en ce qui concerne les collecteurs d'assainissement. Les séparations minimales entre les génératrices externes des tuyauteries d'alimentation en eau et celles des autres services sont les suivantes :

Extrait du tableau 1- Réseaux en tracés parallèles
(distance (m), entre les points les plus proches)- Norme NF P 98-332 (février 2005) :

Réseau Imposant la contrainte (en place ou à poser)	Repérage	Assainissement	Eau potable (distribution)	Électricité HTB	Gaz (transport)	Télécom, Vidéo, TBT sous tuyau	Télécom, Vidéo, TBT pleine terre
Assainissement							
Conduites $\varnothing_{ext} \leq 0,70m^{**}$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Conduites $\varnothing_{ext} > 0,70m$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Regards, ouvrages divers, etc.	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Branchements à comportement flexible (PVC, PEHD, etc.)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Branchements à comportement rigide (fonte, béton, etc.)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Eau potable sous pression distribution							
Conduites et accessoires	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Branchements à comportement flexible (PVC, PEHD, etc.)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Branchements à comportement rigide (fonte, acier, etc.)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Eau potable sous pression transport							
Conduites en BA à lame en tôle ou en acier, en fonte, etc) et autres accessoires	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Électricité BT HTA Eclairage public, 50 V à 50 kV)							
Distribution d'électricité							
Distance en circulaire	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Électricité HTB (> 50 kV)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Transport d'électricité							
Gaz combustible *(méthane)							
Transport de gaz							
Si métallique (acier)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60	0,50
Si polyéthylène	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Télécom, Vidéo, TBT sous fourreaux							
Transport, distribution							
Branchement et accessoires de jonction	0,20	0,20	0,20	0,2	étude spéciale	0,2	0,2
Télécom, Vidéo, TBT pleine terre							
Transport, distribution							
Branchement et accessoires de jonction	0,20	0,20	0,20	0,5	étude spéciale	0,2	0,2

**) Distance $\geq 0,40$ m si croisement oblique
***) Distance $\geq 0,60$ m si croisement oblique

Extrait du tableau 2. Réseau x en croisement (distance (m), entre les points les plus proches)- Norme NF P 98-332 (février 2005) :

Distance 2). 40 m si croisement oblique

Les règles de distance entre réseaux sont spécifiés dans deux tableaux , en tenant compte des contraintes propres à chaque réseau :

- Le tableau 1 pour les réseaux en tracé parallèles
- Le tableau 2 pour les réseaux en croisement

Aide à la lecture des tableaux

La méthode de lecture des tableaux est donnée ci-dessous à l'aide d'exemples.

Toute lecture « réseau en place » ou « réseau à poser » se fait horizontalement

Exemple :

Cas de tracés parallèles.

Réseau à poser : conduite et accessoires en distribution d'eau potable

Réseau en place électricité BT.

1° lecture intersection (contrainte eau potable distribution)

Ligne : eau potable distribution

Colonne : électricité BT. ==> 0.40 m

2° lecture intersection (contrainte eau potable distribution)

Ligne : électricité BT.

Colonne : eau potable distribution ==> 0.20 m

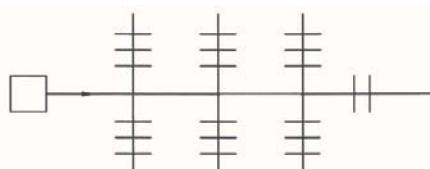
Résultat : c'est la plus grande des deux valeurs qu'il faut prendre en compte, soit 0.40m.

Dans le cas où le tableau mentionne « étude spéciale », la détermination de la distance à prendre en compte ne peut être effectuée qu'après résultat de l'étude.

Quand il n'est pas possible de maintenir ces distances minimales de séparation, il est nécessaire de disposer des protections spéciales.

2.3 Types de configurations de réseaux

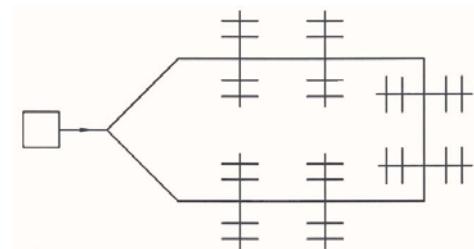
- ❖ Réseau ramifié constitué d'une conduite principale linéaire et des antennes de distribution, ce qui ne permet pas de réalimenter un secteur donné lorsqu'une réparation s'effectue sur le réseau.



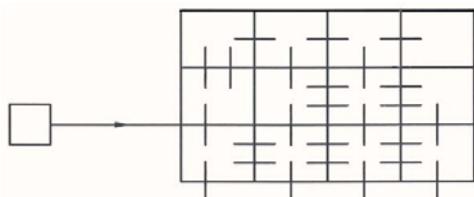
D'une conduite principale de gros diamètre partent plusieurs conduites de petits diamètres, c'est ce qu'on appelle un réseau ramifié ou arborescent. En fournissant l'eau aux différents clients avec une seule canalisation le réseau est plus économique.

Dans des extrémités de tronçons avec peu de consommation l'eau peut stagner ce qui oblige à prévoir des points de vidange pour éviter sa dégradation.

- ❖ Réseau maillé simple comprenant une conduite de ceinture et des antennes de distribution



- ❖ Réseau maillé comprenant des conduites de ceinture et des conduites de distribution maillées.



Le réseau maillé est l'inverse du réseau ramifié. Un réseau maillé permet une sécurité d'approvisionnement car l'eau peut suivre plusieurs cheminements pour arriver à un même point de livraison.

Partout où cela est possible et économique, il y a lieu de choisir les dispositions de réseaux avec conduites de ceinture et conduites de dérivation maillées.

Il y a lieu de limiter les dispositions linéaires à de simples extensions ou à des réseaux de distribution ruraux.

Les réseaux avec conduites de ceinture ont des avantages importants :

- Pertes de charge réduites et pressions plus uniformes ;
- Nombre de propriétés affectées par une interruption de service en cas de travaux est réduit en manœuvrant les vannes de sectionnement qui sont placés au niveau de chaque Té .
- Besoins en eau inhabituellement élevés peuvent être plus facilement satisfaits ; fourniture d'eau mieux assurée en cas de lutte contre l'incendie

2.4 Critères de calcul

2.4.1 Pertes de charge

En pratique, il est souhaitable d'éviter des vitesses inutilement élevées ou faibles.

Pour une conduite de refoulement Il y a lieu de faire une estimation économique afin de déterminer le diamètre économique de façon à rendre minimal le coût en capital et le coût actualisé des frais de pompage. La vitesse qui en résulte se trouve normalement dans la fourchette 0,8 m/s à 1,4 m/s.

Pour le calcul hydraulique des pertes de charge linéaires on utilise, la formule universelle de Darcy-Weisbach combinée avec celle de Prandtl-Colebrook.

Matériaux	Prandtl- Colebrook.	
	<i>k</i> : Rugosité hydraulique des matériaux en (m)	
	neuve	en service
Béton	0.3.10 ⁻³	3.0.10 ⁻³
Fonte ductile	0.03.10 ⁻³	0.2.10 ⁻³
Acier	0.03.10 ⁻³	0.1.10 ⁻³
PVC et PE	0.005.10 ⁻³	0.03.10 ⁻³

La loi de Colebrook permet de calculer les pertes de charge linéaires générées dans une canalisation de longueur L, de diamètre D et de rugosité k:

$$\Delta H = \lambda \cdot \frac{V^2}{2 \times g} \cdot \frac{L}{D}$$

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

$$Re = V_x D / \nu \quad (Re : \text{nombre de Reynolds})$$

En régime turbulent ($Re \gg 0$) comme dans les réseaux d'eau potable, le calcul de λ est simplifié car le second terme de la parenthèse est négligeable.

Les pertes de charge singulières dues aux raccords/pièces spéciales et vannes peuvent en général être prises en compte de deux façons :

—Faire usage de la formule : $\Delta H_{\text{singulières}} = k_i v^2 / 2g$; les coefficients k_i sont disponibles pour diverses sortes de raccords/pièces spéciales :

Element	Coefficient k_i						
	α	5°	10°	20°	30°	40°	90°
Etranglement gradué	k_i	0,16	0,40	0,85	1,15	1,15	1,00
Coudes circulaires	R/DN	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8
	k_{90°	0,09	0,11	0,20	0,31	0,47	0,69
							1,00
							1,14
	$k_i = k_{90^\circ} \times \alpha / 90^\circ$						
Coudes segmentés	α	20°	40°	60°	80°	90°	
	k_i	0,05	0,20	0,50	0,90	1,15	
Réduction	S_2/S_1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	
	k_i	0,5	0,43	0,32	0,25	0,14	
Autres	Entrée du réservoir	$k_i = 1,0$					
	Sortie du réservoir	$k_i = 0,5$					
Vannes à opercule	x/D	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8
	k_i	97	17	5,5	2,1	0,8	0,3
						0,07	0,02
Vannes à papillon	α	10°	20°	30°	40°	50°	60°
	k_i	0,5	1,5	3,5	10	30	100
							500

—Utiliser une «longueur équivalente» de tuyau droit qui donne la même perte de charge que le raccord/pièce spéciale.

2.4.2 Scénarios de calcul

Dans le calcul de nouveaux réseaux on considère au moins les trois scénarios suivants:

1) - Consommation nulle.

La pression de fonctionnement (OP), équivalente à la pression statique dans des réseaux gravitaires et à la pression de pompage dans des réseaux de refoulement, ne dépasse en aucun point du réseau la valeur de 0.6 MPa.

2) – Consommation de pointe.

La pression de fonctionnement (OP) en tout point du réseau n'est pas inférieure à 0.25 MPa.

3) - Consommation de pointe avec deux hydrants de Ø 100 mm en fonctionnement simultané. La pression de fonctionnement (OP) en tout point du réseau est supérieure à 0.15 MPa.

Dans toutes les hypothèses, la pression de fonctionnement (OP) en tout point du réseau ne diminue pas sous 75% de la pression de calcul (DP) en ce point.

La pression de calcul (DP) du réseau est considérée comme la pression maximale de fonctionnement (OP) considérant toutes les hypothèses précédentes et on estime la pression maximale de calcul (MDP) comme $MDP = 1.2 \times DP$.

Quand la topographie empêche l'accomplissement des limites de pression, on divise le réseau de distribution en étages indépendants connectés au moyen de stabilisateurs de pression, ou séparés par des dispositifs de sectionnement.

2.4.3 Estimations des besoins en eau

Le besoin en eau est très dépendant des circonstances locales. En l'absence de mesures de débit détaillées ou de données historiques, la moyenne journalière peut être obtenue en estimant la consommation domestique par personne et par jour (la dotation ou l'allocation par tête) et en la multipliant par le nombre de personnes à desservir. Il y a lieu de prévoir des allocations pour d'autres utilisations, par exemple, pour la desserte d'installations telles que hôpitaux et écoles, lesquelles, ajoutées à l'allocation par tête, donnent l'allocation globale brute qu'il faut multiplier par le rendement du réseau pour l'obtention d'allocation nette.

Lorsqu'il n'existe pas de meilleure information, la dotation globale peut être comprise entre 120 l et 300 l par personne et par jour en fonction des conditions sociales hors les besoins industriels spécifiques.

Il y a lieu de prendre en considération les accroissements futurs de population, de même que toute variation prévue de la consommation par tête.

Il y a lieu de prévoir des allocations appropriées pour les besoins industriels et d'autres besoins particuliers.

2.4.4 Pointe et dimensionnement

Lorsqu'il n'existe pas de meilleure information, on peut estimer que le facteur multiplicateur pour le jour de pointe tourne autour de 1,3 fois la demande moyenne journalière.

Le débit de l'heure de pointe en un jour quelconque gravite autour de deux fois le débit horaire moyen du jour considéré. Quand il y a stockage de l'eau chez le consommateur, les facteurs de débit pour l'heure de pointe peuvent être notablement inférieurs à ceux envisagés ci-dessus.

Ces deux facteurs de pointe sont inversement proportionnels à la taille et la population des agglomérations.

Les besoins industriels et autres influencent également les facteurs de débit.

Généralement les conduites principales et secondaires utilisées directement pour la distribution doivent être capables de fournir les débits de pointe horaire.

Les conduites alimentant les réservoirs doivent assurer les débits de pointe journalière.

2.4.5 Analyse du réseau maillé

L'analyse peut être conduite à l'aide d'un modèle mathématique d'une représentation simplifiée du réseau maillé.

Le système se base sur deux principes fondamentaux :

1° la somme algébrique des débits entrants et sortants d'un nœud, est nul.

2° la somme algébrique des pertes de charge produites le long d'un circuit fermé, est nul.

Il y a lieu d'identifier clairement les objectifs de l'analyse car ils déterminent le type de modèle requis en ce qui concerne les détails à y inclure et si un modèle statique (instantané ou situation ponctuelle) ou dynamique (simulation) convient.

2.5 Réservoirs

Un réservoir est une infrastructure étanche destinée à l'accumulation de l'eau pour la consommation humaine, l'usage industriel, la protection contre des incendies et l'arrosage des zones vertes, etc.(Norme EN 1508:1999).

Leur fonction est : la régulation, la réserve ou le maintien de pression ou une combinaison de ces fonctions.

La capacité doit être suffisante pour garantir l'approvisionnement de la zone desservie pendant 24 heures, y compris le volume de réserve contre l'incendie, et ne doit jamais être inférieure à la consommation d'une demi-journée de pointe.

Afin de faciliter les tâches d'exploitation et de maintenance, le réservoir est conçu, au moins, avec deux compartiments.

Les dispositifs de sectionnement, dérivation et contrôle sont centralisés dans des chambres de vannes, adossées au réservoir et facilement accessibles.

Malgré l'effort déployé pour l'intégration urbanistique des réservoirs, ces ouvrages placés nécessairement aux points élevés constituent une modification de l'environnement, effectivement incontestable d'où le recours à une solution alternative, surtout pour les réservoirs surélevés : Station de pompage à vitesse variable.

2.6 Pompage

Dans le cas d'un pompage vers un réservoir, les spécifications suivantes sont respectées:

- Le pompage est calculé pour fournir le débit moyen quotidien, pendant 24 heures, de la zone de desserte du réservoir.
- une pompe de réserve, alterne avec les autres. En cas de nécessité, l'ensemble des pompes peut enclencher simultanément.
- le pompage est programmé pour fonctionner automatiquement.

Dans le cas du pompage direct dans le réseau il est indispensable de vérifier les spécifications minimales suivantes :

- Le pompage est calculé pour fournir le débit de pointe instantané.
- Le fonctionnement des pompes est effectué au moyen de variateurs de fréquence, avec asservissement du groupe à la pression ou au débit de refoulement.

Le réseau en sortie de station de pompage ou de surpresseur doit être protégé contre les coups de bâlier. Une étude réalisée par un bureau d'études ou autre doit permettre de dimensionner la protection. Les données nécessaires à cette étude sont :

- Les caractéristiques de la pompe : point de fonctionnement, hauteur d'aspiration et de refoulement, vitesse de rotation,....
- Profil en long de la conduite de refoulement, nature du matériau, rugosité, longueur, présence de ventouses.
- Cote d'arrivée dans un réservoir.



A.1 TERRASSEMENT

1 Élimination des venues d'eaux

1.1 Généralités

Le chantier est organisé de manière à être débarrassé des venues d'eaux de toute sorte, les écoulements sont maintenus et toutes les mesures utiles prises pour que ceux-ci ne soient pas préjudiciables.

Les moyens d'épuisement nécessaires doivent être disponibles sur le site.

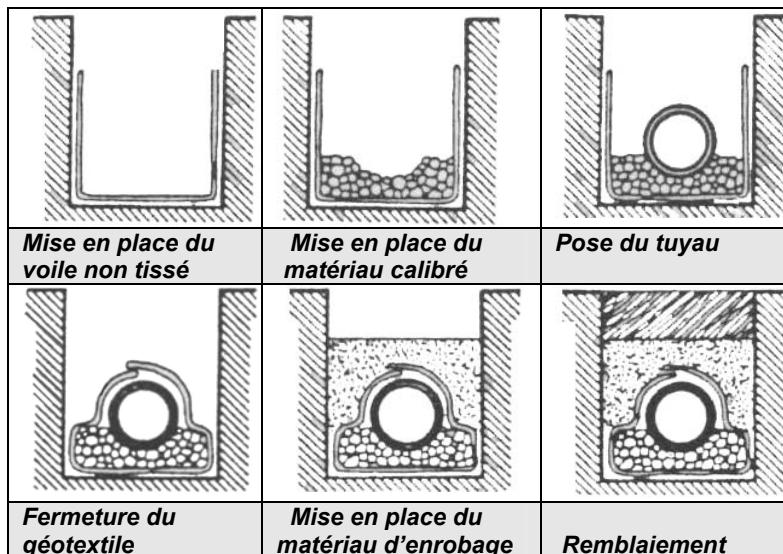
1.2 Drainage du fond de fouille

Dans le cas où un drainage temporaire, sous l'appui des tuyaux, est nécessaire, il est réalisé à l'aide de drains entourés d'une épaisseur suffisante de matériaux drainants.

Dans tous les cas, le drainage est obturé à intervalles appropriés avant remblai.

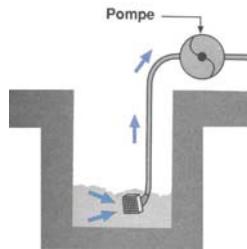
Il est préférable que le drain ne soit pas placé dans l'axe de la conduite, mais latéralement pour ne pas risquer de l'endommager lors de la pose des tuyaux et pour ne pas nuire à la stabilité de celle-ci.

En présence de sols fins et d'eau et comme il ne s'agit que d'un drainage temporaire, il est recommandé d'enrober les drains ou la couche de matériaux drainants d'une nappe géotextile pour éviter les entraînements de fines et la déconsolidation du lit de pose par la migration des éléments fins du sol ou de couche de matériaux drainants. Le géotextile fonctionne conformément à la norme NF EN 13252.



Les caractéristiques mécaniques minimales selon les normes AFNOR pour le Géotextile non tissé de type « Bidim » .

L'eau drainée est épuisée par une pompe de chantier dont la puissance ne dépasse pas, dans les situations courantes, 3KW.



1.3 Rabattement de nappe aquifère

Lorsqu'il se trouve au-dessous du niveau de la nappe aquifère, le fond de fouille est mis hors d'eau en abaissant ce niveau par un rabattement de nappe.

Il est recommandé d'effectuer le rabattement du niveau de la nappe ainsi que sa remontée en fin de travaux de manière progressive pour éviter la déstabilisation du sol en place.

Lorsque le rabattement de nappe ne peut être utilisé parce que le terrain ne s'y prête pas ou qu'il risque d'occasionner des dommages à l'environnement, il est fait appel à des techniques spéciales, comme par exemple, la technique de rabattement de nappe par pointes filtrantes.

L'étude théorique et les essais préalables doivent permettre de déterminer le nombre et la longueur des cannes de rabattement.

A défaut d'une telle étude, on lance les allonges 1m en dessous du niveau inférieur de la tranchée, plus 1m de longueur de crête, soit 2m au total.

Les cannes sont enfoncées à environ 0.5m du bord de la fouille, moyennant l'eau refoulée à l'intérieur de la crête par une pompe de lancement, à une pression de 5 à 8 kf/cm².

Toutes les cannes sont raccordées au collecteur par l'intermédiaire des flexibles.

<i>Trépan hélicoïdal</i>	<i>Implantation des pointes filtrantes</i>	<i>Rive droite : Batterie de pointes en fonctionnement</i>

Les pointes filtrantes sont habituellement limitées aux sols perméables allant de 10^{-6} à 10^{-3} m/s. Le rabattement de la nappe peut se faire en une seule fois jusqu'à une profondeur maximale de tranchée de 6.5 m environ.

1.4 Exécution des fouilles

1.4.1 Généralités

L'entrepreneur prend toutes les dispositions utiles pour éviter les éboulements et assurer la sécurité du personnel et des biens, conformément aux règlements.

Au cours des travaux, le dépôt de déblais et la circulation des engins sont organisés et les parois purgés des blocs de roche, pour éviter des décollements et éboulements.
Les déblais pour réutilisation en remblais sont disposés le long de la fouille.
Les terres en excédent ou impropre au remblaiement sont évacuées aux décharges.
Pendant l'exécution des travaux, toutes dispositions utiles sont prises pour assurer la sécurité des personnes et des biens ainsi que le soutien des conduites, câbles et autres ouvrages rencontrés pour qu'aucun dommage ne leur soit causé.

1.4.2 Travaux en zone rurale

Lorsqu'une tranchée est ouverte dans un terrain de culture ou une prairie, la terre végétale est déposée à part en vue de son réemploi.

Lorsqu'une tranchée est ouverte en terrain boisé, il est procédé au débroussaillage et si nécessaire à l'abattage des arbres avec ou sans dessouchage, et sauf demande contraire des propriétaires, au rangement des produits ou à leur évacuation.

1.4.3 Travaux en milieu urbain ou agglomération rurale

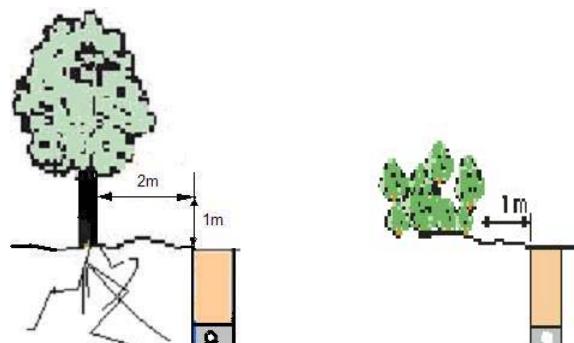
Lorsqu'une tranchée est ouverte sous une voie de circulation, trottoir ou chemin, il est procédé au découpage soigné des matériaux qui constituent le revêtement ainsi que ceux de la fondation, par une scie à sol ou un marteau-piqueur, sans ébranler ni dégrader les parties voisines.



L'utilisation d'engins dont les chenilles ne sont pas équipées spécialement pour n'apporter aucun dommage aux chaussées, est absolument interdite.

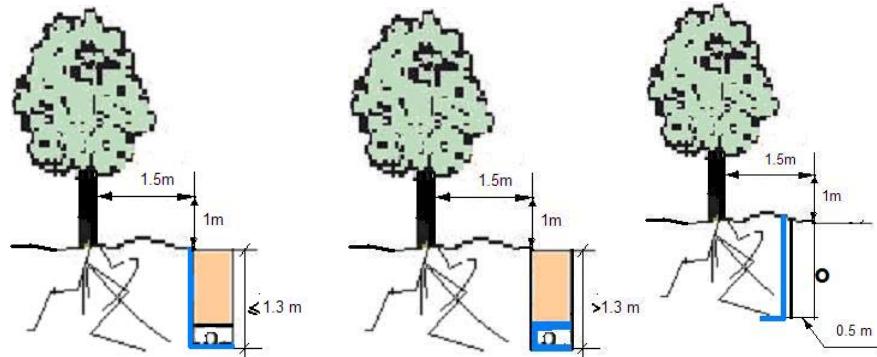
1.4.4 Proximité entre réseaux enterrés et arbres

Aucune implantation de réseau, à moins de 2m de distance des arbres et à moins de 1m de distance des végétaux tels qu'arbustes en massif ou en haie, ne sera réalisée sans protection particulière.



- Si en milieu urbain, les réseaux doivent être posés à une distance minimale de 1.5m, il est interdit de couper des racines de diamètre supérieur à 5cm. En plus il est nécessaire de

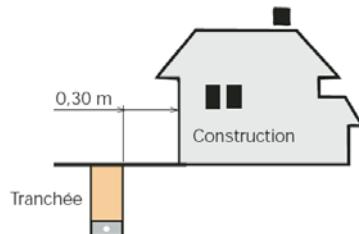
prévoir un système pour dévier et réorienter les racines, tel qu'un film plastique ou demi-coquilles ou fourreau :



- Pour protéger la mise en place d'un arbre à proximité d'un réseau existant, mettre un film 100% polypropylène de grammage $> 300\text{g/m}^2$ et laisser une distance minimale pour préserver la zone de remblayage de la tranchée.

1.4.5 Proximité des constructions

La tranchée longitudinale ne doit pas être située à proximité immédiate de constructions (y compris bordures ou caniveaux) pour ne pas les déstabiliser.



Une distance minimale de 0,30 m est à respecter sauf en cas d'impossibilité technique et après accord du gestionnaire du domaine public ou privé.

1.4.6 Dimensions des tranchées

En général on essaie de terrasser des tranchées avec un talus stable de manière naturelle. Cependant dans les réseaux urbains, par manque d'espace, on projette souvent celles-ci avec des talus verticaux, adoptant les mesures de sécurité nécessaires.

La largeur de la tranchée doit permettre l'assemblage des tuyaux et le compactage du remblai dans l'espace latéral.

Une banquette de 0,40m minimum est aménagée en surface le long de la fouille pour assurer la circulation du personnel et éviter la chute de matériaux dans la tranchée.

En cas d'affouillement latéral accidentel, une nouvelle découpe du revêtement et une reprise des terrassements à bord vertical seront réalisées afin de faciliter le compactage des matériaux de remblai.

La largeur minimale de la tranchée au fond, entre blindages s'ils existent, en fonction du diamètre nominal est au moins égale :

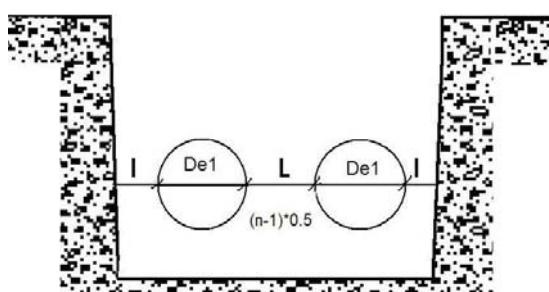
DN	Largeur minimale de tranchée (OD + X) m
DN ≤ 225	0,60
225 < DN ≤ 350	OD + 0,50
350 < DN ≤ 700	OD + 0,70
700 < DN ≤ 1200	OD + 0,85
1200 < DN	OD + 1,00

En fonction de la profondeur, la largeur minimale est au moins égale :

Profondeur de tranchée (m)	Largeur minimale de tranchée (m)
< 1,00	0,60
≥ 1,00 à ≤ 1,75	0,80
> 1,75 à ≤ 4,00	0,90
> 4,00	1,00

Si la tranchée est prévue pour recevoir plusieurs conduites d'eau potable, la largeur au fond entre blindages, s'ils existent, est:

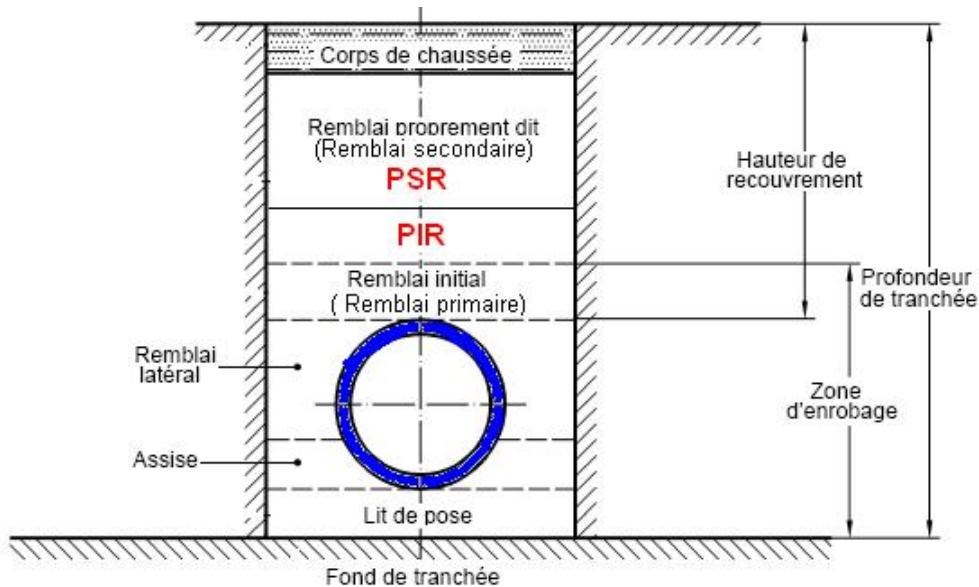
$$\left[\sum_{i=1}^n D_{ei} + (n-1) \cdot 0,5 + l_n + l_1 \right] ; \text{ où } l_n \text{ et } l_1 \text{ sont les valeurs des espaces latéraux .}$$



Les tranchées doivent respecter les hauteurs de recouvrement minimales (hors branchements) :

- 0.8 m sous le niveau supérieur de la chaussée ou des zones de stationnement existantes (la couverture doit être au moins égale à l'épaisseur de la structure de chaussée à remettre en place, majorée de 0.10 m ; elle doit également permettre la mise en place du dispositif avertisseur) ;
- 0.60m sous trottoir ou accotement.

1.4.7 Remblayage de la tranchée



Le remblayage des tranchées s'effectue au fur et à mesure de l'avancement des travaux conformément à la norme NF P 98-331 « Tranchées : ouverture, remblayage, réfection » et au guide technique pour le remblayage des tranchées publié par le SETRA .

De façon classique le remblayage est effectué par mise en place de couches successives, régulières et compactées dans la zone comprise entre le fond de fouille et la structure de chaussée :

- **sol** en place,
- **zone d'enrobage** constituée du lit de pose, de l'assise, du remblai latéral et du remblai initial,
- **zone de remblai** proprement dit composée des parties inférieures et supérieures du remblai.
- **Chaussée** : corps de chaussée.
- **Surface** : revêtement.

Zone	Définition	Propriétés d'usage
Fond de tranchée	Fond de tranchée	Plate-forme ayant une planéité et une portance naturelle ou renforcée, adaptée au réseau supporté
Zone d'enrobage	Comprend le lit de pose, le remblai initial, le remblai latéral et l'assise	Le lit de pose assure un appui continu pour le réseau Protection du réseau posé Stabilité apte à garantir la bonne tenue de la tranchée et du réseau dans le temps
Partie inférieure de Remblai (PIR)	Partie du remblai proprement dit ne jouant pas le rôle de couche de forme	Stabilité apte à garantir la bonne tenue de la tranchée dans le temps
Partie supérieure de Remblai (PSR)	Partie haute du remblai proprement dit jouant le rôle de couche de forme, sous la base du corps de chaussée ou la surface supérieure	Stabilité apte à garantir la bonne tenue de la tranchée dans le temps Aptitude à supporter des sollicitations dynamiques
Chaussée	Corps de chaussée	Aptitude à supporter les sollicitations du trafic
Surface	Revêtement, couche de surface, enduit superficiel,..	Adhérence routière Environnement visuel



Il est interdit d'abandonner dans les fouilles des corps métalliques, chutes de tuyaux, morceaux de bouches à clef, etc... afin de ne pas perturber une éventuelle détection magnétique ultérieure.

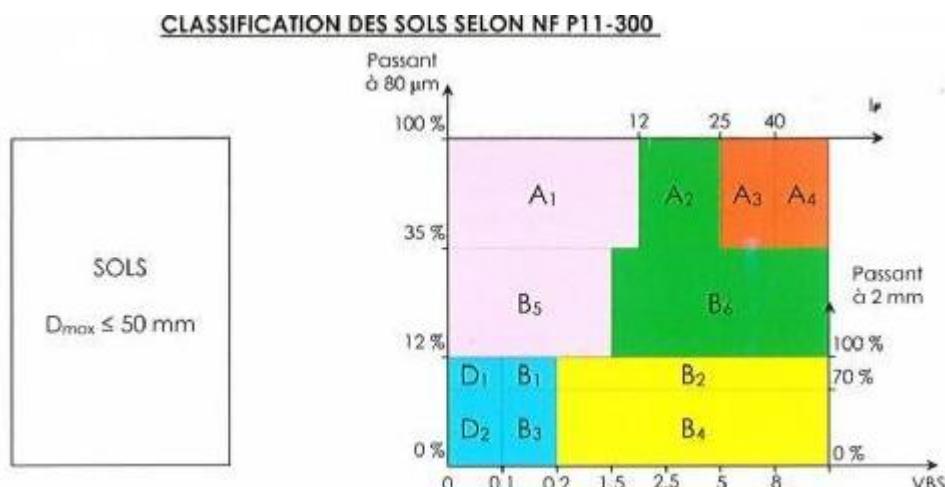
Dans le cas de tranchées importantes, en longueur et en profondeur, l'intervenant doit alors faire procéder à une étude géotechnique pour identifier et classer les déblais par référence à la « **classification des matériaux utilisables en remblai et en couche de forme** » définie par la norme NF P11-300, de manière à déterminer la possibilité et les conditions de réutilisation conformément au guide technique "remblayage des tranchées" (dernière édition du SETRA, LCPC) et à la norme NFP 98-331.

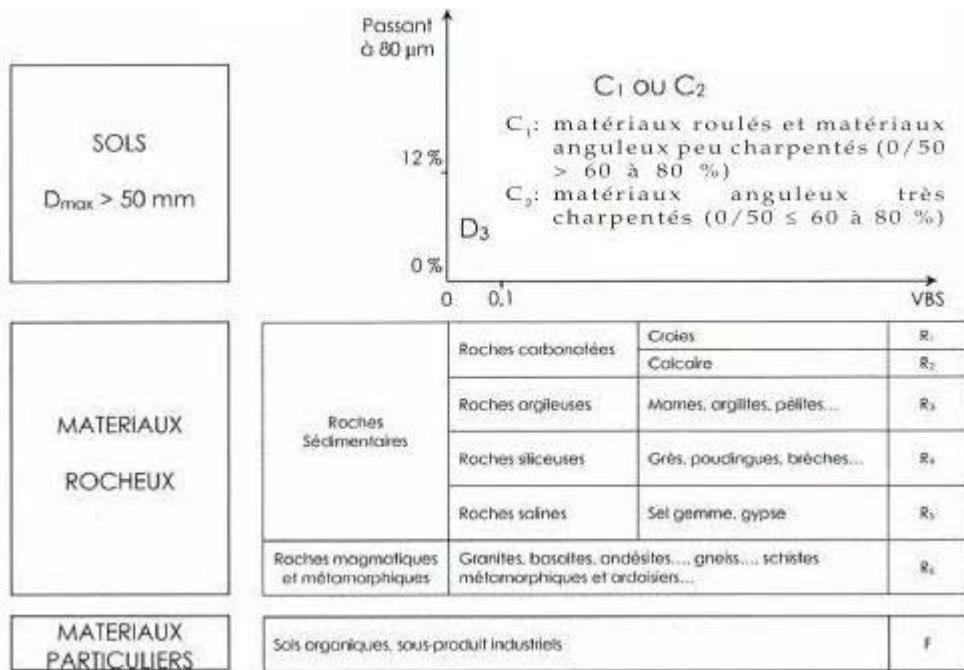
Cette classification distingue trois catégories de matériaux utilisables dans les tremblais et les couches de forme :

- Les sols
- Les matériaux rocheux
- Un certain nombre de sous produits industriels.

Il convient d'utiliser des matériaux de remblaiement adaptés aux sollicitations diverses subies par la canalisation (hauteur de couverture, charges roulantes, présence de nappe d'eau...)

Les qualités des matériaux interagissent sur le calcul de résistance mécanique des canalisations





1.4.7.1 Fond de fouille

On recommande une pente longitudinale de la tranchée de 0.2% au moins.

En général, on terrasse dans le sens ascendant de la pente, pour laisser écouler les eaux vers le point bas.

Toutes les précautions sont prises pour éviter l'inondation des tranchées ouvertes par le ruissellement superficiel.

Les travaux d'épuisement et évacuation des eaux doivent être effectués si nécessaire pour assurer l'installation satisfaisante de la conduite et le compactage des lits de pose.

Lorsque des bancs rocheux ou des maçonneries sont rencontrés, le fond de fouille est approfondi d'au moins 0,10 m. Le volume ainsi enlevé est remplacé par un matériau de granularité appropriée mis en place et compacté.

Après excavation totale des matériaux, et avant toute autre intervention, le fond de la tranchée devra faire l'objet d'un contrôle basé sur la résistance de pointe du sol sous-jacent au moyen d'un pénétromètre dynamique à énergie variable (norme XPP94-105), type PANDA par exemple, pour mettre en évidence toute anomalie du sol sous-jacent sur une profondeur de l'ordre d'un mètre. Les valeurs seuils de résistance de pointe (Rp) retenues sont les suivantes :

Rp supérieure ou égal à 4 MPa (bonne résistance de pointe du sol en place)

Rp inférieure à 4 MPa (substitution du sol in situ et mise en place d'un géotextile pour éviter toute contamination du matériau rapporté).

D'autre part, après ce contrôle pénétrométrique, le fond de la tranchée devra être systématiquement compacté par deux passes de compacteur de géométrie appropriée permettant d'assurer la stabilité et la planéité du réseau lors de sa mise en place.

La substitution consiste au retrait du matériau inadéquat et la mise en place d'un matériau sélectionné, comme le sable, gravier ou lest avec rajout de ciment ou produits chimiques si nécessaire.

Les conduites sont posées de sorte qu'il n'y ait ni appui ponctuel ni appui linéaire. Le lit de pose a pour mission d'assurer une distribution uniforme des charges sur la zone d'appui. Des niches sont creusées pour le logement des abouts et la confection des joints si leur nature le nécessite.

Les éléments capables de constituer un appui ponctuel seront expurgés pour éviter la concentration locale des contraintes.

1.4.7.2 Zone d'enrobage

Groupe de sol	Description	Classification selon la norme NF P 11-300
G1	Sables et graves propres concassés ($D_{max} < 50$ mm). Sables et graves peu silteuses.	D1, D2, D3 DC1, DC2, DC3 B1, B3 C1B1, C1B3, C2B1, C2B3
G2	Sables ou graves peu argileux	B2, B4 C1B2, C2B2 C1B4, C2B4
G3	Sables et graves très silteux, limons peu plastiques, sables fins peu pollués ($IP < 12\%$).	A1 B5 C1A1, C2A1, C1B5
G4	Sables et graves argileux à très argileux, sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques ($IP < 25\%$).	A2 B6 C1A2, C2A2 C1B6, C2B6
G5	Argiles, marnes et limons très plastiques ($IP > 25\%$).	A3 C1A3, C2A3 A4 C1A4, C2A4

Lorsque cela est techniquement possible les matériaux extraits du site avec ou sans traitement sont utilisés. Par exemple : les groupes de sol G1, G2, G3 et G4 définis dans la norme NF P11 - 300, sont utilisables en enrobage (lit de pose, assise, remblais latéraux et initiaux).

Par contre, Le groupe de sol G5 n'est pas utilisable en enrobage, car certaines argiles peuvent présenter des phénomènes de gonflement -retrait en fonction du degré d'humidification du sol.

Dans la **zone d'enrobage**, la dimension maximale D des matériaux doit respecter la condition suivante :

$D < 22$ mm pour le cas des réseaux de diamètre nominal **$DN \leq 200$ mm**
 $D \leq 40$ mm pour le cas des réseaux de diamètre nominal **$DN > 200$ mm**

Les **matériaux élaborés** de granulométrie **d/D** discontinue, élaborés principalement en carrière par criblage. Le terme d/D désigne les dimensions minimales et maximales en mm des granulats qui composent le matériau (par exemple : 5/15).

Ces matériaux, ne comportant pas de fines, sont **uniquement utilisés en zone d'enrobage en cas de présence de nappe phréatique (permanente ou temporaire)**.

Ils s'écoulent facilement autour de la conduite. Ces matériaux sont très difficilement compactables. Leur mise en place est obtenue simplement par un serrage mécanique des grains, à l'aide par exemple de 2 passes de plaque vibrante légère. Le contrôle de compactage par pénétromètre dynamique à énergie constante (norme XP P 94-063) n'a pas lieu, de ce fait, d'être réalisé.

- En cas de risque d'entraînement de fines issues du sol environnant, il est nécessaire d'envelopper le lit de pose par un filtre géosynthétique,

Cas particulier :

Les sables de lavage produits par le site de la station d'épuration des eaux usées et après avoir subi un mûrissement, pourront être utilisés en zone de pose (lit de pose et zone d'enrobage) uniquement dans les tranchées assainissement.

1.4.7.3 Remblai

La dimension maximale D des matériaux utilisables en tranchées est définie dans la norme NF P 98-331. Dans la zone de **remblai proprement dit**, comprenant la Partie Inférieure de Remblai (**PIR**) et la Partie Supérieure de Remblai (**PSR**) :

- **D < 1/10** de la largeur de tranchée,
- **D < 1/5** de l'épaisseur de couche compactée ;

Tous les chantiers de longueur inférieure à 50 mètres, et pour les autres chantiers qui n'ont pas fait l'objet d'étude, le remblayage est obligatoirement réalisé en matériaux d'apport (en principe de classe D2) correctement mis en oeuvre.

Matériaux utilisables en remblayage du PIR et de la zone d'enrobage

Sols	Symbol des classes de sols NF P 11-300
Sols fins ¹⁾	A1h ; A1m ; A1s ; A2h ; A2m
Sols sableux et graveleux avec fines	B1 ; B2h ; B2m ; B2s ; B3 ; B4h ; B4m ; B4s ; B5h ; B5m ; B5sB6h ; B6m
Sols comportant des fines et des gros éléments ²⁾	C1A1h ; C1A1m ; C1A2h ; C1A2mC2A1h ; C2A1m ; C2A2h ; C2A2mC1B2h ; C1B2m ; C1B4h ; C1B4mC1B5h ; C1B5m ; C1B6h ; C1B6mC2B2h ; C2B2m ; C2B4h ; C2B4mC2B5h ; C2B5m ; C2B6h ; C2B6m
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments ²⁾	C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3
Sols insensibles à l'eau	D1 ; D2 ; D3
Autres matériaux	Caractéristiques pour la mise en œuvre
Matériaux élaborés	Difficulté de compactage : DC1 ; DC2 ; DC3 ²⁾
Matériaux auto-compactants excavables	Se référer aux conditions d'utilisation spécifique ³⁾

1) L'emploi de matériaux fins de type A3 est possible sous réserve de l'avis d'un géotechnicien.
 2) Selon les critères dimensionnels du D_{max} figurant au 1.4.7, un criblage peut être nécessaire.
 3) Certaines formulations peuvent conduire à une augmentation de la résistance et à réduire l'excavabilité des matériaux. L'utilisation de ces matériaux, notamment en partie supérieure de remblai ou en corps de chaussée hors couches de surface, est conditionnée à une étude spécifique (compatibilités chimiques, résistances mécaniques, excavabilité, etc.).

En zone d'enrobage, si des risques existent pour la pérennité des réseaux, il convient de préférence de choisir des matériaux facilement compactables. Les matériaux recommandables dans ce contexte sont : B1, B3, D1, D2 ou DC1 et, si les dimensions le permettent C1B1, C1B3 ou D3.

Matériaux utilisables en remblayage du PSR

Pour le remblayage de la zone constituant la partie supérieure de remblai n'ont été retenus que des matériaux ne présentant pas un comportement dit « sensible à l'eau ». Cette position se justifie pour garantir un support minimal pour la mise en œuvre de la couche de fondation dont la portance soit de 50 MPa, dans l'environnement hydrique.

Sols	Symbol des classes de sols NF P 11-300
Sols sableux et graveleux avec fines (non argileuses)	B1 — B3
Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments	C1B1 — C1B3 — C2B1 — C2B3- C2B1 — C2B3 C1B4 — C2B4 après élimination de la fraction fine 0/d
Sols insensibles à l'eau	D1 — D2 — D3
Autres matériaux	Caractéristiques pour la mise en œuvre
Matériaux élaborés	Difficulté de compactage : DC1 ; DC2 ; DC3
Matériaux auto-compactants excavables	Se référer aux conditions spécifiques d'utilisation

Si l'épaisseur de remblai de la partie inférieure de remblai ne dépasse pas 0,15 m, le choix du matériau est obligatoirement celui utilisé en partie supérieure de remblai.

1.4.8 Compactage

Des sols ou des matériaux mal mis en place dans une tranchée engendrent des dégradations sous forme de tassement des matériaux, d'altération de la chaussée et de fissures parallèles à la tranchée. Seul un bon niveau de qualité de compactage peut minimiser ces effets néfastes.

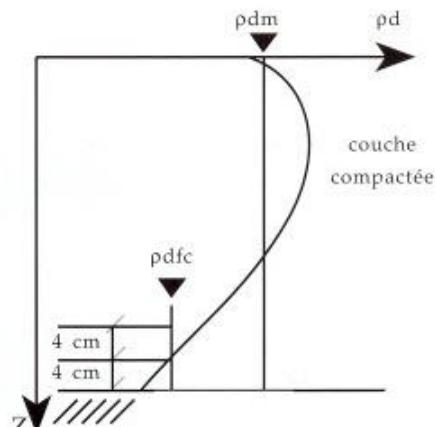
Le compactage et l'épaisseur de chaque couche de remblayage ainsi que l'intensité de compactage seront déterminées selon les prescriptions du guide technique – Remblayage des tranchées (LCPC – SETRA) de mai 1994.

1.4.8.1 Objectifs de densification

Avec la mise en œuvre par couche et les matériels actuels, on observe en effet une variation de la masse volumique sèche sur la hauteur de la couche compactée, comme l'illustre la figure ci-dessous. Pour s'assurer d'un compactage correct, ceci conduit à considérer deux indications :

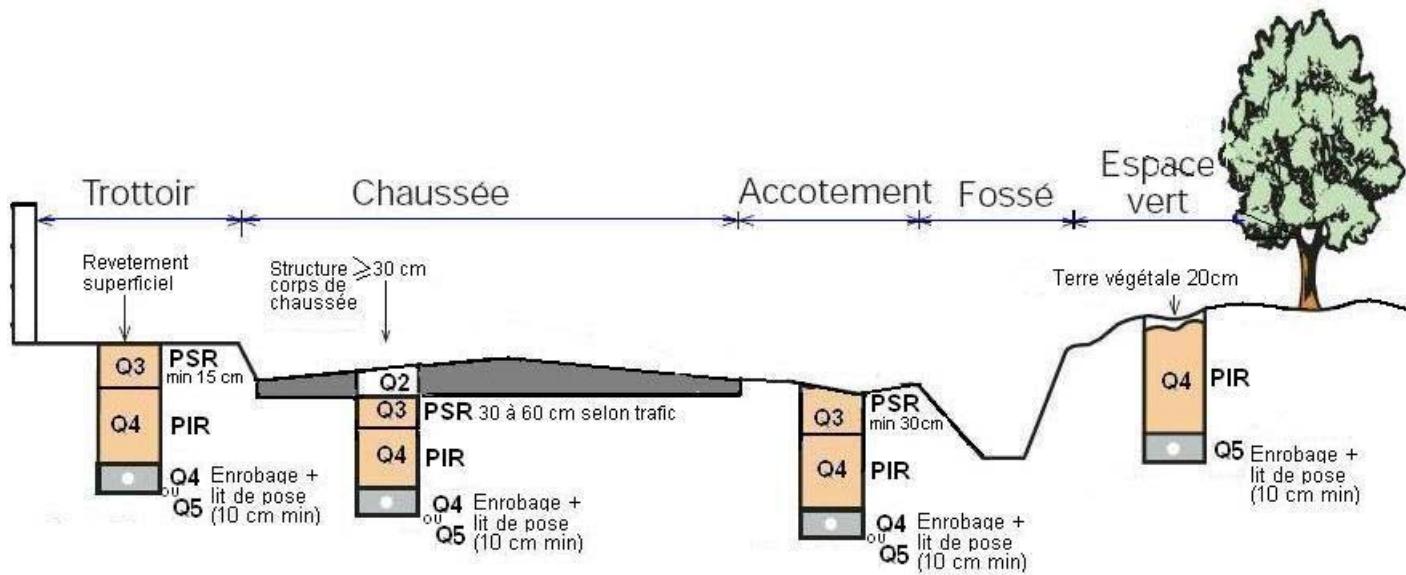
ρ_{dm} : masse volumique sèche moyenne sur toute l'épaisseur de la couche compactée.

ρ_{dfc} : masse volumique sèche en fond de couche ; c'est-à-dire la valeur moyenne sur une tranche de 8 cm d'épaisseur située à la partie inférieure de la couche compactée.



Variation de la masse volumique sèche sur la hauteur de la couche compactée.

Les objectifs de densification sont l'expression de qualités requises ou de résultats à obtenir pour répondre à des objectifs d'usages.



L'objectif de densification q2, requis pour la réfection des chaussées répond à divers objectifs d'usages des matériaux des couches de chaussées que l'on peut synthétiser schématiquement par un objectif de monolithisme.

L'objectif de densification q3, requis en partie supérieure de remblai (P.S.R), permet d'obtenir « l'effet d'enclume » nécessaire pour obtenir l'objectif de densification q2 des couches de chaussées. Il permet aussi par les variations d'épaisseur de la P.S.R, d'isoler de l'influence du trafic poids lourd (PL), les matériaux mis en place avec l'objectif de densification q4.

Les matériaux doivent être insensibles à l'eau, pour garantir un module d'au moins 50 MPa, quelque soit l'environnement hydrique rencontré.

L'épaisseur de matériaux de la partie supérieure de remblai est adaptée à l'importance du trafic et à la nature des matériaux utilisés, comme indiqué dans le Tableau suivant :

	Zone industrielle, portuaire, gare routière Nbre de PL ptac > 35 kN	Trafic interurbain ou traversée d'agglomération Nbre de PL ptac > 35 kN	Trafic urbain ou périurbain Nbre de PL ptac > 35 kN	Épaisseur de matériaux en q3 (partie supérieure de remblai)
Fort trafic	> 75	> 190	> 375	≥ 0,60 m ou ≥ 0,40 m *)
Trafic moyen	25 à 75	60 à 190	125 à 375	≥ 0,45 m ou ≥ 0,30 m *)
Faible trafic	< 25	< 60	< 125	≥ 0,30 m

*) La valeur la plus faible est admise si les matériaux de la partie inférieure de remblai sont de même nature que ceux de la partie supérieure.

q4, défini par la norme NF P 98-331 pour les couches inférieures correspondant à la Partie Inférieure de Remblai (PIR) et de la zone de pose.

Le lit de pose et l'enrobage du réseau seront remblayés en sable de granularité 0/4 mm ou 0/5 mm appartenant à la classe géotechnique D1 ou B1.

Dans le cas où l'épaisseur de matériau de niveau d'objectif q4 ne dépasserait pas 15cm, le remblai est obligatoirement réalisé avec le même matériau que celui de la partie supérieure de remblai **q3**

L'application systématique de l'objectif q4 est jugée trop contraignante dans certains cas de tranchées, notamment dans les zones à forte densité de réseaux d'où l'introduction de **l'objectif q5** pour la zone d'enrobage des réseaux défini par la double condition :

- valeur minimale de masse volumique moyenne **pdm = 90% pd OPN**
- valeur minimale de masse volumique en fond de couche **pd_{fc} = 87% pd OPN**

Les masses volumiques sont 5% inférieures à celles de l'objectif q4.

q5 est limité aux zones d'enrobage des tranchées dont la hauteur de recouvrement est supérieure ou égale à 1,30 m et en cas d'encombrement des réseaux ou de difficultés d'exécution particulières et ce lorsque l'objectif q4 n'est pas demandé.

La zone d'enrobage des tranchées peu profondes doit répondre à l'objectif de densification q4.

Objectif de densification	Exigences	Utilisation en tranchées
q1	$pdm \geq 100\% pdOPN$ $pdfc \geq 98\% pdOPN$	Non accessible au petit matériel de compactage
q2	$pdm \geq 97\% pdOPN$ $pdfc \geq 95\% pdOPN$	Chaussée
q3	$pdm \geq 98,5\% pdOPN$ $pdfc \geq 96\% pdOPN$	Partie supérieure de remblai
q4	$pdm \geq 95\% pdOPN$ $pdfc \geq 92\% pdOPN$	Remblai Zone d'enrobage des tranchées de hauteur de recouvrement < 1,30 m et certaines tranchées de hauteur de recouvrement $\geq 1,30\text{ m}$
q5	$pdm \geq 90\% pdOPN$ $pdfc \geq 87\% pdOPN$	Zone d'enrobage (uniquement pour les tranchées dont la hauteur de recouvrement $\geq 1,30\text{ m}$ où q4 n'est pas exigé).

Remarques :

- ❖ Les valeurs **pdm** et **pd_{fc}** sont à considérer comme des repères mais ne doivent pas être retenues comme prescriptions de compactage (non pertinence de la référence Proctor pour de nombreux matériaux, impossibilité factuelle d'assurer un contrôle factuel et précis de l'ensemble des travaux par mesure de masse volumique, notamment pour ce qui concerne le fond de tranchée).
- ❖ **Matériau autocompactant** : Ce produit à base de liant hydraulique, faiblement dosé en ciment, ne nécessite pas de compactage ni de vibration lors de sa mise en oeuvre et il doit être réexcavable à long terme. La réexcavation indique que le matériau doit pouvoir être excavé manuellement sans utiliser de moyen mécanique lourd. On distingue deux types de produits :
 - Les matériaux essorables qui utilisent le principe des remblais hydrauliques : la fluidité nécessaire à la mise en oeuvre est due à leur teneur en eau élevée. Leur capacité portante est obtenue essentiellement par l'évacuation d'une forte partie de cette eau (40 à 50%) dans les matériaux encaissants et par la prise et le durcissement du liant. Il convient

de s'assurer que le sol encaissant a une perméabilité suffisante pour permettre l'évacuation de cette eau ;

- Les matériaux non essorables dont la fluidité est obtenue par l'utilisation d'adjuvants – parfois spécifiques – et la capacité portante par la prise et le durcissement du liant.

Ces matériaux sont ***utilisables tant en zone d'enrobage, qu'en remblai*** en prenant en compte les contraintes inhérentes à chaque chantier.

1.4.8.2 Matériel de compactage

Le compactage est destiné à donner aux matériaux mis en place une densité optimale sur toute la surface et l'épaisseur de la couche.

Pour assurer un bon compactage, on se réfère à la densité définie par l'essai Proctor sur les matériaux utilisés.

On distingue 3 grandes catégories de matériels, classés suivant leur morphologie ou leur mode d'action :

- Les compacteurs vibrants de largeur de compactage $L < 1.30$ classés PVi
-



- Les plaques vibrantes classées PQi



- Les pilonneuses vibrantes et à percussion classées PNi, PPi

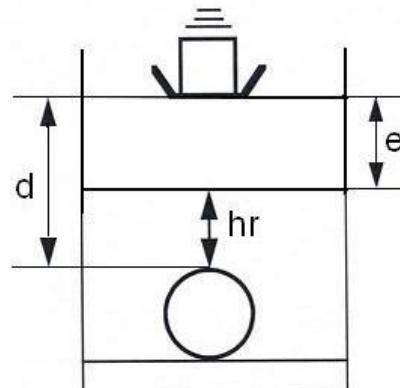


Il faut respecter une distance minimale entre la canalisation et la partie active du compacteur :

Classe de compacteur	PV1 - PV2 - PV3 PQ1 - PQ2 - PN0 - PN1	PV4 - PQ3 - PQ4 PN2 - PN3	PP2
Distance en (m)	0,25	0,40	0,55*

*L'utilisation des pilonneuses PP2, matériel engendrant des contraintes importantes est à considérer avec prudence au dessus des canalisations.

Le matériau d'enrobage recouvre généralement la canalisation d'une épaisseur de 10 cm. Si hr (hauteur de recouvrement) est comprise entre 10 et 30 cm maxi., l'épaisseur e de matériaux à compacter est : $e=d-hr$.



Le nombre de passes reste celui indiqué dans les tableaux de compactage

Nota : Lors des remblayages de tranchées fortement encombrées, le compactage sous les réseaux existants peut être effectué manuellement à l'aide d'un pilon.

1.4.8.3 Modalités de compactage

Pour chaque classe ou sous classe de matériaux définie dans la classification, les tableaux indiquent les conditions de mise en oeuvre à respecter en fonction de la situation météorologique constatée au moment où le matériau est mis en remblai. Ne sont indiqués dans ces tableaux que les conditions particulières qui sont considérées comme nécessaires dans chaque cas à l'obtention de la qualité.

En fonction de l'objectif de densification à q_5, q_4, q_3, q_2 liée à la position de la couche à compacter, on choisit le tableau correspondant.

Modalités de compactage : objectif de densification q5

le tableau ci-après, donne pour l'objectif de densification q5 toutes les possibilités permises par les petits matériels de compactage dont les classes sont définies dans la norme NF P 98-736 . Le tableau regroupe par ligne les sols assimilables en terme de compactage. Pour une classe de compacteur et un groupe de sols (complété de l'état d'humidité h, m, s pour les sols sensibles à l'eau), la cellule du tableau donne les conditions de compactage : e , épaisseur maximale compactée (en cm), n : nombre de passes du compacteur (1aller et retour = 2 passes). Le tableau tient compte des distances minimales à respecter entre la partie active du compacteur et la conduite. Une case grisée du tableau signifie donc qu'il n'y a pas de possibilité en respectant ce critère (25 cm ou 40 cm suivant le compacteur) d'obtenir l'objectif de densification q5 dans ce cas.

Nature (*)	Etat (1)	Para.	PV1	PV2	PV3	PV4	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PN0	PN1	PN2	PN3	PP1	Commentaires
B1-B3-R43 C1B1-C1B3 D1-D2-D3 F31-F32 [DC1-DC2]	- n	e n	25 3	30 2	35 2	55 2	25 3	30 2	50 2	65 2	30 2	50 2	65 2	80 2	35 2	Non argileux non très anguleux, et assimilés (**)
C2B1-C2B3 R21-R41 R61 [DC3]	- n	e n	25 4	30 2	40 3		25 4	40 3	50 2		30 2	45 2	60 2			Non argileux très anguleux et assimilés (**)
B2-B4-C1B2 C1B4-F61 F62	h n	e n	30 2	45 2	60 2	70 2	35 2	50 2	55 1	70 1	55 2	55 1	65 1	80 1	35 1	Faiblement argileux non très anguleux et assimilés (**) sauf C1Bi à l'état s
	m n	e n	25 2	35 2	45 2		25 2	40 2	65 2	35 2	45 2	60 2	70 2	35 2		
	s n	e n		30 3	40 3			25 4	50 3		25 3	40 3	50 3			
A1-B5 C1A1-C1B5 C2A1-C2B2 C2B4-C2B5 F2-F41 F71-R22 R23-R42 R62-R63	h m n	e n		35 2	50 2			25 3	45 2		35 2	45 2	60 2			Sileux ou argileux peu plastiques, et assimilés (**) sauf sols C1 ou C2 en s
									40 3		25 3	40 4	40 3			
	s n	e n														
A2-B6 C1A2-C1B6 C2A2-C2B6	h m s	e n n			40 2				40 3			40 3	45 3			Matériaux Argileux
									40 4				40 2			
R11-R12 R13	h, m n	e n											40 4			Craies

Tableau de compactage en objectif q5.

(*) Nature ou Difficulté de Compaction [DCi] pour les matériaux élaborés utilisés en technique routière.

(**) L'assimilation ne concerne que le compactage.

(1) Etat hydrique : h (humide), m (moyen), s (sec).

Remarque : La classe de compacteurs PP2 n'apparaît pas en raison des risques de dommages des conduites.

Modalités de compactage : objectif de densification q4

Nature	Etat		PV1	PV2	PV3	PV4	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PN0	PN1	PN2	PN3	PP1	PP2
B1-B3-C1B1 C1B3-D1-D2- D3-F31	e n		15 10	20 9	25 8		15 10	20 8	30 8		20 6	25 6	30 6		25 6	
C2B1-C2B3 R21-R41-R61	e n			15 8	20 8			15 10	20 8		15 8	20 8	20 6		20 8	
C1B4 (1)-C2B4 (1)-R22-R42- R62-F71	e n			15 8	20 8		15 10	20 10	20 7		15 6	20 6	25 6		20 6	
R11	e n V									15 10			15 10	20 10		
[DC1]	e n		20 10	25 8	30 7		20 10	30 8	35 7		25 8	30 6	35 6			
[DC2]	e n		15 10	20 9	25 8		15 10	20 8	30 8		15 6	25 6	30 6			
[DC3]	e n			15 10	15 8			15 10	20 8		15 10	20 10	20 7			
	m e n			15 8	20 8		15 10	20 10	20 7		15 6	20 6	25 6		20 6	
B2-B4-C1B2 C1B4-C2B2 C2B4-F61-F62	s e n				15 10					15 10			15 9			
A1-B5-B6 traités	m e n				15 12								15 10			

Modalités de compactage : objectif de densification q3

Nature	Etat		PV1	PV2	PV3	PV4	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PN0	PN1	PN2	PN3	PP1	PP2
B1-B3-C1B1 C1B3-D1-D2- D3-F31		e n		15 10	20 9	25 8			15 10	20 8	30 8		20 6	25 6	30 6	25 6
C2B1-C2B3 R21-R41-R61		e n			15 8	20 8			15 10	20 8		15 8	20 8	20 6		20 8
C1B4 (1)-C2B4 (1)-R22-R42- R62-F71		e n			15 8	20 8		15 10	20 10	20 7		15 6	20 6	25 6		20 6
R11		e n V									15 10			15 10	20 10	
[DC1]		e n		20 10	25 8	30 7			20 10	30 8	35 7		25 8	30 6	35 6	
[DC2]		e n		15 10	20 9	25 8			15 10	20 8	30 8		15 6	25 6	30 6	
[DC3]		e n			15 10	15 8				15 10	20 8		15 10	20 10	20 7	
B2-B4-C1B2 C1B4-C2B2 C2B4-F61-F62	m	e n			15 8	20 8			15 10	20 10	20 7		15 6	20 6	25 6	40 6
	s	e n				15 10				15 10				15 9		
A1-B5-B6 traités	m	e n				15 12								15 10		

Modalités en assise de chaussées : objectif de densification q2

Difficulté de compactage		PV1	PV2	PV3	PV4	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PN0	PN1	PN2	PN3	PP1	PP2
[DC1]	e		15	20	30		15	25	30		20	25	30		
	n		12	10	10		10	10	8		8	8	7		
[DC2]	e		15	20	25		15	20	25		15	20	25		
	n		16	14	12		14	12	10		10	9	8		
[DC3]	e			15	20			15	20			15	20		
	n			16	16			14	12			10	10		

Modalités en couche de roulement

Nature		PV1	PV2	PV3	PV4	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PN0	PN1	PN2	PN3	PP1	PP2
Béton bitumineux de type entretien	e		8	8	8			8	8						
	n		14	8	5			14	8						

Remarque : les éléments contenus dans les tableaux n'intéressent que le compactage et ont trait aux modalités d'emploi des matériels au strict point de vue efficacité. En pratique d'autres contraintes ou préoccupations sont à prendre en compte (étrésillons, encombrement...).

la grande majorité des cas peut être solutionnée au moyen des prescriptions des tableaux. Lorsque le cas de chantier n'est pas parfaitement représenté et lorsque le volume concerné est relativement important, il peut y avoir parfois intérêt à effectuer une table d'essai

1.4.8.4 Contrôle

Les contrôles ont pour objet de garantir l'absence de tassements futurs des remblais, la pérennité de la chaussée après sa réfection. Ces contrôles se font sur l'identification des matériaux de remblayage, la classification du compacteur utilisé, le respect des épaisseurs de couches des matériaux de remblayage et le nombre de passes.

On préconise pour ce contrôle l'essai au Pénétromètre dynamique léger de type PANDA, à énergie variable (Norme XP-P-94-105) dont l'idée principale consiste à enfoncer un train de tiges manuellement dans le sol, à l'aide d'un marteau standardisé.

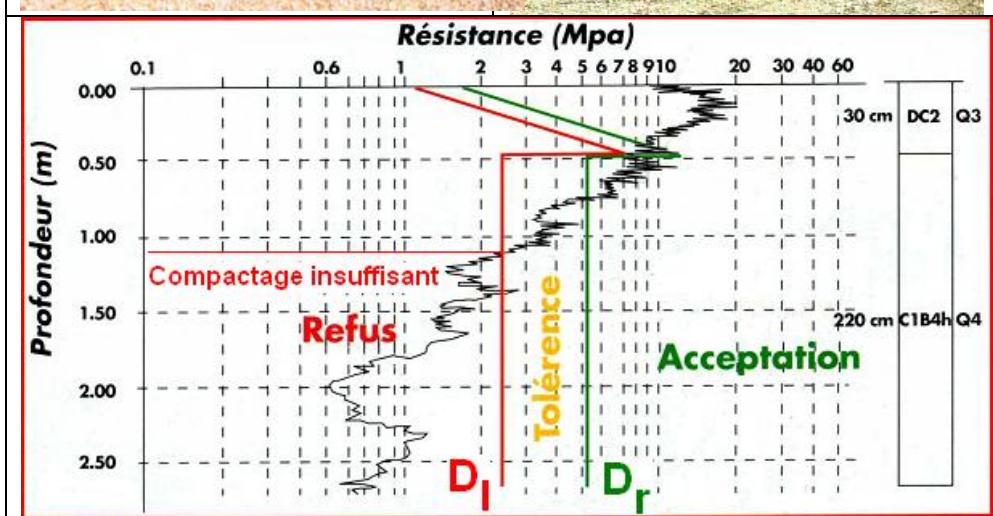
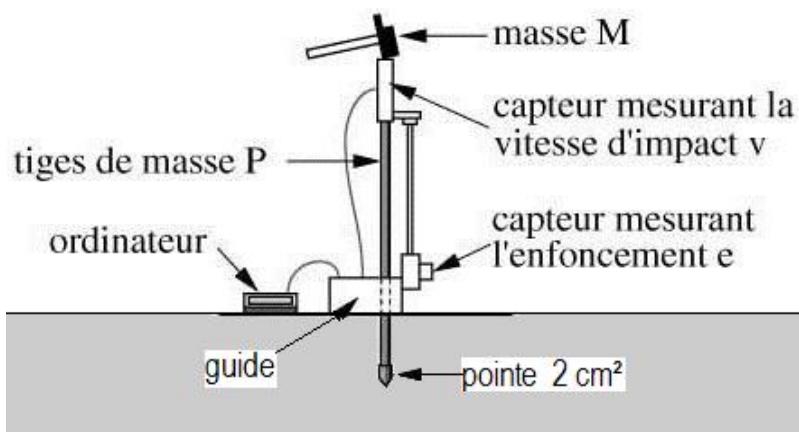
Pour chaque coup donné, des capteurs mesurent la vitesse du marteau au moment de l'impact, ce qui permet de déterminer l'énergie fournie au reste du dispositif. Dans le même temps la valeur de l'enfoncement de la pointe est mesurée. Sur base de ces deux informations, le boîtier calculateur détermine la résistance de pointe qd en utilisant, d'après le constructeur, la formule des Hollandais (eq. 1) et mémorise, pour chaque coup de marteau, le couple profondeur-résistance correspondant.

Les données sont transmises à un micro-ordinateur compatible PC et sont, par la suite, traitées à l'aide d'un logiciel fourni avec l'appareil.

Des pointes fixes non débordantes de 2 cm^2 servent au contrôle de compactage.

$$q_d = \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{2} \frac{M v^2}{e} \cdot \frac{M}{(M+P)} \quad (\text{eq.1})$$

avec :
 M = masse frappante (kg),
 P = masse "frappée" (tige + pointe) (kg),
 e = Enfoncement de la pointe sous le choc (m),
 A = section de la pointe (m^2),
 v = vitesse de la masse frappante.



Définitions

La valeur limite qL de la résistance à la pénétration dynamique est, à une profondeur donnée Z, la valeur minimale en deçà de laquelle q ne doit pas descendre pour vérifier que le niveau de masse volumique r_{min} est atteint (fonction B)

La valeur de référence qr de la résistance à la pénétration dynamique est, à une profondeur donnée z, la valeur moyenne aux environs de laquelle se situe q lorsque la masse volumique correspond à une valeur moyenne prescrite r_{moy} (fonction B)

l'utilisation de qR est une aide à l'interprétation. Elle complète l'utilisation de qL.

Les droites de refus ou limite D1 et de référence Dr, résultent de l'étalonnage de l'appareil. La courbe obtenue traduit le fait que la densification est conforme aux exigences.

L'échelle verticale descendante de la profondeur est graduée en mètres, avec des graduations intermédiaires adaptées à la profondeur maximale de mesure.

L'échelle horizontale des résistances à la pénétration dynamique q est logarithmique et croissante de la gauche vers la droite. Elle comporte au minimum un intervalle de valeurs entre 0,1 MPa et 20 MPa..., avec des graduations intermédiaires à 0,5 MPa, 1 MPa, 5 MPa et 10 MPa.

Il est recommandé de porter à la même échelle tous les graphiques d'une même zone.

Fréquence du contrôle en fonction du linéaire de tranchée :

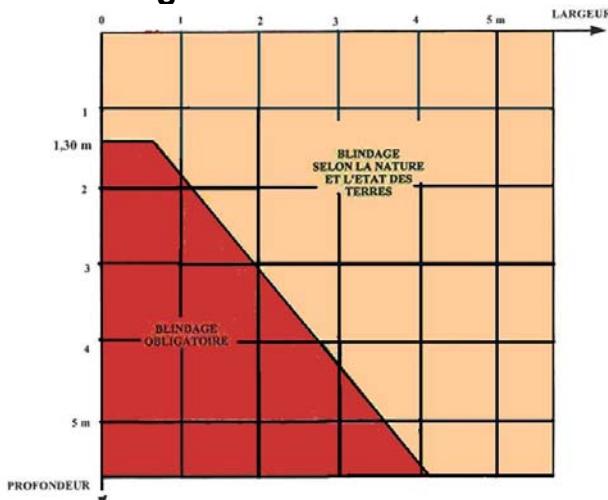
Linéaire	< 5 m	20 m	100 m	500 m	>500m
Nombre de points de mesure	1	2	4	8	1pt tous les 200m supplémentaires

l'interprétation des essais pénétrométriques se fait conformément à la fonction B de la norme XP-P 94-105 avec une classification en quatre types d'anomalies, définies en fonction des positions relatives du pénétrogramme et de qL et qR, dans le sens croissant du niveau de gravité .

Les épreuves de compactage portent sur la totalité des remblaiements ainsi que sur la zone d'enrobage jusqu'au niveau du lit de pose, voire de la substitution,

En cas d'essai non conforme, il est procédé à un contre-essai sur le même tronçon ; si le résultat du premier est confirmé, le tronçon est déclaré non conforme et devant être remis en état ; si le résultat est infirmé, un troisième essai est réalisé dont le résultat déterminera la conformité du tronçon.

1.4.9 Etalement et blindage des fouilles



Les fouilles en tranchée de plus de 1,30 mètre de profondeur et d'une largeur égale ou inférieure aux deux tiers de la profondeur doivent, lorsque leurs parois sont verticales ou sensiblement verticales, être blindées, étrésillonnées ou étayées (Article 66 du décret n°65-48 du 8 janvier 1965 – Titre 4)

1.4.9.1 Paramètres de stabilité de la tranchée

Les terrains dans lesquels on ouvre les tranchées peuvent être classés en trois catégories en fonction de leur cohésion :

- Terrains rocheux tel que grés ou calcaire de, de très grande cohésion, où le terrassement est difficile à réaliser et risque permanent de chute de blocs.
- Terrain boulant, de cohésion nulle, ce sont les sols pulvérulents secs ou gorgés d'eau tels que sable, vase ...
- Terrain meuble, ce sont tous les terrains non définis dans les deux catégories précédemment définies, peuvent être classées dans cette dernière. Ce sont les plus répandus. leur cohésion permet une stabilité provisoire et aléatoire de la tranchée, mais sa modification par les facteurs extérieurs, peut provoquer des éboulements instantanés.

La cohésion d'un sol est la propriété qui permet de résister à un effort de cisaillement et de maintenir une paroi en équilibre. Cette propriété est modifiée par les conditions météorologiques et les surcharges et vibrations des engins à proximité.

Pour prévenir les éboulements, deux solutions possibles :

- Talutage
- Blindage

1.4.9.1.1 Talutage



Aménagement qui consiste à donner aux parois une倾inéation qu'on appelle angle de talus et qui permet d'assurer la stabilité, sans risque d'éboulement. Cet angle est proche de l'angle ϕ de frottement intérieur du terrain qui dépend de la nature du terrain traversé.

Nature de terrain	ϕ (degrés)		Masse volumique (kg/m³)
	Terrain sec	Terrain immergé	
Rocher dur : grés, granite et calcaire	80 à 90	80	2700
Craie	55	55	1250

Terre végétale	45	30	1250
Sable argileux	45	30	1650
Marne	40	20	1700
Gravier	35	30	1500
Sable fin	30	20	1600

A cause de la largeur d'ouverture de la fouille qu'il entraîne, le talutage n'est pas toujours possible. Il faut alors blinder

1.4.9.1.2 Blindage

Un blindage est constitué de deux parois métalliques ou en bois continues ou discontinues qui sont maintenus contre le terrain par des étrésillons.

Un bon blindage est une protection qui évite l'éboulement et l'ensevelissement du personnel. Pour être efficace, il doit répondre aux qualités suivantes :

- Résistance pour reprendre tous les efforts même les dissymétriques
- S'opposer à la décompression des sols
- Pose et dépose sans risques

Les efforts appliqués sur les blindages sont constitués par la pression résultant de la poussée des terres :

$$P = 0,75 \cdot \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2(\pi/4 - \varphi/2)$$

P : poussée en (kgf/cm²)

γ : Masse volumique du terrain (kg/m³)

H : profondeur totale de la tranchée(m)

φ : l'angle de frottement intérieur du terrain (radian)

Pour des raisons de facilité de mise en place, le blindage posé dans une tranchée est le même sur toute la hauteur et la dimension de façon à résister à la poussée P la plus défavorable.

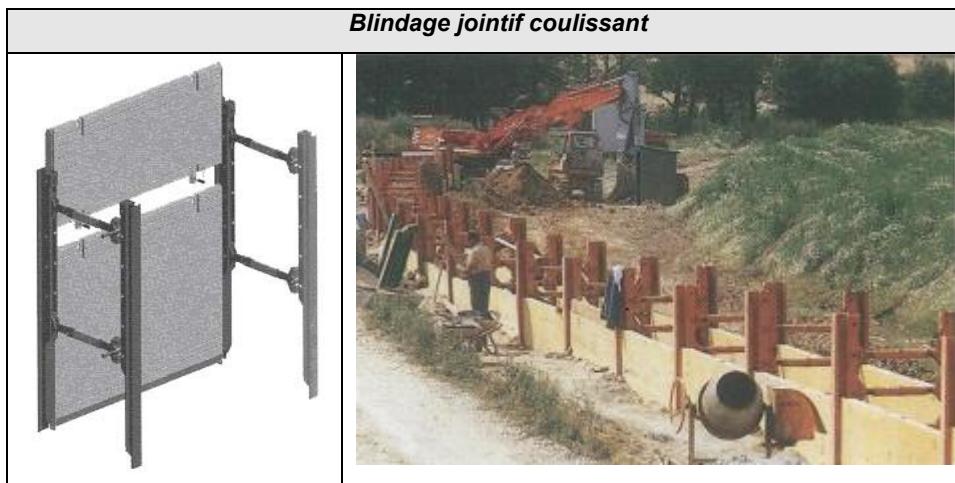
1.4.9.1.2.1 Blindages courants - (Etalements de sécurité)

Boisage semi-jointif (intervalles n'excédant pas le double de la largeur moyenne des éléments soutenant les terres).

1.4.9.1.2.2 Blindages jointifs-

Le Blindage jointif coulissant permet de blinder jusqu'à une profondeur de 3.9m. Alternative idéale au caisson pour des terrains boulant, avec ou sans nappe phréatique. Sa pose par havage limite considérablement les décompressions du sol.

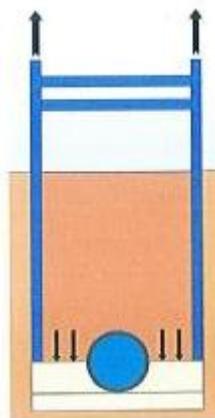
Rapide au montage (car ne nécessite pas d'outillage particulier) ce système est léger et facile à la manutention.



Le panneau de blindage s'enfonce par son propre poids, soit par la pelle qui le fait descendre en appuyant alternativement sur les cotés avec son godet.

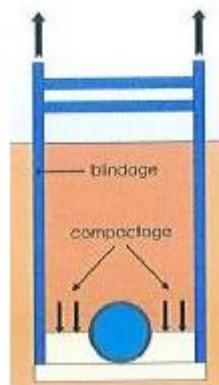
Pour retirer les panneaux on opère de la façon inverse (on remblaie par couche, en compactant au fur et à mesure qu'on retire les panneaux) pour ne pas décomprimer le terrain environnant.

Il est recommandé de les retirer d'une hauteur égale à chaque couche de remblai puis de compacter cette couche (cas 1) :

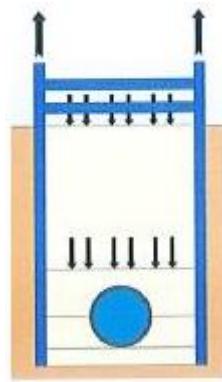


Lorsque les conditions de chantier ne permettent pas ce mode de retrait, deux solutions non recommandées restent possibles :

- Compactage de chaque couche de remblai puis retrait des coffrages ou panneaux sur la même hauteur (cas 2).

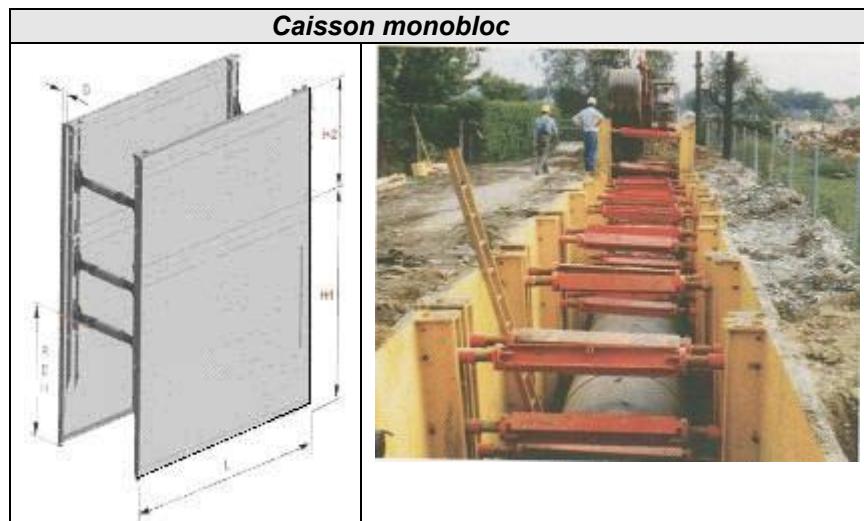


- Panneaux ou palplanches retirés après remblaiement complet de la tranchée (cas 3). Ce dernier mode de retrait doit être évité, dans la mesure du possible.



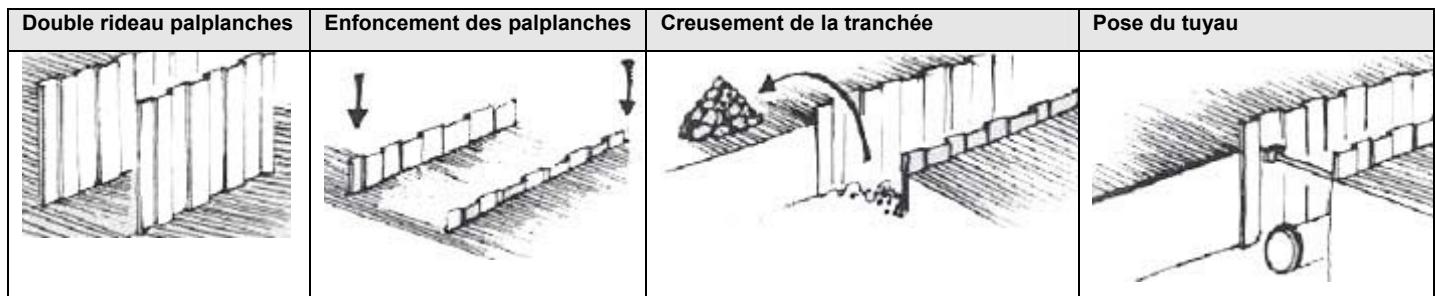
1.4.9.1.2.3 caissons

Le caisson monobloc reste incontestablement le blindage le plus utilisé à travers le monde. Sa résistance et sa maniabilité lui permettent de trouver une application dans la plupart des tranchées. Sa nouvelle conception offre une hauteur libre sous vérin de 1.55 m.



1.4.9.1.2.4 Palplanches





Leur utilisation est limitée aux tronçons de réseaux qui sont à réaliser dans l'eau ou dans des conditions spécifiques de travaux (passage des réseaux dans la nappe phréatique) dans la mesure où les débits d'eau arrivant et la nature des terrains ne permettent pas les équipements et les travaux dans les conditions normales.

Le blindage par palplanches peut être utilisé pour une tranchée en utilisant une machine spéciale : vibro-fonçeur.

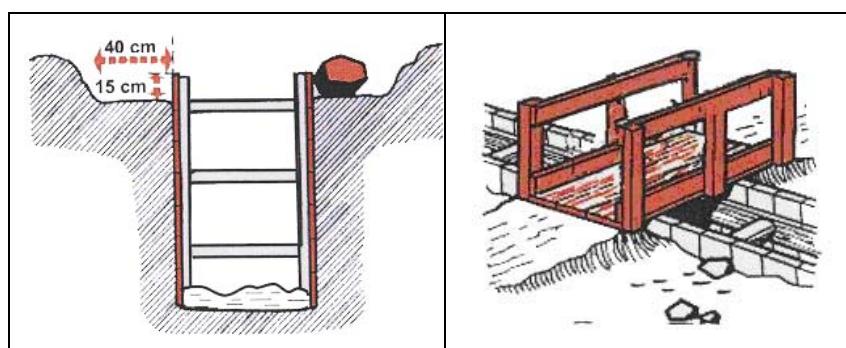
Le blindage est ainsi mis en place avant de commencer le creusement. Dans la plupart des cas, il est maintenu en place à la base par la fiche des palplanches et au sommet par une seule rangée d'étrésillon.

Les tolérances sur la forme et les dimensions des palplanches sont conformes aux spécifications de la norme NF EN 10248-2.

1.4.9.2 Passages et accès

Conformément au décret n°65-48 du 8 janvier 1965 – Titre 4, notamment :

- Article 73 : « Il faut aménager une berme de 40 cm, dégagée en permanence de tout dépôt » ;
- Article 75 : « Les fouilles en tranchées ou en excavation doivent comporter les moyens nécessaires à une évacuation rapide des personnes, par exemple une échelle à proximité de la zone de travaux »
- Article 76 : « Lorsque les travailleurs sont appelés à franchir une tranchée de plus de 40 cm de largeur, des moyens de passage doivent être mis à leur disposition ».



A.2 BETONS ET MORTIERS

1 Matériaux pour les bétons

1.1 Le sable

Le sable devra avoir une qualité uniforme et provenir de carrières ou de lits d'oueds de la région. Le pourcentage d'ensemble des matières improprest ne doit pas être supérieur à 5 % en poids. La valeur de l'équivalent de sable (essai S 20 du LCPC) doit être au moins égale à 80 (NF 18.597 et 18.598). Le sable doit avoir un poids spécifique minimum de 2,60.

1.2 Agrégats pierreux

Ces agrégats doivent être durs, stables, denses, exempts de gangue fragile ou terreuses et purgés de débris végétaux. Le pourcentage d'ensemble des matériaux improprest, ne doit pas être supérieur à 3 % en poids des agrégats pierreux rendus aux bétonnières.

La dimension maximum des agrégats est de :

- 5 mm pour les mortiers ;
- 25 mm pour les bétons armés et non armés (minimum 6,3 mm) ;
- 40 mm pour les bétons ordinaires des éléments dont l'épaisseur est sup. à 40 cm.

Les gravillons utilisés devront avoir un indice Los Angeles inférieur à 35.

1.3 Ciments et chaux

Le ciment est fourni par l'Entrepreneur. Il doit provenir d'usines agréées. On utilisera en principe du ciment de qualité CPJ 35 ou CPJ 45, conformément à la norme NM 10.1.004.

La chaux est conforme à la norme NM 10.1.006 et livrée en vrac ou en sacs fermés de 50 kg.

1.4 Eau entrant dans la composition du béton

L'eau employée pour la confection des bétons ou mortiers devra avoir les qualités physiques et chimiques exigées par la Norme NM 10.03.F.009 et ne pas contenir par litre :

- plus de 1,5 grammes d'impuretés dissoutes
- plus de 2 grammes d'impuretés en suspension (NM.10.03.F.009).
-

La teneur en sulfate de l'eau de gâchage peut exceptionnellement être comprise entre 0,15 et 0,3 gramme par litre. Il est alors nécessaire d'utiliser un ciment de classe ASTM 5 résistant mieux que le ciment ordinaire, à l'action des sulfates.

1.5 Produits adjuvants

L'Entrepreneur doit accompagner les produits d'addition au béton d'un certificat d'agrément provisoire ou définitif.

Tout produit d'addition tel qu'accélérateur ou retardateur de prise, entraîneur d'air, plastifiant, hydrofuge, etc. est obligatoirement livré sur chantier sous forme de liquide miscible à l'eau de gâchage.

2 Composition des bétons

La composition des bétons sera déterminée de manière à obtenir une compacité optimale, les résistances minimales imposées suivant la classe déterminée et une bonne étanchéité. La consistance des bétons frais devra être telle que les affaissements mesurés au cône A.S.T.M. restent compatibles avec la résistance prescrite, tout en permettant une bonne maniabilité.

2.1 Fabrication des bétons

Tous les bétons sont fabriqués mécaniquement et mis en œuvre par vibration ou pervibration. L'eau de malaxage n'est que le complément de l'eau contenue dans le sable. Les doseurs volumétriques sont absolument interdits pour les éléments solides. Leurs proportions sont fixées en poids.

Les matériaux entrant dans la composition des bétons sont malaxés à la centrale à béton. Le malaxage doit commencer immédiatement après que tous les ingrédients aient été versés (à l'exception de l'eau). Elle se poursuit ensuite pendant trois minutes. Le béton doit être transporté dans des conditions qui ne donnent lieu ni à la ségrégation des éléments, ni à un commencement de prise avant sa mise en œuvre.

2.2 Mise en œuvre des bétons

La chute libre éventuelle du béton se fera d'une hauteur inférieure à un 1,5 m. Tous les bétons, qui doivent être étanches sans nécessiter d'enduit, sont vibrés ou pervibrés dans la masse au moyen d'appareils agréés(Nombre de vibrations $\geq 5\ 000 / mn$).

2.3 Armatures pour bétons armés

Les barres à haute adhérence pour béton armé devront satisfaire à la NM10.01.F.013. Les ronds lisses pour béton armé devront satisfaire à la NM 10.01.F.012. Les armatures sont façonnées à froid. Il est bien spécifié que les fers d'armatures en acier mi-dur doivent être cintrés en respectant rigoureusement les normes. Sauf disposition contraire particulière, la distance minimale des armatures aux parois des coffrages est de l'ordre de 3 cm.

2.4 Contrôles

Les éprouvettes cylindriques définies conformément aux normes N.F P. 18-400 et 18-401, tenues en permanence sur le chantier, seront prélevées par tranche de 100 m³ de béton pour la réalisation des essais à 7 et 28 jours. Les épreuves de contrôle comprendront :

- Essais de résistance à la compression à 7 et 28 jours, et des mesures de la consistance du béton frais.
- Le transport des éprouvettes ; le troisième jour après la prise de l'échantillon.
- La résistance minimale à la compression sur éprouvette cylindrique de 16 cm de diamètre devra être de :

Classe et désignation courante des bétons		Classe du ciment	Dosage (Kg/m ³)	Résistance nominale en bars
B1	Bétons de résistance mécanique élevée Eléments armés fortement sollicités Eléments en béton précontraints	CPJ 45	400	300
B2	Béton de résistance mécanique assez élevée Eléments armés normalement sollicités	CPJ 45	350	270
B3	Bétons de résistance mécanique moyenne Eléments peu armés ou non armés Dallages	CPJ 45	300	230
B4	Béton de résistance mécanique peu élevée Eléments non armés et peu sollicités Béton coulé en grande masse Gros massifs de fondation	CPJ 35	250	180
B5	Béton de résistance mécanique faible Eléments non armés et peu sollicités Béton coulé en grande masse Gros massifs de fondation Bétons de remplissage ou de propreté	CPJ 35	150	130

3 Mortier

Le sable entrant dans la composition du mortier doit être propre, bien lavé et exempt de toutes impuretés organiques. Le grain maximum est inférieur à 5 mm. Le sable a une composition granulométrique adéquate suivant les normes en vigueur.

Le mortier est préparé dans une bétonnière et le temps de sa mise en place ne dépasse pas 60 minutes. Ce délai dépassé, il est refusé.

4 Enduits

L'application des enduits ne peut être faite que sur des surfaces nettoyées et arrosées. Les enduits appliqués à la jonction de matériaux de natures différentes (béton-brique, béton-agglomérés, etc.) doivent être localement consolidés par un grillage.



A.3 REGARDS ET CHAMBRES CONSTRUITS SUR SITE

1. Regards et chambres en béton.

Les regards visitables nécessaires à l'entretien et éventuellement au démontage des divers appareils sont exécutés en béton armé, de section carrée, de 1 m de côté au minimum.

Les ouvrages sont réalisés conformément aux plans d'exécution à l'aide de bétonnières installées proches du lieu de coulage.

Les coffrages sont en panneaux métalliques pour assurer un bon aspect fini des ouvrages.

Le ferraillage est réalisé conformément aux règles de l'art :

- Les barres sont maintenues par des témoins en béton pour assurer des enrobages par rapport aux parois de coffrage de 3cm pour les parois exposées aux intempéries ou aux condensations et de 4cm pour les faces en contact avec l'eau.
- Les cages de ferraillage sont ligaturées aux intersections par du fils d'attaches en acier. Pour les ouvrages particuliers, il est procédé, si nécessaire, à leur coulage par du béton prêt à l'emploi.

Les ventouses et vannes de régulation, doivent obligatoirement être posées sous regards ou chambres qui permettent l'accès, les manœuvres ou substitution le cas échéant.

En règle générale, dans le réseau de distribution on utilise un ouvrage pour chaque élément de manœuvre, tandis que dans des adductions on utilise un ouvrage pour plusieurs éléments.

On distingue trois types d'ouvrages: chambres, regards et coffrets.

Des chambres sont des ouvrages de GC visitables avec accès à travers un dispositif de fermeture normalisé, mais dispose aussi d'une couverture constituée de trappes en béton armé, démontables, en cas d'intervention de maintenance ou de substitution.

Des regards sont des ouvrages de GC visitables dont l'accès du personnel et du matériel, s'effectue uniquement et exclusivement à travers l'ouverture de la couverture normalisée.

Des coffrets sont des ouvrages non visitables qui sont employés principalement dans les branchements.

2. Hypothèses de calcul

Les surcharges à prendre en considération pour le calcul des regards et chambres situés sous les aires de circulation ou de stationnement des véhicules et des engins, sont les suivantes :

- une surcharge q uniformément répartie de 2 t/m^2 ;
- une surcharge mobile Q concentrée correspondant à un essieu tandem de 30 t composé de deux essieux de 15 t distants entre eux de 1,50 m. La position transversale et longitudinale de la surcharge mobile est choisie de manière à réaliser la sollicitation la plus défavorable.

Les ouvrages situés en dehors des zones précitées, dans des aires accessibles uniquement à la circulation des piétons et des cyclistes sont calculées pour une surcharge uniformément répartie de 0,5 t/m² de surface horizontale.

On admet, comme coefficient de poussée des terres (face verticale de la chambre),

$$K_p = \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$$

φ = angle de frottement interne fonction de la nature du terrain.

Le calcul des butées quand elles existent, est intégré dans la note de calcul des chambres. Les efforts engendrés sont repris par le radier de la chambre.

Les cas des charges les plus défavorables qui doivent être envisagés dans les calculs sont les suivants :

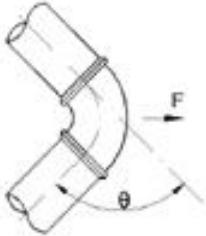
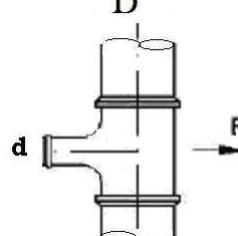
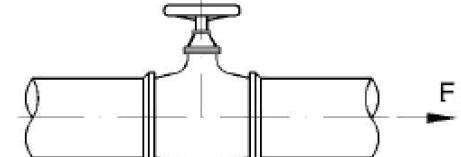
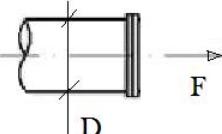
- chambre remplie d'eau, fouilles non remblayées;
- chambre vide, fouilles remblayées.



A.4 BUTEES – ANCRAVES

Tous les composants de la conduite qui seront soumis à des forces de poussée hydraulique, comme les coudes, les tés, les cônes de réduction et vannes de sectionnement ou de régulation, devront être ancrés dans un massif de béton qui assure leur stabilité.

Si P (en Pa) est la pression d'épreuve sur le chantier, la poussée hydraulique F (en N) pour les différents composants, est obtenue en appliquant les formules suivantes :

Coude	Té	Cône de réduction
		
$F = P \cdot (\pi \cdot D^2/4) \cdot 2 \cdot \sin \theta/2$ D = Diamètre intérieur. θ = Angle de déviation	$F = P \cdot (\pi \cdot d^2/4)$ d = diamètre intérieur de la dérivation.	$F = P \cdot (\pi \cdot (D^2-d^2)/4)$
<i>Vanne et plaque pleine:</i>		
		
$F = P \cdot (\pi \cdot D^2/4)$		

$$F = C \cdot P \cdot S$$

Avec :

P = Pression d'épreuve 16 et 25 bars

S = Section de la conduite.

C = Coefficient qui dépend de la géométrie de la pièce :

Plaque pleine	Cône de réduction	Coude d'angle θ ; $C=2 \cdot \sin(\theta/2)$	
		θ	C
$C=1$	$C=1 - (D/d)^2$	$1/4$ tour = (90°)	1.414
		$1/8$ tour = (45°)	0.765
		$1/16$ tour = $(22^\circ 30')$	0.390
		$1/32$ tour = $(11^\circ 15')$	0.196

1) Dimensionnement géométrique du Massif de butée et d'ancrage

Les coudes, pièces à tubulures et tous appareils intercalés dans les conduites et soumis à des efforts non repris par les structures adjacentes sont contrebutés par des massifs capables de résister à ces efforts :

- Soit par frottement sur le sol (massif poids).

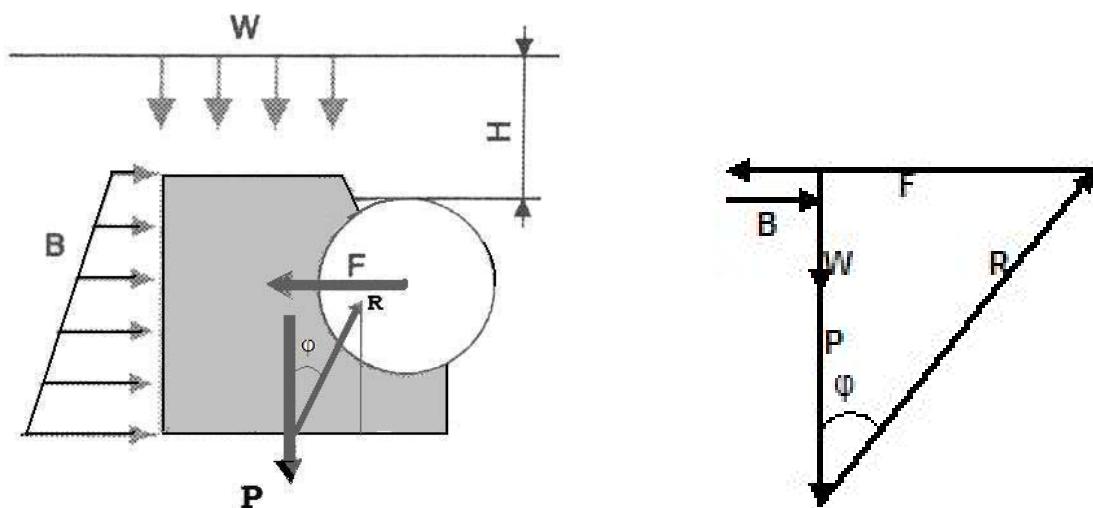
- Soit par appui sur le terrain en place (massif butée)

En pratique, les massifs bétons sont calculés en tenant compte des forces de frottement et de la résistance d'appui sur le terrain. Mais si on désire être plus sécuritaire on peut supposer que le terrain n'intervienne pas, ceci conduit à des butées volumineuses ;

Lors de la construction ou de l'installation de ces massifs, on veille à la conservation des revêtements de la conduite et que les surfaces d'appuis avec les conduites aient une forme assurant une bonne répartition des efforts.

Hypothèses de calcul : les volumes de béton des butées sont calculés en tenant compte du frottement et de l'appui sur le terrain en place.

Le calcul sera limité pour les calibres usuels de conduite de DN 80 à 400 mm et pour des pressions d'épreuve de 16 et 25 bars.



L'équilibre est assuré lorsque : $(W+P) \times \operatorname{tg} \varphi + B \geq F$.

En plus, la contrainte verticale ne doit pas dépasser la contrainte admissible du terrain.

F : Poussée hydraulique : C.P.S

P : Poids du massif béton (daN) : ($\mu_{\text{béton}} \cdot h \cdot l \cdot p$)

Dimensions du massif en béton : (h, hauteur ; l, largeur ; p, profondeur)

$\mu_{\text{béton}} = 2.3 \text{ t/m}^3$

W : poids des terres (daN) : ($\mu_{\text{terrain}} \cdot H \cdot l \cdot p$).

B : Appui sur la paroi de la tranchée, calculé par la formule de Rankine:

La pression à une profondeur z de la surface du sol : $[\mu_{\text{terrain}} \cdot \operatorname{tg}^2 (\pi/4 - \varphi/2) \cdot z]$

La force résultante sur la butée B (daN) = $\mu_{\text{terrain}} \cdot \operatorname{tg}^2 (\pi/4 - \varphi/2) \cdot l/2 \cdot l \cdot [(H+h)^2 - h^2]$

φ : Angle de frottement interne du terrain.

σ : Résistance admissible du terrain sur une paroi verticale.

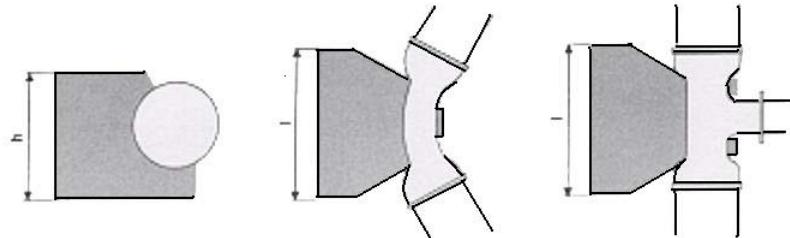
H : hauteur de couverture : 1.20 m

μ_{terrain} : masse volumique du terrain.

Nature du terrain	φ (degrés)	μ_{terrain} (t/m^3)
Débris rocheux	40°	2
Graviers et sables	35°	1.9
Limons/argiles	30°	2
Terre végétale	15°	1.8

Les valeurs sont données à titre indicatif et ne peuvent dispenser de mesures réelles sur site ou en laboratoire.

Il importe que le béton soit coulé contre la paroi de l'excavation et qu'il soit de résistance mécanique suffisante.



Veiller durant la confection de la butée, à laisser les joints dégagés pour permettre leur vérification au cours de l'épreuve d'étanchéité.

Si des fouilles ultérieures doivent être exécutées à proximité des butées, il convient de réduire la pression dans le tronçon, pendant la période des travaux.

2) Tableau des butées

Le calcul du volume de béton V, prend en compte un sol de tenue mécanique moyenne avec les caractéristiques suivantes :

$$\phi = 30^\circ$$

$$\sigma = 0.6 \text{ daN/cm}^2$$

$$\mu_{\text{terrain}} = 2t/\text{m}^3$$

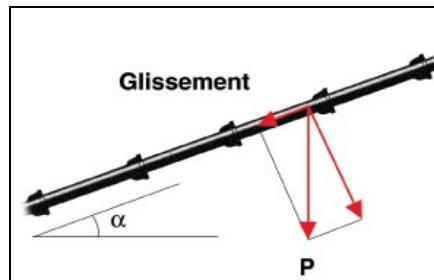
Absence de nappe.

DN mm	P bar	Coude 1/4 lxh/V	Coude 1/8 lxh/V	Coude 1/16 lxh/V	Coude 1/32 lxh/V	PP & Té lxh/V
		mxm/m ³	mxm/m ³	mxm/m ³	mxm/m ³	mxm/m ³
80	16	0.85x0.28/0.23	0.49x0.28/0.08	0.26x0.28/0.04	0.14x0.28/0.02	0.63x0.28/0.13
	25	1.24x0.28/0.48	0.74x0.28/0.17	0.40x0.28/0.05	0.21x0.28/0.03	0.93x0.28/0.27
100	16	1.11x0.30/0.41	0.65x0.30/0.15	0.35x0.30/0.05	0.18x0.30/0.03	0.83x0.30/0.23
	25	1.30x0.40/0.75	0.96x0.30/0.31	0.53x0.30/0.10	0.28x0.30/0.05	1.21x0.30/0.48
150	16	1.46x0.45/1.06	1.06x0.35/0.43	0.59x0.35/0.14	0.31x0.35/0.06	1.10x0.45/0.60
	25	2.28x0.45/2.12	1.27x0.45/0.81	0.87x0.35/0.30	0.47x0.35/0.10	1.58x0.45/1.24
200	16	1.79x0.60/2.12	1.24x0.50/0.85	0.82x0.40/0.30	0.44x0.40/0.12	1.54x0.50/1.30
	25	2.51x0.60/4.15	1.77x0.50/1.73	1.02x0.50/0.58	0.66x0.40/0.20	1.93x0.60/2.47
300	16	2.40x0.90/5.71	1.75x0.70/2.36	1.12x0.6/0.83	0.61x0.60/0.25	1.98x0.80/3.46
	25	3.21x1.00/10.73	2.27x0.80/4.53	1.46x0.7/1.64	0.91x0.60/0.55	2.58x0.90/6.61
400	16	2.85x1.30/11.63	2.08x1.00/4.75	1.39x0.80/1.71	0.85x0.7/0.56	2.41x1.10/7.03
	25	3.63x1.50/21.79	2.63x1.20/9.12	1.85x0.90/3.39	1.14x0.8/1.15	2.96x1.40/13.49

NB : Quand il y a des restrictions d'espace ou si le comportement du terrain ne permet pas la construction des butées, on utilisera à la place, le système d'assemblage à joint verrouillé



A.5 POSE DES CONDUITES EN ELEVATION



Le glissement des conduites placées en élévation, arrive dès que la pente dépasse l'angle de frottement sol-conduite. Les conduites reposent alors sur des massifs d'ancrage ou des berceaux métalliques qui ne blessent pas le revêtement. Les conduites y sont fixées par des colliers placés derrière la tulipe d'emboîtement qui dans ce cas est généralement dirigée vers le haut.

L'effort de glissement F à reprendre par le massif se calcule à l'aide de la formule :

$$F = P (\sin \alpha + \tan \varphi \cdot \cos \alpha)$$

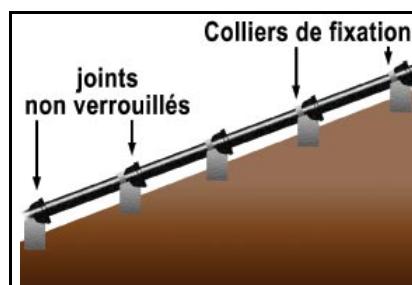
F est en daN

P poids (en daN) de la portion de conduite située entre deux massifs

α angle formé par la conduite avec l'horizontale

φ angle de frottement de la conduite avec le sol

Si $(\sin \alpha + \tan \varphi \cdot \cos \alpha) > 0 \Rightarrow$ mise en place d'amarrage



Les trous de scellement sont réservés lors de la construction des ouvrages en maçonnerie et béton armé.

Exceptionnellement, ils sont percés après exécution des ouvrages pourvu que ces percements ne puissent affecter la stabilité et la solidité des ouvrages.



A.6 EXECUTION DES TRAVAUX SPECIAUX

1 Travaux de pose sans tranchée

Le principe de base de tous les procédés est celui d'un forage horizontal depuis un puits de départ (puits de travail) jusqu'à un puits d'arrivée, situés de part et d'autre de l'ouvrage à franchir. Les sondages doivent être plus rapprochés que ceux prévus pour l'exécution en tranchées afin de pouvoir apprécier l'importance des difficultés, et d'autant plus rapprochés que le terrain est supposé hétérogène.

Le forage souterrain permet de :

- traverser des ouvrages sans interrompre la circulation, qu'il s'agisse de routes nationales, de carrefours très fréquentés, d'autoroutes, de voies ferrées etc.
- La protection de l'environnement et la traversée de rivières, de parcs ou de sites classés.
- Elimination des opérations successives de déblais / remblais et les réfections de chaussée,
- insensible aux intempéries.
- Avec une équipe réduite le forage s'effectue de jour comme de nuit. Les délais de réalisation sont ainsi considérablement réduits.
- s'affranchit presque totalement des contraintes liées à la nature des terrains. Il s'adapte à tous types de terrain naturel, sables, roches, argiles, voire certains remblais. La nappe phréatique est sans effet sur le forage.
- Garantir la sécurité, le calme et la tranquillité des riverains. Les nuisances liées aux travaux traditionnels tels que : bruits, poussière, boue, vibrations, mouvement de camions et d'engins, gène pour la circulation et le stationnement sont inexistant.

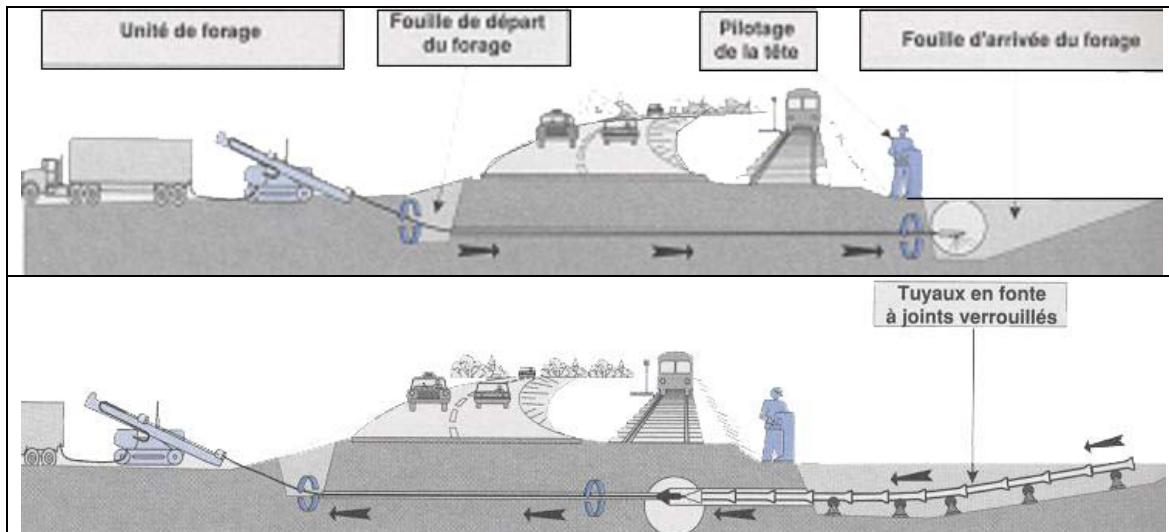
Les principales techniques de pose de conduites sans ouverture de tranchée sont :

1.1 Le forage horizontal

Applicable pour les diamètres nominaux de 300 à 800, c'est une méthode de perçage utilisée pour poser les conduites sans interférer avec les infrastructures (voies de circulation ou chemins de fer) ou nuire à l'environnement (fleuves et lacs). Ce mode de mise en œuvre ne permet pas d'assurer une grande précision sur la valeur de la pente à obtenir, ainsi que sur le tracé en plan.

La première étape est la confection du trou commandé. En cas de besoin un alésoir est alors utilisé pour élargir le forage. Enfin la conduite est tirée à travers.

Chacune des trois étapes a besoin d'un fluide de perçage approprié qui stabilise le trou d'alésage, minimise le frottement tuyau -paroi, transporte efficacement les « cuttings » et réutilisé facile.



1.2 Le fonçage horizontal

Applicable pour les diamètres nominaux de 1000 à 4000, avec terrassement à la main ou mécanisé ; Les puits de travail et de récupération sont conçus et dimensionnés de manière à permettre toutes les opérations de fonçage dans de bonnes conditions de sécurité et de précision

- Ils sont blindés eu égard à la nature du terrain et à leur profondeur ;
- Le dispositif de butée est conçu pour répartir sur le terrain les efforts de poussée ;
- L'appareillage de niveling est fixé sur un socle stable.
- Le fonçage des tuyaux y compris la confection des joints et l'évacuation des matériaux excavés.

La poussée est répartie d'une manière uniforme sur le pourtour du dernier élément de tuyau



Les écarts en plan et en altitude de l'axe du tuyau à l'axe théorique seront fixés au préalable. Les travaux sont conduits de manière qu'aucune poussée soit exercée sur les canalisations ou ouvrages existants.

Dans tous les cas, les conditions d'exécution des travaux doivent être connues du fabricant des tuyaux et son avis recherché sur la poussée de fonçage admissible.

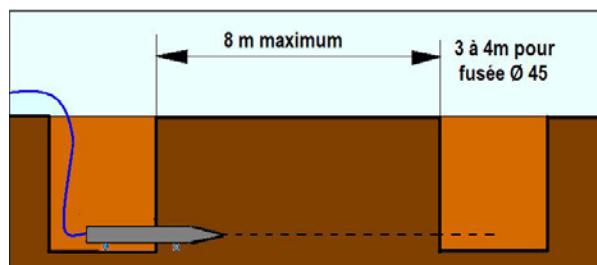
La boue (bentonite par ex.) est un lubrifiant qui améliore la qualité de la paroi en contact avec le tuyau, permet de réduire la force de poussée et renforce la tenue d'un terrain instable.

1.3 La fusée pneumatique

Mise en œuvre pour les diamètres nominaux de 25 à 125 ;



Matériel nécessaire : Fusée, compresseur, flexibles, barre à mine, lunette de visée, jalon gradué et niveau.



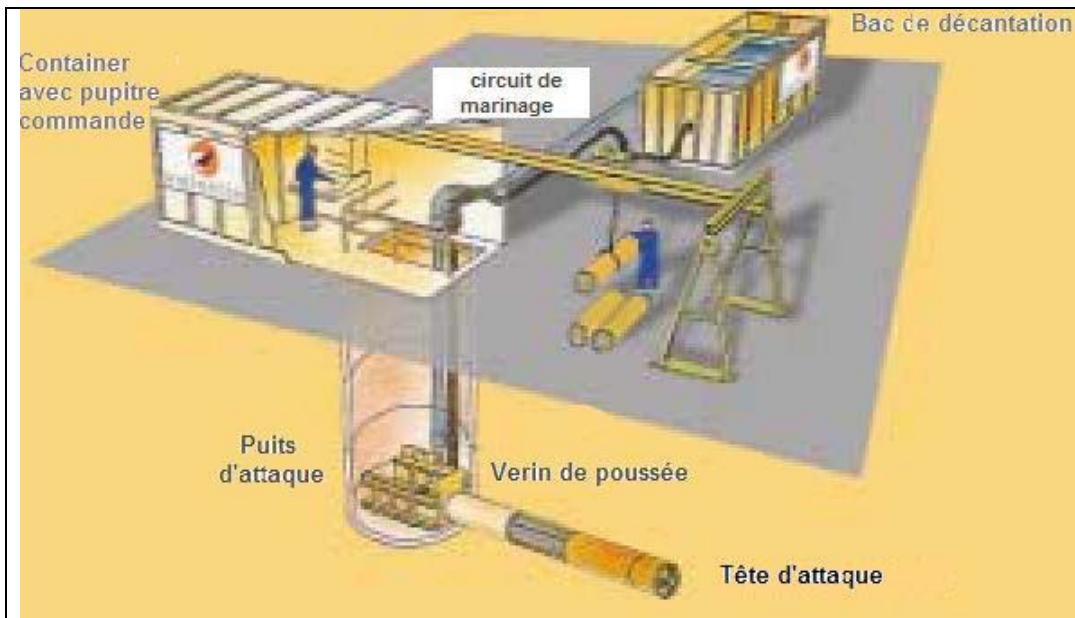
1.4 Le forage dirigé

Pour la pose de conduites en PEHD, jusqu'au diamètre nominal 250

cuve de bentonite et pompe aspiratrice	Unité de forage	Démontage tête de forage et mise en place aléseur, accrochage du PEHD sur la pièce de tirage

1.5 Le micro-tunnelier

C'est un robot à guidage laser, piloté à distance à l'aide d'un programme géré sur ordinateur, il permet de poser des canalisations de 800 à 1500, sans ouvrir de tranchée.



Les tuyaux de la canalisation employés sont de Haute Résistance (300 tonnes de résistance à la compression) garantissent la qualité des réalisations.

Ils sont emboîtés et poussés au fur et à mesure de l'avancement du tunnel. Les déblais sont broyés, évacués par marinage (pompage de boues) et triés dans une station de dessablage.

Le guidage laser et le contrôle continu du positionnement du Micro tunnelier, permettent de respecter la trajectoire et la pente du projet avec une précision de 5 millimètres pour 100 mètres.

Techniques autres que le microtunnelier	Inconvénients
Terrassement en tranchée	<ul style="list-style-type: none"> Déplacement des réseaux divers sur le tracé, Va et viens de camions et d'engins (déblais / remblais) Perturbation de la circulation, nuisances importantes pour les riverains et usagers Nécessite la réfection des chaussées
Terrassement en galerie	<ul style="list-style-type: none"> Plus onéreux à partir de 4 mètres de profondeur, pour des longueurs supérieures à 20 ml Plus onéreux en cas de présence de la nappe phréatique (nécessite un traitement de sol)
Forage dirigé	<ul style="list-style-type: none"> Trajectoire en arc de cercle Limité par le rapport diamètre / longueur
Fonçage	<ul style="list-style-type: none"> Limité à 50 mètres de longueur Manque de précision

Les paramètres de l'avancement font l'objet d'un enregistrement informatique en temps réel.

Malgré ses nombreux avantages le microtunnelage reste une technologie très peu utilisée au Maroc, à cause de son prix exorbitant par rapport aux techniques traditionnelles.

1.6 Traversée d'oued

Pour ce type de travaux qui se feront dans le domaine fluvial , une coordination sera mise en place avec l'agence du bassin hydraulique concernée.

La traversée se fera par conduite en fonte ductile, selon l'une des méthodes suivantes :

- Franchissement par Siphon.
- Franchissement par Passerelle.

Les deux méthodes nécessitent au préalable, la réalisation d'une plateforme de travail sur la moitié de la largeur de l'oued pour l'accès des engins et du personnel. Elle aura une largeur de 10m environ et sera calée à 1m au dessus du PHE de l'oued. Après la réalisation de la demi-traversée, la plate forme sera démolie et sera reconstruite sur la deuxième moitié.

1.6.1 Franchissement par siphon

Le franchissement par siphon nécessite après:

- Le battage de deux lignes parallèles de palplanches à l'intérieur desquelles il est possible de réaliser la tranchée de la conduite.
- La conduite est calée sous le lit mineur de l'oued à une profondeur qui est définie par une étude hydrologique.

1.6.2 Franchissement par passerelle

Le franchissement par passerelle nécessite après:

- ~ La réalisation de deux culées et un nombre de piles centrales, de sorte à limiter la portée à 25 m environs. Le système de fondation de la passerelle est constitué de fondations semi profondes, constituées au niveau de chaque appui par une semelle large reposant sur le sol par l'intermédiaire d'un caisson havé.



- ~ La conduite est placée sur une passerelle métallique, calée à 1m au dessus des PHE de l'oued.



A.7 PROTECTION CONTRE LA CORROSION DES CONDUITES.

La protection cathodique est utilisée comme moyen de lutte contre la corrosion des canalisations en acier. Ces canalisations, même si elles représentent un plus faible linéaire que les canalisations en fonte ou en PVC, sont le plus souvent d'une très grande importance stratégique (feeder DN ≥ 400). Pour cette raison, des interventions sur ces canalisations sont toujours problématiques. Ainsi, une bonne maintenance de la protection cathodique sur ces installations assure la pérennité et diminue le nombre d'interventions de réparation. .

Une maîtrise de la protection cathodique et de sa maintenance permet de :

- diminuer le nombre d'incident sur le réseau acier et en assurer la pérennité,
- optimiser et mieux répartir les frais de maintenance de la protection cathodique,
- apporter la preuve de la maîtrise du patrimoine confié.

I. Termes et définition

Anode galvanique

Anode qui, par action galvanique, fournit un courant pour la protection cathodique.

Backfill pour anode

Matériau de faible résistivité, qui peut retenir l'humidité et qui entoure directement une anode enterrée afin de réduire sa résistance par rapport à l'électrolyte.

Chute ohmique ou chute IR

Tension créée par un courant quel qu'il soit, qui apparaît dans l'électrolyte (tel que le sol) entre l'électrode de référence et le métal de la structure, en conformité avec la loi d'Ohm ($U = I \times R$).

Courant vagabond

Système de traction à courant continu

Système de traction électrique alimenté en courant continu.

Note : Lorsque le circuit de retour de ces systèmes est mis à la terre en plus d'un point, ou n'est pas complètement isolé, ces systèmes peuvent produire des courants vagabonds susceptibles d'occasionner des corrosions.

Défaut de revêtement

Imperfection dans le revêtement de protection (par exemple, trous ou pores du revêtement).

Déversoir (ou masse anodique)

Système d'anodes galvaniques ou à courant imposé, enterré ou immergé.

Electrode de référence au cuivre/sulfate de cuivre saturé

Electrode de référence constituée de cuivre dans une solution saturée de sulfate de cuivre.

Electrolyte

Liquide ou partie liquide d'un milieu comme la terre d'un sol, dans lequel le courant électrique se déplace par mouvement d'ions.

Installation industrielle à courant continu

Système électrique, autre qu'un système de traction, alimenté en courant continu.

Note : Quand ces systèmes utilisent le sol comme partie de leur circuit de retour, ils peuvent produire des courants vagabonds susceptibles d'occasionner des corrosions. Les systèmes de protection cathodique utilisent le sol comme partie de leur circuit.

Intensité de protection ou courant de protection

Courant fourni pour assurer la protection cathodique d'une structure métallique, qui entre dans cette structure depuis son environnement électrolytique.

Liaison unidirectionnelle (ou liaison de drainage polarisé)

Liaison qui permet le passage du courant dans un seul sens.

Mesure d'influence

Essai réalisé pour mesurer l'importance de l'action qui s'exerce entre deux structures enterrées ou immergées, du point de vue de la corrosion.

Potentiel à courant coupé (Eoff)

Potentiel d'électrode de la structure mesuré immédiatement après interruption simultanée de toutes les sources de courant de protection cathodique appliquée à la structure.

Potentiel à courant établi (Eon)

Potentiel d'électrode de la structure mesuré lorsque le courant de protection cathodique est appliqué.

Poste à courant imposé

Un poste à courant imposé comprend l'équipement et les matériels nécessaires pour assurer la protection cathodique par courant imposé. Ces équipements et matériels comprennent les anodes à courant imposé, les câbles et la source de courant continu.

Poste de drainage

Ensemble de l'équipement et du matériel nécessaires pour assurer, par différents moyens, le drainage des courants vagabonds hors des systèmes influencés.

Potentiel de protection

Potentiel d'électrode de la structure pour lequel la vitesse de corrosion du métal est acceptable.

Potentiel structure électrolyte (ou potentiel d'électrode de la structure)

Différence de potentiel entre une structure et une électrode de référence de type déterminé en contact avec l'électrolyte, positionnée le plus près possible de la structure, mais sans la toucher.

Résistivité de l'électrolyte (ρ)

Résistance électrique spécifique de l'électrolyte, en considérant que cet électrolyte est homogène. Note : Elle est généralement exprimée en $\Omega \cdot \text{m}$ ou $\Omega \cdot \text{cm}$.

Shunt ou liaison de continuité

Liaison conçue et installée spécifiquement pour assurer la continuité électrique d'une structure.

Témoin métallique

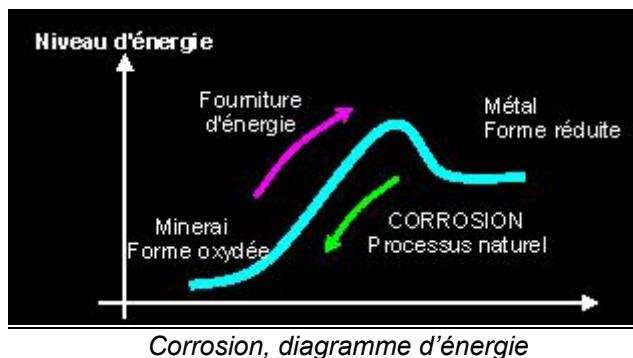
Echantillon représentatif de métal, utilisé pour quantifier l'efficacité de la protection cathodique appliquée.

Transformateur redresseur

Dispositif qui transforme la tension alternative en tension continue. La tension continue ainsi obtenue est utilisée comme source d'énergie pour les systèmes de protection cathodique à courant imposé.

II. La corrosion

La corrosion est un cas particulier de la dégradation des matériaux métalliques (métaux et alliages). Il s'agit du phénomène spontané qui tend à faire retourner à l'état oxydé tout métal qui a été préparé à partir de son minéral. La corrosion est une attaque plus ou moins rapide de la plupart des métaux (sauf les métaux nobles) par leur environnement. Cette attaque les transforme en produits de corrosion : hydroxydes, oxydes, carbonates, sulfures, etc., c'est l'oxydation.



L'importance de la corrosion dépend de la nature du métal – les métaux les moins nobles (magnésium, zinc, aluminium, ...) ont une susceptibilité plus grande à la corrosion que les métaux qui sont plus nobles (étain, cuivre, argent...). Cette constatation qui repose sur des considérations thermodynamiques n'indique qu'une tendance ; le comportement réel dépend aussi de facteurs cinétiques. La corrosion n'est pas une propriété intrinsèque du métal : elle dépend plus de son environnement que de sa nature.

Parmi les facteurs jouant un rôle important, on peut citer :

- la température,
- l'eau et les nappes phréatiques,
- le sol,
- le pH,
- les croisements des conduites gaz sous protection cathodique,
- la présence de micro-organismes,
- les voies ferrées (tramway, ONCF).

La tension, la fatigue, la vibration, le frottement, l'érosion, la cavitation, le choc... sont quelques-unes des contraintes mécaniques qui peuvent accélérer les phénomènes de corrosion.

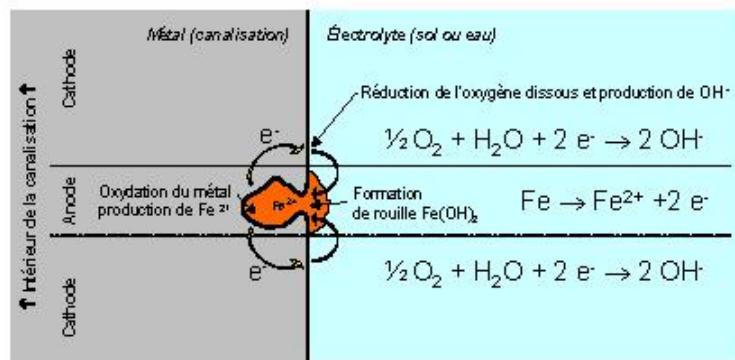
II.1 La corrosion des canalisations enterrées

On peut assimiler l'acier à l'élément fer (Fe) afin d'expliquer les phénomènes de corrosion de ces canalisations acier enterrées.

La corrosion d'un métal en contact avec l'eau (et le sol) est d'origine électrochimique (effet de pile). En électricité, on dit que la zone anodique libère un courant qui se déplace vers la zone cathodique où il est absorbé par une réaction inverse.

- à l'anode : $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- à la cathode : $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^-$

La réaction à l'anode correspond à la dissolution du métal : c'est la corrosion.



La masse de métal qui disparaît est proportionnelle au temps et à l'intensité qui traverse la surface métallique (loi de Faraday). A titre d'exemple, pour le fer, la masse de métal qui disparaît est d'environ 10 kg/an/A.

II.2 les principales formes de corrosion des canalisations enterrées

Outre, les phénomènes de corrosion « naturelle » de l'acier, les canalisations enterrées peuvent être soumises à d'autres types de corrosion qui conduisent elles aussi à la dégradation de la surface métallique.

II.2.1. Corrosion par les sols

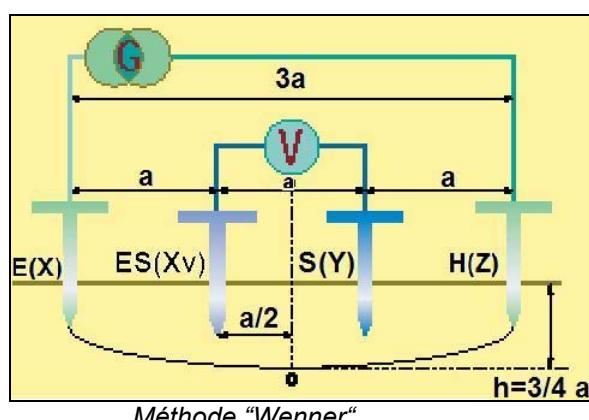
Avant construction d'une canalisation, il est souhaitable de réaliser une étude de corrosivité des sols afin de déterminer les zones les plus agressives du tracé. Cette étude est réalisée selon la norme NF A 05-250 « *Corrosion par les sols – Evaluation de la corrosivité – Canalisations enterrées en matériaux ferreux ou peu alliés* ». La résistivité du sol est déterminée par la méthode “Wenner”. Cette méthode nécessite un telluromètre et quatre électrodes disposées en ligne sur le sol et équidistantes d'une longueur a .

Entre les deux électrodes extrêmes (E et H), on injecte un courant de mesure I grâce à un générateur.

Entre les deux électrodes centrales (S et ES), on mesure le potentiel ΔV grâce à un voltmètre.

Nota : les termes X, Xv, Y, Z correspondent à l'ancienne appellation utilisée respectivement pour les électrodes E, Es, S et H.

La distance entre les piquets détermine la profondeur à laquelle est réalisée la mesure. Ainsi, pour une conduite à 1,5 mètres de profondeur, on écartera les piquets de $a = 1,5$ mètres.



La résistivité du sol est calculée selon la formule :

$$\rho = 2 \times \Pi \times a \times R$$

a = écartement entre les piquets (cm) = profondeur d'analyse

R = résistance lue au telluromètre (ohm)

Un sol est considéré comme très corrosif dès que sa résistivité est inférieure ou égale à 50 $\Omega \cdot \text{m}$.

Ordre de grandeur de la résistivité de quelques milieux (à titre informatif)

	Sol	Résistivité (ohm.cm)
Plutôt agressif	Marais salins	300 à 800
	Argiles et marnes	500 à 2 000
	Tourbières	5 000 à 20 000
	Alluvions anciennes	1 000 à 2 000
	Limons des plateaux	3 000 à 5 000
Moins agressif	Terre sablonneuse calcaire	5 000 à 15 000
	Sable sec / graves	20 000 à 200 000

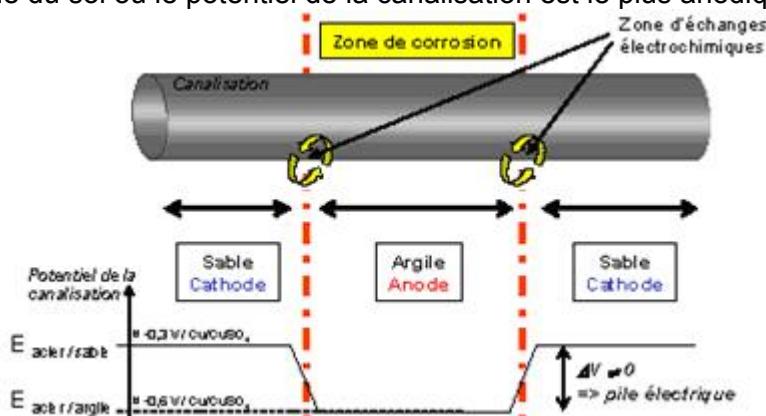
	Eau	Résistivité (ohm.cm)
Très agressif	Eau de mer	20 à 35
Plutôt agressif	Eau douce fortement minéralisée (1)	500 à 1 500
Moins agressif	Eau douce peu minéralisée	> 10 000

II.2.2. Corrosion galvanique

Cette corrosion apparaît lorsque deux métaux sont en contact dans le même électrolyte, avec dégradation du métal le moins noble qui tend naturellement à protéger le métal le plus noble. Si le milieu est peu conducteur, la corrosion se concentre au contact des deux métaux. Plus le rapport surface cathodique / surface anodique est grand, et plus la vitesse de corrosion est importante. C'est le cas de la corrosion des tubes acier couplés à des vannes laiton montées sans séparation électrique.

II.2.3. Corrosion par piles géologiques

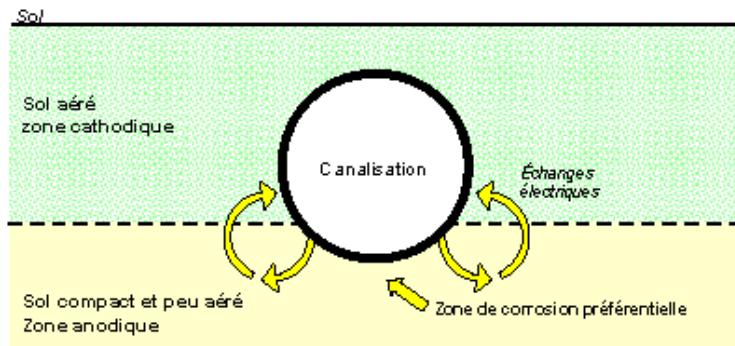
Ce type de corrosion apparaît lorsqu'une canalisation traverse des sols de nature différente. Suivant le sol traversé, la canalisation prend un potentiel différent. Cette différence de potentiel aboutit à la création d'une pile, pile dans laquelle la canalisation subit une corrosion « accélérée » dans la zone du sol où le potentiel de la canalisation est le plus anodique.



=> corrosion de la canalisation située dans la partie argileuse
Mécanisme de la corrosion par piles géologiques

II.2.4. Corrosion par aération différentielle

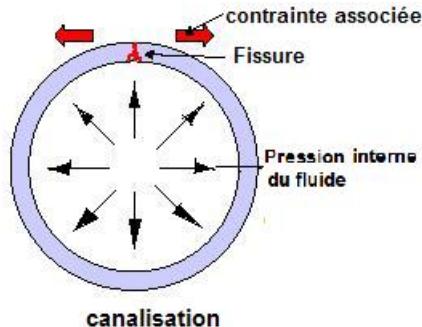
Ce type de corrosion apparaît lorsqu'il existe une différence de concentration de l'oxydant (oxygène en règle générale) entre deux parties d'une canalisation. Dans ce cas, la différence de concentration en oxydant (oxygène) crée une pile de corrosion en court-circuit et on constate que c'est la partie de la canalisation en contact avec le sol le moins riche en oxygène qui se corrode le plus (fond de fouille par exemple).



=> Corrosion de la génératrice inférieure de la canalisation
Corrosion par aération différentielle, application aux canalisations

II.2.5. Corrosion sous tension, fatigue-corrosion

Ces formes de corrosion se produisent pour des structures soumises à l'action simultanée d'une tension mécanique ou résiduelle (cintge des tubes par exemple) et d'un milieu agressif. Ces formes de corrosion peuvent se produire pour des canalisations soumises à des variations de pression par exemple.



Corrosion sous tension d'une canalisation

II.2.6. Corrosion par les Courants Vagabonds

Lorsqu'une canalisation se trouve à proximité d'une voie ferrée électrifiée en continu (ONCF, tramway), la canalisation peut être soumise à des phénomènes de corrosion très rapides.

En effet, dans un système de traction alimenté en continu, le pôle (+) est relié à la motrice et le pôle (-) au rail (et donc à la sous-station). Des courants sont générés au niveau de la motrice (zone cathodique). Ces courants peuvent emprunter la canalisation si celle-ci est meilleure conductrice que le rail de retour. Les courants émis par la motrice reviennent à la source émettrice au niveau de la sous-station, au point de sortie du courant (zone anodique) : la canalisation se corrode. Ces phénomènes de corrosion par les courants vagabonds peuvent être

très rapides (de l'ordre de quelques mois, voire moins), cela dépend de l'épaisseur du tube et de la taille des défauts de revêtement de la canalisation.

Les phénomènes de corrosion par les courants vagabonds peuvent aussi se produire aux points de croisement ou en cas de parallélisme entre deux réseaux enterrés. Des influences sont aussi générées par les masses anodiques utilisées pour la protection cathodique par courant imposé (soutirage de courant).

III. Protection cathodique

Les métaux affinés par l'industrie sont par nature instables. Sous l'action des éléments extérieurs avec lesquels ils sont en contact, ils ont tendance à revenir à leur état originel de minerai selon un processus d'oxydation et de dégradation : c'est la **corrosion**.

Il existe deux types de protection complémentaires :

- La protection passive,
- La protection active.

III.1 Protection passive

Elle est constituée par les peintures et le revêtement dont le rôle est de créer une barrière électrique entre le métal des structures considérées et le milieu environnant (sol, eau, oxygène...). Les revêtements habituels sont le bâti de houille et le polyéthylène.

La protection passive contre la corrosion est assurée par le revêtement de la canalisation. Le revêtement crée une barrière électriquement isolante entre le métal de la canalisation et le milieu extérieur. Cette barrière empêche les phénomènes électrochimiques se déroulant à l'interface métal – sol, et rend impossible les phénomènes de corrosion.

Un bon revêtement permet de limiter la quantité de courant nécessaire à la protection cathodique, améliore la répartition du courant, augmente la longueur de canalisation protégeable et diminue les interférences avec les réseaux tiers.

La protection cathodique ne fonctionne pas dans les regards car le métal n'est pas en contact permanent avec l'électrolyte (sol, nappe phréatique). L'humidité est le facteur principal de corrosion dans les regards.

Dans ce cas, nous vous rappelons que seule la protection passive est efficace sur les surfaces extérieures des conduites et des vannes dans les regards de visite.



Le minium de plomb (tétra-oxyde de plomb), anti corrosion orangé, est proscrit à cause de sa toxicité

III.2 Protection active.

La **protection active** est appelée protection cathodique. Elle a pour objet d'abaisser, à l'aide de l'injection d'un courant, le potentiel de la surface du métal en contact avec le sol. Le potentiel peut être abaissé à l'aide d'anodes galvaniques, d'un courant imposé ou d'un drainage de courant.

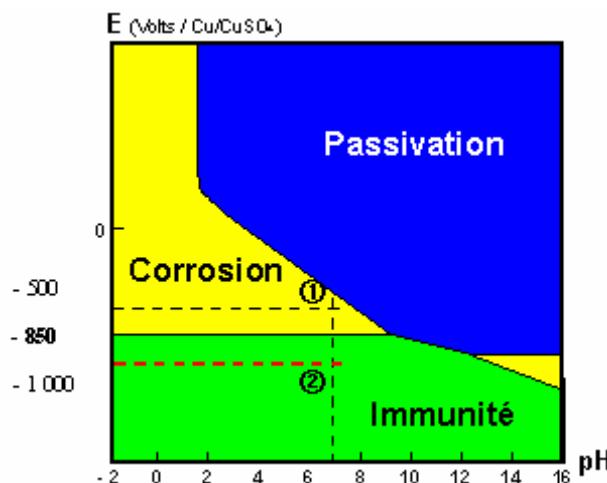
On abaisse le potentiel sous un seuil appelé « critère de protection cathodique » qui doit être atteint en tous les points du réseau acier. Ce réseau est accessible par des câbles soudés sur le tube (appelés prises de potentiel), ramenés au niveau du sol dans des coffrets ou borniers ou, à défaut, par contact au droit des ventouses, vannes ou vidanges.

Ce critère de protection cathodique pour l'acier enterré est de - 850 mV mesuré par rapport à l'électrode Cu/CuSO₄.

La plupart des sols naturels rencontrés ont des pH compris entre 6 et 8.

A ces pH, l'acier a un potentiel naturel compris entre - 400 mV et - 600 mV (par rapport à une électrode Cu/CuSO₄). Dans ces conditions, l'acier en contact avec le sol est dans son domaine de corrosion ①

La protection cathodique abaisse le potentiel de l'acier à, par exemple, -1000 mV ② suivant la mesure du potentiel. La conduite est alors correctement protégée si les points d'injection sont suivis correctement, si la maintenance est assurée et si la sécurité est respectée.



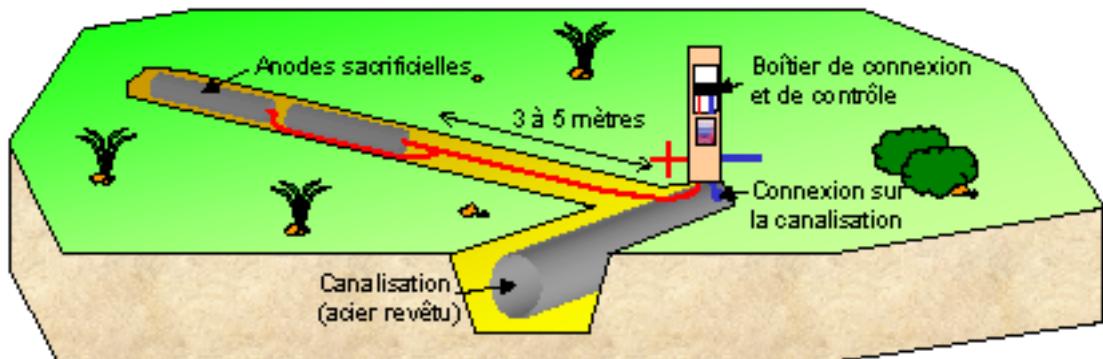
Zone	Mesures en millivolts	Remarques
1	Entre - 400 mV et - 850 mV	L'acier se trouve en zone de corrosion
2	Entre - 850 mV et - 3 V (*)	L'acier est dans la zone d'immunité et ne se corrode pas

III.3. Les différents types de protection cathodique

III.3.1 Protection cathodique par anodes galvaniques (sacrificielles)

Cette corrosion apparaît lorsque deux métaux sont en contact dans le même électrolyte, avec dégradation du métal le moins noble qui tend naturellement à protéger le métal le plus noble. Si le milieu est peu conducteur, la corrosion se concentre au contact des deux métaux. Plus le rapport surface cathodique / surface anodique est grand, et plus la vitesse de corrosion est importante. C'est le cas de la corrosion des tubes acier couplés à des vannes laiton montées sans séparation électrique.

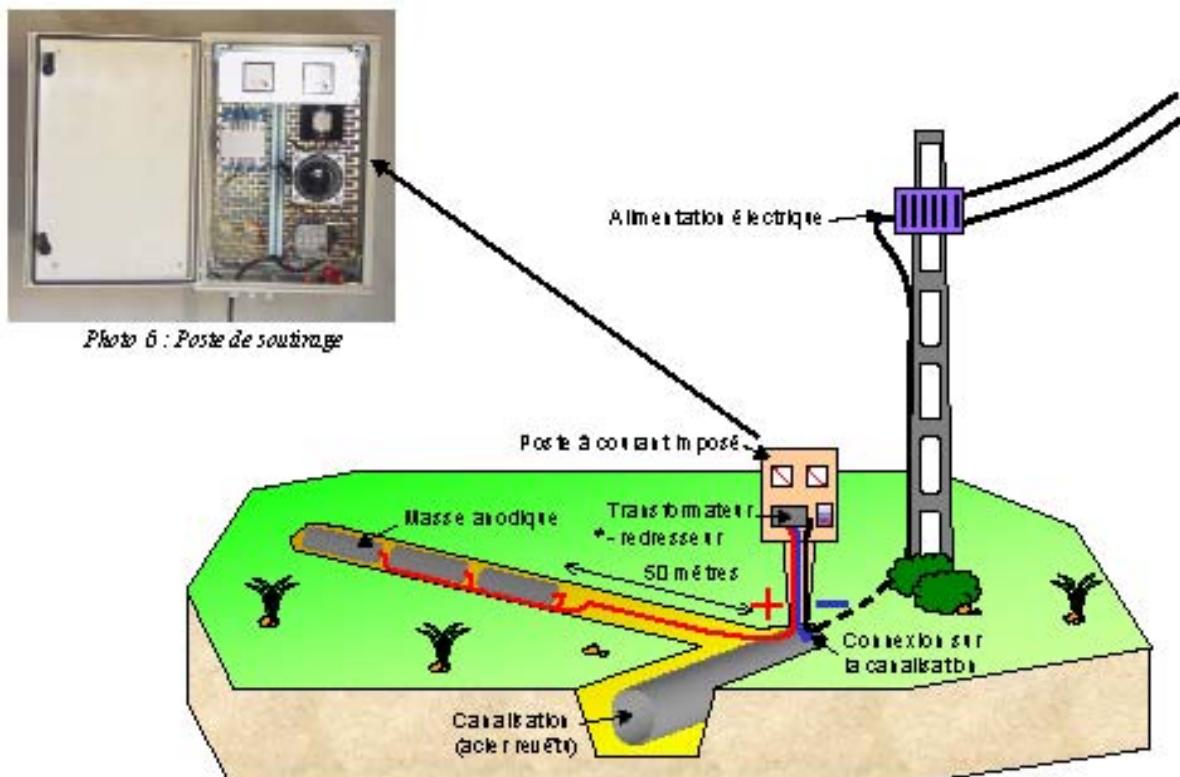
Le pouvoir anodique de certains métaux sera utilisé à des fins de protection comme anodes sacrificielles (zinc, aluminium, magnésium).



Anodes galvaniques (sacrificielles)

Ce système de protection cathodique est surtout utilisé pour la protection d'ouvrages de dimensions réduites ou de taille moyenne mais très bien isolés (voir exemple ci-dessous). La distance entre l'ouvrage et les anodes placées perpendiculairement est d'environ trois mètres. Les postes d'anodes sacrificielles sont uniformément répartis afin de respecter le critère de protection cathodique tout le long de l'ouvrage. Il est à noter que les anodes sont fréquemment et industriellement proposées avec un enrobage de backfill composé de gypse et de bentonite.

III.3.2 Protection cathodique par courant imposé ou soutirage de courant



Soutirage de courant « classique »

Lorsque l'installation à protéger nécessite une quantité de courant supérieure à environ 0,3 ampère, la protection cathodique de l'ouvrage considéré est réalisée par courant imposé (soutirage de courant).

L'installation est constituée par un transformateur-redresseur (soutirage) délivrant une tension continue et par un déversoir anodique appelé aussi masse anodique. Ce déversoir est relié à la borne (+) du redresseur et constitue la pièce de consommation de l'installation. Le déversoir peut être constitué par des rails, des anodes en graphite ou en Fe/Si/Cr, une anode en fil de titane platiné, etc. Les anodes peuvent être implantées en forage vertical si l'on manque de place. La distance entre les anodes et la structure à protéger devant être de 50 mètres minimum.

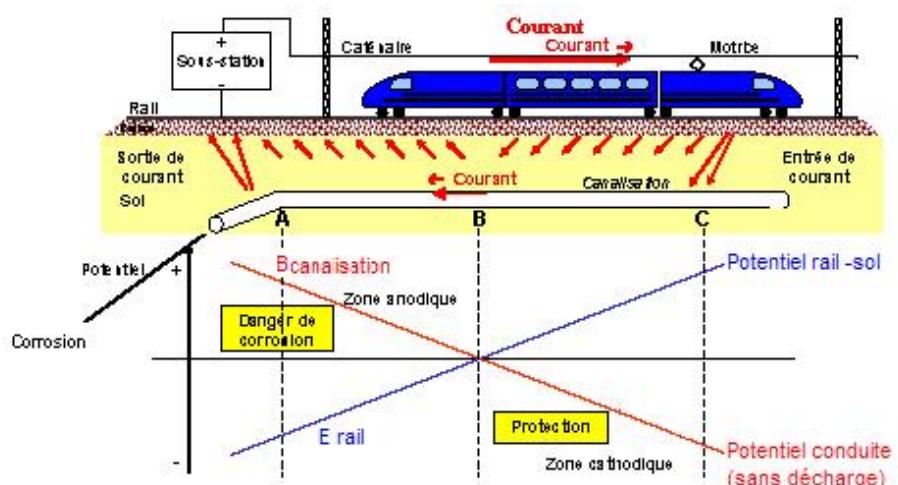
Ce type d'installation nécessite une alimentation électrique et permet de protéger des installations de grande longueur ou présentant une faible valeur d'isolement.

Les éléments constituant la masse anodique sont implantés entre 1 mètre et 2 mètres de profondeur dans la couche supérieure du sol ayant la résistivité la plus basse (conductivité la plus forte). Les différents éléments peuvent être implantés horizontalement ou verticalement. Un mélange régulateur adapté (backfill) est disposé autour de chaque anode afin de diminuer la résistance du sol et de faciliter l'évacuation des gaz éventuellement formés lors de la réaction anodique.

III.4. Drainage des courants vagabonds

En général, les tramways et les trains sont alimentés en courant continu. Dans un système de traction alimenté en continu, le pôle (+) est relié à la motrice et le pôle (-) au rail (et donc à la sous-station). Des courants sont générés au niveau de la motrice (zone cathodique). Ces courants peuvent emprunter la canalisation si celle-ci est meilleure conductrice que le rail de retour. Les courants émis par la motrice reviennent à la source émettrice au niveau de la sous-station, au point de sortie du courant (zone anodique) : la canalisation se corrode. Ces phénomènes de corrosion par les courants vagabonds peuvent être très rapides, cela dépend de l'épaisseur du tube et de la taille des défauts de revêtement de la canalisation.

L'intensité de ces courants dépend de la charge de ces dernières, de la répartition des points d'alimentation du réseau ferré, de la nature des sols, de l'importance et de la géométrie des ouvrages enterrés.



Courants vagabonds, présentation du phénomène

L'action d'un courant vagabond influence l'état électrique d'une structure enterrée. Le sens des courants modifie le potentiel d'une structure métallique par rapport au milieu ambiant ; une

influence peut être favorable ou défavorable. A titre d'exemple, on peut dire que le fer subit une influence favorable quand il est le siège d'entrée de courant et que son potentiel devient plus négatif (passant par exemple de - 600 mV à - 800 mV par rapport à l'électrode de référence Cu/CuSO₄). CuSO₄

Les courants vagabonds sont liés à l'activité ferroviaire et sont donc variables en intensité et en direction. A toute entrée de courant (zone cathodique) en un point de l'ouvrage correspond par ailleurs une ou des sorties de courant dans le sol (zone anodique) qui engendrent des dégradations plus ou moins graves par électrolyse. Si l'ouvrage est sous protection cathodique, les courants vagabonds s'ajoutent algébriquement au courant de protection. Le risque de corrosion dépend du niveau de polarisation de l'ouvrage.

Par exemple :

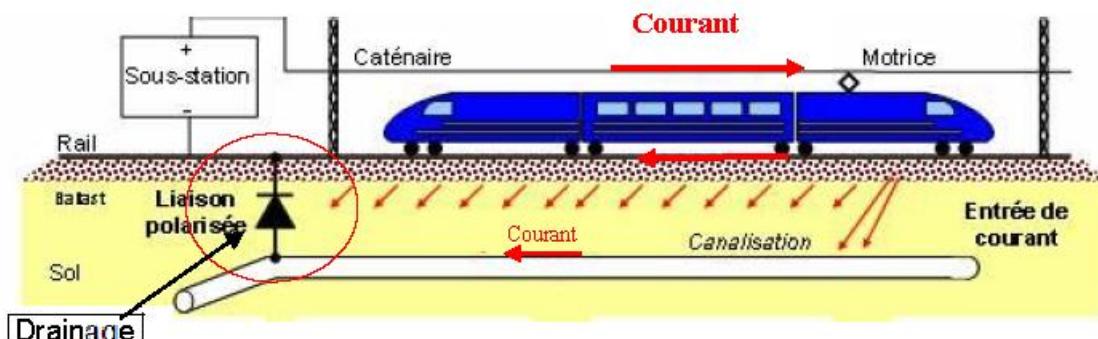
Intensité totale = Intensité du poste de protection cathodique + intensité du courant vagabond

Pour une intensité de protection de 5 ampères et une intensité de courants vagabonds de 1 ampère, on a :

$4 = 5 + (-1)$ → Situation défavorable

$6 = 5 + (+1)$ → Situation favorable

Les phénomènes de corrosion par les courants vagabonds sont annulés par la mise en place d'un drainage ou d'une liaison polarisée. Cette dernière permet de canaliser les sorties non contrôlées de courant et assure un chemin préférentiel vers la voie ferrée. Les courants drainés complètent les injections de courant du soutirage



Drainage, modification du potentiel de la canalisation

III.5. Protection cathodique en présence de courant alternatif

Afin de se prémunir des corrosions, on peut être amené à procéder à un renforcement de la protection cathodique normalement nécessaire à la protection d'une canalisation.

Des mesures compensatoires doivent être mises en oeuvre lorsque les critères définis dans la norme NF EN 12954 « *Protection cathodique des structures métalliques enterrées ou immergées – Principes généraux et application pour les canalisations* » ne sont plus respectés :

Il convient de s'assurer que la canalisation inspectée est parfaitement polarisée, et ceci même en présence de courant alternatif,

la probabilité d'une corrosion peut être négligeable si la densité de courant alternatif mesuré sur un témoin métallique de 1 cm² connecté à la canalisation est inférieure à 30 A/m²,

les structures comportant un petit nombre de défauts de revêtement de petite taille peuvent présenter un risque supérieur de corrosion.

En conséquence :

si la tension alternative mesurée sur la canalisation est supérieure à 3 volts, on mesure le ratio intensité alternative / intensité continue circulant dans un témoin métallique connecté à la canalisation :

$I_{\text{~}} / I \leq 3$: risque mineur de corrosion par les courants alternatifs,

$3 < I_{\text{~}} / I$: risque probable de corrosion par les courants alternatifs => actions correctives immédiates.

si la tension alternative mesurée sur la canalisation est supérieure à 5 volts, il convient de prendre des mesures correctives immédiates.

IV Equipement sur le réseau

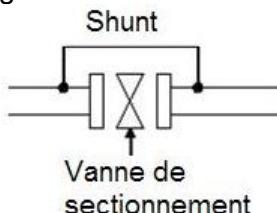
Le bon fonctionnement de ces dispositifs dépend de la mise en place d'équipements sur le réseau à savoir : joints isolants et shunts.

IV.1 joints isolants

Le joint isolant s'installe aux extrémités du réseau à protéger, aux changements de matériaux, de part et d'autre des appareillages électriques tels que les vannes ou débitmètres.

IV.2. Shunts

Les appareillages en ligne, les joints de démontage, les conduites en parallèle nécessitent la mise en place de câbles de shunting généralement en RO2V 1 * 25 mm².



V .Sécurité des opérateurs

En plus des règles de sécurité propres aux sites dans lesquels l'opérateur intervient, il faut savoir qu'une canalisation est un très bon et long conducteur électrique (plus de 10 km). La canalisation est connectée à un ou plusieurs générateurs, capables de débiter une forte intensité (plusieurs dizaines d'ampères).

De plus la canalisation est soumise aux influences éventuelles de :

- ~ Courants vagabonds,
- ~ Tension alternative permanente,
- ~ Foudre,
- ~ Défauts d'installations H.T. mis à la terre.

En conséquence, l'opérateur doit prendre toutes les dispositions nécessaires concernant les risques éventuels d'électrisation ou d'électrocution (port de gants isolants, matériel de contrôle en parfait état de marche, prises de potentiel "sécurisées", ...).

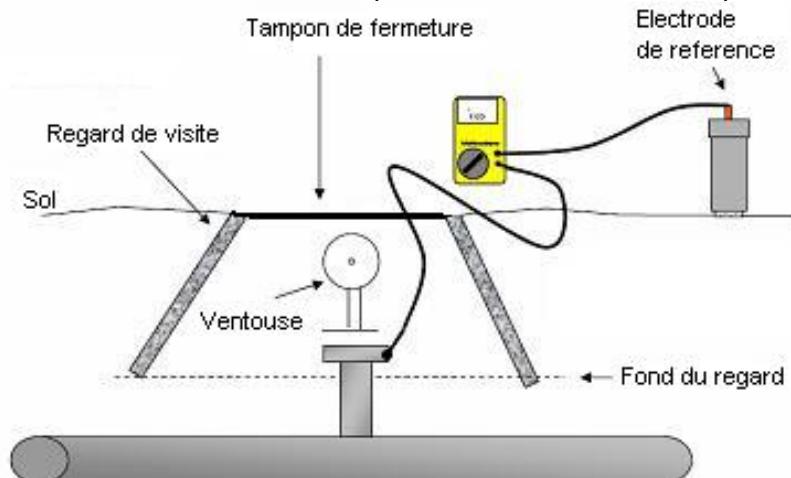
Les mesures de protection cathodique par temps d'orage sont à proscrire.

VI. Mesures en protection cathodique

VI.1. Prises de potentiel

Afin de vérifier la protection cathodique, il est nécessaire de réaliser des mesures. La canalisation n'étant pas directement accessible, seuls certains points sont aménagés pour réaliser des mesures. Un câble est soudé à la conduite et ramené à la surface. La répartition de ces prises de potentiel installées le long de l'ouvrage permettent une bonne représentation de son état électrique.

En l'absence de prise de potentiel, une mesure peut être réalisée par contact sur les brides des ventouses, vannes ou vidanges. Cette mesure n'est pas souhaitable car sujette à doutes. Il est préférable de profiter de travaux sur le réseau pour installer de nouvelles prises de potentiel.



Mesure par contact sur la bride de la ventouse

NB : La mise en place de nouvelles prises de potentiel prendra en compte la sécurité des contrôleurs vis-à-vis de la sécurité routière.

VI.2. Electrodes de référence

L'électrode de référence est constituée par une demi-pile impolarisable. Cette demi-pile a un potentiel stable dans un milieu électrolytique donné. Les mesures de potentiel d'un ouvrage dépendent du milieu où se trouve la structure à contrôler.

L'électrode de référence retenue pour les mesures de protection cathodique des structures enterrées est l'électrode au cuivre / sulfate de cuivre, saturée en sulfate de cuivre.



Electrode de référence Cu/CuSO₄

VI.3. Appareils de mesure

VI.3.1. Mesure de potentiel

Il existe deux types de voltmètre à courant continu, les appareils analogiques et les appareils numériques, qui peuvent tous deux être utilisés pour effectuer des mesures de potentiel. Toutefois, afin de garantir une précision maximale de la mesure, il convient que le voltmètre utilisé possède une impédance d'entrée supérieure à $1\text{ M}\Omega$.

Pour les voltmètres numériques, l'impédance d'entrée est en générale supérieure à $10\text{ M}\Omega$. La précision de ces voltmètres doit être inférieure ou égale à 1 % de la valeur lue.

Pour les voltmètres analogiques, on s'assurera que la résistance d'entrée est voisine ou supérieure à $250\,000\Omega/V$, et que la précision de l'appareil est inférieure ou égale à 2 % de la déviation de la pleine échelle.

Les appareils de mesure doivent être vérifiés annuellement par un organisme de contrôle indépendant.

VI.3.2. Mesure de courant

Les mesures de courant peuvent être réalisées au moyen de shunt, d'une pince ampérométrique (pour les ampères importants) ou d'un ampèremètre. La chute de tension causée par la mesure du courant ne doit pas dépasser 10 mV. La précision de la mesure doit être inférieure ou égale à 2,5 %.

Les appareils de mesure doivent être vérifiés annuellement par un organisme de contrôle.

VI.4. Critères de protection cathodique

Le critère de protection cathodique retenu pour la protection contre la corrosion électrolytique des canalisations enterrées en acier est celui du potentiel à courant déclenché ou OFF (UOFF, potentiel mesuré sans chute ohmique) inférieur à -850 mV , mesuré par rapport à une électrode Cu/CuSO₄ posée à proximité de la conduite.

Il est de plus nécessaire de limiter la surprotection de certains aciers à cause du risque de fragilisation par hydrogène. Le critère généralement admis est :

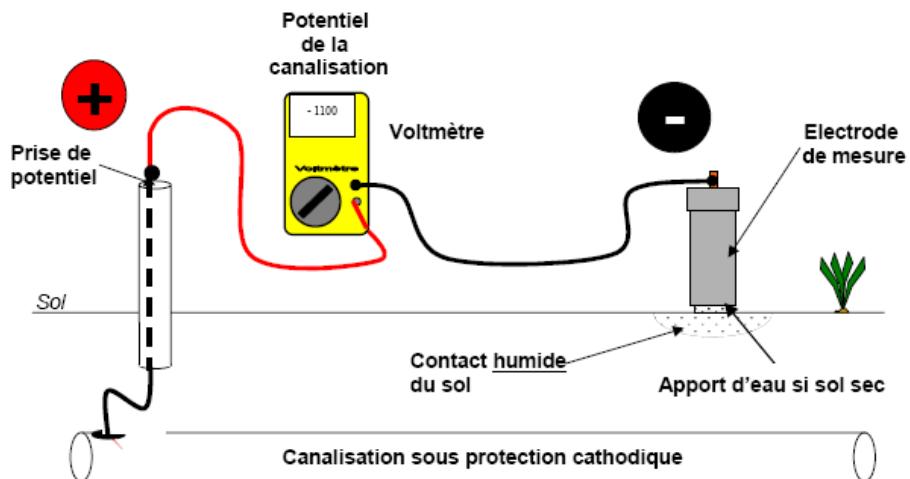
$\text{UOFF} \geq -1100\text{ mV / Cu/CuSO}_4$ tout particulièrement pour les aciers dont la limite élastique est supérieure à 700 N.mm-2 .

Des potentiels très négatifs peuvent aussi être à l'origine de décollement cathodique des revêtements présentant des défauts (problème de corrosion sous revêtement).

VI.5. Vérification du niveau de polarisation d'une canalisation

VI.5.1. Mesure simple du potentiel d'une canalisation (mesure à courant enclenché ou mesure on)

Une vérification simple du niveau de polarisation d'une structure sous protection cathodique est réalisée selon le schéma ci-après. La structure à contrôler est reliée à la borne + d'un voltmètre et l'électrode de référence (Cu/CuSO₄) à la borne « COM » du voltmètre. La lecture se fait en tension continue. La mesure du potentiel ON seul ne permet pas d'évaluer la qualité de la protection cathodique appliquée à l'ouvrage.

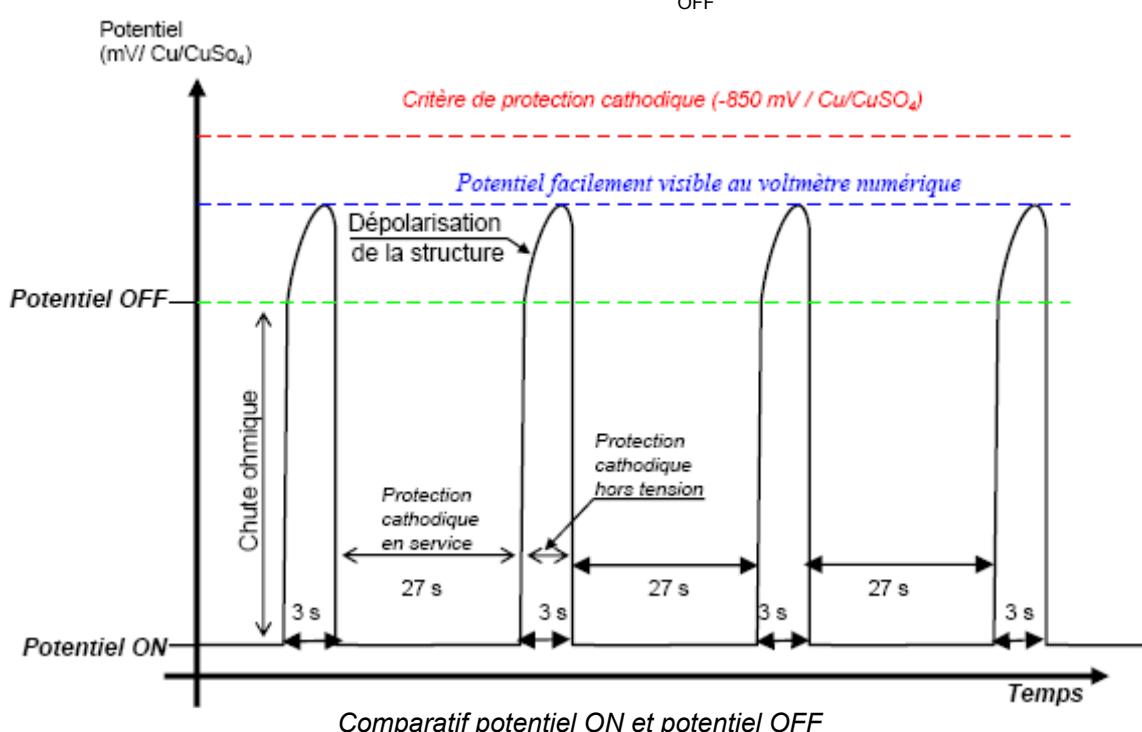


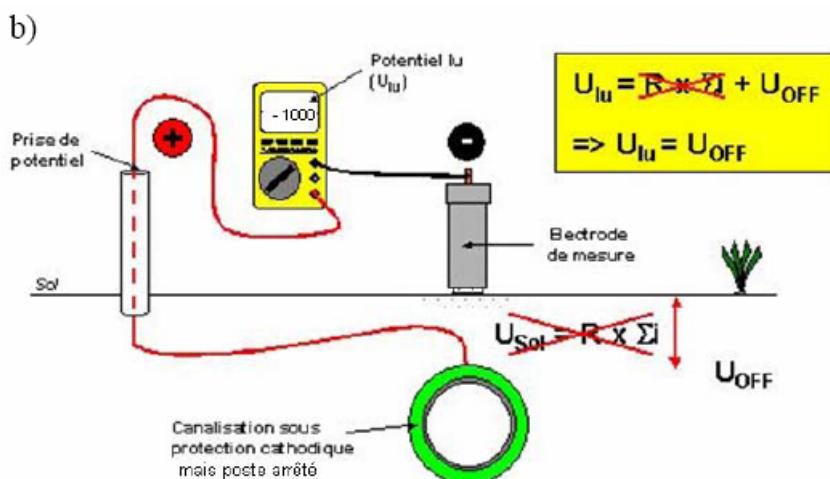
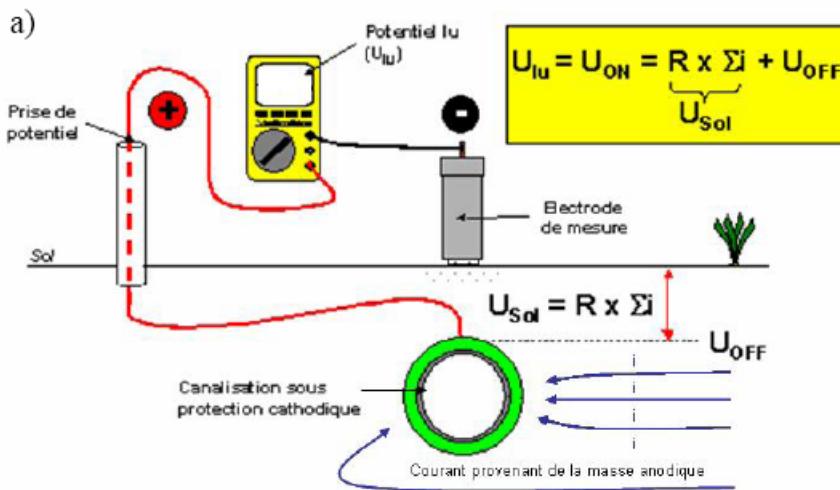
Mesure simple du potentiel d'une canalisation

Remarque : en milieu urbain, le contact électrique entre l'électrode de référence et le sol est parfois difficile (présence de bitume,...). Il y a lieu de prévoir alors soit un éloignement de l'électrode de référence (jardin,...), soit la mise en place d'un accès au sol via un regard avec un contact avec la terre ou un tube PVC.

VI.5.2.. Mesure du potentiel à courant déclenché ou coupé (mesure off)

La mesure de potentiel définie précédemment est entachée d'une erreur résultant de la circulation des courants de protection cathodique dans le sol (erreur appelée chute ohmique). Cette erreur peut être corrigée en réalisant une mesure de potentiel en coupant temporairement le système de protection cathodique (utilisation d'un interrupteur cyclique). Ainsi, nous suggérons un cycle poste en marche 27 secondes en arrêt 3 secondes. La mesure réalisée à la coupure du système est appelée mesure à courant déclenché ou mesure OFF (U_{OFF}).





(a) Mesures à courant établi ; (b) Mesures à courant coupé

avec :

R = résistance locale entre la canalisation et l'électrode de mesure,

Σi = courant de protection cathodique atteignant localement la canalisation.

Seul le critère $U_{OFF} < -850 \text{ mV/Cu/CuSO}_4$ permet d'attester d'une polarisation correcte de l'ouvrage.

VI.5.3. Mesure en présence de courants vagabonds

En présence de courants vagabonds, il est difficile de réaliser les mesures définies précédemment. La difficulté de l'interprétation des mesures du potentiel des structures par rapport au sol est due au fait que l'électrode de référence est toujours placée dans un champ électrique variable. Les variations en fréquence et en amplitude des gradients dans le milieu rendent difficile l'appréciation du potentiel réel métal/sol de l'ouvrage influencé.

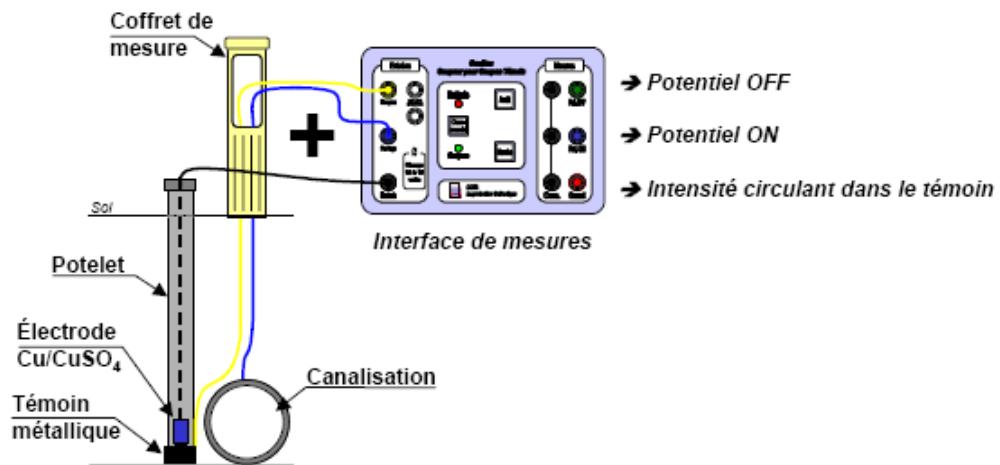
Les mesures instantanées effectuées suivant la méthode dite à courant "coupé" (déclenché) sont remplacées par des enregistrements de potentiel et de l'intensité des courants circulant dans des témoins métalliques reliés à la canalisation. On s'assure alors que le potentiel de la canalisation ne dépasse pas le seuil de - 850 mV par rapport à l'électrode Cu/CuSO₄ et qu'aucune sortie de courant n'est observable sur les témoins métalliques.

Compte tenu de la difficulté de mesurage et des outils nécessaires, il est opportun de faire appel à une société de services.

VI.5.4. Mesure à l'aide d'une interface de mesure en protection cathodique

Ces interfaces de mesure permettent d'effectuer des mesures OFF sans avoir à couper les postes de protection cathodique. L'utilisation de témoins de mesure est obligatoire avec ces interfaces de mesure. L'interface est insérée dans la liaison entre la canalisation sous protection cathodique et le témoin ; un coupeur ouvre périodiquement la liaison et relève la valeur du potentiel juste après coupure : c'est le potentiel OFF du témoin relié à la canalisation.

Par cette méthode, il est possible de réaliser des mesures OFF, et ceci même en présence de courants vagabonds.

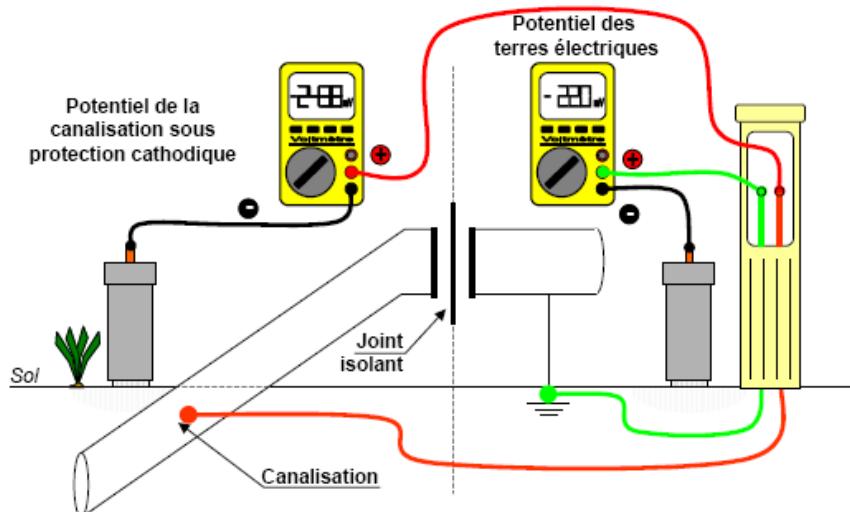


Mesures à l'aide d'une interface de mesure en protection cathodique

VI.5.5. Mesure en présence de courant alternatif

Les mesures définies précédemment sont aussi applicables pour mesurer des tensions ou des intensités alternatives. Ces mesures sont particulièrement recommandées dans le cas de canalisations à forte valeur d'isolement.

VI.5.6. Mesure sur joint isolant



Vérification des joints isolants (raccords isolants)

Les joints isolants permettant d'assurer une discontinuité électrique entre deux parties d'une canalisation sont testés suivant le schéma ci-dessus.

Une vérification destinée à prouver qu'un raccord isolant est efficace peut aussi être réalisée selon les recommandations des annexes J et K de la norme NF EN 13509 « Techniques de mesures applicables en protection cathodique ».

Mesure	Potentiel (mV) / Cu/CuSO ₄
On de la canalisation sous protection cathodique	- 1 800
Off de la canalisation sous protection cathodique	- 980
Joint isolant côté opposé au tube sous protection cathodique (côté réservoir par exemple)	- 500

VI.6. Résistance globale d'un déversoir

L'évolution de la résistance du déversoir sur plusieurs années aidera à prévoir son renouvellement. Un calcul simple permettant d'anticiper le remplacement d'un déversoir peut être réalisé de la manière suivante :

On relève les paramètres du poste de soutirage entre deux vérifications n° 1 et n° 2.

$$U_1 = R_1 \times I \text{ (application de la loi d'Ohm lors du contrôle n° 1)}$$

$$U_2 = R_2 \times I \text{ (application de la loi d'Ohm lors du contrôle n° 2)}$$

Avec :

U1 : tension aux bornes du poste lors du contrôle n° 1

R1 : résistance globale du déversoir lors du contrôle n° 1

U2 : tension aux bornes du poste lors du contrôle n° 2

R2 : résistance globale du déversoir lors du contrôle n° 2

I : intensité nécessaire à la protection du réseau (I est identique entre les deux contrôles)

Si $U_2 / U_1 = R_2 / R_1 \approx 1 \Rightarrow$ déversoir OK

Si $U_2 / U_1 = R_2 / R_1 >> 1 \Rightarrow$ prévoir le remplacement du déversoir

La décision de remplacement est à corrélérer avec les mesures de potentiel les plus défavorables.

Ce calcul n'est valable que si :

Le réseau de canalisation n'est pas modifié (pas d'extension, ...),

La résistivité du sol n'est pas affectée par les conditions environnementales ou climatiques exceptionnelles.

VII. Installations de protection cathodique

VII.1. Installation de protection cathodique par anodes sacrificielles (ou galvaniques ou réactivés)

Ce type d'installation est réservé à la protection d'ouvrage très bien isolés ou de faibles dimensions. Les anodes sacrificielles peuvent être utilisées pour la protection de petits réseaux.. Une anode sacrificielle peut débiter un courant maximal d'environ une dizaine de mA.

La protection cathodique par anodes sacrificielles peut donc être réalisée quand :

- la structure à protéger est très bien isolée,
- la structure à protéger est de faible dimension,
- la résistivité du sol choisi pour l'implantation des anodes est très faible.

Les différents postes de protection sont définis dans l'étude de protection cathodique et sont répartis le long du réseau afin d'obtenir le critère de protection tout le long de l'ouvrage.

	Anode Aluminium à l'indium	Anode Magnésium	Anode Zinc
Potentiel (V / Cu/CuSO ₄)	- 1,10 (Ag/AgCl)	- 1,50	- 1,10
Consommation pratique (Kg/A.an)	3,4	6,5 à 8	11,9
Rendement électrochimique (%)	87	55	90
Domaines d'utilisation	plateformes offshore conduites offshore	conduites enterrées conduites offshore	conduites enterrées ouvrages immersés

VII.2. Installation de protection cathodique par courant imposé ou soutirage de courant

La protection cathodique par soutirage de courant est réservée aux installations de grandes dimensions, aux structures peu ou pas isolées ou bien lorsque les conditions d'exploitations ou environnementales (réseau sous influence) l'imposent. L'installation est constituée par un générateur de tension continue et par une pièce de consommation appelée masse anodique.

VII.2.1 les différents types d'anodes

La masse anodique peut être constituée par différents matériaux dont les principales caractéristiques sont listées à titre indicatif, dans le tableau ci-après.

	Rail	Ferro-silicium	Graphite	Titane platiné	Niobium platiné
Milieu	Tous	Tous ⁽¹⁾	Tous ⁽²⁾	Eau de mer, eau douce, ⁽³⁾ capacités,	Eau de mer, eau douce, ⁽³⁾
Consommation (Kg/A.an)	7 à 9	0,3	1,0	9. 10 ⁻³	9. 10 ⁻³
Densité de courant admissible (A/dm ²)	pas de limite	0,2	0,08	5 à 7	10

(1) : dans le cas de milieux riches en chlorures, on utilisera des anodes Fe-Si-Cr ou Fe-Si-Cr-Mo.

(2) : utilisation du backfill obligatoire. Pas d'utilisation en eau de mer.

(3) : utilisation pour les sols à voir au cas par cas.

VII.2.2. Les différents types de postes

Le poste de protection est choisi de manière à fournir un courant maximum supérieur ou égal à deux fois l'intensité nécessaire à la protection du réseau. Le poste de protection doit résister aux différentes conditions environnementales (variations de température, atmosphère explosive, étanchéité,...) et comporte des protections contre les surcharges électriques (primaire et secondaire) en accord avec les différentes normes électriques en vigueur. La tension du secondaire ne doit pas dépasser 50 volts.

On distingue deux grandes familles de postes de protection cathodique par soutirage de courant :

- Les postes simples à réglage manuel (électromécaniques),
- Les postes autorégulés.

L'intensité débitée par les postes simples est fonction de la résistance électrique de la masse anodique, plus celle-ci est élevée et plus la tension délivrée par le poste doit être importante. Un ajustement du poste peut être nécessaire lors des périodes de sécheresse et de fortes pluies. Les postes autorégulés sont asservis, soit en tension, soit en intensité, soit en potentiel (par rapport à une électrode Cu/CuSO₄ permanente implantée à proximité de la structure à protéger). Cette spécificité permet de définir le seuil nécessaire à la protection du réseau. Le poste ajuste alors en permanence les caractéristiques de fonctionnement afin de maintenir ce seuil. Ce type d'installation est particulièrement intéressant lorsque le réseau est soumis à des courants vagabonds variables en sens et en intensité, mais aussi dans le cas d'une variation de résistivité du sol autour du déversoir.

VII.2.3. Liaison redresseur – masse anodique ou canalisation

Les câbles assurant la liaison redresseur – masse anodique ou canalisation sont du type U 1000 RO2V. La section des câbles est au minimum de 16 mm² et est fonction de l'intensité débitée par l'installation, mais aussi de la longueur des connexions redresseur – masse anodique ou redresseur – canalisation (chute ohmique dans le câble). Les câbles sont ramenés sous gaine (□ ≥ 40) et grillage avertisseur rouge. Un bouclage est souhaitable, permettant ainsi de garder opérationnel le déversoir, même si une liaison ou connexion est coupée. Les câbles sont soigneusement repérés.

VII.2.4. Masse anodique, déversoir .

Les éléments constituant la masse anodique sont implantés entre 1 mètre et 2 mètres de profondeur dans la couche supérieure du sol ayant la résistivité la plus basse (conductivité la plus forte). Les différents éléments peuvent être implantés horizontalement ou verticalement. Un mélange régulateur adapté (backfill) est disposé autour de chaque anode afin de diminuer la résistance du sol et de faciliter l'évacuation des gaz éventuellement formés lors de la réaction anodique.

Lorsque l'on manque de place, ou lorsque la résistivité du sol est trop élevée en surface, la masse anodique peut être implantée en forage vertical. La masse anodique est alors constituée par un tubage acier et par un chapelet d'anodes à l'intérieur du tubage acier dont l'espace annulaire est rempli de backfill.

VIII. Maintenance en protection cathodique

VIII.1. Poste de soutirage de courant



Afin d'assurer la pérennité du réseau, on doit s'assurer d'un fonctionnement permanent du dispositif de soutirage de courant. Un relevé des indications numériques des appareils de mesure (voltmètre, ampèremètre, compteur d'énergie) doit être fait une fois par mois. Le câble de la canalisation doit toujours être connecté au pôle – du redresseur, le câble des anodes au pôle + du redresseur.

VIII.2. Drainage

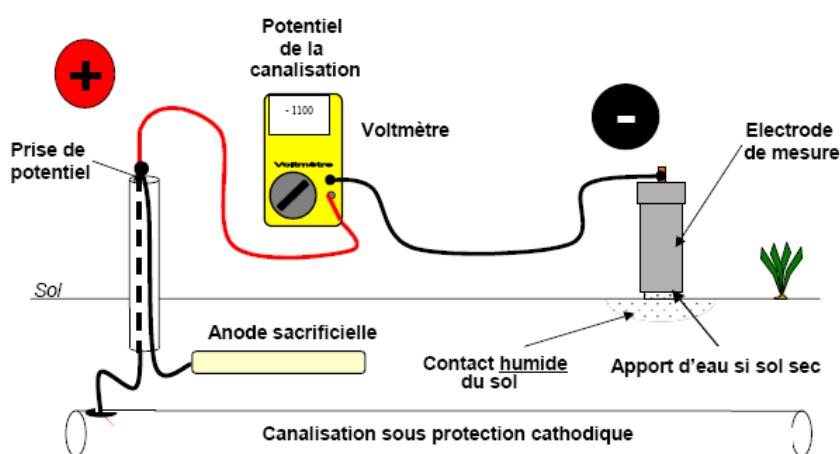


Afin d'assurer la pérennité du réseau, on doit s'assurer d'un fonctionnement permanent du dispositif de drainage de courant. Un mauvais fonctionnement ou bien l'arrêt du drainage peut conduire à un perçement rapide de la canalisation. Un relevé des indications numériques des appareils de mesure (voltmètre, ampèremètre, état des lampes régulatrices d'intensité) doit être fait deux fois par mois.

A noter que le fonctionnement du drainage est fonction de l'activité ferroviaire. Par conséquent, l'ampèremètre en position zéro ne signifie pas forcément que le poste de drainage est hors service.

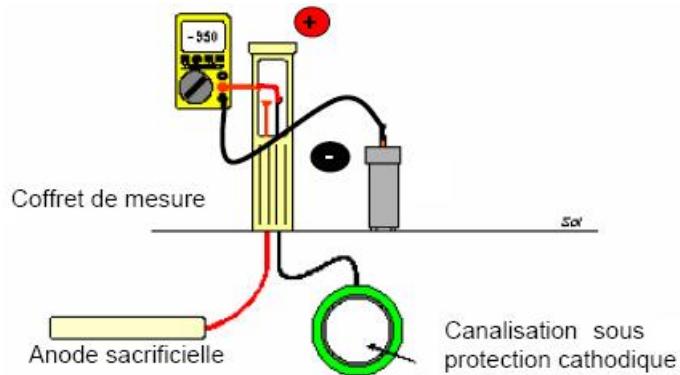
Par ailleurs, dans certains cas, le drainage peut débiter sans activité ferroviaire visible. Néanmoins, si à d'autres moments de la journée, l'ampèremètre reste en position zéro avec une activité ferroviaire visible, il y a lieu de le signaler au niveau technique supérieur.
Remarque : Ce relevé peut être effectué par télétransmission.

VIII.3. Anodes galvaniques (sacrificielles)



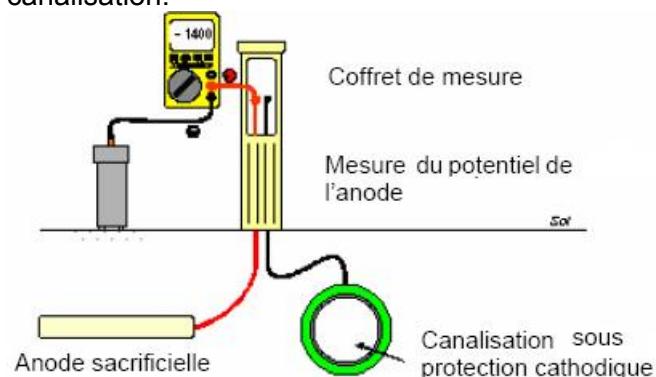
Mesure du potentiel On

La mesure est faite barrette fermée. On mesure le potentiel du tube anode connectée. L'électrode est posée au dessus du tube.



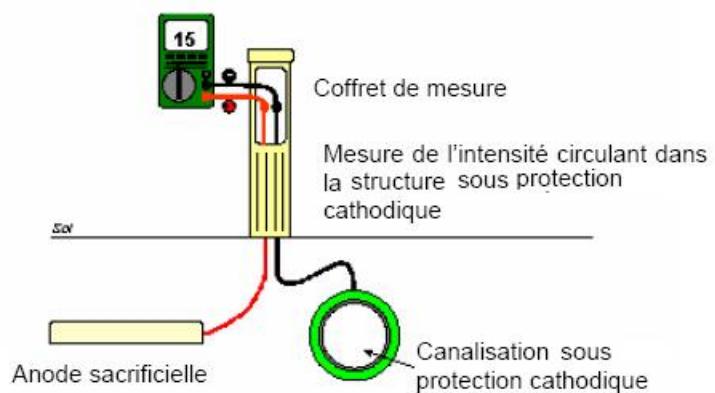
Mesure du potentiel de la conduite à courant coupé

La mesure de potentiel est effectuée à l'ouverture de la barrette côté canalisation. L'électrode est posée au dessus de la canalisation.



Mesure du potentiel de l'anode

L'opérateur mesure le potentiel de l'anode en plaçant le voltmètre côté câble de l'anode. S'il connaît la position de l'anode, il faut mettre l'électrode à la verticale de l'anode. Dans le cas où les câbles ne sont pas repérés, le potentiel le plus bas est celui de l'anode (voir l'exemple ci-dessus). De plus, un étiquetage est à prévoir.



Mesure du débit anode – conduite

En position ampèremètre (connexion à changer sur le câble), l'opérateur mesure le débit entre le câble de l'anode et le câble de la conduite. La valeur obtenue est en milliampères (position également en intensité continue). Relever la valeur sans le signe.

VIII.4. Joint isolant

Les joints isolants doivent être contrôlés semestriellement afin de s'assurer de leur bon fonctionnement (séparation électrique). Dans le cas de raccord isolant à brides, on pourra vérifier l'isolement de chacun des boulons de serrage : un boulon correctement isolé a un potentiel nul par rapport au sol.

VIII.5. Prises de potentiel

Le contrôle des points de mesure du réseau est à effectuer au moins deux fois par an être réalisées à courant établi (ON) et à courant coupé (OFF). S'il n'est pas possible de réaliser les mesures OFF, on choisira une méthode de mesure adaptée : utilisation de témoins métalliques, enregistrements sur 24 heures, interface de mesures,

VIII.6. Fréquence des contrôles, récapitulatif

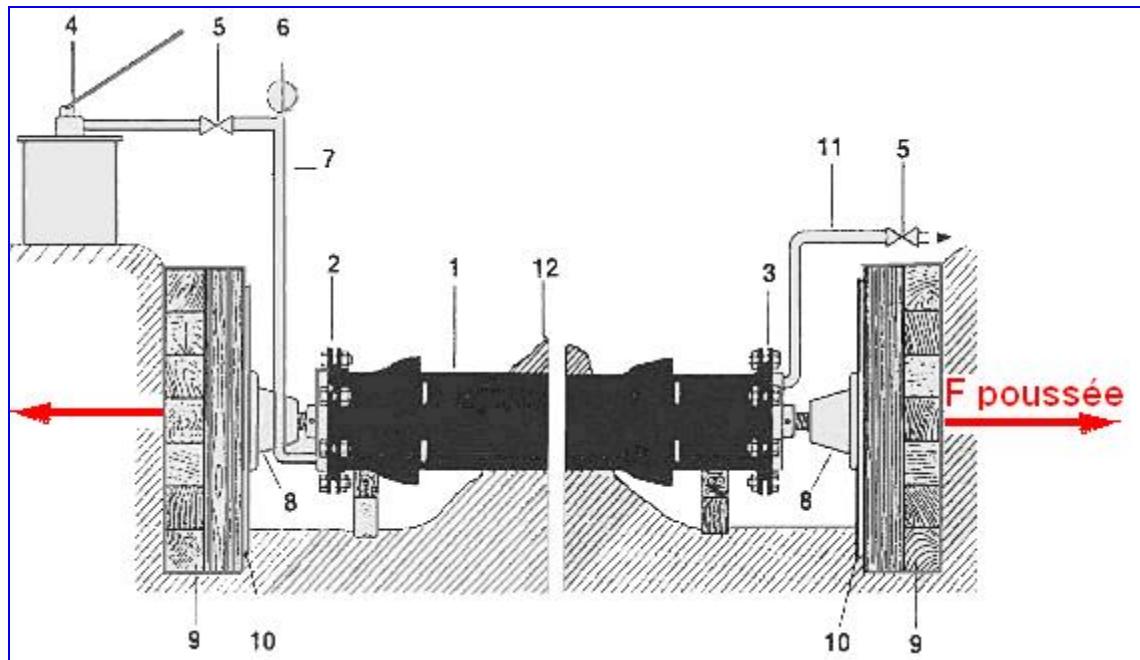
Dispositif à contrôler	Fréquence du contrôle
Poste de soutirage (courant imposé)	Visite mensuelle Relevés des indications numériques (voltmètre, ampèremètre)
Drainage	Visite bimensuelle Relevés des indications numériques (voltmètre, ampèremètre)
Anode sacrificielle	Visite semestrielle Vérification des connexions et du débit de l'installation
Joint isolant Mise à la terre spécifique	Visite semestrielle ou après travaux Vérification de la discontinuité électrique
Prise de potentiel simple	Visite annuelle ou après travaux Vérification de l'obtention du critère de protection cathodique sur le réseau à courant imposé
Prise de potentiel avec témoin	Visite annuelle Vérification U_{ON} , U_{OFF} , débit + enregistrement 10 min par un organisme habilité
Electrode de référence	Vérification visuelle avant chaque contrôle Présence d'eau et de sulfate de cuivre Etalonnage une fois par an par un organisme habilité
Voltmètre	Vérification une fois par an par un organisme habilité



A.8 EPREUVES SOUS PRESSION

Ces épreuves sont des mises en pression destinées à contrôler l'étanchéité des conduites, au fur et à mesure de l'avancement des travaux et avant le raccordement définitif sur le réseau existant en service.

1) Dispositif d'essai



- 1- *Conduite à tester.*
- 2- *Pièce d'extrémité basse.*
- 3- *Pièce d'extrémité haute.*
- 4- *Pompe d'épreuve.*
- 5- *Robinet vanne d'isolement.*
- 6- *Manomètre.*
- 7- *Conduite de raccordement avec la pompe*
- 8- *Vérin.*
- 9- *Butée constituée de madriers.*
- 10- *Plaque d'acier.*
- 11- *conduite de purge d'air.*
- 12- *Cavalier.*

2) Opérations préliminaires

2.1) Remblayage et ancrage

Les butées et les massifs d'ancrage définitifs doivent être réalisés pour reprendre la poussée résultant de la pression d'épreuve. Les massifs de butée ou d'ancrage en béton doivent atteindre les caractéristiques de résistance requises avant que les épreuves ne commencent. On doit prendre soin de s'assurer que les bouchons ou les plaques pleines provisoires sont butés de façon adéquate et que les efforts qu'ils transmettent au sol support sont répartis en conformité avec la portance de celui-ci. Le cas échéant prévoir des vérins pour compenser l'éventuel tassement.

Tout support temporaire, butée ou ancrage aux extrémités de la section d'épreuve ne doit pas être enlevé tant que la conduite n'a pas été dépressurisée.

Des cavaliers en terre sont aménagés d'une part, pour stabiliser la conduite durant les essais et d'autre part pour protéger, en période pluvieuse, contre la poussée d'Archimède qui peut entraîner un soulèvement général de la conduite.

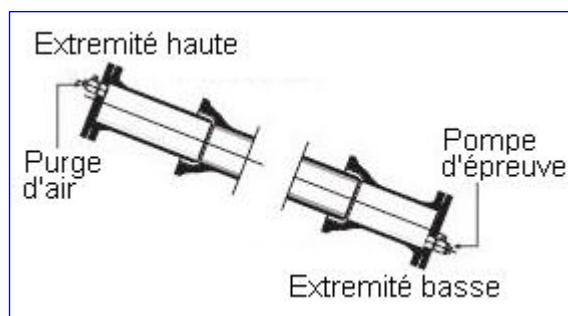


2.2) Sélection et remplissage du tronçon d'épreuve

Les tronçons d'épreuve sont sélectionnés de telle sorte que :

- La pression d'épreuve puisse être appliquée au point le plus bas;
- La longueur du tronçon éprouvé est limitée à deux kilomètres.

Le remplissage doit être conduit lentement à partir du point bas de la conduite, de manière à éviter les retours d'eau et à évacuer l'air à travers les dispositifs de purge.



S'il n'est pas possible d'installer l'équipement d'épreuve au point bas de la section d'épreuve, la pression d'épreuve doit être la pression d'épreuve du réseau calculée pour le point bas de la section considérée et minorée de la différence de niveau.

3) Pression d'épreuve

Définitions

MDP (Maximum Design Pressure : Pression maximale de calcul), Pression maximale de fonctionnement du réseau, ou de la zone de pression, fixée par le concepteur, y compris le coup de bélier, compte tenu de développements futurs ;

MDP s'écrit **MDP_a** lorsque la part "coup de bélier" est fixée forfaitairement.

MDP s'écrit **MDP_c** lorsque Le coup de bélier est calculé

STP (Système Test Pressure : Pression d'épreuve du réseau), Pression hydrostatique appliquée à une conduite nouvellement posée de façon à s'assurer de son intégrité et de son étanchéité ;

La pression d'essai, STP, se calcule à partir de la pression maximale de calcul, MDP, en considérant les cas suivants:

a) Coup de bélier calculé:

$$\mathbf{STP = MDP_c + 1 \text{ bar}}$$

b) Coup de bélier fixé forfaitairement :

❖ si $MDP_a \leq 10 \text{ bars}$: $STP = MDP_a \times 1,5 \text{ (bars)}$

❖ si $MDP_a > 10 \text{ bars}$: $STP = MDP_a + 5 \text{ bars}$

Le **coup de bélier** fixé forfaitairement ne doit pas être inférieur à **2bars**.

Exemple : Avec coup de bélier fixé à 2bars pour un réseau avec une pression maximale de fonctionnement DP de 6 bars, donc une $MDP_a = 6 + 2 = 8 \text{ bars} \leq 10 \text{ bars} \Rightarrow STP = 8 \times 1,5 = 12 \text{ bars}$.

Le calcul du coup de bélier doit être effectué par des méthodes appropriées, basées sur les conditions d'exploitation les plus défavorables.

Dans tous les cas, la pression d'épreuve **STP est supérieure ou égale à 8 bars**.

Dans le cas de refoulement et des conduites de grand calibre, la valeur du coup de bélier est toujours calculée en détail.

Dans les cas spéciaux, particulièrement là où de courtes longueurs de conduites sont installées, et pour les conduites de branchement de $DN \leq 80$ et de longueur n'excédant pas 100 m, on applique la pression de fonctionnement comme pression d'épreuve du réseau.

4) Procédures d'épreuve

4.1) Exigences générales

La procédure d'essai figure dans la norme EN 805:juin 2000, et comprend trois phases :

- Epreuve préliminaire ;
- Essai de purge de la conduite ;
- Epreuve principale en pression.

Ces essais seront toujours effectués dans les conduites avant d'effectuer les branchements. La longueur des tronçons d'essai pourra varier entre 500(en milieu urbain) et 1.000 ou même 2.000 mètres.

4.2) Epreuve préliminaire

L'épreuve préliminaire a pour objectif :

- La stabilisation du tronçon à essayer.
- La saturation du tronçon d'essai, lorsque des matériaux absorbant l'eau sont utilisés;

- De permettre l'augmentation de volume, sous l'effet de la pression, des tuyaux flexibles du tronçon, avant l'essai principal.

On commence par remplir d'eau lentement, le tronçon objet de l'essai, en laissant ouverts tous les éléments de purge d'air, lesquels seront ensuite fermés successivement du bas vers le haut. Une fois pleine d'eau la conduite doit être maintenue dans cet état au moins 24 heures dans le cas des tuyaux en béton précontraint EB.

Ensuite, la pression hydraulique est augmentée de manière constante et progressive (1 bar / mn) jusqu'à atteindre une valeur comprise entre MDP et STP.

La durée de l'essai préliminaire dépend des matériaux constitutifs de la conduite et des normes de produits concernés.

Pendant cette période il ne doit pas y avoir ni pertes notables d'eau, ni mouvement apparent de la tuyauterie.

4.3) Essai de purge de la conduite

Le remplissage et la purge sont effectués avec soin et dans les règles de l'art car la présence d'air dans le tronçon d'essai aboutit à des indications erronées

4.4) Épreuve principale en pression

L'épreuve principale en pression ne doit pas être lancée tant que l'essai préliminaire, n'a pas été effectué avec succès.

Deux procédures d'épreuve essentielles sont reconnues :

- ⊕ Epreuve par chute de pression
- ⊕ Epreuve par perte d'eau

Pour les conduites à comportement viscoélastique, tel que le polyéthylène, on applique une autre procédure d'essai.

❖ Epreuve par chute de pression

Elle consiste à augmenter la pression régulièrement jusqu'à la valeur de la pression d'épreuve (STP).

La pompe est déconnectée : la coupure d'eau dure pendant **une heure**, à l'issue de laquelle, on mesure par manomètre la chute de pression Δp qui doit présenter une allure dégressive et ne doit pas excéder la valeur ci-après à la fin de la première heure :

- **0.20 bars** pour des tuyaux tels que les tuyaux en fonte ductile avec ou sans revêtement intérieur au mortier de ciment, les tuyaux en acier avec ou sans revêtement intérieur au mortier de ciment, les tuyaux en béton à âme tôle et les tuyaux en matières plastiques ;
- **0.40 bars** pour des tuyaux tels que les tuyaux en béton sans âme en tôle.

Comme alternative, pour les tuyaux à comportement viscoélastique (tels que les tuyaux en polyéthylène) dont l'étanchéité ne peut être éprouvée en temps utile au cours de cette épreuve, la vérification s'effectue par une méthode particulière.

Nota : *L'épreuve par chute de pression est plus pratique et plus simple à utiliser que l'épreuve par perte d'eau et donc retenue et appliquée pour les essais d'étanchéité des nouveaux réseaux d'eau potable.*

❖ Epreuve par perte d'eau

La méthode est détaillée ci-après, pour mémoire :

Augmenter la pression régulièrement (à raison de 1 bar/ mn) jusqu'à la valeur de la pression d'épreuve du réseau (STP).

Maintenir la pression d'épreuve du réseau STP pendant une durée d'une heure minimum. Pendant cette période, mesurer la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'injecter afin de maintenir la pression d'épreuve du réseau.

La perte d'eau acceptable à la fin de la première heure de durée de l'essai ne doit pas excéder la valeur calculée en utilisant la formule ci-après :

$$\Delta V_{\max} = 1,2 \cdot V \cdot \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right)$$

ΔV_{\max} Perte admissible en litres

V Volume du tronçon de tuyauterie en essai, en litres

ΔP Chute admissible de pression pendant l'essai = 0.2 Bars.

E_w Module de compressibilité de l'eau = 2.1×10^4 Bars.

E_R Module d'élasticité en flexion transversale de la paroi du tuyau, en Bars.

D Diamètre intérieur de la conduite, en mm

e Epaisseur nominale du tube, en mm

$1,2$ Facteur de correction qui, entre d'autres aspects, tient compte de l'effet de l'air résiduel existant dans la conduite

Matériaux	E_R : Module d'élasticité en flexion transversale de la paroi du tuyau (Bars.)
Fonte ductile	1.70×10^6
Acier	2.10×10^6
Béton	2.00×10^5 - 4.00×10^5
PVC	350
PE	100 (à court terme) 150 (à long terme)

Si les pertes d'eau sont supérieures aux valeurs admissibles, on procède à la réparation des fuites et défaillances relevées.

4.5) Épreuve générale du réseau

Lorsqu'une conduite a été divisée en deux tronçons d'essai ou plus et que tous les tronçons ont subi individuellement avec succès l'épreuve en pression, l'ensemble des tronçons raccordés doit être soumis à la pression de fonctionnement du réseau pendant une durée de 2 h au moins.

5) Cas du polyéthylène

Cette autre méthode applicable aux conduites à comportement viscoélastique telles que les conduites en polyéthylène est fondée sur le fait que le fluage qui caractérise ce matériau est insuffisamment pris en compte dans le cadre de l'épreuve principale en pression de (4.4.). En conséquence une procédure particulière est décrite ci-après.

5.1) Procédure d'épreuve

La procédure d'épreuve complète comprend nécessairement une phase préliminaire incluant une étape de relaxation, un essai de chute de pression et une phase d'épreuve principale.

5.2) Phase préliminaire

La réalisation de la phase préliminaire est une condition préalable à la phase d'épreuve principale :

- après remplissage et purge, ramener la pression à la pression atmosphérique et autoriser un temps de relaxation d'au moins 60 min afin d'éliminer toute contrainte due à la pression ; prendre soin d'éviter toute entrée d'air ;
- après ce temps de relaxation, monter la pression régulièrement et rapidement (en moins de 10 min) jusqu'à la pression d'épreuve du réseau **STP = MDP et supérieure à 6 bars**. Maintenir STP pendant 30 min en pompant.

5.3) Essai de chute de pression

On réduit rapidement la pression effective mesurée à l'issue de la phase préliminaire, en extrayant de l'eau à l'aide d'une purge, de façon à ramener la pression à **3 bars**.

5.4) Phase d'épreuve principale

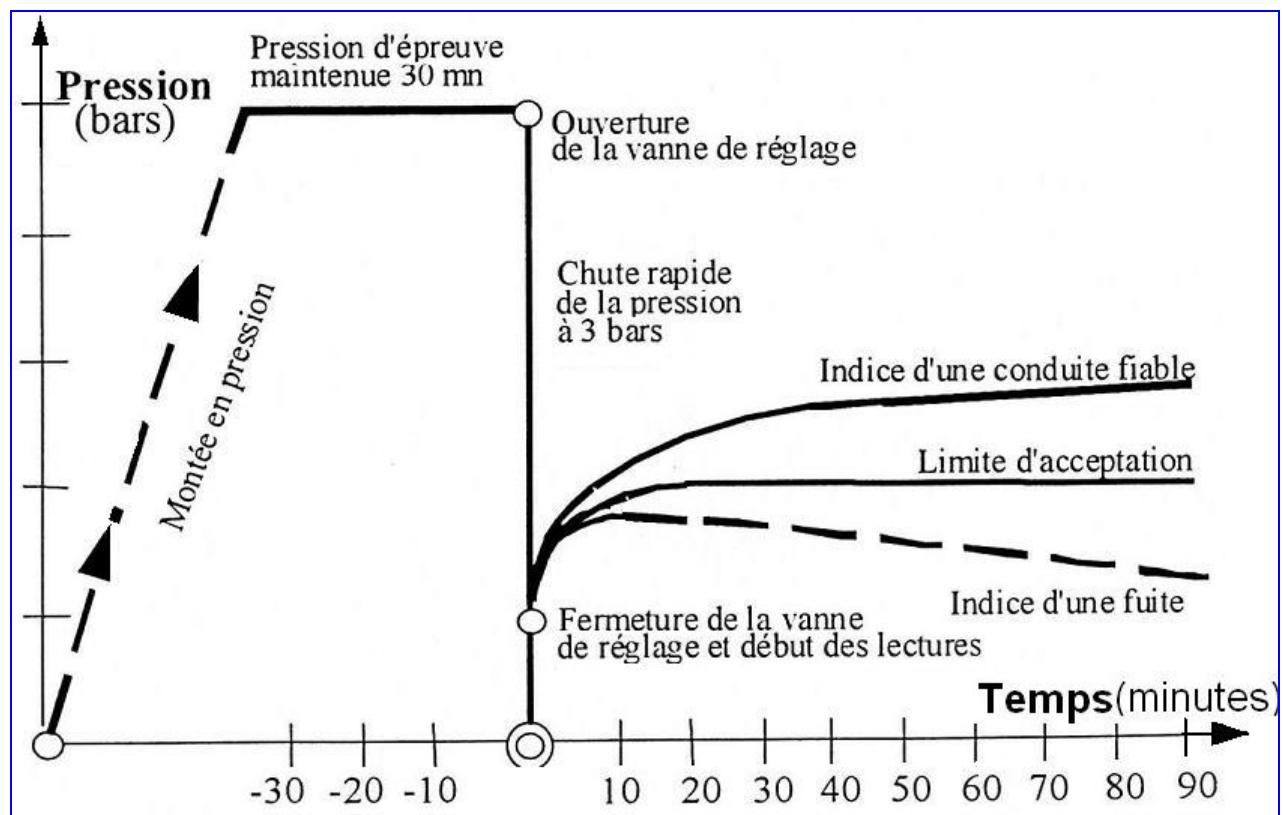
Le fluage viscoélastique dû à la contrainte produite par STP est interrompu par l'essai de chute de pression. La chute rapide de pression conduit à une contraction de la conduite. Observer et noter pendant 30 min (phase d'épreuve principale) l'accroissement de pression dû à la contraction :

Temps (mn)	Intervalle de lecture (mn)	Nombre de lectures
de 0 à 10	Toutes les 2mn	5
de 10 à 30	Toutes les 5mn	4
de 30 à 90	Toutes les 10mn	6

La phase d'épreuve principale est considérée comme satisfaisante si la courbe des pressions montre une tendance croissante et n'est en aucun cas décroissante. Si, pendant la période de 90 mn, la courbe des pressions montre une tendance décroissante, cela indique une fuite dans le réseau.

Corriger alors tout défaut de l'installation décelé lors de l'épreuve et répéter celle-ci.

La répétition de la phase principale d'épreuve ne peut être réalisée qu'en suivant la procédure complète en y incluant les 60 min du temps de relaxation de la phase préliminaire.



A.9 RINCAGE ET DESINFECTION

Lors de travaux sur les conduites et équipements du réseau de distribution d'eau potable, il est essentiel de contrôler la qualité des interventions pour éviter toute contamination de l'eau transportée par la suite dans les conduites jusqu'au robinet du consommateur.

La désinfection des éléments du réseau de distribution d'eau potable a pour principal objet, la minimisation des causes d'altération de la qualité bactériologique de l'eau sur le secteur concerné par les travaux. Cette opération finale ne suffit pas en elle même, elle doit être précédée d'une opération de rinçage. L'expérience montre que cette opération joue un rôle primordial dans la réussite de la désinfection finale.

1. Rinçage

Le rinçage sera effectué par secteurs, par la fermeture des vannes de sectionnement adéquates. Le remplissage commence en général, par le point le plus bas de la conduite et à une vitesse approximativement de 0.05 m/s.

On ouvrira les vannes de vidange du secteur isolé et on fera circuler l'eau alternativement, depuis chacune des connexions avec le réseau général. La vitesse de circulation de l'eau sera comprise entre 1 et 3 m/s.

2. Désinfection

Désinfectants utilisés



Hypochlorite de calcium :HTH, Puissant désinfectant , agit par réaction d'oxydation qui permet une destruction structurale de la cellule bactérienne.

1 pastille de 20 g de HTH à 70% de chlore.

Comburant et corrosif.



JAVEL SOLID à base de dichloroisocyanurate de sodium DIH (sel de sodium de l'acide dichloroisocyanurique dihydraté) libérant du chlore actif lors de la mise en solution dans l'eau. L'efficacité du produit n'est pas altérée par des agents tensioactifs.

Activité bactéricide conforme à la norme EN 1040.

Contenance de la boite : 160 pastilles environ – Poids 500g.

1 pastille de 3,2 g de JAVEL SOLID = 1,5 g de chlore

Eau de javel : solution aqueuse d'hypochlorite de sodium généralement obtenues en faisant réagir le chlore sur la soude caustique : $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaClO} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.

C'est un liquide ayant un léger reflet jaune- vert

La concentration de l'eau de javel s'exprime par le degré chlorométrique dans les pays francophones ou la quantité de « chlore actif » dans les autres pays (donnée en g/l ou en l'absence de toute indication en pourcentage pondéral)

Le degré chlorométrique est le nombre de litres de chlore susceptible d'être dégagé par un litre de solution sous l'action d'un acide à la température de 0°C et à la pression de 1bar.

Il est égal au nombre de litres de chlore ayant servi à fabriquer un litre de solution. Le degré chlorométrique correspond à 3.17g/l soit 0.31% de « chlore actif ».

	degré chlorométrique	Quantité de chlore actif	densité	pH
Extraits de javel classique	48°	152 g/l	12.5%	1.216
Eaux de javel	18°	57 g/l	5.3%	1.081
	12°	38 g/l	3.6%	1.054

Tenir les emballages hermétiquement étanches dans un endroit sombre, frais et sec

Conduites neuves

Après avoir été éprouvées, les conduites sont lavées intérieurement par des chasses et lavages répétés afin de faire disparaître toute turbidité et toute trace de goût et d'odeur.

L'opération consiste à introduire à l'amont de la conduite la solution désinfectante suivant le dosage (en litres) indiqué dans le tableau ci-dessous pour 100 m de canalisation et en fonction du temps de contact et ce en mettant la conduite en charge, tronçon par tronçon, jusqu'à l'extrémité et en ouvrant dans l'ordre indiqué par les consignes de mise en eau, toutes les vidanges d'extrémités des conduites.

Dosage de solution désinfectante pour les conduites neuves

Diamètre conduite (mm)	Eau de Javel à 48° Baumé (litres)	
	12h	24h
40 à 80	0.5	0.25
100 à 150	1	0.5
200 à 300	2	0.75
350 à 400	4	1
500	6	2
600	9	3

Après un temps de contact de 12 heures minimum, vidanger et rincer la conduite suivant les indications données dans le tableau ci-dessous jusqu'à obtenir une eau limpide.

Volume d'eau de rinçage

Diamètre conduite (mm)	Rinçage Volume d'eau en m³ pour 100 m
40 à 80	2
100 à 150	6
200 à 300	20
350 à 400	40
500	60
600	90

- Après avoir effectué l'étape de rinçage ci-dessus, mesurer le résiduel de chlore libre ; s'il est supérieur de plus de 0,5 mg/l à celui du réseau public, continuer le rinçage.



Colorimètre II de terrain



Comparateur

- Mesurer la turbidité.



Turbidimètre de terrain

- Effectuer un prélèvement d'eau pour analyse bactériologique classique
- Après résultat conforme, raccorder le tronçon au réseau (désinfection des pièces de raccordement obligatoire) et le mettre en service.

Conduites en service

Procéder à l'arrêt d'eau du tronçon sans ouvrir de vidange (risque d'aspiration d'eau souillée dans la conduite).

- Faire un premier terrassement pour mettre en place une pompe d'épuisement.
- Rabattre le niveau d'eau en-dessous de la génératrice inférieure de la conduite.
- Ouvrir la vidange.
- Finir de terrasser et dégager totalement la conduite (s'assurer qu'aucune eau souillée ne pénètre dans la conduite).
- Vidanger la fouille et la maintenir vide par pompage.

- Commencer la réparation ou l'intervention.
- Désinfecter les extrémités de la conduite, les pièces de raccord et les joints employés pour la réparation avec de l'Eau de Javel à 48° Baumé ou un produit désinfectant utilisé en pulvérisation.
- Avant raccordement, introduire dans la canalisation des pastilles de HTH ou JAVEL SOLID à dissolution rapide suivant le dosage indiqué dans le tableau ci-après pour 100 m de conduite (le linéaire à prendre en compte est celui qui est compris entre la réparation et le point de purge) et en fonction du temps de contact.

En cas de pose de manchons de réparation, l'introduction de pastille n'étant pas possible, veiller à maintenir une pression résiduelle suffisante (ou un écoulement permanent) pour éviter toute introduction d'eau souillée et désinfecter toutes les pièces avec une solution désinfectante.

Diamètre de la conduite en mm	Nombre de pastilles de HTH à dissolution rapide	Nombre de pastilles de JAVEL SOLID à dissolution rapide
	$\frac{1}{2} h$	$\frac{1}{4} h$
40 à 80	1	3
100 à 150	2	6
200 à 300	3 ou 4	10 ou 12
350 à 400	5 ou 6	15 ou 20
500	8	27
600	10	33

- Après un temps de contact d'une demi-heure minimum, rincer la canalisation (purge énergique surtout si la désinfection n'a pas pu se faire) jusqu'à obtenir une eau limpide.
- Mesurer le résiduel de chlore libre pour confirmer que le rinçage est suffisant ; le résiduel ne doit pas dépasser de plus de 0,5 mg/l celui du réseau public.
- Mesurer la turbidité.
- Effectuer un prélèvement d'eau pour analyse bactériologique classique
- Remettre en service.

Branchements neufs:

- Désinfecter les pièces de raccords et joints du branchement avec de l'Eau de Javel à 48° Baumé au moyen d'un pulvérisateur ou d'une brosse.
- Avant raccordement, introduire dans le branchement des pastilles de HTH à dissolution rapide ou des pastilles effervescentes de JAVEL SOLID suivant le dosage indiqué dans le tableau ci-dessous en fonction du temps de contact :

Diamètre du branchement en mm	Nombre de pastilles de HTH à dissolution rapide	Nombre de pastilles de JAVEL SOLID à dissolution rapide
	$1 h$	$\frac{1}{4} h$
< 60	1	3

- Ajuster le débit de façon à faire circuler la ou les pastilles et désinfecter ainsi toute la surface du branchement durant le minimum de temps indiqué dans le tableau ci-dessous.
- Rincer énergiquement.
- Mesurer le résiduel de chlore libre pour confirmer que le rinçage est suffisant ; le résiduel ne doit pas dépasser de plus de 0,5 mg/l celui du réseau public.
- Mesurer la turbidité.
- Effectuer un prélèvement d'eau pour analyse bactériologique classique
- Remettre en service.

3. Modalités d'évaluation de l'efficacité

du nettoyage et de la désinfection

Conduites neuves

Pour les canalisations présentant un diamètre supérieur ou égal à 40 mm, l'évaluation de l'efficacité du nettoyage et de la désinfection doit comporter la réalisation d'une analyse complète d'échantillons d'eau portant sur les paramètres suivants :

- Paramètres physiques : le pH, la couleur (qualitatif), la saveur (qualitatif), la turbidité.
- Paramètres chimiques :
 - L'ammonium, le nitrite et, si nécessaire, le fer.
 - La concentration résiduelle en désinfectant (mesurée sur le terrain, en utilisant des pastilles de DPD(N, N, diethyl -1-4 phenylenediamine) N°1.
- Paramètres microbiologiques : les coliformes thermotolérants, les streptocoques fécaux et le dénombrement des bactéries revivifiables à 22°C et à 37°C.

Commencer l'examen des échantillons de préférence immédiatement après les avoir prélevés. Si les échantillons sont conservés à température ambiante (à l'abri de la lumière, ne dépassant pas 25°C), leur examen doit commencer dans les 6 heures suivant leur prélèvement. Dans certaines circonstances exceptionnelles les échantillons peuvent être conservés à (5±3) °C pendant une durée maximale de 24 h avant d'être examinés.

Si les résultats sont satisfaisants(en conformité avec NM 03.7.001), la conduite peut être mise en service. Si les résultats sont défavorables, l'opération sera répétée.

Conduites en service

Pour les conduites en service ayant nécessité une réparation suivie d'une désinfection, on se situe dans le cas suivant :

Lorsque les contraintes d'exploitation (sécurité d'alimentation,...etc) justifient une mise ou une remise en service accélérée de la canalisation, l'évaluation de l'efficacité de la procédure doit être effectuée au moyen d'une analyse simplifiée.

L'analyse simplifiée comprend au moins la mesure de la concentration résiduelle en désinfectant (mesure sur la terrain) et la turbidité (mesure sur le terrain ou en laboratoire).

Le protocole d'intervention peut, selon le type de travaux effectués :

- prévoir l'analyse d'un ou plusieurs paramètres supplémentaires choisis en fonction de la qualité de l'eau et sélectionnés parmi les paramètres de l'analyse complète définie ci-avant,
- et définir les conditions suivant lesquelles les résultats des analyses microbiologiques réalisées dans le cadre des programmes réglementaires de vérification de la qualité de l'eau, peuvent être pris en compte pour l'évaluation de l'efficacité de la procédure de nettoyage et de désinfection.

Les échantillons d'eau destinés à évaluer l'efficacité du nettoyage et de la désinfection doivent être prélevés immédiatement en aval du lieu de l'intervention et analysés par une analyse bactériologique classique, qui donne des résultats au bout de 48 heures.

4. Critères d'acceptabilité de la procédure de nettoyage et de désinfection

Le rinçage doit être refait si à l'issue d'une première opération, la concentration résiduelle de chlore dépasse de 0,5 mg/l celle de l'eau du réseau.

La procédure de nettoyage est considérée comme satisfaisante lorsque les conditions de la NM 03.7.001, indiquées dans le tableau ci-après, sont réunies :

Paramètres	Valeurs Maximales Admissibles
pH	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,6$ (pour que la désinfection par chlore soit efficace, le pH doit être de préférence <8)
Couleur en unité Hazen	20
Seuil d'Odeur à 25°C	3
Seuil de saveur à 25°C	3
Concentration en ammonium (NH4)	$\leq 0,5 \text{ mg/l}$
Concentration en nitrites (NO2)	$\leq 0,5 \text{ mg/l}$
Concentration en fer (Fe)	0,3 mg/l
Coliformes thermotolérants et streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau prélevée	Absence
Augmentation de la turbidité, par rapport à l'eau du réseau < 0,5 NTU	5 NTU (unité de turbidité néphéломétrique)
Bactéries revivifiables à 37°C et après 24 heures	≤ 20 par 1 millilitre d'eau prélevée
Bactéries revivifiables à 22°C et après 72 heures	≤ 100 par 1 millilitre d'eau prélevée

Dans le cadre de la procédure accélérée, la remise en eau de la partie concernée par les travaux peut être faite au vu des seuls résultats des analyses effectuées sur le terrain, notamment ceux concernant la concentration résiduelle en désinfectant.

Pour les canalisations inférieures à 40 mm, le laboratoire est informé et peut donc programmer des analyses de surveillance dans la zone desservie par la canalisation



L'état actuel de nos connaissances confirme le phénomène d'attaque chimique du PEHD par le dioxyde de chlore, ClO_2 , conduisant à la fragilisation mécanique puis à la rupture des canalisations.



A.10 REFECTION DES CHAUSSÉES ET TROTTOIRS

Une fois les remblais sur conduites exécutés, on procède à la réfection définitive des chaussées et trottoirs.

Par réfection, on entend remise en état de la partie supérieure de la tranchée concernée par le corps de la chaussée et de la couche de surface

La réfection provisoire est exécutée dès achèvement du remblai et avant tout rétablissement de la circulation. Le revêtement provisoire doit former une surface plane et régulière et se raccorder sans dénivellation au domaine public adjacent.

1 Matériaux de reconstitution de chaussées, trottoirs et accotements

1.1 Prescriptions générales

La structure de chaussée reconstruite doit assurer le même niveau de service que la chaussée initiale.

Les deux principales méthodes de réfection de chaussée et de ses dépendances sont :

- la réfection définitive immédiate ;
- la réfection provisoire suivie d'une réfection définitive.

La réfection provisoire, réalisée **dans la limite d'un an**, nécessite la même qualité de remblayage et de couches de corps de chaussées que la réfection définitive immédiate. La seule différence concerne la couche de roulement provisoire qui sera reprise au moment de la réfection définitive.

1.2 Matériaux de corps de chaussée (hors matériaux de surface)

Le corps de chaussée sera reconstruit en respectant l'homogénéité mécanique de la structure de la chaussée existante.

1.3 Matériaux de réfection de surface

En règle générale, et sauf stipulation contraire de la réglementation, la surface de chaussée, trottoir ou accotement est reconstruite à l'identique qualitativement, c'est-à-dire avec un matériau de caractéristiques équivalentes et de même aspect que celui en place avant travaux, fabriqué et mis en oeuvre selon les normes correspondantes.

1.4 Matériaux de réfection de surface dans le cas de réfection provisoire

Dans le cas de réfection provisoire, la couche de surface peut être réalisée à l'aide de matériaux différents de ceux utilisés pour la réfection définitive : grave-bitume, grave-émulsion, enrobés stockables à froid, enduit superficiel, pavés, etc. Ce revêtement provisoire doit supporter la circulation pendant la phase provisoire (maximum un an) et empêcher les entrées d'eau dans le corps de chaussée en suivant les déformations éventuelles.

2 Mise en oeuvre des matériaux de reconstitution de chaussées, trottoirs et accotements

La mise en oeuvre est conforme aux spécifications de la norme NF P 98-150.

Les matériaux sont mis en oeuvre conformément aux normes «produits» avec les spécifications ci-après.

2.1 Matériaux de corps de chaussées, trottoirs et accotements

Graves non traitées :

Elles ne peuvent être mises en oeuvre que pour réaliser des trottoirs, accotements ou des chaussées supportant un trafic faible ou moyen et sont à exclure pour les trafics forts.

Graves traitées aux liants hydrauliques :

Il est tenu compte du temps de prise de ces matériaux (variable suivant leurs caractéristiques, les retardateurs de prise et la température ambiante) pour la fixation du délai maximal entre la fabrication et la fin de la mise en œuvre (y compris transport et stockage). La mise en oeuvre se fait par couches de 0,20 m à 0,30 m d'épaisseur. Le réglage fin est réalisé par rabotage, jamais par apport de mélange en couche mince. Pour éviter la dessiccation, un enduit de cure est mis en oeuvre.

Matériaux traités aux liants hydrocarbonés :

Grave-émulsion : La mise en oeuvre est faite par couches d'épaisseur comprise entre 0,10 m et 0,20 m. Elle est interdite par une température ambiante inférieure à 5 °C ou par forte pluie. Un délai d'attente de 30 min à 60 min est obligatoire entre les différentes couches.

Grave-bitume et sable bitume : Leurs températures doivent être supérieures à 130 °C pour la grave-bitume et 80 °C pour le sable bitume, lors du compactage. Les modalités de transport de ces produits doivent être prévues pour limiter les baisses de température. La mise en oeuvre se fait en une couche si l'épaisseur est inférieure à 0,20 m et en deux couches si l'épaisseur totale est comprise entre 0,20 m et 0,30 m.

Enrobés pour couche de liaison : Sa température doit être supérieure à 130 °C lors du compactage. Les modalités de transport de ces produits doivent être prévues pour limiter les baisses de température. La mise en oeuvre se fait en une couche d'épaisseur comprise entre 0,05 m et 0,10 m.

Matériaux bétons :

Les matériaux constituant le béton seront conformes aux spécifications de la norme NF P 98-170. Le béton sera fabriqué selon les conditions imposées dans la norme XP P 18-305.

2.2 Matériaux de réfection de surface pour chaussées ou trottoirs

Pour les tranchées de largeur supérieure ou égale à 0,30 m, les bords des revêtements existants doivent être redécoupés de manière rectiligne à 0,10 m de part et d'autre des deux lèvres de la tranchée.

Enrobés :

Une couche d'accrochage est toujours réalisée, éventuellement à la lance manuelle. Le bord des lèvres reçoit un badigeonnage à l'émulsion de bitume. La mise en oeuvre de l'enrobé sur la tranchée se fait soit avec un petit finisseur, soit manuellement. Le compactage est effectué par cylindre vibrant, la dernière passe étant réalisée sans vibration (NF P 98-130, NF P 98-132, NF P 98-133, NF P 98-134, NF P 98-136, XP P 98-137 et NF P 98-141). NF P 98-331

Enduits superficiels :

Dans le cas de tranchées étroites transversales à la chaussée, la réalisation de l'enduit superficiel peut être manuelle : répandage du liant à la lance et mise en place des gravillons à la main en respectant les dosages prescrits (NF P 98-160).

Pour les tranchées larges ou de grandes longueurs, longitudinales à la chaussée, la réalisation de l'enduit superficiel doit être mécanisée, en utilisant un matériel spécifique (répandeuse, ou en adaptant si besoin le matériel habituel). Le répandage des granulats doit suivre immédiatement le répandage du liant. Le compactage est effectué avec un petit cylindre sans vibration.

Enrobés à froid pour réfections provisoires :

Les enrobés à froid stockables peuvent être utilisés dans le cas de réfection provisoire ; ils sont à réserver à des surfaces de faible étendue.

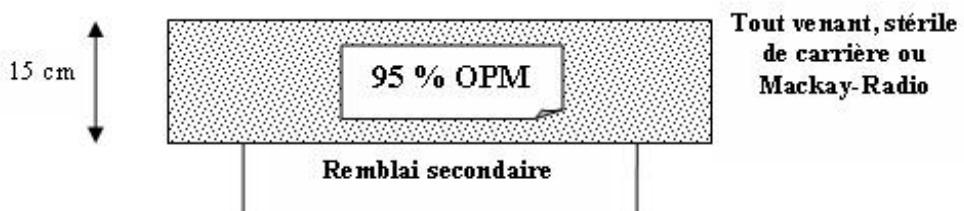
Béton de ciment :

Le béton de ciment est mis en oeuvre conformément à la norme NF P 98-170. La rugosité de la surface doit être obtenue. Le striage longitudinal est interdit. Des joints transversaux de retrait - flexion sont réalisés au droit des joints de la chaussée existante, sur une profondeur d'au moins 1/4 de l'épaisseur de la dalle, par sciage ou réservation dans le béton frais.

Le corps des chaussées, trottoirs et accotement est constitué comme décrit ci-après :

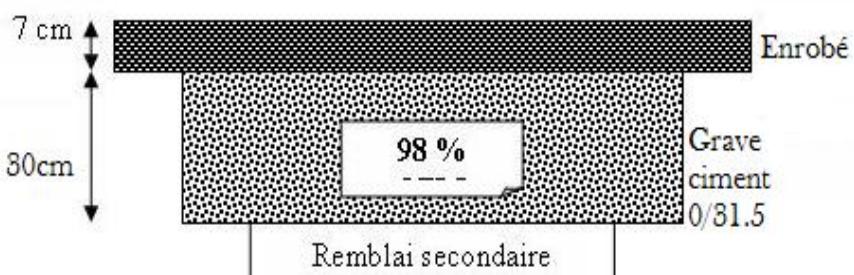
3. Réfection de chaussées et trottoirs non revêtus

Couche de 15 cm en tout-venant, stérile de carrière tamisé et d'un indice CBR $\geq 10\%$, arrosée et compactée à l'Optimum Proctor de 95% OPM.



4. Réfection définitive de chaussées revêtues en enrobé

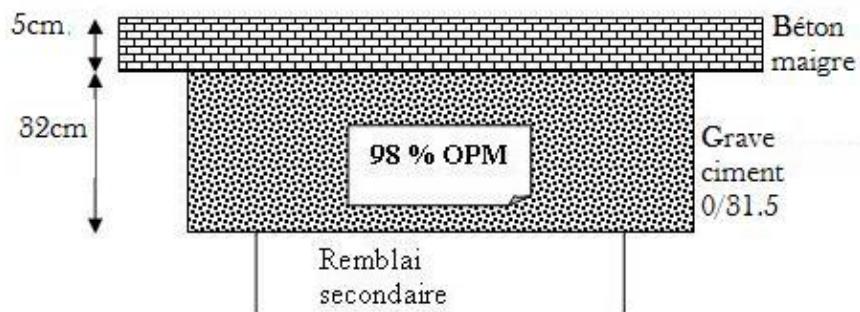
Couche de 30 cm en grave ciment 0/31.5 type GNA dosé à 2% de ciment, arrosée et compactée à l'Optimum Proctor de 98 % OPM ; La couche de roulement en enrobé à chaud selon les mêmes spécifications et dimensions que la chaussée existante, avec toutefois une épaisseur minimale de 7 cm, et un épaulement de 15 cm par rapport à la couche de grave ciment.



5. Réfection provisoire de chaussées revêtues en enrobé

Dans le cas où la couche de roulement définitive de la chaussée n'est pas effectuée immédiatement après le remblaiement de la tranchée, celle-ci doit être complètement remblayée. La partie supérieure étant plus tard enlevée et évacuée, préalablement à la réalisation de l'enrobé.

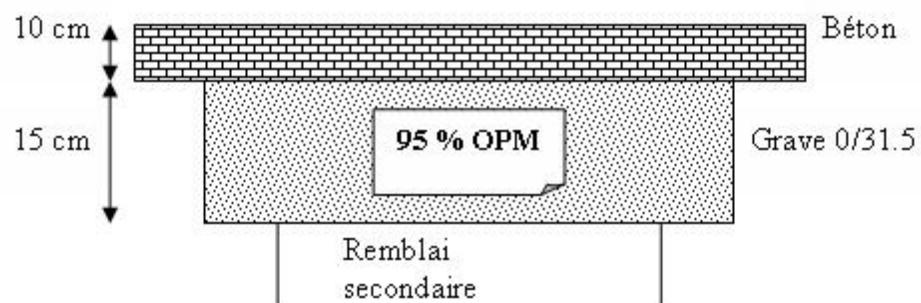
- Couche de 32 cm en grave ciment 0/31.5 type GNA dosé à 2% de ciment, arrosée et compactée à l'Optimum Proctor de 98 % OPM ;
- Béton maigre de 5 cm d'épaisseur, avec un épaulement de 15 cm



6. Réfection de chaussées revêtues en béton

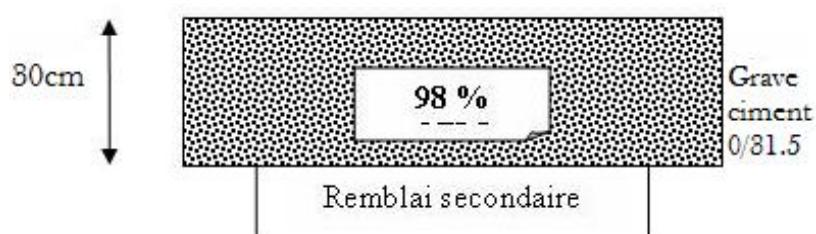
Couche de 15cm en grave 0/31.5 type GNA non traitée, arrosée et compactée à l'Optimum Proctor Modifié de 95 % OPM.

Béton dosé à 300 kg/m³, de même épaisseur que la chaussée existante, avec toutefois une épaisseur minimale de 10 cm d'épaisseur et un épaulement de 15 cm.



7. Réfection d'accotements non revêtus de chaussées revêtues

30 cm en grave ciment 0/31.5 type GNA dosé à 2% de ciment, arrosée et compactée à l'Optimum Proctor de 98 % OPM.

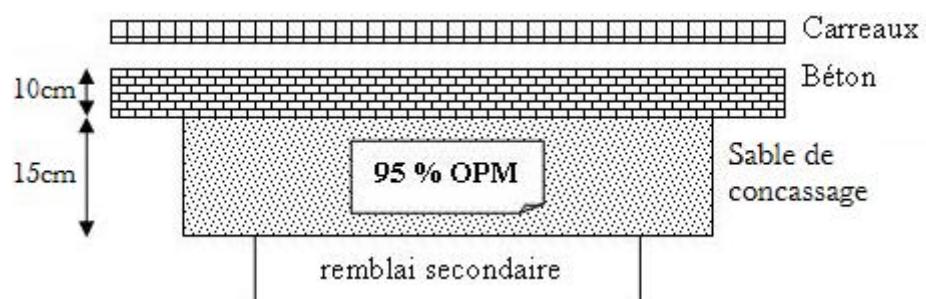


8. Réfection de trottoirs revêtus

Une couche de 15 cm en sable de concassage arrosée et compactée.

Béton dosé à 300 kg/m³, de même épaisseur que le trottoir existant, avec toutefois une épaisseur minimale de 10 cm d'épaisseur et un épaulement de 15 cm;

Une chape en ciment ou un revêtement en carreau de ciment ou rêve-sol ou autres selon le même type du trottoir existant.



A.11 LISTE DES MATERIELS

N°	Désignation Article	Unité
1	Tuyau en fonte ductile (FD) à emboîtement pour joint automatique PN 16	
1.1	DN 80mm	ml
1.2	DN 100mm	ml
1.3	DN 150mm	ml
1.4	DN 200mm	ml
1.5	DN 300mm	ml
1.6	DN 400mm	ml
1.7	DN 500mm	ml
1.8	DN 600mm	ml
2	Pâte lubrifiante pour emboîtement	Boite
3	Adaptateur de brides pour FD	
3.1	DN 60 mm	U
3.2	DN 80 mm	U
3.3	DN 100 mm	U
3.4	DN 150 mm	U
3.5	DN 200 mm	U
3.6	DN 250 mm	U
3.7	DN 300 mm	U
3.8	DN 350 mm	U
3.9	DN 400mm	U
3.1	DN 500mm	U
3.1	DN 600mm	U
4	Coude à deux emboîtements à joint express pour tuyau FD	
4.1	Coude 1/4	
4.1	DN 60mm	U
4.1	DN 80mm	U
4.1	DN 100mm	U
4.1	DN 150mm	U
4.1	DN 200mm	U
4.1	DN 300mm	U
4.1	DN 400mm	U
4.1	DN 500mm	U
4.1	DN 600mm	U
4.2	Coude 1/8	
4.2	DN 60mm	U
4.2	DN 80mm	U
4.2	DN 100mm	U
4.2	DN 150mm	U
4.2	DN 200mm	U
4.2	DN 300mm	U
4.2	DN 400mm	U
4.2	DN 500mm	U
4.2	DN 600mm	U
4.3	Coude 1/16	
4.3	DN 60mm	U

4.3	DN 80mm	U
4.3	DN 100mm	U
4.3	DN 150mm	U
4.3	DN 200mm	U
4.3	DN 300mm	U
4.3	DN 400mm	U
4.3	DN 500mm	U
4.3	DN 600mm	U
4.4	Coude 1/32	
4.4	DN 400mm	U
4.4	DN 500mm	U
4.4	DN 600mm	U
5	TE pour tuyau FD à deux emboîtements automatiques et tubulure bridée.	
5.1	DN 80x60 mm	U
5.1	DN 80x80 mm	U
5.1	DN 100x60 mm	U
5.1	DN 100x80 mm	U
5.1	DN 100x100 mm	U
5.1	DN 150x60 mm	U
5.1	DN 150x80 mm	U
5.1	DN 150x100 mm	U
5.1	DN 150x150 mm	U
5.1	DN 200x60 mm	U
5.1	DN 200X80 mm	U
5.1	DN 200X100 mm	U
5.1	DN 200X150 mm	U
5.1	DN 200X200 mm	U
5.1	DN 300X60 mm	U
5.1	DN 300X80 mm	U
5.1	DN 300X100 mm	U
5.1	DN 300X150 mm	U
5.1	DN 300X200 mm	U
5.1	DN 300X300 mm	U
5.1	DN 400x80 mm	U
5.1	DN 400x100 mm	U
5.1	DN 400x150 mm	U
5.1	DN 400x200 mm	U
5.1	DN 400x300 mm	U
5.1	DN 400x400 mm	U
5.1	DN 500X100 mm	U
5.1	DN 500X150 mm	U
5.1	DN 500X200 mm	U
5.1	DN 500X300 mm	U
5.1	DN 500X400 mm	U
5.1	DN 500X500 mm	U
5.1	DN 600X100 mm	U
5.1	DN 600X150 mm	U
5.1	DN 600X200 mm	U
5.1	DN 600X300 mm	U

5.3	DN 600X400 mm	U
5.3	DN 600X500 mm	U
5.3	DN 600X600 mm	U
6	Cône pour tuyau FD à deux emboîtements automatiques	
6.1	DN 80x60 mm	U
6.2	DN 100x60 mm	U
6.3	DN 100x80 mm	U
6.4	DN 150x60 mm	U
6.5	DN 150x80 mm	U
6.6	DN 150x100 mm	U
6.7	DN 200x100 mm	U
6.8	DN 200x150 mm	U
6.9	DN 300x150 mm	U
6.1	DN 300x200 mm	U
6.1	DN 400x300 mm	U
6.1	DN 500x400 mm	U
6.1	DN 600x400 mm	U
6.1	DN 600x500 mm	U
7	Tuyau en béton précontraint à emboîtement, étanchéité par bague d'élastomère,	
7.1	sans âme tôle,	
7.1	DN 500mm	ml
7.1	DN 600mm	ml
7.1	DN 700mm	ml
7.1	DN 800mm	ml
7.2	avec âme tôle,	
7.2	DN 500mm	ml
7.2	DN 600mm	ml
7.2	DN 700mm	ml
7.2	DN 800mm	ml
8	Pièces spéciales lisses en acier de 8 mm d'épaisseur, revêtue intérieurement par une couche de mortier enrichi d'adjuvants d'étanchéité et enroulé extérieurement par la toile de jute enduite de flinkot	
8.1	Coude pour tout angle	
8.1	DN 500mm	U
8.1	DN 600mm	U
8.1	DN 700mm	U
8.1	DN 800mm	U
8.2	TE D x d, à tubulure tangentielle bridée, ISO PN 16 D : diamètre principal d: diamètre de Vidange, d ≤ 200mm, (d=60, 80, 100,150 et 200)	
8.2	500 x d	U
8.2	600 x d	U
8.2	700 x d	U
8.2	800 x d	U
8.3	TE à tubulure bridé ISO PN 16,	
8.3	d ≤ 200mm ; (60, 80, 100, 150, 200)	
8.3	500 x d	U
8.3	600 x d	U
8.3	700 x d	U
8.3	800 x d	U

8.4	200mm < d ≤ 400mm ; (300, 400)	
8.4	500 x d	U
8.4	600 x d	U
8.4	700 x d	U
8.4	800 x d	U
8.5	d >400mm ; (500, 600, 700, 800)	
8.5	500 x d	U
8.5	600 x d	U
8.5	700 x d	U
8.5	800 x d	U
8.6	Cône de réduction,	
8.6	500 x 400	U
8.6	600 x 400	U
8.6	600 x 500	U
8.6	700 x 500	U
8.6	700 x 600	U
8.6	800 x 600	U
8.6	800 x 700	U
8.7	Bride folle ISO PN 16	
8.7	DN 500mm	U
8.7	DN 600mm	U
8.7	DN 700mm	U
8.7	DN 800mm	U
9	Tuyau PVC rigide PN 16, à assemblage par bague d'étanchéité en élastomère	
9.1	Dext 75 mm	ml
9.2	Dext 90 mm	ml
9.3	Dext 110 mm	ml
9.4	Dext 160 mm	ml
9.5	Dext 225 mm	ml
9.6	Dext 315 mm	ml
9.7	Dext 400 mm	ml
10	Joint étanchéité PVC PN16	
10	Dext 75 mm	U
10	Dext 90 mm	U
10	Dext 110 mm	U
10	Dext 160 mm	U
10	Dext 225 mm	U
10	Dext 315 mm	U
10	Dext 400 mm	U
11	Adaptateur de bride en FD pour PVC PN16	
11	Dext 63 mm	U
11	Dext 75 mm	U
11	Dext 90 mm	U
11	Dext 110 mm	U
11	Dext 160 mm	U
11	Dext 225 mm	U
11	Dext 315 mm	U
11	Dext 400 mm	U

12	Adaptateur de bride en FD, autobuté, pour PVC PN16	
12	Dext 63 mm	U
12	Dext 75 mm	U
12	Dext 90 mm	U
12	Dext 110 mm	U
12	Dext 160 mm	U
12	Dext 225 mm	U
12	Dext 315 mm	U
12	Dext 400 mm	U
13	Cône en FD à deux emboîtures automatiques pour PVC PN16,	
13	Dext 90x75 mm	U
13	Dext 110x75 mm	U
13	Dext 110x90 mm	U
13	Dext 160x90 mm	U
13	Dext 160x110 mm	U
13	Dext 225x110 mm	U
13	Dext 225x160 mm	U
13	Dext 315x160 mm	U
13	Dext 315x225 mm	U
13	Dext 400x160 mm	U
13	Dext 400x225 mm	U
13	Dext 400x315 mm	U
14	TE, en fonte GS à deux emboîtures automatiques et tubulure à bride, pour PVC PN 16,	
14	Dext 75x60 mm	U
14	Dext 90x60 mm	U
14	Dext 90x80 mm	U
14	Dext 110x60 mm	U
14	Dext 110x80 mm	U
14	Dext 110x100 mm	U
14	Dext 160x60 mm	U
14	Dext 160x80 mm	U
14	Dext 160x100 mm	U
14	Dext 160x150 mm	U
14	Dext 225x60 mm	U
14	Dext 225x80 mm	U
14	Dext 225x100 mm	U
14	Dext 225x150 mm	U
14	Dext 225x200 mm	U
14	Dext 315x60 mm	U
14	Dext 315x80 mm	U
14	Dext 315x100 mm	U
14	Dext 315x150 mm	U
14	Dext 315x200 mm	U
14	Dext 315x300 mm	U
14	Dext 400x60 mm	U
14	Dext 400x80 mm	U
14	Dext 400x100 mm	U

14	Dext 400x150 mm	U
14	Dext 400x200 mm	U
14	Dext 400x300 mm	U
14	Dext 400x400 mm	U
15	Coude en fonte GS à deux emboîtures automatiques pour PVC PN 16	
15	Coude 1/4	
15	Dext 75 mm	U
15	Dext 90 mm	U
15	Dext 110 mm	U
15	Dext 160 mm	U
15	Dext 225 mm	U
15	Dext 315 mm	U
15	Dext 400 mm	U
15	Coude 1/8	
15	Dext 75 mm	U
15	Dext 90 mm	U
15	Dext 110 mm	U
15	Dext 160 mm	U
15	Dext 225 mm	U
15	Dext 315 mm	U
15	Dext 400 mm	U
15	Coude 1/16	
15	Dext 75 mm	U
15	Dext 90 mm	U
15	Dext 110 mm	U
15	Dext 160 mm	U
15	Dext 225 mm	U
15	Dext 315 mm	U
15	Dext 400 mm	U
15	Coude 1/32	
15	Dext 400 mm	U
16	Bouchon en fonte GS à emboîture automatique pour tuyau PVC PN16	
16	Dext 75 mm	U
16	Dext 90 mm	U
16	Dext 110 mm	U
16	Dext 160 mm	U
16	Dext 225 mm	U
16	Dext315 mm	U
16	Dext400 mm	U
17	Tuyau PEHD 80, PN 16	
17	Dext 25 mm	ml
17	Dext 32 mm	ml
17	Dext 40 mm	ml
17	Dext 50 mm	ml
17	Dext 63 mm	ml

17	Dext 75 mm	ml
18	Tuyau PEHD 100, PN 16	
18	Dext 90 mm	ml
18	Dext 110 mm	ml
18	Dext 160 mm	ml
19	Raccords lisses en PEHD PN16, soudables bout à bout	
19	Coude 1/4	
19	Dext 25 mm	U
19	Dext 32 mm	U
19	Dext 40 mm	U
19	Dext 50 mm	U
19	Dext 63 mm	U
19	Dext 75 mm	U
19	Dext 90 mm	U
19	Dext 110 mm	U
19	Dext 160 mm	U
19	Coude 1/8	
19	Dext 25 mm	U
19	Dext 32 mm	U
19	Dext 40 mm	U
19	Dext 50 mm	U
19	Dext 63 mm	U
19	Dext 75 mm	U
19	Dext 90 mm	U
19	Dext 110 mm	U
19	Dext 160 mm	U
19	Cône de réduction	
19	32x 25 mm	U
19	40x 32 mm	U
19	50 x32 mm	U
19	50 x40 mm	U
19	63x 32 mm	U
19	63x 40 mm	U
19	63x 50 mm	U
19	90 x63 mm	U
19	110 x90 mm	U
19	160x 110 mm	U
19	Collet	
19	Dext 25 mm	U
19	Dext 32 mm	U
19	Dext 40 mm	U
19	Dext 50 mm	U
19	Dext 63 mm	U
19	Dext 75 mm	U
19	Dext 90 mm	U
19	Dext 110 mm	U
19	Dext 160 mm	U

19	Bouchon fin de ligne	
19	Dext 25 mm	U
19	Dext 32 mm	U
19	Dext 40 mm	U
19	Dext 50 mm	U
19	Dext 63 mm	U
19	Dext 75 mm	U
19	Dext 90 mm	U
19	Dext 110 mm	U
19	Dext 160 mm	U
19	Té	
19	32 x 25 mm	U
19	40 x 25 mm	U
19	40 x 32 mm	U
19	50 x 25 mm	U
19	50 x 32 mm	U
19	50 x 40 mm	U
19	63x32 mm	U
19	63 x 40 mm	U
19	63 x 50 mm	U
19	75 x 50 mm	U
19	75 x 63 mm	U
19	90 x 50 mm	U
19	90 x 63 mm	U
19	90 x 75 mm	U
19	110x63 mm	U
19	110 x 75 mm	U
19	110x90 mm	U
19	160x63 mm	U
19	160x75 mm	U
19	160x90 mm	U
19	160x110 mm	U
20	Manchon à large tolérance (PVC - FD - FG - AC)	
20	DN 60 mm	U
20	DN 80 mm	U
20	DN 100 mm	U
21	Manchon à large tolérance (PVC - FD - FG)	
21	DN 150 mm	U
21	DN 200mm	U
21	DN 300mm	U
21	DN 400mm	U
21	DN 500mm	U
21	DN 600mm	U
22	Manchon dissymétrique à large tolérance [AC/ (FD - PVC)]	
22	DN 150 mm	U

22	DN 200mm	U
22	DN 300mm	U
22	DN 400mm	U
22	DN 500mm	U
22	DN 600mm	U
23	Coude en FD à brides	
23	Coude 1/4	
23	DN 60 mm	U
23	DN 80 mm	U
23	DN 100 mm	U
23	DN 150 mm	U
23	DN 200mm	U
23	DN 300mm	U
23	DN 400mm	U
23	DN 500mm	U
23	DN 600mm	U
23	Coude 1/4 à patins	
23	DN 100 mm	U
23	Coude 1/8	
23	DN 60 mm	U
23	DN 80 mm	U
23	DN 100 mm	U
23	DN 150 mm	U
23	DN 200mm	U
23	DN 300mm	U
23	DN 400mm	U
23	DN 500mm	U
23	DN 600mm	U
23	Coude 1/16	
23	DN 60 mm	U
23	DN 80 mm	U
23	DN 100 mm	U
23	DN 150 mm	U
23	DN 200mm	U
23	DN 300mm	U
23	DN 400mm	U
23	DN 500mm	U
23	DN 600mm	U
23	Coude 1/32	
23	DN 400mm	U
23	DN 500mm	U
23	DN 600mm	U
24	Té en FD à 3 brides PN16	
24	DN 60x60 mm	U
24	DN 80x60 mm	U
24	DN 80x80 mm	U
24	DN 100x60 mm	U
24	DN 100x80 mm	U
24	DN 100x100 mm	U
24	DN 150x60 mm	U

24	DN 150x80 mm	U
24	DN 150x100 mm	U
24	DN 150x150 mm	U
24	DN 200x60 mm	U
24	DN 200X80 mm	U
24	DN 200X100 mm	U
24	DN 200X150 mm	U
24	DN 200X200 mm	U
24	DN 250X200 mm	U
24	DN 300X60 mm	U
24	DN 300X80 mm	U
24	DN 300X100 mm	U
24	DN 300X150 mm	U
24	DN 300X200 mm	U
24	DN 300X300 mm	U
24	DN 350X300 mm	U
24	DN 400x80 mm	U
24	DN 400x100 mm	U
24	DN 400x150 mm	U
24	DN 400x200 mm	U
24	DN 400x300 mm	U
24	DN 400x400 mm	U
24	DN 500X100 mm	U
24	DN 500X150 mm	U
24	DN 500X200 mm	U
24	DN 500X300 mm	U
24	DN 500X400 mm	U
24	DN 500X500 mm	U
24	DN 600X100 mm	U
24	DN 600X150 mm	U
24	DN 600X200 mm	U
24	DN 600X300 mm	U
24	DN 600X400 mm	U
24	DN 600X500 mm	U
24	DN 600X600 mm	U
25	Esse de réglage DN 100 en FD PN 16	
25	DN 100mm	U
26	Plaque pleine en FD PN 16	
26	DN 60mm	U
26	DN 60mm taraudée 1"	U
26	DN 80mm	U
26	DN 100mm	U
26	DN 150mm	U
26	DN 200mm	U
26	DN 250mm	U
26	DN 300mm	U
26	DN 350mm	U
26	DN 400mm	U
26	DN 500mm	U
26	DN 600mm	U
26	DN 700mm	U
26	DN 800mm	U

27	Cône en FD à brides	
27	DN 80x60	U
27	DN 100x60	U
27	DN 100x80	U
27	DN 150x60	U
27	DN 150x80	U
27	DN 150x100	U
27	DN 200x100	U
27	DN 200x150	U
27	DN 250x200	U
27	DN 300x150	U
27	DN 300x200	U
27	DN 350 x 300	U
27	DN 400x300	U
27	DN 500x400	U
27	DN 600x400	U
27	DN 600x500	U
28	Manchette à brides FD long 500 mm PN 16	
28	DN 60 mm	U
28	DN 80 mm	U
28	DN 100 mm	U
28	DN 150 mm	U
28	DN 200 mm	U
29	Joint de démontage autobuté PN16	
29	DN 60 mm	U
29	DN 80 mm	U
29	DN 100 mm	U
29	DN 150 mm	U
29	DN 200 mm	U
29	DN 300 mm	U
29	DN 400 mm	U
29	DN 500 mm	U
29	DN 600 mm	U
29	DN 700 mm	U
29	DN 800 mm	U
30	Joint en caoutchouc toilé de 4mm d'épaisseur, à oreilles de centrage	
30	DN 60 mm	U
30	DN 80 mm	U
30	DN 100 mm	U
30	DN 150 mm	U
30	DN 200 mm	U
30	DN 250 mm	U
30	DN 300mm	U
30	DN 350mm	U
30	DN 400 mm	U
30	DN 500 mm	U
30	DN 600 mm	U
30	DN 700 mm	U

30	DN 800 mm	U
31	Manchon de réparation inox, boulonnerie et mâchoires inox, revêtement caoutchouc EPDM , simple bande à poignée,	
31	Longueur = 200 mm	
31	DN 50-65 mm	U
31	Longueur =250 et 300mm	
31	DN 80 mm	U
31	DN 100 mm	U
31	DN 150 mm	U
31	DN 200 mm	U
31	DN 250 mm	U
31	Longueur = DN ou DN+100 mm	
31	DN 300 mm	U
31	DN 400 mm	U
32	Manchon de réparation inox, boulonnerie et mâchoires inox, revêtement caoutchouc EPDM, double bande,	
32	Longueur =250 et 300mm	
32	DN 150 mm	U
32	DN 200 mm	U
32	DN 250 mm	U
32	Longueur = DN ou DN+100 mm	
32	DN 300 mm	U
32	DN 400 mm	U
33	Robinet-vanne, à portage élastomère/métal, à brides ISO PN..., série courte, fermeture sens anti horloge FSAH, DN... mm, PFA 16	
33	ISO PN 10/16	
33	DN 60mm	U
33	DN 80mm	U
33	DN100mm	U
33	DN150mm	U
33	ISO PN 10	
33	DN 200	U
33	DN 300	U
33	ISO PN 16	
33	DN 200	U
33	DN 300	U
34	Robinet-vanne, à portage élastomère/métal, à brides ISO PN..., série longue, fermeture sens anti horloge FSAH, DN... mm, PFA 16	
34	Perçage des brides ISO PN 10/16	
34	DN 60mm	U
34	DN 80mm	U
34	DN100mm	U
34	DN150mm	U
34	Perçage des brides ISO PN 10	
34	DN 200mm	U
34	Perçage des brides ISO PN 16	
34	DN 200 mm	U

35	Robinet à papillon, de corps en FD, à brides ISO PN ..., obturateur revêtu d'élastomère, axe en acier inoxydable avec mécanisme de manœuvre multi tour et réducteur par vis écrou comportant une bride pour l'adaptation d'une motorisation, fermeture sens anti horloge FSAH, , DN... mm, PFA16 bars	
35	Perçage des brides ISO PN 10	
35	DN 400mm	U
35	DN 500mm	U
35	DN 600mm	U
35	DN 800mm	U
35	Perçage des brides ISO PN 16	
35	DN 400mm	U
35	DN 500mm	U
35	DN 600mm	U
35	DN 800mm	U
36	Ventouse 3 fonctions (sans vanne intégrée)	
36	DN 40/60 mm	U
36	DN 80 mm	U
36	DN 100 mm	U
36	DN 150mm	U
37	Poteau d'incendie PN16, avec prise centrale de DN 100 mm et deux prises latérales en DN 65mm.	
37	Modèle non renversable	U
37	Modèle renversable	U
38	Bouche d'incendie, PN16	
38	DN 100	U
38	Plaque de repérage 220x145, pour BI	U
39	Boite à crêpine, corps et chapeau en fonte ductile PN16, tamis en inox, accessible par le haut, bouchon latéral, DN...mm	
39	DN 60mm	U
39	DN 80mm	U
39	DN 100mm	U
39	DN 150mm	U
39	DN 200mm	U
39	DN 300mm	U
39	DN 400mm	U
40	Régulateur à ressort de pression avale, PN16	
40	DN65mm	U
40	DN80mm	U
40	DN100mm	U
40	DN150mm	U
40	DN200mm	U
41	Stabilisateur de pression avale, PN16 avec circuit piloté à simple fonction de régulation:	
41	DN 50mm	U
41	DN 60mm	U
41	DN 80mm	U
41	DN 100mm	U
41	DN 150mm	U

41	DN 200mm	U
41	DN 300mm	U
41	DN 400mm	U
42	Stabilisateur de pression amont, PN16 avec circuit piloté à simple fonction de régulation:	
42	DN 60mm	U
42	DN 80mm	U
42	DN 100mm	U
42	DN 150mm	U
42	DN 200mm	U
42	DN 300mm	U
42	DN 400mm	U
43	Disconnecteur hydraulique PN16	
43	DN40mm	U
43	DN 65mm	U
43	DN 80mm	U
43	DN 100mm	U
43	DN 150mm	U
43	DN 200mm	U
44	Boulon en acier classe 8.8 revêtu de Geomet 500 Grade B. vis complètement filetée y compris deux rondelles en acier . d (diamètre en mm) x L (longueur en mm).	
44	10x60	U
44	12x50	U
44	14x70	U
44	16x70 -	U
44	20x70	U
44	20x80	U
44	24x100 -	U
44	27x110	U
44	30x130	U
44	33x130	U
45	Manchon té de perçage en charge, à 2 coques en AG, PN16, pour tuyau PVC	
45	90x60 mm	U
45	110x60 mm	U
45	110x80 mm	U
45	160x60 mm	U
45	160x80 mm	U
45	160x100 mm	U
45	200/225x60 mm	U
45	200/225x80 mm	U
45	200/ 225x100 mm	U
45	200/225x150 mm	U
45	315x60 mm	U
45	315x80 mm	U
45	315x100 mm	U
45	315x150 mm	U
45	315x200 mm	U
45	400x60 mm	U

45	400x80 mm	U
45	400x100 mm	U
45	400x150 mm	U
45	400x200 mm	U
46	Manchon té de PEC, à deux coques en AG, PN16, pour tuyau AC, FD ou FG	
46	DN 80x60 mm	U
46	DN 100x60 mm	U
46	DN 150x60 mm	U
46	DN 150x80 mm	U
46	DN 150x100 mm	U
46	DN 200x60 mm	U
46	DN 200X80 mm	U
46	DN 200X100 mm	U
46	DN 200X150 mm	U
46	DN 250X200 mm	U
46	DN 300X60 mm	U
46	DN 300X80 mm	U
46	DN 300X100 mm	U
46	DN 300X150 mm	U
46	DN 300X200 mm	U
46	DN 350X200 mm	U
46	DN 400x80 mm	U
46	DN 400x100 mm	U
46	DN 400x150 mm	U
46	DN 400x200 mm	U
47	Manchon de réparation de tuyau béton précontraint, deux coques en tôle striée AG :	
47	Fût	
47	DN 300 mm BONNA	U
47	DN 400 mm	U
47	DN 500 mm	U
47	DN 600 mm	U
47	DN 700 mm	U
47	DN 800 mm	U
47	Tulipe (emboîtement)	
47	DN 400 mm	U
47	DN 500 mm	U
47	DN 600 mm	U
47	DN 700 mm	U
47	DN800 mm	U
48	Bague anti fraude en plastique,	
48	bleue pour compteur posé neuf	
48	DN 15 ou DN 20 mm	U
48	DN 30mm	U
48	DN 40mm	U
48	rouge pour compteur en état de coupure	
48	DN 15 ou DN 20 mm	U
48	DN 30mm	U
48	DN 40mm	U

48	jaune pour compteur échangé	
48	DN 15 ou DN 20 mm	U
48	DN 30mm	U
48	DN 40mm	U
49	Bouchon en laiton mâle	
49	M 1/2"	U
49	M 3/4"	U
49	M1"	U
50	Bouchon en laiton à serrage rapide	
50	SR 40 mm	U
50	SR 50 mm	U
50	SR 63 mm	U
51	Bride ovale pour robinet à serrage rapide	
51	SR 25mm	U
51	SR 32mm	U
51	SR 40mm	U
51	SR 50mm	U
52	Clapet anti retour en laiton à ressort	
52	DN 1"1/2	U
52	DN 2"	U
53	Collier de prise en charge pour réalisation de branchements d'eau potable. Vis de blocage du RPC. Etanchéité par joint moulé incorporé. Protection anti corrosion. Boulons de classe 8.8 revêtus de Geomet ou équivalent.	
53	en PVC pour PEHD	
53	40x 3/4"	U
53	50x3/4"	U
53	63x3/4"	U
53	en acier forgé ou FD pour AC/FD	
53	60x20	U
53	60x40	U
53	80x20	U
53	80x40	U
53	100x20	U
53	100x40	U
53	en acier forgé ou FD pour AC	
53	150x20	U
53	150x40	U
53	200x20	U
53	200x40	U
53	250x20	U
53	250x40	U
53	300x20	U
53	300x40	U
53	350x20	U
53	350x40	U
53	400x20	U
53	400x40	U

53	en acier forgé ou FD pour FD	
53	150x20	U
53	150x40	U
53	200x20	U
53	200x40	U
53	250x20	U
53	250x40	U
53	300x20	U
53	300x40	U
53	350x20	U
53	350x40	U
53	400x20	U
53	400x40	U
53	en acier forgé ou FD pour PVC	
53	75x20	U
53	75x40	U
53	90x20	U
53	90x40	U
53	110x20	U
53	110x40	U
53	160x20	U
53	160x40	U
53	200/225x20	U
53	200/225x40	U
53	315x20	U
53	315x40	U
53	400x20	U
53	400x40	U
54	Coude 1/4 égal en laiton à 2 serrages rapides	
54	SR 25	U
54	SR 32	U
54	SR 40	U
54	SR 50	U
54	SR 63	U
55	Coude 1/4 en laiton à serrage rapide en entrée et filetage femelle en sortie	
55	SR 25 - F 3/4"	U
55	SR 25 - F1/2"	U
55	SR 32 - F 1/2"	U
55	SR 32 - F 3/4"	U
56	Coude 1/4 en laiton à serrage rapide en entrée et filetage mâle en sortie	
56	SR 40 - M 1"1/4	U
56	SR 50 - M 1"1/4	U
56	SR 50 - M 1"1/2	U
56	SR 63 - M 2"	U
57	Gaine en PE	
57	A simple paroi, Dext 40 mm Dint 32 mm	ml
57	A double paroi, Dext 50 mm Dint 40 mm	ml
57	A double paroi, Dext 75 mm Dint 65 mm	ml

58	Grillage avertisseur bleu de 500mm de large, avec fil de largeur minimum de 1 mm en PE ou PP comportant des mailles de 15 mm x 15 mm	
58	Sans fil métallique	ml
58	Avec fil métallique pour la détection des conduites en plastique.	ml
59	Géotextile non tissé de type « Bidim »	ml
60	Joint plein alimentaire (joint d'obstruction de compteur)	
60	DN 15	U
60	DN 20	U
61	Joint plat alimentaire pour compteur	
61	DN 15mm	U
61	DN 20mm	U
61	DN 30mm	U
61	DN 40mm	U
62	Mamelon égal en laiton MM	
62	1/2"	U
62	3/4"	U
62	1"	U
62	1"1/4	U
62	1"1/2	U
62	2"	U
63	Manchon droit en laiton à deux serrages rapides	
63	2SR 25 mm	U
63	2SR 32 mm	U
63	2SR 40 mm	U
63	2SR 50 mm	U
63	2SR 63 mm	U
64	Té en laiton, à 2 serrages rapides et filetage femelle en dérivation	
64	2 SR 25 - F 1/2"	U
64	2 SR 25 - F 3/4"	U
64	2 SR 32 - F1/2"	U
64	2 SR 32 - F 3/4"	U
64	2 SR 40 - F 3/4"	U
64	2 SR 40 - F 1"1/4	U
64	2 SR 50 - F 3/4"	U
64	2 SR 50 - F 1"1/4	U
64	2 SR 50 - F 1"1/2	U
65	Té en laiton, à 2 serrages rapides et filetage mâle en dérivation	
65	2 SR 63 - M 1"1/2	U
65	2 SR 63 - M 2"	U
66	Manchon té en laiton 3 SR 50	U
67	Mini ventouse 3/4 "	U
68	Nourrice en polypropylène (type coprax) thermosoudé avec des inserts métalliques de 1/2"	
68	Nourrice à 2 postes	U
68	Nourrice à 3 postes	U
68	Nourrice à 4 postes	U

68	Nourrice à 5 postes	U
68	Nourrice à 6 postes	U
68	Nourrice à 7 postes	U
68	Nourrice à 8 postes	U
68	Nourrice à 9 postes	U
68	Nourrice à 10 postes	U
68	Nourrice à 11 postes	U
68	Nourrice à 12 postes	U
68	Nourrice à 13 postes	U
68	Nourrice à 14 postes	U
68	Nourrice à 15 postes	U
68	Nourrice à 16 postes	U
69	Porte métallique de 3 mm d'épaisseur, peinture anti corrosion, marquage "EAU"	
69	L=50 x H=35 cm	U
69	L=50 x H=70 cm	U
69	L=70 x H= 50 cm	U
70	Raccord droit en laiton à serrage rapide et filetage mâle	
70	SR 25 - M 1/2"	U
70	SR 25 - M 3/4"	U
70	SR 32 - M 3/4"	U
70	SR 40 - M 1"1/4	U
70	SR 50 - M 1"1/2	U
70	SR 63 - M 2"	U
71	Raccord en laiton filetage mâle et écrou prisonnier.	
71	M 1/2" - EP 3/4"	U
71	M 3/4" - EP 1"	U
72	Raccord flexible avec protection gaine métallique tressée filetage mâle et écrou prisonnier.	
72	M 1/2" - 3/4" F EP	U
72	M 3/4" - 1" F EP	U
73	Réduction en laiton Mâle- Femelle	
73	M 1"- F 3/4"	U
73	M 1"1/2 - F 1"	U
73	M 1"1/4 - F 1"	U
73	M 1"1/4 - F 3/4"	U
73	M 2" - F 1"	U
73	M 2" - F 1"1/2	U
73	M 2" - F 1"1/2	U
74	Robinet après compteur, en laiton de type boisseau sphérique 1/4 de tour.	
74	EP3/4" - M3/4 "	U
74	EP1"- M1"	U
75	Robinet d'arrêt équerre anti fraude	
75	25x3/4"	U
75	32x1"	U

76	Robinet droit en laiton 1/4 tour avec la tête anti- fraude	
76	M3/4"-EP3/4"	U
76	M1"-EP1"	U
77	Robinet de prise en charge (PEC)	
77	DN 20mm avec sortie SR 25	U
77	DN 20mm avec sortie SR 32	U
77	DN 40mm avec sortie SR50	U
77	DN 40mm avec sortie SR63	U
78	Té en laiton + bouchon 1" M	
78	MM 1"1/2 Sortie 1" F	U
78	MM 2" Sortie 1" F	U
79	Vanne à passage intégral PN 16	
79	DN 1"1/2	U
79	DN 2"	U
80	Clapet anti retour en fonte, à battant PN 16	
80	DN 60mm	U
80	DN 80mm	U
80	DN 100mm	U
80	DN 150mm	U
80	DN 200mm	U
81	Compteur PN 16	
81	Classe C, volumétrique	
81	DN 15mm	U
81	DN 20mm	U
81	DN 30mm	U
81	DN 40 mm	U
81	Classe C à turbine de type jet unique	
81	DN 30mm (fileté)	U
81	DN 40mm (fileté)	U
81	DN 50 surbridé DN 60mm	U
81	DN 60/65 surbridé DN 80mm	U
81	DN 80 surbridé DN 100mm	U
81	DN 100mm	U
81	DN 100 surbridé DN 150mm	U
81	DN 150mm	U
81	à hélice	
81	DN 200mm	U
81	électromagnétique,	
81	DN 60mm	U
81	DN 80mm	U
81	DN 100mm	U
81	DN 150mm	U
81	DN 200mm	U
81	DN 300mm	U
81	DN 400mm	U
81	DN500mm	U
81	DN600mm	U
82	Stabilisateur d'écoulement (tranquilleur) PN 16	
82	DN 65mm	U
82	DN 80mm	U

82	DN 100mm	U
82	DN 150mm	U
82	DN 200mm	U
83	Tabernacle Fabriqué en résine PVC, aucun défaut en examen visuel, résistant à une charge de rupture minimale de 300 Kg, ouverture adaptée à un tube d'allonge de 110mm.	U
84	Tube allonge en PVC DN 110 mm	
84	L= 1 m	U
84	L= 2 m	U
85	Bouche à clé en FD de 6kg, diamètre d'embase 220 mm avec ouverture de 120 mm. Bouchon verrouillable, trou de manoeuvre, relié au corps par une chaînette ou un tube métallique. Peinture hydrosoluble noire non toxique	
85	carrée	U
85	ronde	U
85	Hexagonale	U
86	Dispositif de fermeture en FD, cadre carré non apparent, Tampon rond, articulé , verrouillé, antibruit et anti-vibration, blocage de sécurité à la fermeture à 90°, peinture hydrosoluble noire non toxique , Marquage EAU	
86	850x850, CP D600, Classe C250	U
86	850x850, CP D600, Classe D 400	U
86	1000X1000, CP D800, Classe D 400	U
87	Pastille JAVEL SOLID	U
88	Pastille HTH	U



RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

I. Textes réglementaires et normes

- **CIRCULAIRE DG5/VS4 n° 99-217 du 12 avril 1999 relative aux matériaux utilisés dans les installations fixes de distribution d'eaux destinées à la consommation humaine.**
- **NF EN 124:1995** : « Dispositifs de couronnement et de fermeture pour les zones de circulation utilisées par les piétons et les véhicules. Principes de construction, essais types, marquage, contrôle de qualité. » (Norme marocaine équivalente :**NM 10-9-001**).
- **NF EN 545:2002** : « Tuyaux, raccords et accessoires en fonte ductile et leurs assemblages pour canalisations d'eau .Prescriptions et méthodes d'essai.
- **NF EN 14 525** (mai 2005) : « Adaptateurs de brides et manchons à larges tolérances en fonte ductile destinés à être utilisés avec des tuyaux faits de différents matériaux : fonte ductile, fonte grise, acier, PVC-U, PE, fibre-ciment ».
- **NF EN 1 074** Robinetterie pour l'alimentation en eau. Prescriptions d'aptitude à l'emploi et vérifications s'y rapportant.
 - Partie 1: Prescriptions générales (Oct. 2001)
 - Partie 2: Robinetterie de sectionnement (Oct. 2001)
 - Partie 3: Clapets de non-retour (Oct. 2001)
 - Partie 4: Purgeurs et ventouses à flotteur (Nov.2001)
 - Partie 5: Robinets de régulation (Mars 2001)
 - Partie 6: Poteaux et bouches (Juin 2004)
- **NF EN 14 154-1**(Janvier 2006) : « Compteurs d'eau - Partie 1 : Exigences générales ».
- **NF EN 14 154-2** (Sept. 2005) : « Compteurs d'eau - Partie 2 : Installation et conditions d'utilisation ».
- **NF EN 14 154-3** (Juillet 2005) : « Compteurs d'eau- Partie 3 : Méthodes et équipement d'essai ».
- **NF EN 681-1/A3** (Déc. . 2005) : « Garnitures d'étanchéité en caoutchouc. Spécification des matériaux pour garnitures d'étanchéité pour joints de canalisations utilisées dans le domaine de l'eau et de l'évacuation - Partie 1 : Caoutchouc vulcanisé ».
- **NF EN 736-3** (Sept. 1999) : « Appareils de robinetterie. Terminologie. Partie 3 : Définition des termes ».
- **NF EN 805 (2000)** : « Alimentation en eau. Exigences pour les réseaux extérieurs aux bâtiments et leurs composants ».
- **NF EN 12201-2** (Sept 2003) : « Systèmes de canalisations en plastique pour l'alimentation en eau Polyéthylène (PE) Partie 2 : Tubes ».
- **EN 1452-2 (2000)** : « Systèmes de canalisations en plastique pour alimentation en eau - Poly(chlorure de vinyle) non plastifié (PVC-U) - Partie 2 : Tubes (1e éd.) ».
- **NF EN 12842** (Mai 2000) : « Raccords en fonte ductile pour systèmes de canalisations en PVC-U ou en PE. Prescriptions et méthodes d'essai ».
- **NF EN 642** (Mars 1995) : « Tuyaux pression en béton précontraint, avec ou sans âme en tôle, y compris joints et pièces spéciales et prescriptions particulières relatives au fil de précontrainte pour tuyaux ».

- **XP P 94-105** (Mai 2000) : « Sols : Reconnaissance et essais- Contrôle de la qualité du compactage -Méthode au pénétromètre dynamique à énergie variable —Principe et méthode d'étalonnage du pénétromètre —Exploitation des résultats — Interprétation ».
- **NF 197-2** (30/05/2005) : Marque NF Robinetterie Fontainerie Hydraulique Document technique 2 : «Robinets vannes en fonte».
- **NF 197-3** (30/05/2005) : Marque NF Robinetterie Fontainerie Hydraulique Document technique 3: «Robinets métalliques à papillon».
- **NF 114** Rev.23 (Janvier 2008) : Marque NF Tubes en polyéthylène pour réseaux de distribution de gaz combustibles, réseaux de distribution d'eau potable, irrigation et application industries et eau non potable.
- **NF P98-331** (Février 2005) : «Chaussées et dépendances ; **Tranchées : ouverture, remblayage, réfection** ».
- **NF P98-332** (Février 2005) : « Règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux ».
- **NF P11-300** (Sept 1992) « Exécution des terrassements- classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières »

II. Bibliographie

- « **Mémento ingénieur en protection cathodique des réseaux acier AEP (niveau3)** » Rapport final , Yannick GOURBEYRE, ANJOU RECHERCHE, Novembre 2008.
- « **Désinfection des conduites en réseau de distribution d'eau potable** », .Doc Tech N° 21, Alain Boireau du 05/05/2003.
- « **Fourniture et pose de conduites d'adduction et de distribution d'eau** », Fascicule 71 (Avril 2003) .
- « **L'action des désinfectants sur le polyéthylène : risques et solutions** » Note d'information de 11/12/2007, rédigée avec le concours des directions techniques de Veolia-Eau, Lyonnaise-des-eaux-France, SAUR et du Syndicat des Eaux d'Ile-de-France.
- « **Evolutions techniques des accords de prix sur les canalisations eau potable et assainissement** » Note du 9Janvier 2008 de F.Blanchet & M.Cambrezy
- « **Corrosion et protection cathodique de l'acier dans les ouvrages en béton précontraint** », Bernard Heuze, SECCO- PARIS.
- « **Guide des lotisseurs Eau potable** » Amendis, 2004
- « **Remblayage des tranchées et réfection des chaussées** », Compléments au guide Sétra-LCPC de mai 1994, juin 2007.
- « **Fiche métier amiante** », INRS, ED 4272

- « **Chloration au chlore gazeux : prescriptions techniques** », Wacheux, H., et al., Générale des Eaux, Direction Technique, 2002.
- « **Cahier des charges de fourniture de boulonnerie destinée aux réseaux enterrés d'eau potable et de leur revêtement anticorrosion** », Saint-Maurice le 12 mars 2008. Jean-Paul Guillaume
- « **Impact de la corrosion des sols sur la boulonnerie du réseau d'eau potable. Renouvellement du revêtement anticorrosion suite aux directives européennes RoHS.** » Rapport de projet de fin d'études de Emo Benoit (Juillet 2007), VEOLIA EAU - Direction Technique – Direction des activités municipales/ Soutien opérationnel/ Réseaux.
- « **CCTP : Fourniture de robinets vannes pour réseau d'eau potable DN 40 à 400 mm** », Saint-Maurice, Jean-Paul Guillaume.
- « **Guide technique pour branchements d'eau potable petits calibres** » (12/2005) M.Morillon, Veolia Environnement Maroc.
- « **Fiche d'informations pour le dimensionnement d'un stabilisateur de pression** » Saint-Maurice, Jean-Paul Guillaume, Octobre 2005.
- LES CAHIERS TECHNIQUES, Fondation de l'eau :
 - **Le Comptage**
 - **La Robinetterie**
 - **Pose des canalisations pour l'adduction et la distribution de l'eau potable**
- « **Travaux de fouille en tranchées** » Manuel pratique de prévention N°10- PPBTP.
- « **Tranchées en milieu urbain et l'assainissement, Techniques et règles de l'art** », Séminaire Amendis –LPEE, Tétouan, 19 Avril 2007.
- « **Recommandations de montage des manchons de réparation Inox** », Vidéo du campus VEOLIA.
- « **Appareils de stabilisation de pression placés en réseau sous pression : fiches d'informations, présentation, généralités, choix D'appareils** », Jean-Paul Guillaume, Direction Technique – Réseaux et Systèmes, Octobre 2005.
- « **Définir les bonnes pratiques et les transférer dans les équipes pour les interventions sur le réseau d'eau potable** », Générale des Eaux, Janvier 2003.
- « **Contrôler des travaux d'installation des réseaux d'eau potable** », Formation Campus veolia, N°111.
- « **Réaliser les réparations et la désinfection du réseau d'eau potable** », Formation Campus veolia. N°103.
- « **CPS- T, AEP conduites V07** », Document standard pour AO d'Amendis
- « **Installer et mettre en service un compteur d'eau** », SADE- générale des eaux, rapport de stage N°141.
- « **IMO Remblais, Compactage et Réfection** » Réf. 048.0.SP.63.00.0001, Indice :B . SADE, 22 Mai 2006.
- « **IMO Epreuve d'étanchéité et désinfection de canalisations** » Ref. 048.0. SP.11.98.0011 Indice : D. SADE, 02 Février 2004.
- « **Guide de signalisation temporaire des chantiers sur les voies de circulation** », DQSE Amendis Tanger, édition Avril 205.

- « **Cahier de prescriptions pour la réalisation des branchements en PEHD pour les diamètres compris entre 25 et 40mm**», Générale des eaux, Région SUD-EST, Janvier2005.
- « **Guide de pose et d'utilisation des canalisations en polyéthylène** », 3° édition, syndicat des tubes et raccords en polyéthylène, Novembre2006.
- Catalogue de Fournisseurs :
 - **ABB : « Débit et analyse liquide, Eaux potables et eaux usées »**
 - **BAYARD –Flow control- Tyco Waterworks**
 - **PAM : « Tuyaux et raccords en FD pour l'adduction d'eau potable »**
 - **FERROPLAST : « PVC, PE »**
 - **MAFODER : « Pièces de voirie en fonte ductile »**
 - **NORFOND- NORINCO« Pièces de voirie en fonte ductile »**
 - **ACTARIS metring systems: « compteurs, Stabilisateur d'écoulement d'écoulement S3D...»**
 - **OMCE : « Tuyaux en béton précontraint »**
 - **SOGEA : « Tuyaux en béton précontraint »**
 - **SNCE : « Tuyaux en béton précontraint »**
 - **LES EQUIPEMENTS INDUSTRIELS : « Robinetterie, raccords ... »**
 - **PLASTIMA : « PVC, PE »**
 - **ALPHACAN « PVC »**