
*Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de
travaux de génie civil*

Fascicule 70-1

***Fourniture, pose et réhabilitation de canalisations d'eaux
à écoulement à surface libre***

Version 3.02 – Mars 2019

*Version définitive approuvée par le COPIL « EAU-ASSAINISSEMENT »
du Référentiel Génie Civil*

*Ce document a vocation à remplacer le Titre 1 du fascicule 70 actuel, dès lors qu'il aura
été signé par le ministère de la transition écologique et solidaire et le ministère de
l'économie et des finances.*

PREAMBULE

PREAMBULE

Objet du fascicule

Ce fascicule concerne la fourniture et l'exécution des travaux de pose et de réhabilitation de canalisations d'eau fonctionnant à écoulement à surface libre. Les dispositions qu'il contient s'appliquent aux canalisations, à leurs équipements et accessoires posés en tranchée, sous remblai ou sans tranchée. Les types d'eau concernés sont principalement les eaux usées domestiques, industrielles et pluviales, mais aussi les eaux brutes, traitées, potables et réutilisées.

Justification du fascicule

La dernière version du fascicule n°70 titre I : Ouvrages d'assainissement-Réseaux date de 2003. Après consultation, les professionnels du domaine de l'eau et de l'assainissement ont souhaité, dans leur grande majorité, disposer d'un fascicule actualisé qui intègre les évolutions de l'état de l'art, du dispositif normatif et du contexte législatif et réglementaire.

Principales dispositions

Le fascicule n°70-I traite des écoulements à surface libre et le fascicule n°71 des écoulements sous pression. Le groupe de travail « canalisations » s'est attaché à ce que ces deux documents soient mis en cohérence, hormis les spécificités propres à chaque type d'écoulement. A cet effet, les sommaires de chaque fascicule ont été rendus similaires.

La rédaction de ces fascicules a été conçue de façon à les rendre didactiques et autoporteurs. Une attention particulière a été apportée au fait que leurs dispositions soient de nature à éviter, dans toute la mesure du possible, des contestations postérieures à la signature du marché.

A cet égard, le chapitre 2 « données préalables », qui se substitue à celui des « études préalables » de l'actuel fascicule n°70-I, attire l'attention des maîtres d'ouvrage sur les données à fournir à l'entreprise, dans le dossier de consultation des entreprises (DCE), préalablement à la remise des offres. Entre autres, ce chapitre a été complété pour s'adapter à la nouvelle législation sur les déclarations de projet de travaux (DT).

Le chapitre 3 « Management de la qualité et du respect de l'environnement » transpose la liste des clauses contractuelles annexée au « Guide d'harmonisation des clauses techniques contractuelles relatives aux documents concernant le management de la qualité et le respect de l'environnement publié par le GEM-OTM ». Il recommande aux maîtres d'ouvrage d'adapter leurs exigences en matière de qualité et d'environnement à la complexité de chaque marché et aux contraintes extérieures.

Les chapitres 4 « Nature et qualité des produits et matériaux » des fascicules 70-I et 71 ont été conçus et traités séparément, puis ont fait l'objet d'une mise en cohérence. Chacun a tenu compte de la thématique des produits récents ou innovants, sous appréciation technique d'expérimentation (ATEX) ou non, et de ceux mis en œuvre sans tranchée. Dans ce contexte, la définition des matériaux pour enrobage a été revue (à l'exemple de la gravette).

Pour le chapitre 5 « Justification de la tenue mécanique des canalisations » les modifications qui s'imposaient ont été effectuées et elles ont été complétées pour le cas des canalisations réhabilitées en continu.

Dans le chapitre 6 « Mise en œuvre » des modifications très sensibles sur les largeurs de tranchée ont été introduites en particulier pour des raisons de sécurité mais aussi pour la mise en place des enrobages. Les notions de remplacement, de rénovation, de réhabilitation, de réparation de conduites neuves ont été précisées. Des spécifications pour les travaux sans tranchée ont été écrites de façon quasi-exhaustive. Il en est de même pour les conditions de mise en œuvre des matériaux.

Les « conditions de réception » du chapitre 7 sont actualisées et globalement conservées. Les largeurs de tranchée notamment, prennent en compte les conditions nécessaires à la réalisation des contrôles.

Le chapitre 8 « Management de la santé et de la sécurité » est nouveau. Compte tenu de la complexité du sujet sur les responsabilités de chaque partie prenante (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entreprise, contrôleur...) il a fait l'objet d'une attention particulière et il a été complété utilement par un tableau récapitulatif.

Élaboration du fascicule

Dans le cadre du projet « Référentiel Génie Civil », le Groupe d'étude des marchés-Ouvrages, travaux et maîtrise d'œuvre (GEM-OTM) a confié, par lettre du 12 mai 2011, à l'Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement (ASTEE) la mission de piloter les travaux de maintenance et de développement de la partie du référentiel de sa compétence, à savoir les fascicules du Cahier des clauses techniques générales (CCTG) travaux du domaine de l'eau et de l'assainissement.

Afin de mener à bien cette mission, l'ASTEE a mis en place un Comité de pilotage et de suivi (COFIL, dont la composition institutionnelle et nominative figure en annexe 10) qui regroupe dans différents collèges et de manière équilibrée l'ensemble des parties prenantes du domaine (représentants de l'administration, des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et de la profession). Le COFIL s'est doté d'une charte de fonctionnement qui précise, entre autres, que ses membres s'engagent à rechercher un consensus tel qu'il est défini par la norme NX 50 088.

Pour la révision de chaque fascicule du domaine « eau et assainissement », un groupe de travail dédié a été constitué comprenant l'ensemble des parties prenantes concernées par le fascicule en cause. Le président du GEM-OTM a validé la composition des différents groupes de travail et la lettre de mission

que chacun d'eux a reçue de l'ASTEE. L'objectif était de rédiger des clauses claires de nature à aider au mieux les acteurs de la commande publique, et à leur fournir l'état de l'art en la matière tout en respectant, dans les phases successives de conception, de réalisation puis de mise en exploitation, les règles et normes constructives et de sécurité.

S'agissant du fascicule n°70-I, l'ASTEE, après consultation des parties prenantes, a constitué un groupe de travail « canalisations » dont la composition nominative figure en annexe 11. Elle lui a adressé une lettre de mission en mars 2013

Les échanges et les contributions ont été nombreux tout au long du processus d'élaboration du nouveau fascicule n°70-I. Ils ont nécessité des arbitrages pour arriver à des positions consensuelles. Il en est résulté un projet de fascicule n°70-I que le COFIL a décidé de soumettre à une consultation publique qui soit la plus ouverte possible.

L'instruction du projet de fascicule n°70-I

Le projet de fascicule n°70-I a été mis en consultation publique du 28 mars au 28 avril 2017 sur le site internet de l'ASTEE. Cette consultation a été annoncée un mois auparavant, puis à son ouverture, par des communiqués de presse qui ont été diffusés à l'ensemble des contacts de l'ASTEE, au nombre de 24418, et sur les réseaux sociaux. Il était proposé à ceux qui désiraient faire part d'un commentaire de le faire figurer sur un tableau à compléter et à retourner à l'ASTEE. En complément de cette mise en ligne, une lettre a été adressée par l'ASTEE à chacun des organismes membres du COFIL et du groupe de travail « canalisations » (cf. listes ci-après), afin de recueillir leurs avis.

Les retours ont été rendus anonymes, puis ils ont été examinés par le groupe de travail dédié qui a décidé de leur donner ou non une suite. Le présent fascicule, issu de cette étape de consultation publique, inclut les modifications apportées à la rédaction initiale.

Liste des destinataires du courrier de l'ASTEE concernant la mise en consultation du fascicule 70-I

a) Instances et organismes membres du Comité de pilotage

- Ministère de la transition écologique et solidaire, Direction de l'eau et de la biodiversité
- Ministère de l'économie et des finances, Direction générale des entreprises
- Ministère des solidarités et de la santé, Direction générale de la santé
- Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema)
- Agence française pour la biodiversité (AFB)
- Association des maires de France (AMF)
- Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)
- Association des ingénieurs territoriaux de France (AITF)
- Association des techniciens territoriaux de France (ATTF)

Fédération professionnelle de l'ingénierie (SYNTEC)
Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle, du conseil, de l'ingénierie et du numérique (CINOV)
Les Canalisateurs
Fédération Nationale des Travaux Publics (FNTP)
Syndicat national des entrepreneurs, concepteurs et réalisateurs de stations de pompage (SNECOREP)
Union nationale des entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
Fédération professionnelle des entreprises de l'eau (FP2E)

- **Organismes membres seulement du groupe de travail « canalisations »**

Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)
Fédération de l'industrie du béton (FIB)
Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton (CERIB)
Syndicat des tubes et raccords en polyéthylène et polypropylène (STRPEPP)
Syndicat des tubes et raccords en polychlorure de vinyle (STRPVC)
Groupement de la plasturgie industrielle et des composites (GPIC)
Groupement des indépendants du contrôle de l'assainissement (GICA)
Fédération nationale des syndicats de l'assainissement (FNSA)
Agence de l'Eau Seine-Normandie

- **Autres organismes consultés**

SNCF
Office d'homologation des garanties de peinture industrielle (OHGPI)
Association française des pompes et agitateurs, des compresseurs et de la robinetterie (PROFLUID)
France sans tranchée technologie (FSTT)
France Urbaine

Sommaire

1 DISPOSITIONS GENERALES	19
1.1 Domaine d'application	19
1.2 Consistance des prestations	19
1.2.1 Prestations d'études d'exécution :	20
1.2.2 Prestations de travaux	20
1.2.3 Prestations communes aux études et aux travaux	21
2 DONNEES PREALABLES	23
2.1 Natures et caractéristiques des eaux transportées	23
2.2 Données sur le milieu physique	24
2.2.1 Données topographiques	24
2.2.2 Caractéristiques du sol et du sous-sol	24
2.2.2.1 Cas général – Tous travaux	24
2.2.2.2 Travaux neufs et de remplacement sans tranchée	25
2.2.2.2.1 Microtunnelage	26
2.2.2.2.2 Forage dirigé	27
2.2.2.2.3 Autres techniques	27
2.2.2.2.4 Cas particulier du franchissement des voies ferrées et autres infrastructures	28
2.2.2.3 Travaux de rénovation d'ouvrages existants	28
2.2.2.4 Travaux de réparation d'ouvrages existants	29
2.2.2.5 Pollution des sols	29
2.2.2.6 Présence d'amiante	29
2.2.2.7 Courants vagabonds	30
2.2.3 Risques naturels (PPRN)	30
2.2.4 Données archéologiques	30
2.2.5 Risques pyrotechniques	30
2.2.6 Autres données	30
2.3 Contexte règlementaire	30
2.3.1 Contraintes environnementales	30
2.3.2 Domanialité – Servitude – Emprise de chantier	30
2.3.3 Autres autorisations	31

2.4	Réseaux de concessionnaires avoisinants	32
2.4.1	Déclaration de projet de Travaux (DT) et résultats des investigations complémentaires	32
2.4.2	Opérations de localisation complémentaires	32
2.5	Voirie	32
2.5.1	Charges roulantes	32
2.5.2	Structures de voiries	33
2.6	Données relatives aux ouvrages existants	33
2.6.1	Collecteurs	33
2.6.1.1	Cas général – Tous travaux	33
2.6.1.2	Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation	33
2.6.2	Branchements	34
2.6.2.1	Cas général – Tous travaux	34
2.6.2.2	Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation	34
2.6.2.3	Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation	34
2.6.3	Ouvrages de visites et de contrôle	35
2.6.3.1	Cas général- Tous travaux	35
2.6.3.2	Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation	35
2.7	Données relatives à l'ouvrage à créer	35
2.7.1	Données hydrauliques	35
2.7.2	Implantation du projet et calage altimétrique	35
2.7.3	Implantation des ouvrages de contrôle et de visite	35
2.7.4	Conditions d'accès	36
2.7.5	Changement de direction, de pente ou de diamètre	36
2.7.6	Branchements	36
2.7.7	Données d'exploitation	36
3	MANAGEMENT DE LA QUALITE ET DU RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT	37
3.1	Définitions	37
3.1.1	Définitions relatives au Management de la Qualité	37
3.1.2	Définitions relatives au Respect de l'Environnement	39
3.2	Inventaire des documents par phases de l'opération	40
3.2.1	En phase de consultation	40
3.2.2	En phase d'offre	40
3.2.3	En phase de mise au point et signature du marché	41
3.2.4	En période de préparation :	41
3.2.5	En phase d'exécution	42
3.2.6	En phase de fin d'exécution des travaux	43

3.3	Présentation et consistance des documents.....	43
3.3.1	Consistance des documents Qualité.....	44
3.3.1.1	Schéma Directeur de la Qualité :	44
3.3.1.2	Plan de contrôle global	44
3.3.1.3	SOPAQ.....	44
3.3.1.4	PAQ.....	45
3.3.1.4.1	Note d'Organisation Générale (NOG) du PAQ	46
3.3.1.4.2	Les procédures d'études et de travaux	47
3.3.1.4.3	Les cadres de documents de contrôle d'exécution.....	48
3.3.2	Consistance des documents Environnement	50
3.3.2.1	Notice de Respect de l'Environnement (NRE)	51
3.3.2.2	Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement (SOPRE).....	52
3.3.2.3	Le Plan de Respect de l'Environnement (PRE).....	53
3.3.2.3.1	Une note d'organisation générale Environnement, comprenant :	53
3.3.2.3.2	La liste des procédures environnementales pour assurer la conformité de l'exécution des ouvrages à la législation, à la réglementation et aux exigences spécifiées par le Maître d'Ouvrage :	54
3.3.2.4	Schéma d'Organisation de GEstion des Déchets (SOGED).....	56
4	Nature et qualité des produits et matériaux	59
4.1	Produits mis en œuvre en tranchée.....	59
4.1.1	Produits manufacturés	59
4.1.1.1	Produits faisant l'objet d'une norme	59
4.1.1.2	Produits sous Avis Technique ou Documents Techniques d'Application	61
4.1.1.3	Produits récents et/ou innovants	61
4.1.1.4	Autres produits d'usage courant (accessoire, robinetterie, ...)	61
4.1.1.5	Géosynthétiques	61
4.1.2	Matériaux.....	62
4.1.2.1	Matériaux dans les ouvrages coulés en place.....	62
4.1.2.2	Produits de scellement des dispositifs de couronnement et de fermeture	62
4.1.2.3	Matériaux rapportés pour protections intérieure et extérieure des canalisations.....	63
4.1.3	Matériaux constitutifs du remblai et de l'enrobage.....	63
4.1.3.1	Matériaux utilisables pour la réalisation de l'enrobage	63
4.1.3.2	Matériaux utilisables pour la réalisation du remblai	63
4.2	Produits mis en œuvre sans tranchée	65
4.2.1	Produits préfabriqués faisant l'objet d'une norme (ex : tuyaux continus avec ou sans espace annulaire...)	65
4.2.2	Produits sous Avis Technique ou Documents Techniques d'Application	65
4.2.3	Cas des produits semi-finis faisant l'objet d'une norme (ex : tubages continus par tubes polymérisés en place...)	66

4.3	Conformité Sanitaire	67
5	Justification de la tenue mécanique des canalisations.....	69
5.1	Cas des canalisations neuves enterrées à écoulement à surface libre	69
5.1.1	Domaine d'utilisation de la méthode	69
5.1.2	Principaux paramètres utilisés dans la méthode de calcul.....	71
5.1.2.1	Caractéristiques du tuyau	71
5.1.2.2	Caractéristiques du sol et de la mise en œuvre.....	72
5.1.2.2.1	Données géotechniques concernant le projet	72
5.1.2.2.2	Caractéristiques du sol	72
5.1.2.2.3	Nature du sol et paramètres associés.....	73
5.1.2.2.4	Influence de la mise en place sur le module de sol conventionnel E_c	74
5.1.2.2.5	Influence de la mise en place sur les valeurs de k_2 et 2α	77
5.1.2.2.6	Influence de la nappe phréatique sur le module de sol.....	78
5.1.2.2.7	Influence des conditions de retrait de blindages sur le module du sol, sur le coefficient k_2 , sur l'angle 2α et sur le coefficient k_1	79
5.1.2.2.8	Détermination du module de sol de calcul E_s	82
5.1.2.3	Calcul du critère de rigidité	83
5.1.3	Détermination des actions.....	84
5.1.3.1	Pression verticale du remblai p_r	85
5.1.3.2	Pression verticale due aux charges d'exploitation p_e	87
5.1.3.3	Pression horizontale p_h exercée par les remblais et les charges d'exploitation.....	89
5.1.3.4	Action due à la pression hydrostatique extérieure p_{we}	89
5.1.4	Influence des actions	89
5.1.5	Calcul des sollicitations.....	90
5.1.5.1	Pression moyenne d'étreinte.....	90
5.1.5.2	Pression critique de flambement.....	91
5.1.5.3	Calcul du moment fléchissant	92
5.1.5.4	Ovalisation relative et contrainte	94
5.1.6	Vérification de la sécurité d'emploi et de la durabilité (états limites)	95
5.1.6.1	Cas général.....	96
5.1.6.1.1	Vérification aux états limites ultimes	96
5.1.6.1.2	Vérification aux états limites de service.....	98
5.1.6.1.3	Vérification à l'état limite de fatigue	99
5.1.6.2	Cas des tubes thermoplastiques à paroi structurée (exemples : parois alvéolées, multicouches, à gradient de densité, parois structurées complexes)	100
5.1.6.2.1	Vérification à l'état limite ultime de résistance	100
5.1.6.2.2	Vérification à l'état limite de service (ovalisation).....	101

5.1.6.3	Cas des tubes PRV (polyester renforcé de verre)	101
5.1.6.3.1	Vérification à l'état limite ultime	101
5.1.6.3.2	Vérification à l'état limite de service (ovalisation).....	101
5.2	Cas des canalisations utilisées en réhabilitation	102
5.2.1	Domaine d'utilisation de la méthode	102
5.2.2	Etat de la canalisation d'accueil.....	103
5.2.3	Données hydrogéologiques et géotechniques	104
5.2.4	Principaux paramètres utilisés dans la méthode de calcul.....	104
5.2.4.1	Défauts de forme – imperfections	104
5.2.4.2	Paramètres relatifs à la réhabilitation	105
5.2.4.3	Paramètres relatifs à l'environnement	105
5.2.4.4	Actions.....	106
5.2.4.4.1	Pression hydrostatique extérieure générée par la nappe.....	106
5.2.4.4.2	Pression verticale due aux charges roulantes	106
5.2.4.4.3	Pression verticale des terres	106
5.2.5	Coefficients de sécurité	106
5.2.5.1	Valeurs des coefficients partiels sur les actions.....	106
5.2.5.2	Valeurs des coefficients de sécurité sur les matériaux.....	107
5.2.6	Justification des tubages circulaires pour la pression d'injection du coulis	107
5.2.7	Justification des chemisages et tubes circulaires sous l'action de la nappe (états d'accueil I, II et III)	108
5.2.7.1	Calcul de la pression critique de flambement.....	108
5.2.7.2	Vérifications à effectuer.....	108
5.2.8	Justification des chemisages et tubages circulaires pour l'état d'accueil II	109
5.2.9	Justifications des chemisages et tubages circulaires pour l'état d'accueil III	109
5.2.10	Justification des chemisages ou tubages non circulaires sous l'action de la nappe pour les états d'accueil I et II	110
6	MISE EN OEUVRE	111
6.1	Généralités	111
6.1.1	Dispositions relatives au management de la qualité et au respect de l'environnement	111
6.1.2	Réunion de début de préparation de chantier	111
6.1.3	Opérations réalisées par l'entreprise (au cours de la période de préparation)	113
6.1.4	Opération de marquage-piquetage	114
6.1.5	Réunion de fin de préparation de chantier	114
6.2	Conditions d'accessibilité au chantier	115
6.2.1	Travaux en domaine public.....	115
6.2.2	Travaux en propriété privée	115
6.2.3	Signalisation.....	115

6.2.4	Protection de chantiers	116
6.3	Conditions d'acceptation des produits sur chantier	116
6.3.1	Cas des produits fournis par le maître d'ouvrage.....	116
6.3.2	Cas des produits fournis par l'entrepreneur.....	116
6.3.2.1	Vérifications générales.....	116
6.3.2.2	Cas des produits relevant d'une certification	117
6.3.2.3	Cas des produits non certifiés relevant d'une norme.....	117
6.3.2.4	Cas des produits non certifiés et ne relevant pas d'une norme	118
6.3.2.5	Cas des produits refusés	118
6.4	Conditions de manutention et de stockage des produits	118
6.5	Conditions d'acceptation des matériaux de remblayage sur chantier.....	119
6.5.1	Cas du réemploi des terrains en place.....	119
6.5.2	Cas des matériaux d'apport.....	119
6.6	Travaux en présence d'eau.....	120
6.6.1	Cas ne nécessitant pas de rabattement de nappe	120
6.6.1.1	Généralités.....	120
6.6.1.2	Fond de tranchée	121
6.6.2	Rabattement de nappe phréatique	121
6.6.3	Techniques spéciales	123
6.6.3.1	Injections de traitement de terrains	123
6.6.3.2	Congélation	124
6.7	Exécution des fouilles.....	124
6.7.1	Généralités.....	124
6.7.2	Renforcement de fond de fouille.....	126
6.7.3	Exécution de tranchées sous voirie	126
6.7.4	Dimensions des tranchées	126
6.7.5	Dimension des fouilles pour regards et boîtes de branchement	129
6.7.6	Conditions particulières d'exécution	129
6.7.7	Élimination des déchets de chantier.....	130
6.8	Pose des tuyaux et autres éléments.....	131
6.8.1	Dispositions générales	131
6.8.2	Préparation	131
6.8.2.1	Examen des éléments de canalisation avant la pose.....	131
6.8.2.2	Coupe des tuyaux.....	131
6.8.3	Pose des canalisations en tranchées	132
6.8.3.1	Réalisation du lit de pose.....	132

6.8.3.2	Mise en place du géosynthétique	132
6.8.3.3	Mise en place des canalisations en tranchées	133
6.8.4	Pose des regards, boîtes d'inspection et de branchement, et avaloirs	134
6.8.4.1	Examen des éléments avant pose	134
6.8.4.2	Lit de pose	134
6.8.4.3	Mise en place des éléments	134
6.8.5	Dispositifs de couronnement et de fermeture des regards	134
6.8.6	Dispositifs de couronnement des cheminées d'évacuation des eaux de ruissellement (Avaloirs)	135
6.8.7	Equipement des ouvrages	135
6.9	Construction en place des ouvrages	136
6.9.1	Généralités	136
6.9.2	Regards et boîtes de branchements du réseau	136
6.9.3	Conditions d'exécution du béton, des mortiers, des chapes et enduits	137
6.9.4	Canalisations coulées en place	137
6.10	Exécution des travaux sans tranchée	138
6.10.1	Création de réseaux sans tranchée	139
6.10.1.1	Franchissement d'ouvrages et d'infrastructures	139
6.10.1.2	Microtunnelage	140
6.10.1.2.1	Contraintes de mise en œuvre	141
6.10.1.2.2	Phase de travaux	141
6.10.1.3	Forage dirigé	143
6.10.1.3.1	Contraintes de mise en œuvre	143
6.10.1.3.2	Phase de travaux	144
6.10.1.4	Pose par fusée pneumatique	144
6.10.1.4.1	Contraintes de mise en œuvre	145
6.10.1.4.2	Phase de travaux	145
6.10.1.5	Les autres techniques de fonçage	145
6.10.1.5.1	Forage horizontal à la tarière	145
6.10.1.5.2	Battage / Poussage sur tuyau ouvert	145
6.10.2	Travaux de réparation	145
6.10.2.1	Contraintes de mise en œuvre	146
6.10.2.2	Travaux préparatoires	146
6.10.2.3	Préparation du support	146
6.10.2.4	Phase de travaux	146
6.10.3	Travaux de remplacement	147
6.10.3.1	Remplacement par méthode d'éclatement	147

6.10.3.1.1	Contraintes de mise en œuvre	147
6.10.3.1.2	Travaux préparatoires	147
6.10.3.1.3	Phase de travaux	147
6.10.4	Travaux de rénovation	148
6.10.4.1	Tubage par éléments préfabriqués (coques)	148
6.10.4.1.1	Contraintes de mise en œuvre	149
6.10.4.1.2	Travaux préparatoires	149
6.10.4.1.3	Phase de travaux	149
6.10.4.2	Tubage par tuyau continu ou court ou hélicoïdal avec ou sans espace annulaire	150
6.10.4.2.1	Contraintes de mise en œuvre	151
6.10.4.2.2	Travaux préparatoires	151
6.10.4.2.3	Phase de travaux	151
6.10.4.3	Tubage continu par tubes polymérisés en place (Chemisage continu polymérisé en place)	152
6.10.4.3.1	Contraintes de mise en œuvre	153
6.10.4.3.2	Travaux préparatoires	153
6.10.4.3.3	Phase de travaux	153
6.10.4.4	Injection en réseau visitable	154
6.10.4.4.1	Contraintes de mise en œuvre	155
6.10.4.4.2	Travaux préparatoires	155
6.10.4.4.3	Phase de travaux	156
6.10.4.5	Chemisage par matériau projeté, taloché ou coulé en place (Béton ou mortier projeté)	156
6.10.4.5.1	Contraintes de mise en œuvre	156
6.10.4.5.2	Travaux préparatoires	157
6.10.4.5.3	Phase de travaux	157
6.11	Exécution des travaux spéciaux	158
6.11.1	Pose des canalisations en élévation	158
6.11.2	Protection cathodique des conduites et ouvrages	159
6.11.3	Assainissement sous vide	159
6.12	Réalisation des branchements	160
6.12.1	Branchements	160
6.12.2	Dispositifs de raccordement de branchement	160
6.12.3	Raccordement de collecteur	161
6.13	Remblayage et compactage	162
6.13.1	Exécution de la zone d'enrobage 2	163
6.13.1.1	Exécution de l'assise	163
6.13.1.2	Exécution du remblai de protection (latéral et initial)	164

6.13.1.3 Cas particulier des canalisations de petits diamètres.....	164
6.13.2 Exécution du remblai proprement dit	164
6.13.2.1 Reconstitution des sols en terrain de culture	164
6.13.2.2 Remblai sous voirie et rétablissement provisoire des chaussées, trottoirs et accotements	165
6.13.3 Cas particulier du serrage hydraulique (Annexe 5)	165
6.13.4 Matériaux autocompactants liés (annexe 6)	166
6.14 Contrôle intérieur :	167
6.15 Exécution des finitions et remises en état	167
6.15.1 Réfections provisoires et entretien des chaussées, trottoirs et accotements	167
6.15.2 Réfection définitive des chaussées, trottoirs et accotements	168
6.15.3 Remise en état du sol et des clôtures.....	168
6.15.4 Propreté du réseau	168
7 CONDITIONS DE RECEPTION.....	169
7.1 Opérations préalables à la réception des ouvrages neufs	169
7.1.1 Généralités.....	169
7.1.2 Vérification des exigences de remblayage	170
7.1.2.1 Epreuves de compactage	170
7.1.2.2 Cas pour lesquels le pénétrogramme n'est pas totalement interprétable.	172
7.1.3 Vérification des conditions d'écoulement.....	172
7.1.4 Contrôle visuel ou télévisuel.....	172
7.1.5 Vérification de conformité topographique et géométrique.....	174
7.1.6 Epreuve d'étanchéité.....	174
7.1.6.1 Conditions générales.....	174
7.1.6.2 Epreuve d'étanchéité à l'eau sur conduite et/ou branchement	175
7.1.6.2.1 Imprégnation.....	175
7.1.6.2.2 Epreuve.....	175
7.1.6.3 Epreuve à l'eau sur les regards	175
7.1.6.3.1 Imprégnation.....	175
7.1.6.3.2 Epreuve.....	175
7.1.6.4 Epreuve à l'air sur les conduites et/ou branchements	176
7.1.6.4.1 Imprégnation.....	176
7.1.6.4.2 Epreuve.....	176
7.1.6.5 Epreuve à l'air sur les regards	176
7.1.6.5.1 Imprégnation.....	176
7.1.6.5.2 Epreuve.....	176
7.1.6.6 Epreuve à l'air sur les boîtes de branchement	177

7.1.7	Cas des canalisations d'eau potable : Opérations de nettoyage et de désinfection	177
7.1.7.1	Nettoyage et rinçage de la canalisation.....	177
7.1.7.2	Désinfection	177
7.1.7.3	Rinçage final.....	177
7.1.7.4	Contrôle de la désinfection	178
7.2	Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés.....	179
7.2.1	Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de grand diamètre	180
7.2.1.1	Tubage continu par tubes polymérisés sur place	180
7.2.1.2	Tubage avec espace annulaire	180
7.2.1.3	Tubage sans espace annulaire	180
7.2.1.4	Chemisage par béton ou mortier projeté	180
7.2.2	Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de petit diamètre	180
7.2.2.1	Tubage continu par tubes polymérisés sur place (ex chemisage continu polymérisé en place).....	180
7.2.2.2	Tubage avec espace annulaire	180
7.2.2.3	Tubage sans espace annulaire	181
7.3	Documents à fournir.....	181
7.3.1	Documents à remettre à l'organisme de contrôle	181
7.3.2	Dossier de récolement.....	182
8	Management de la santé et de la sécurité	183
8.1	Définitions relatives au management de la santé et de la sécurité	184
8.2	Inventaire des documents par phases de l'opération	185
8.2.1	En phase de consultation.....	185
8.2.2	En phase d'offre.....	185
8.2.3	En période de préparation :.....	185
8.2.4	En phase d'exécution.....	186
8.2.5	En phase de fin d'exécution des travaux	187
8.3	Présentation et consistance des documents.....	188
8.3.1	Plan Général de coordination :	188
8.3.2	PPSPS	188
8.3.3	Plan de prévention.....	189

Sommaire des annexes

Annexe 1 (INFORMATIVE) : Textes de référence	193
Annexe 2 (INFORMATIVE) : Risques et contraintes géotechniques.....	199
1. RISQUES GÉOTECHNIQUES.....	199
1.1. Glissement de terrain.....	199
1.2. Affaissement et effondrement	200
1.3. Entraînement et hydrodynamique de matériaux fins	200
1.4. Tassement du sol environnant.....	200
1.5. Gonflement et retrait des argiles raides	201
1.6. Prise en compte des risques géotechniques.....	201
2. CONTRAINTES GEOTECHNIQUES.....	202
2.1. Terrassement et réutilisation des terres extraites.....	202
2.2. Stabilité de la tranchée et de son environnement	202
3. ÉTUDES GÉOTECHNIQUES	202
Annexe 3 (INFORMATIVE) : Classification des matériaux.....	205
Annexe 4 (INFORMATIVE) : Aide au calcul mécanique des canalisations	207
1. COLLECTE DES RENSEIGNEMENTS.....	207
2. CALCULS INTERMEDIAIRES.....	209
3. DETERMINATION DES SOLLICITATIONS	211
4. VERIFICATION AUX ETATS LIMITES	213
5. CONCLUSION.....	215
Annexe 5 (INFORMATIVE) : Serrage Hydraulique	217
1. PRINCIPE.....	217
2. LIMITES DU PROCÉDÉ.....	217
3. PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES.....	218

Annexe 6 (INFORMATIVE) : Les matériaux auto-compactants liés	219
1. DÉFINITIONS.....	219
2. INTÉRÊT DE CE TYPE DE MATÉRIAU.....	219
3. PRÉCAUTIONS À PRENDRE LORS DE L'UTILISATION DE MATÉRIAUX AUTOCOMPACTANTS LIÉS.....	220
3.1. Rhéologie à l'état frais	220
3.2. Variations dimensionnelles du matériau	220
3.3. Résistance mécanique à court et à long terme	221
3.4. Compatibilité mécanique du lit de pose avec le matériau autocompactant	221
3.5. Compatibilité chimique des éléments en présence	221
3.6. Environnement	222
Annexe 7 (INFORMATIVE) : Description des Travaux Sans Tranchée (TST)	223
I - Les techniques de création de réseaux Sans Tranchée.....	223
Microtunnelage (cf. 6.10.1.2).....	223
Forage dirigé (cf. 6.10.1.3).....	223
Pose par fusée pneumatique (cf. 6.10.1.4).....	224
Forage horizontal à la tarière (cf. 6.10.1.5.1).....	224
Battage / poussage sur tuyau ouvert (cf. 6.10.1.5.2).....	224
II - Les Techniques de réhabilitation Sans Tranchée.....	224
Chemisage partiel.....	224
Remplissage au coulis.....	224
Injection d'étanchement.....	224
Matériau taloché.....	224
Réparations.....	225
Remplacement par méthode d'éclatement (cf. 6.10.3.1).....	225
Tubages :.....	225
Chemisage par matériau projeté, taloché ou coulé en place – (cf. 6.10.4.5).....	226
Annexe 8 (CONTRACTUELLE) : Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de grand diamètre	227
Annexe 9 (CONTRACTUELLE) : Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de petit diamètre	231
Annexe 10 (INFORMATIVE) : Composition du Comité de pilotage « Eaux-Assainissement »	233
Annexe 11 (INFORMATIVE) : Composition du groupe de travail « Canalisations »	237

Les commentaires n'ont aucun caractère contractuel; ils ont notamment pour objet de faciliter la rédaction du Cahier des Clauses Techniques Particulière (CCTP).

1. DISPOSITIONS GENERALES

1.1. Domaine d'application

Une présentation sommaire de ces différents types de travaux sans tranchées est donnée en [annexe 7](#).

La norme [NF EN 752](#) de juin 2017 définit la réhabilitation des réseaux d'évacuation et d'assainissement,

La norme [NF EN 15885](#) de mars 2011 définit les techniques de rénovation et de réparation des réseaux d'évacuation et d'assainissement,

1.2. Consistance des prestations

Le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) est rédigé en rendant les fascicules du CCTG contractuels, notamment si le maître d'ouvrage a décidé de faire réaliser l'opération sous chartes qualité nationales des réseaux d'eau potable et d'assainissement.

Le MOA s'entend le Maître d'Ouvrage ou son représentant en cas de délégation.

Le CCTP s'entend le Cahier des Clauses Techniques Particulières lui-même ou tous documents techniques spécifiques, notamment dans le cas de marchés à bon de commande.

1 DISPOSITIONS GENERALES

1.1 Domaine d'application

Le présent fascicule est applicable à la fourniture, la pose et la réhabilitation de conduites d'eaux fonctionnant par écoulement à surface libre, et à leurs équipements et accessoires, qui sont créés, réparés, remplacés et rénovés :

- en tranchée ou sous remblai,
- sans tranchée,

à partir d'éléments préfabriqués ou coulés en place.

Le présent fascicule est applicable aux travaux spéciaux tels que la pose de canalisations en élévation.

Les types d'eau concernés sont principalement les eaux usées domestiques, industrielles, et les eaux pluviales.

Le fascicule s'applique également aux réseaux à écoulement libre des canalisations d'eau potable, d'eau brute, d'eau traitée et d'eau réutilisée destinées à tous les types d'usage (consommation humaine, protection contre les incendies, fabrication de neige, irrigation, hydro-électricité).

1.2 Consistance des prestations

Les prestations incluses dans le marché de travaux concernent les prestations d'études d'exécution et les prestations de travaux.

1.2.1. Prestations d'études d'exécution :**1.2.2. Prestations de travaux****1.2.1 Prestations d'études d'exécution :**

Les prestations d'études d'exécution intègrent :

- l'établissement du programme et du calendrier d'exécution;
- le projet des installations de chantier et des ouvrages provisoires;
- le plan d'assurance qualité, si les documents particuliers du marché le prévoient;
- les plans relatifs à la Sécurité et protection de la santé des travailleurs;
- les documents nécessaires à la réalisation des ouvrages, tels que les plans d'exécution, notes de calculs, études de détail;
- les dispositions nécessaires à l'hygiène et la sécurité du chantier vis à vis des intervenants et des tiers.

1.2.2 Prestations de travaux

Les prestations de travaux comprennent :

- la préparation du terrain, et notamment la démolition en tant que de besoin des chaussées et des trottoirs sur le tracé des ouvrages;
- l'exécution des fouilles, y compris tous étalements, blindages, assèchements et équipements pour les canalisations et les autres éléments de réseaux, ainsi que pour les branchements;
- la fourniture, la pose, ou la dépose, ou la construction en place des canalisations, des autres éléments du réseau et des branchements, leurs raccordements aux canalisations et aux ouvrages existants. Font partie notamment de ces ouvrages les tuyaux, joints, accessoires, et autres équipements nécessaires au fonctionnement du réseau;
- La construction des ouvrages en maçonnerie ou autres qui constituent l'accessoire de la conduite, tels que regards, massifs d'ancrage, butées, fourreaux pour traversées, etc.
- le remblai de toutes les fouilles;
- le transport en filière d'élimination appropriée des matériaux en excédent ou impropres aux remblais, l'apport de matériaux de remplacement s'il se révèle nécessaire;
- la remise en état des lieux, le rétablissement des chaussées, trottoirs et accotements sous forme provisoire ou définitive;
- les opérations préalables à la réception du réseau;

1.2.3. Prestations communes aux études et aux travaux

- la fourniture des éléments permettant la constitution du DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) et du DIUO (Dossier d'Intervention Ulérieure sur les Ouvrages);
- la fourniture des spécifications de pose, notices de fonctionnement, prescriptions de maintenance des éléments d'équipement mis en œuvre, conditions de garantie des fabricants attachées à ces équipements, ainsi que des constats d'évacuation des déchets

1.2.3 Prestations communes aux études et aux travaux

En respect des dispositions du CCAG, et notamment des exigences de traçabilité mentionnées aux articles 21, 26, 28.4, et 36.2, l'ensemble des documents émis par le titulaire du marché de travaux, portent un titre et un numéro d'ordre, incluant un indice de révision. Ils sont datés et signés par le titulaire.

Toute modification en cours de projet est consignée sur ces documents, repérée, datée et signée.

L'attention des rédacteurs de marchés de travaux est attirée sur le fait que le niveau d'exigences doit être adapté au regard de la complexité des travaux, du marché et des contraintes extérieures.

PAGE LAISSEE INTENTIONNELLEMENT BLANCHE

2. DONNEES PREALABLES

En cas de variante à la solution de base, l'entreprise complétera ces données, le cas échéant autant que nécessaire.

2.1. Natures et caractéristiques des eaux transportées

Le CCTP se réfère en particulier à l'article R213-48-1 du Code de l'Environnement, à la réglementation en matière d'assainissement collectif, à la norme [NF P 16-001](#), à la norme [NF EN 476](#), au fascicule N°81-II du CTG-Travaux et aux conventions de rejets d'eaux non domestiques, le cas échéant.

Le fascicule N°81-II précise ainsi :

- *Température : La valeur maximale de la température est de :*
 - *45°C pour les tuyaux de diamètre nominal $DN \leq 200$*
 - *35°C pour les tuyaux de diamètre nominal $DN > 200$*
- *Caractéristiques chimiques des effluents :*
Pour les eaux usées urbaines, on peut admettre les limites ci-dessous données à titre d'exemple. Elles correspondent à des valeurs moyennes pouvant être dépassées occasionnellement :
Effluents transportés :
 - *pH compris entre 5.5 et 8.5*
 - *$DCO \leq 750$ mg/l*
 - *$\frac{DCO}{DBO5} \leq 2.7$*

Si le projet se situe en aval d'un ou de plusieurs refoulements existants, les conditions de fonctionnement doivent être prises en compte (longueur, diamètre, débit journalier principalement, temps de séjour des eaux usées dans la canalisation considéré lors du dimensionnement du poste).

2 DONNEES PREALABLES

Le présent chapitre a pour but de mentionner toutes les données nécessaires que le maître d'ouvrage doit fournir à l'entreprise de travaux pour mener à bien sa prestation en conformité avec l'objet du marché. Ces données sont pour partie issues d'études préalables

2.1 Natures et caractéristiques des eaux transportées

Le CCTP précise la nature et les caractéristiques des eaux à collecter et à transporter, et notamment :

- leurs caractéristiques physico-chimiques qui doivent être acceptées par le réseau;
- leurs températures moyennes, minimales et maximales;
- les autres éléments : eaux chargées (risques d'abrasion, durée d'exposition, etc.), effluents septiques (risques de dégagements d'hydrogène sulfuré (H₂S) par exemple), etc.

Lorsqu'il s'agit d'eaux usées et sauf précisions contraires indiquées dans le CCTP, la nature des effluents transportés respecte les prescriptions du fascicule N°81-II traitant de la conception et de l'exécution d'installations d'épuration d'eaux usées, et la réglementation en matière d'assainissement.

2.2. Données sur le milieu physique

2.2.1. Données topographiques

Dans le cadre de la démarche d'amélioration continue de la cartographie des réseaux préconisée par la réglementation et notamment le guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité de réseaux, il est préconisé au maître d'ouvrage d'établir ou de faire établir un fond de plan géoréférencé de l'emprise potentielle des travaux en respectant le format du référentiel standard PCRS (plan corps de rue simplifié).

2.2.2. Caractéristiques du sol et du sous-sol

2.2.2.1. Cas général – Tous travaux

Le maître d'ouvrage doit réunir ces informations, à l'appui le cas échéant d'une étude géotechnique. Celle-ci peut notamment être conduite avec les objectifs définis dans la norme [NF P 94-500](#) notamment pour les missions G2 AVP et G2 PRO.

La portance du fond de fouille doit être fixée par rapport aux objectifs minimaux définis au chapitre VI. Les risques de décompression de l'assise doivent également être appréciés et les solutions pour y pallier doivent être proposées dans l'étude géotechnique.

2.2 Données sur le milieu physique

2.2.1 Données topographiques

Le maître d'ouvrage doit fournir à l'entreprise les données topographiques ayant servi à l'établissement du projet et les plans disponibles, en précisant leurs dates d'établissement et leur classe de précision.

Le plan doit par ailleurs respecter le système de référencement national.

2.2.2 Caractéristiques du sol et du sous-sol

2.2.2.1 Cas général – Tous travaux

Le CCTP fournit à l'entreprise les données géotechniques nécessaires à la pérennité des ouvrages, ainsi qu'à la réalisation de l'opération dans de bonnes conditions.

Le cas échéant à l'appui d'une étude géotechnique, le CCTP doit préciser les points suivants :

- identification des risques éventuels (sols compressibles, marnières, effondrements, conduits karstiques, déficit de portance...);
- contraintes liées au milieu environnant (proximité d'autres ouvrages – cf. 2.4 ci-après, vibration, perméabilité des sols, possibilité de serrage hydraulique, possibilité d'utilisation de matériaux autocompactants liés, charges transitoires de chantier...);
- présence d'une nappe (hauteur maximale), traitement approprié des venues d'eau, rabattement de nappe (débit de rabattement à fixer suite à un essai de pompage, influence sur les puits et forages avoisinants);
- nature des sols selon la norme NF P 11-300 (voir [annexe 3](#)) (sensibilité à l'eau, excavabilité, agressivité chimique...);
- portance du fond de fouille ou nécessité de traiter le fond de fouille;
- réutilisation des déblais en enrobage et/ou en remblai après traitements éventuels (importance des conditions hydriques et des conditions météorologiques);

Il est recommandé au maître d'ouvrage de réaliser des essais PROCTOR sur des échantillons de sols, le cas échéant avec le gestionnaire de voirie.

Le résultat de ces essais est nécessaire à la détermination des sections nécessitant le traitement ou le remplacement des déblais.

Pour les ouvrages en béton coulés en place (voir § 6.9.1), les caractéristiques chimiques du sol et des eaux souterraines devront permettre de déterminer les classes d'exposition définies par les Eurocodes.

La loi de transition énergétique a pour objectif de réduire de 50% la quantité de déchets mis en décharge à l'horizon 2025.

2.2.2.2. Travaux neufs et de remplacement sans tranchée

Ces éléments sont rassemblés dans un mémoire de synthèse géotechnique (MSG) fourni par le maître d'ouvrage et ayant servi de base à la conception du projet. Ce mémoire précise la dispersion et la variation des paramètres géotechniques et alerte sur les incertitudes non levées et les risques associés.

En matière de travaux sans tranchée, les sondages de reconnaissance du sous-sol devront 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.

- utilisation d'un géosynthétique (enrobage, renforcement du lit de pose...);
- compacité du sol en place, dispositions particulières de réalisation des travaux (injections de traitement de terrains, congélation, ...);
- tenue des parois (définition et dimensionnement des ouvrages de soutènement et de blindage, modalités de retrait, caractérisation de la tenue des terres en cas de fouilles talutées,...).

2.2.2.2 Travaux neufs et de remplacement sans tranchée

Le CCTP contient les reconnaissances géotechniques qui permettent :

- d'élaborer une maquette géotechnique fiable du projet au sens géologique, hydrogéologique et géomécanique et d'identifier les risques géotechniques inhérents au site;
- d'optimiser le projet (tracé en plan, profil en long, nombre et implantations des puits), en cohérence avec les autres contraintes qui seront à prendre en compte;
- d'identifier les principaux risques pouvant affecter la réussite des travaux et la stabilité des structures environnantes;
- de proposer les éléments permettant à l'entrepreneur de faire ses choix en termes de matériels et de méthodes d'exécution, ainsi qu'en termes de coûts et de délais de réalisation.

L'étude géotechnique doit ainsi décrire :

- la nature des terrains traversés;
- le résultat des essais in situ et en laboratoire;
- l'identification des caractéristiques intrinsèques des matériaux rencontrés;
- les préconisations quant au choix de la méthode d'exécution.

Par ailleurs, dans le cas de franchissements de voies ferrées, d'ouvrage d'art ou à proximité d'ouvrages ou de bâtiments existants, l'étude géotechnique doit également comporter une analyse des risques de tassement de surface inhérents à la technique de creusement, et la définition des dispositifs de surveillance à mettre en œuvre au cours du creusement.

2.2.2.2.1. Microtunnelage

Le détail des investigations à mener suivant les objectifs recherchés est notamment développé dans les recommandations sur les microtunnelages édités par la FSTT, ainsi que dans le fascicule 69 du CCTG relatif aux travaux souterrains).

Le pré-dimensionnement des puits est à joindre au DCE. Le dimensionnement définitif est à fournir par l'entreprise. Il est nécessaire de prendre en compte notamment les documents de référence suivants :

- Fascicule 2 : Terrassements généraux.
- Fascicule 62 titre 5: Règles techniques de conception et de calcul des fondations d'ouvrages de génie civil.
- Fascicule 65 : Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint.
- Fascicule 68 : Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil.
- Fascicule 69 : Travaux en souterrain.
- Eurocode 0 - Bases de calculs des structures.
- Eurocode 1 - Actions sur les structures.
- Eurocode 2 - Calcul des structures en béton.
- Eurocode 3 - Calcul des structures en acier.
- Eurocode 7 - Calcul géotechnique.

Les différents niveaux d'eau sont donnés dans l'Eurocode 0 (ANF R A1.3.1) et l'Eurocode 7 (ANF RAN 4.1) avec les notations suivantes :

- EB : niveau des basses eaux ou niveau quasi-permanent. Il est défini comme étant susceptible d'être dépassé pendant la moitié du temps de référence (50 ans).
- EF : niveau fréquent. Il est défini comme étant susceptible d'être dépassé pendant 1% du temps de référence.
- EH : niveau des hautes eaux ou niveau caractéristique. Il correspond au niveau de période de retour 50 ans.
- EE : niveau des eaux exceptionnelles ou niveau accidentel. Il correspond au niveau où doit être prévu, dans la structure, un dispositif d'écoulement empêchant l'eau d'exercer une action plus haut.

2.2.2.2.1 Microtunnelage

Le CCTP précise les données géotechniques nécessaires à la mise en œuvre de cette technique, notamment pour :

- la conception et le dimensionnement des ouvrages provisoires et définitifs (blindage des puits, débits d'exhaure, massif de reprise des efforts de poussée, génie civil des ouvrages définitifs, ...);
- la définition du matériel de creusement le mieux adapté (diamètre et puissance de la machine, type de roue de coupe et outils associés, stations intermédiaires de poussée, traitement des déblais, ...);
- le choix et l'adaptation du fluide de marinage et du fluide de lubrification;
- le choix des tuyaux (résistance à la poussée, résistance aux actions corrosives des eaux de nappe et de l'environnement immédiat, ...);
- la mise en œuvre de dispositions particulières (traitement de terrains au droit des franchissements des parois des puits, ...),
- l'estimation des cadences.

L'étude géotechnique doit permettre de dresser un profil en long géologique sur le tracé des tirs, éventuellement complété de profils en travers en cas de risques d'hétérogénéités transversales, figurant :

- les hauteurs de recouvrement minimales;
- la géologie attendue;
- la présence de la ou des nappes phréatiques et les niveaux d'eau EE, EH, EF et EB définis dans les eurocodes ;
- la présence de blocs ou de bancs rocheux, de matériaux gonflants ou collants, de cavités, de sables et graviers « crus », de matériaux abrasifs, éléments de fondations ou de soutènement (palplanches, tirants, pieux ...).

2.2.2.2.2. Forage dirigé

Le détail des investigations à mener suivant les objectifs recherchés est notamment développé dans les recommandations sur les forages dirigés éditées par la FSTT.

2.2.2.2.3. Autres techniques

Les autres techniques visées sont : La fusée pneumatique, le fonçage de tubes ouverts, le forage horizontal à la tarière, ainsi que le remplacement par éclatement.

2.2.2.2.2 Forage dirigé

Le CCTP précise les données géotechniques nécessaires à la mise en œuvre de cette technique, notamment pour :

- la définition de la machine de forage la mieux adaptée (puissance de la machine pour le forage et le tirage, outils de forage et d'alésage, tiges de forage, ...);
- le nombre et la séquence d'alésages, et les modalités de tirage (forces de traction, ballastage éventuel, ...);
- le choix et l'adaptation du fluide de forage pour éviter tout risque de remontée;
- le choix des tuyaux (résistance à la traction, aux frottements, aux actions corrosives des eaux de nappes et de l'environnement immédiat;
- l'estimation des cadences.

L'étude géotechnique doit permettre de dresser un profil en long géologique sur le tracé de tirs, éventuellement complété de profils en travers en cas de risques d'hétérogénéités transversales, figurant :

- les hauteurs de recouvrement minimales,
- la géologie attendue;
- la présence de la ou des nappes phréatiques et les niveaux d'eau EE, EH, EF et EB définis dans les eurocodes ;
- la présence de blocs ou de bancs rocheux, de matériaux gonflants ou collants, de cavités, de sables et graviers « crus », de matériaux abrasifs, éléments de fondations ou de soutènement (palplanches, tirants, pieux, ...).

2.2.2.2.3 Autres techniques

Le CCTP précise les données géotechniques nécessaires à la mise en œuvre de la technique, en reprenant tout ou partie des éléments développés ci-dessus.

2.2.2.2.4. Cas particulier du franchissement des voies ferrées et autres infrastructures

Pour les traversées de voies ferrées ou le franchissement d'ouvrages d'art, une étude spécifique des incidences de la technique sans tranchée sur l'ouvrage traversé est nécessaire, ainsi qu'une démarche auprès du gestionnaire de cet ouvrage.

Une convention tripartite réunissant les services de la SNCF, le maître d'ouvrage et l'entreprise de travaux décrit notamment les interfaces entre les parties en matière de sécurité ferroviaire (NPSF = Notice particulière de sécurité ferroviaire). Sa trame est à joindre au DCE.

La rédaction de la NPSF est à la charge du maître d'ouvrage ou de son maître d'œuvre sous la responsabilité du MOA, elle doit être rédigée sous la responsabilité du MOA. La NPSF doit mentionner les mesures de sécurité à mettre en œuvre pour pallier les risques identifiés vis-à-vis des circulations ferroviaires (ou des installations de SNCF Réseau).

Elle doit être visée par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entreprise après attribution du marché, cette dernière ayant la charge de la faire évoluer au cours du chantier.

Lors des études préalables, il est nécessaire de prendre en compte les délais d'instruction ainsi que les contraintes liées aux infrastructures, telles qu'un impact sur le trafic, fournis par le maître d'ouvrage.

Les entreprises qui interviennent dans le domaine ferroviaire ou à proximité doivent disposer des qualifications spécifiques (référentiel SNCF Réseau).

2.2.2.3. Travaux de rénovation d'ouvrages existants

Ces données sont notamment rappelées dans la méthode 3R2014 pour le dimensionnement de la réhabilitation par chemisage et tubage des réseaux d'assainissement éditée par l'ASTEE.

2.2.2.2.4 Cas particulier du franchissement des voies ferrées et autres infrastructures

Pour ces franchissements, des conventions entre le maître d'ouvrage et les propriétaires et/ou les exploitants peuvent être nécessaires. Dans le cas de franchissements de voies ferrées, un cadre de Notice Particulière de Sécurité Ferroviaire (NPSF) est joint au DCE.

Une surveillance de la géométrie des voies ferrées durant le chantier, est exigée. Les dispositions à mettre en œuvre sont à préciser lors de l'établissement du DCE.

Une attention particulière est à apporter aux réseaux du gestionnaire de l'infrastructure, en particulier aux caténaires des voies ferrées.

2.2.2.3 Travaux de rénovation d'ouvrages existants

Le CCTP précise les données géotechniques qui sont nécessaires à la mise en œuvre et au dimensionnement des techniques utilisées et notamment de celles qui sont définies pour le cas général (cf. 2.2.2.1).

Elles seront notamment prises en compte dans la justification de la tenue mécanique des structures de rénovation, ainsi que pour la réalisation des ouvrages provisoires éventuellement nécessaires pour leur mise en œuvre (puits d'accès, ...).

2.2.2.4. Travaux de réparation d'ouvrages existants**2.2.2.5. Pollution des sols**

Les textes de référence sont :

- l'article R 4534-22 du Code du Travail vis-à-vis de la sécurité des personnes ;
- les notes, et autres documents édités sous l'égide du ministère en charge de l'environnement, disponibles sur le site <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/index.php/sites-et-sols-pollues>.

2.2.2.6. Présence d'amiante

Le maître d'ouvrage a l'obligation de mentionner les résultats du repérage avant travaux et la caractérisation en sous-sections 3 ou 4 de la réglementation en vigueur. Le maître d'ouvrage, avec l'aide de son assistant à maître d'ouvrage ou de son maître d'œuvre, doit donc, dès l'étude de son projet de travaux, analyser les différents processus qui seront mis en œuvre. L'Inspecteur du Travail dispose d'un mois pour la validation du plan de retrait. Ce délai pouvant avoir un impact sur l'exécution des travaux, il est nécessaire d'inclure cette disposition dans la période de préparation. L'amiante peut concerner les enrobés, le terrain naturel comme les ouvrages sur lesquels l'entreprise est conduite à travailler. Il est conseillé de rechercher dans les enrobés la présence de HAP en même temps que la présence d'amiante.

2.2.2.4 Travaux de réparation d'ouvrages existants

Le CCTP précise les données liées à la présence de la nappe de manière à permettre le dimensionnement de la réparation (résistance à la pression hydraulique).

2.2.2.5 Pollution des sols

Le CCTP précise l'existence de risques d'imprégnation du sous-sol par des émanations ou des produits nocifs. Les polluants doivent être identifiés et quantifiés. Les risques sanitaires potentiels sont établis, tant en phase travaux qu'en phase d'exploitation des ouvrages.

Le CCTP indique alors les dispositions à mettre en œuvre dans le cadre de l'exécution des travaux.

Le cas échéant, ces éléments sont consignés dans la Notice de Respect de l'Environnement (NRE) si celle-ci figure au CCTP.

Les dispositions générales relatives à la gestion des déchets que l'entreprise s'engage à mettre en œuvre, en particulier concernant le suivi et la traçabilité de l'élimination des déchets du chantier en conformité avec la réglementation, sont présentées dans le Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement (SOPRE).

2.2.2.6 Présence d'amiante

Le CCTP précise les résultats du repérage d'amiante réalisé avant travaux et la caractérisation en sous-sections 3 ou 4 selon la réglementation en vigueur.

La caractérisation des travaux en sous-section 3 impose pour l'entreprise la rédaction d'un plan de retrait, soumis à la validation de l'Inspecteur du Travail. Par ailleurs, l'entreprise doit être certifiée.

Une copie du plan de retrait est remise au Coordonnateur SPS ainsi qu'au représentant du maître d'ouvrage (art 28.3 CCAG).

2.2.2.7. Courants vagabonds**2.2.3. Risques naturels (PPRN)**

Cela peut notamment concerner les risques liés aux mouvements de terrain, à la présence de cavités souterraines, aux retraits-gonflements d'argiles, aux avalanches, aux inondations, aux séismes, etc.

2.2.4. Données archéologiques

Le maître d'ouvrage s'enquiert auprès des services compétents des dispositions à mettre en œuvre dans la zone du projet.

2.2.5. Risques pyrotechniques

Une reconnaissance préalable détermine le cas échéant les risques pyrotechniques dans la zone de travaux.

2.2.6. Autres données**2.3. Contexte réglementaire****2.3.1. Contraintes environnementales**

*Dossier loi sur l'eau, Etude d'impact, enquête publique, Natura 2000, etc....
La NRE est décrite au chapitre « Management de la qualité et respect de l'environnement » du présent fascicule*

2.3.2. Domanialité – Servitude – Emprise de chantier

*L'article 31.3 du CCAG précise les obligations du maître d'ouvrage en matière d'emprises nécessaires à la réalisation des travaux.
Les études de conception ont permis de définir sur plan les emprises des ouvrages à construire. Si le projet impose des acquisitions foncières, les procédures et actes d'acquisition sont terminés avant le démarrage des travaux.*

2.2.2.7 Courants vagabonds

Le CCTP précise la présence de courants vagabonds pouvant avoir une incidence sur la pérennité des canalisations à poser.

2.2.3 Risques naturels (PPRN)

Le CCTP précise les risques naturels particuliers, identifiés, le cas échéant, dans un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN).
L'exécution des ouvrages en tient compte conformément à la réglementation et aux normes en vigueur.

2.2.4 Données archéologiques

Le CCTP précise, le cas échéant, les dispositions à mettre en œuvre dans la zone des travaux.

2.2.5 Risques pyrotechniques

Le CCTP précise, si besoin, les modalités d'une surveillance adaptée au cours des terrassements, vis-à-vis des risques pyrotechniques éventuels.

2.2.6 Autres données

Le CCTP précise, le cas échéant, les autres données relatives au milieu physique qu'il y a lieu de prendre en compte pour la réalisation des travaux.

2.3 Contexte réglementaire**2.3.1 Contraintes environnementales**

Les données et le contexte environnemental du projet, déterminés selon la sensibilité du milieu, sont synthétisés dans la Notice de Respect de l'Environnement (NRE).

2.3.2 Domanialité – Servitude – Emprise de chantier

Le CCTP et/ou les plans des travaux communiqués à l'entreprise précisent les emprises disponibles pour la réalisation des travaux : parcelles propriétés du maître d'ouvrage ou bénéficiant de servitudes d'occupation temporaire ou définitives.

Les éventuelles parcelles de propriété privée concernées par le projet pour

Un piquetage ou bornage des emprises est à réaliser par la maîtrise d'ouvrage durant la préparation de chantier.

Si un bornage est à établir, il est réalisé par un géomètre-expert, à la charge financière du maître d'ouvrage.

Les emprises de chantiers sont variables suivant les procédés employés notamment :

- *microtunnelage : puits d'entrée et de sortie, stockage et manutention du microtunnelier et des tuyaux, atelier de traitement des déblais ;*
- *forage dirigé : machine de forage, préparation des fluides de forage, aire de stockage et d'assemblage des tubes ;*
- *tubage par éléments courts ou enroulement hélicoïdal : regards de visite, aire de stockage, treuil... ;*
- *tubage par tubes longs : fosses de travail de dimensions liées à la profondeur et au diamètre, aire de stockage et d'assemblage des tubes, treuil... ;*
- *tubage par tubes pré-déformés en usine : engin porte touret, treuil, chaudière ;*
- *tubage par tubes pré-déformés sur site : fosses de travail de dimensions liées à la profondeur et au diamètre, aire de stockage et d'assemblage des tubes, treuil, machine de déformation...*

2.3.3. Autres autorisations

lesquelles le maître d'ouvrage a obtenu une servitude, sont précisées dans le CCTP.

Le CCTP mentionne plus particulièrement l'emprise de la servitude, en distinguant la zone de travaux d'une part et la ou les zones d'accès, d'installations et de stockage d'autre part.

2.3.3 Autres autorisations

Le CCTP précise le cas échéant les autres autorisations éventuellement nécessaires, notamment vis-à-vis du droit de l'urbanisme.

Le maître d'ouvrage joint également au CCTP les arrêtés d'autorisation éventuels qui fixent des prescriptions techniques et/ou organisationnelles pour la réalisation des travaux.

2.4. Réseaux de concessionnaires avoisinants

2.4.1. Déclaration de projet de Travaux (DT) et résultats des investigations complémentaires

Un plan de synthèse, assorti, le cas échéant, d'un profil en long où figurent les différents réseaux concessionnaires, est établi, notamment pour les travaux sans tranchée.

cf. code de l'environnement et guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité de réseaux.

2.4.2. Opérations de localisation complémentaires

2.5. Voirie

2.5.1. Charges roulantes

2.4 Réseaux de concessionnaires avoisinants

2.4.1 Déclaration de projet de Travaux (DT) et résultats des investigations complémentaires

Les éléments transmis à l'entreprise doivent comprendre :

- la liste des exploitants de réseaux communiquée par le guichet unique;
- les Déclarations de projet de Travaux (DT) adressées aux différents exploitants et les récépissés de réponse avec la totalité des pièces jointes;
- les résultats des éventuelles investigations complémentaires et opérations de localisation;
- les clauses techniques, administratives et financières telles que définies par la réglementation.

Le titulaire doit prendre en compte le résultat de ces investigations dans le cadre de ses études d'exécution.

2.4.2 Opérations de localisation complémentaires

Le CCTP précise si des opérations de localisation (et des investigations complémentaires si leurs résultats, en phase conception, n'ont pas permis de conclure) sont à réaliser dans le cadre du marché.

2.5 Voirie

2.5.1 Charges roulantes

Le CCTP précise les conditions de charges roulantes à prendre en compte dans le projet, que ce soit en phase d'exécution, et en phase de fin d'exécution.

En cas de hauteur de couverture inférieure à 0,80 mètre, l'entreprise en informe le maître d'œuvre et propose une solution technique (dispositions constructives, modification de matériau ou de la classe de résistance de la conduite...) dimensionnée sur la base des hypothèses communiquées par le maître d'ouvrage ou son représentant afin de préserver l'intégrité de la canalisation et de la chaussée.

2.5.2. Structures de voiries

2.6. Données relatives aux ouvrages existants

2.6.1. Collecteurs

2.6.1.1. Cas général – Tous travaux

2.6.1.2. Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation

L'état d'accueil de l'ouvrage existant peut être caractérisé par l'un des 3 états (I, II ou III) définis dans la méthode 3R2014 pour le dimensionnement de la réhabilitation par chemisage et tubage des réseaux d'assainissement, éditée par l'ASTEE.

Le logiciel de dimensionnement développé en accompagnement de la méthode 3R2014 n'est pas utilisable pour des ouvrages circulaires dont l'ovalisation initiale est supérieure ou égale à 10%. Au-delà d'une ovalisation de 10%, le CCTP précisera la méthode adaptée au dimensionnement.

Il convient de mener les reconnaissances visuelles selon la norme [NF EN 13508-2](#) et qu'elles soient datées de moins d'un an.

Pour les ouvrages visitables, le guide technique « restructuration des collecteurs visitables » édité dans le cadre du projet national RERAU détaille les différents essais et investigations qu'il est possible de réaliser.

2.5.2 Structures de voiries

Si la zone d'emprise des travaux concerne une chaussée existante et sauf indications contraires du maître d'ouvrage, l'entreprise reconstitue une structure mécaniquement équivalente (au sens de la norme [NF P 98-331](#)) à celle de la chaussée initiale.

Le CCTP contient toutes les données utiles pour décrire la nature de cette structure.

Dans le cas d'une chaussée neuve, le CCTP précise les différentes couches constitutives, des assises et du revêtement.

2.6 Données relatives aux ouvrages existants

2.6.1 Collecteurs

2.6.1.1 Cas général – Tous travaux

Le CCTP précise les modalités de raccordement des ouvrages neufs ou réhabilités aux ouvrages existants.

2.6.1.2 Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation

Le CCTP précise l'état initial de l'ouvrage existant suivant le type de travaux à mettre en œuvre, pour permettre son dimensionnement, notamment :

- la nature du matériau constitutif;
- la géométrie : circulaire, ovoïde normalisé ou non, autre,...;
- les caractéristiques dimensionnelles (profil en long, profils en travers, ...);
- la position, l'orientation, la conformité vis à vis de la nature des effluents, l'état de raccordement des branchements et les conditions de remise en service;
- l'état d'accueil suivant le niveau de dégradation constaté (écaillage, fissure, casse, effondrement,...);
- les défauts de forme : ovalisation, déformation, décalage entre éléments,...;
- les défauts de revêtement : corrosion, altération liée à l'abrasion, concrétions, déjointement, décollement ...;

Il est recommandé que la reconnaissance visuelle soit datée de moins d'un an.

2.6.2. Branchements

2.6.2.1. Cas général – Tous travaux

2.6.2.2. Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation

Pour assurer une étanchéité totale au droit des branchements, des travaux de terrassement pour raccordement par pièces spéciales peuvent être nécessaires

- les défauts de pente, affaissement, contrepente, ...;
- les pénétrations, dépôts, défauts de raccordement, perforations, poinçonnements ou autres anomalies pouvant perturber les écoulements, ...;
- les défauts d'étanchéité, infiltration ou exfiltration.

La caractérisation de cet état initial doit être illustrée par une reconnaissance visuelle détaillée et récente. Elle doit être menée suivant la norme [NF EN 13508-2](#).

Un profil en long de l'ouvrage existant est également joint au DCE, ainsi qu'un levé intérieur de l'ouvrage (géométrie, pente, ...), notamment pour les ouvrages visitables.

Elle est complétée éventuellement par des résultats d'essais et d'investigations adaptés à l'ouvrage et à sa pathologie : essais de véinage, carottages, auscultation des structures et du terrain encaissant par radar. Ces essais sont réalisés au niveau du radier, des piédroits ou de la voûte de l'ouvrage.

Le CCTP précise les conditions d'environnement de l'ouvrage existant pouvant avoir une incidence sur l'organisation des travaux et les conditions de mise en œuvre : il précise s'il y a lieu les conditions de détournement ou de stockage des eaux.

2.6.2 Branchements

2.6.2.1 Cas général – Tous travaux

Le CCTP contient les résultats des enquêtes de terrain à la parcelle afin de fixer les conditions de raccordement (origine, nombre de riverains raccordés, mode d'écoulement gravitaire ou refoulement, ...).

2.6.2.2 Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation

Le CCTP précise l'emplacement et les dimensions des boîtes de branchement permettant l'accès des matériels mis en œuvre pour la réalisation des travaux.

Dans le cas de la rénovation des canalisations de branchements, le CCTP précise les mêmes informations que pour les collecteurs détaillées ci-avant.

2.6.3. Ouvrages de visites et de contrôle

2.6.3.1. Cas général – Tous travaux

Pour les ouvrages complexes, des vues en plan et coupe de l'ouvrage seront fournies.

2.6.3.2. Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation

2.7. Données relatives à l'ouvrage à créer

2.7.1. Données hydrauliques

Les calculs de dimensionnement hydraulique des ouvrages sont réalisés en phase de conception.

2.7.2. Implantation du projet et calage altimétrique

2.7.3. Implantation des ouvrages de contrôle et de visite

La norme [NF EN 476](#) précise les dimensions applicables aux regards et boîtes de branchement ou d'inspection :

- $DN/ID \geq 1000$: regards de visite pour nettoyage et inspection (regards accessibles par le personnel pour tous les travaux de maintenance);*
- $800 \leq DN/ID < 1000$: regards de visite pour nettoyage et inspection dans des circonstances exceptionnelles uniquement (regards destinés à l'introduction des matériels de nettoyage, d'inspection et d'essai, avec possibilité d'accès exceptionnel d'une personne équipée d'un harnais);*

2.6.3 Ouvrages de visites et de contrôle

2.6.3.1 Cas général- Tous travaux

Le CCTP précise l'emplacement et les caractéristiques géométriques des ouvrages de visite sur lesquels les nouveaux ouvrages sont raccordés.

2.6.3.2 Travaux de remplacement, de rénovation et de réparation

Le CCTP précise l'emplacement et les caractéristiques géométriques des ouvrages de visite et de contrôle permettant l'accès des matériels mis en œuvre pour la réalisation des travaux

Le CCTP précise les caractéristiques et l'état des ouvrages de contrôle et de visite à rénover et de leurs équipements (tampons, dispositifs antichute et de descente, ...).

2.7 Données relatives à l'ouvrage à créer

2.7.1 Données hydrauliques

Le CCTP renseigne, s'il y a lieu, les hypothèses de calcul prises en compte dans le dimensionnement hydraulique des ouvrages à construire y compris l'occurrence retenue pour le dimensionnement.

Les conditions usuelles de fonctionnement hydraulique des réseaux sont définies dans la norme [NF EN 752](#).

2.7.2 Implantation du projet et calage altimétrique

Les opérations de localisation mentionnées au 2.4.2 doivent permettre de confirmer les côtes altimétriques des raccordements amont et aval de la canalisation à réaliser, ainsi que son profil en long.

2.7.3 Implantation des ouvrages de contrôle et de visite

La distance maximale entre deux regards de visite pour nettoyage ou inspection ($DN/ID \geq 1000$) consécutifs est fixée dans le CCTP, sans dépasser 80 mètres.

Sur des canalisations de diamètre nominal supérieur ou égal à 800, des regards de visite pour nettoyage ou inspection ($DN/ID \geq 1000$ au sens de la norme [NF EN 476](#)), doivent être utilisés.

La largeur de la cunette ne doit pas excéder celle de la canalisation sortante. Les boîtes de branchement et d'inspection doivent être implantées en

- *DN/ID < 800 : boîtes de branchement ou d'inspection (permettent l'introduction des matériels de nettoyage, d'inspection et d'essai mais ne permettent pas l'accès du personnel). La mise en place de ces dispositifs sur canalisation principale est réservée à des cas particuliers (encombrement ...).*

2.7.4. Conditions d'accès

2.7.5. Changement de direction, de pente ou de diamètre

2.7.6. Branchements

2.7.7. Données d'exploitation

Selon les besoins de l'exploitant, des ouvrages annexes peuvent être construits pour assurer la protection et la pérennité des ouvrages principaux. Ces ouvrages sont définis au stade des études de conception. Il est important de les porter à la connaissance de l'entreprise pour qu'elle respecte ces dispositions pendant l'exécution des travaux et qu'elle puisse les prendre en compte en cas de variante technique.

domaine public en limite de propriété, sauf contraintes particulières et sous réserve de l'accord du maître d'ouvrage.

2.7.4 Conditions d'accès

Le CCTP précise les équipements à mettre en œuvre sur les ouvrages d'accès.

2.7.5 Changement de direction, de pente ou de diamètre

Les changements de direction, de pente ou de diamètre sont réalisés à l'intérieur même d'un regard de visite pour nettoyage ou inspection ou d'un regard de visite pour nettoyage ou inspection pour accès exceptionnel ([NF EN 476](#)), en excluant tout changement à l'extérieur de la cheminée des ouvrages.

2.7.6 Branchements

Les documents contractuels, notamment le CCTP, doivent permettre à l'entreprise d'évaluer, pour chaque branchement à réaliser les linéaires et les diamètres des canalisations ainsi que l'implantation des boîtes de branchement.

En outre, le CCTP mentionne la programmation établie par le maître d'ouvrage dès la phase d'études, en concertation avec son exploitant, pour réaliser, puis mettre en service, la canalisation et les branchements (ordre et localisation des raccordements sur le réseau existants).

Chaque branchement réalisé est géoréférencé sur l'emprise du domaine public.

2.7.7 Données d'exploitation

Le CCTP précise les contraintes fixées par le maître d'ouvrage pour la surveillance et l'entretien des ouvrages en phase d'exploitation. Leur respect fera l'objet d'un contrôle à la réception de l'ouvrage.

3. MANAGEMENT DE LA QUALITE ET DU RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Lorsque le maître d'ouvrage est certifié ISO 14001, les dispositions du présent chapitre doivent être adaptées en conséquence.

3.1. Définitions

3 MANAGEMENT DE LA QUALITE ET DU RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT

Il appartient au maître d'ouvrage d'adapter ses exigences en matière de qualité et de respect de l'environnement en fonction de la complexité des travaux et/ou de contraintes extérieures, et dans les limites autorisées par la réglementation.

Il peut les synthétiser au sein d'une note spécifique.

Les documents exigés dans le présent chapitre sont à fournir par le titulaire et ses éventuels cotraitants.

3.1 Définitions

3.1.1 Définitions relatives au Management de la Qualité

Les dispositions énoncées se réfèrent aux définitions spécifiques suivantes:

- **Contrôle intérieur** : Contrôles exercés par le titulaire ou pour son compte, sur ses propres actions, ou celles de ses sous-traitants. (CCAG Travaux-2009, article 28.4.1). Les opérations de contrôle intérieur peuvent prendre l'une ou l'autre, ou les deux modalités suivantes, selon le contexte de l'opération :
 - **Contrôle Interne** Modalité de contrôle intérieur : Ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercés sous l'autorité du (ou des) responsable (s) de la fabrication ou de l'exécution, dans les conditions définies par le Plan Qualité.
 - **Contrôle externe** Modalité de contrôle intérieur : Ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais exercées sous l'autorité ou à la demande d'un responsable indépendant de la chaîne de production ou du chantier d'exécution, mandaté par le titulaire.
- **Contrôle extérieur** : Ensemble des opérations de surveillance, de vérification et d'essais, que le maître d'œuvre exécute ou fait exécuter par un organisme indépendant du titulaire, pour le compte du maître d'ouvrage.

- **Fiche de contrôle** : Document de suivi d'exécution qui constitue la trace de la réalité des contrôles effectués.
- **Fiche de non-conformité** : Document de suivi d'exécution qui enregistre une non-conformité, ses causes, son traitement et les actions correctives ou corrections nécessaires.
- **Plan de contrôle global** : Document établi par le maître d'œuvre et validé par le maître d'ouvrage, organisant, pour l'opération, la coordination et la complémentarité des opérations de contrôle intérieur des différents intervenants et de contrôle extérieur.
- **Plan Qualité** (PQ ou PAQ pour Plan d'Assurance Qualité) : Document établi par le titulaire en phase de préparation, spécifiant l'organisation, les procédures d'exécution et de contrôle, et les ressources associées, qu'il s'engage à mettre en œuvre pour l'obtention de la qualité requise.
- **Point critique** (CCAG 28.4.2): Etape faisant l'objet d'une information préalable du maître d'œuvre, pour qu'il puisse, s'il le juge utile, y assister et en vérifier les conditions d'exécution.
- **Point d'arrêt** (CCAG 28.4.2): Étape au-delà de laquelle une activité ne peut se poursuivre sans un accord formel du maître d'œuvre, formalisé par un document d'enregistrement.
- **Schéma Directeur de la Qualité** (SDQ) : Document qui, pour une opération donnée et s'il y a lieu, présente l'organisation d'ensemble pour la qualité de réalisation du ou des ouvrages et la gestion des interfaces, et assure la cohérence et la complémentarité des plans qualité de tous les intervenants.
- **Schéma Organisationnel du Plan Qualité** (SOPAQ) : Document fourni par une entreprise au sein de son offre en phase de consultation, énonçant les principales dispositions d'organisation et de contrôles qu'elle s'engage, si son offre est retenue, à mettre en œuvre et à développer dans son Plan Qualité.

3.1.2 Définitions relatives au Respect de l'Environnement

- **Notice de Respect de l'Environnement** : Document, établi par le Maître d'Ouvrage, comportant :
 - une synthèse des contraintes environnementales, et les sites où ces mesures doivent s'appliquer;
 - la nature des démarches administratives devant être assurées par le Maître d'Ouvrage, le Maître d'œuvre ou le titulaire du marché;
 - les exigences en matière de management et de suivi de l'environnement.
- **Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement (SOPRE)** : Document, établi à partir des exigences spécifiées par le maître d'ouvrage, par le soumissionnaire lors de son offre, décrivant, en fonction des caractéristiques de terrain et de l'environnement local, les dispositions d'organisation et de contrôle qu'il propose pour répondre aux prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage.
- **Plan de Respect de l'Environnement (PRE)** : Document établi par le titulaire en période de préparation du chantier, et devant être visé et suivi par le maître d'œuvre, énonçant les moyens et procédures mis en œuvre par le titulaire pour respecter les prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage et réaliser ses engagements en matière de performance environnementale.
- **Schéma d'Organisation de la Gestion des Déchets (SOGED)**: Document établi par le titulaire en période de préparation du chantier et devant être visé et suivi par le maître d'œuvre, énonçant les moyens et procédures mis en œuvre par le titulaire en matière de suivi, de gestion, de valorisation et d'élimination des déchets.

3.2. Inventaire des documents par phases de l'opération

La démarche, qui doit être adoptée pour la mise en œuvre d'objectifs de qualité, commence très en amont du marché, lors de la définition des besoins par le maître de l'ouvrage.

Voir à ce sujet la recommandation T1-90 à propos de la gestion et de l'assurance de la qualité lors de l'étude des projets de génie civil (avant dévolution des travaux de réalisation).

3.2.1. En phase de consultation

Le marché de travaux peut toutefois indiquer le cadre que le SOPAQ doit respecter (CCAG 28.2.1)

3.2.2. En phase d'offre

Les informations fournies par le titulaire et mentionnées dans ce paragraphe qui concerne la phase préparatoire du chantier, sont à compléter par des documents relatifs à la sécurité abordés au chapitre 8 du présent fascicule.

3.2 Inventaire des documents par phases de l'opération

Les données et documents à fournir aux soumissionnaires doivent leur permettre d'élaborer efficacement les informations requises pour leur dossier d'offre.

L'attention des rédacteurs de marchés de travaux est attirée sur le fait que le niveau d'exigences en matière de documentation doit être adapté au regard de la complexité des travaux et du marché, et des contraintes extérieures.

3.2.1 En phase de consultation

Selon la complexité de l'opération et/ou le nombre d'intervenants, le maître d'ouvrage (ou le maître d'oeuvre, pour le compte du maître d'ouvrage) peut fournir parmi les documents composant le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) :

- le projet de Schéma Directeur de la Qualité (SDQ);
- la liste des points devant être développés par les soumissionnaires dans leur Schéma d'Organisation du Plan Qualité (cadre de SOPAQ)
- la Notice de Respect de l'Environnement (NRE).

3.2.2 En phase d'offre

Sur son initiative, ou en conformité avec la liste des documents techniques requis par le maître d'ouvrage dans le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE), le soumissionnaire produit, au sein des pièces constituant son offre :

- un SOPAQ établi spécifiquement pour l'opération,
- un Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement (ou SOPRE).

3.2.3. En phase de mise au point et signature du marché

Si le maître d'ouvrage souhaite que le SOPAQ et le SOPRE soient contractuels, il convient de le préciser dans le CCAP par dérogation au 28.2.1 du CCAG.

3.2.4. En période de préparation**3.2.3 En phase de mise au point et signature du marché**

S'ils ont été remis lors de l'offre et si le règlement de consultation le prévoit, ces documents (ou autres pièces en tenant lieu), deviennent pièces contractuelles lors de la signature du marché avec le titulaire :

- le SOPAQ
- le SOPRE

3.2.4 En période de préparation :

Sauf dispositions contraires ou complémentaires mentionnées au sein du marché, le titulaire fournit au maître d'œuvre, en phase de préparation, les informations suivantes :

- Le PAQ, qui précise et complète les dispositions générales prévues au SOPAQ ou autre document rendu contractuel, qui en tient lieu;
- Les propositions pour les origines et natures des matériaux extérieurs au chantier;
- Le Programme d'exécution;
- Le Plan de Respect de l'Environnement (PRE), qui précise et complète les dispositions générales prévues au SOPRE, ou autre document rendu contractuel qui en tient lieu;
- Les procédures d'études;
- Les études d'exécution et les procédures de travaux (au minimum celles relatives aux travaux devant démarrer dès la fin de la période de préparation);
- Les documents requis par la réglementation pour les travaux à proximité d'ouvrages souterrains ou aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution.

Si le marché le prévoit, et dans les limites autorisées par la réglementation, ces informations peuvent être synthétisées par le titulaire au sein d'une ou plusieurs notes répondant aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage dans le contrat de travaux.

En accord avec le maître d'œuvre, le titulaire peut proposer un document unique traitant des trois volets (Qualité, Sécurité, Environnement).

Lors de cette période de préparation, le titulaire et le maître d'œuvre

3.2.5. En phase d'exécution

Le journal de chantier ne se substitue pas, mais complète le registre mentionné à l'article 28.5 du CCAG à la charge du maître d'œuvre.

s'accordent sur les modalités de gestion (classement, codification, stockage, modification, diffusion) de l'ensemble des documents à produire par le titulaire, et à échanger avec les autres intervenants dans le cadre du marché.

3.2.5 En phase d'exécution

Le titulaire fournit au maître d'œuvre les informations suivantes pendant le déroulement des travaux :

- Les études d'exécution et les procédures de travaux, par partie d'ouvrage ou par nature de travaux, selon la liste et la planification de production et d'obtention de visa, prévues au Plan Qualité (ou autre document en tenant lieu);
- Les mises à jour du programme d'exécution (dont celles du calendrier d'exécution);
- En tant que de besoin, la ou les mises à jour (compléments, révisions :
 - du Plan Qualité (PAQ), ou autre document en tenant lieu;
 - du Plan de Respect de l'Environnement (PRE), ou autre document en tenant lieu.

Ces documents sont soumis au visa du maître d'œuvre pendant le déroulement des travaux (ou avant chaque phase de travaux concernée)

Journal de chantier :

Si le marché de travaux le prévoit, le titulaire tient un journal de chantier, qui retrace, quotidiennement, les principaux faits de la vie du chantier, et notamment :

- la présence et les activités des personnels, des matériels,
- les travaux exécutés,
- les contrôles effectués,
- les incidents et arrêts et leurs causes, - les conditions atmosphériques constatées,
- des échanges d'informations entre maître d'œuvre et intervenants.

Le journal de chantier est tenu à disposition du maître d'œuvre.

3.2.6. En fin de phase d'exécution des travaux

3.2.6 En phase de fin d'exécution des travaux

En fin d'exécution, le titulaire fournit au maître d'œuvre les documents suivants en vue de l'établissement du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) :

- les plans d'exécution conformes aux ouvrages exécutés pour les ouvrages sous sa responsabilité;
- un ou plusieurs documents, relatifs au management de la qualité pour les travaux sous sa responsabilité, hormis pour les éléments déjà transmis au cours de l'exécution des travaux;
- un ou plusieurs documents, relatifs au respect de l'environnement, hormis pour les éléments déjà transmis au cours de l'exécution des travaux.

En fin d'exécution le titulaire fournit au maître d'œuvre et au coordonnateur SPS (Sécurité et Protection de la Santé des travailleurs) tous autres documents requis au sein des pièces générales et particulières du marché de travaux, en vue de l'établissement du Dossier d'Intervention Ulérieure sur l'Ouvrage (DIUO) par le coordonnateur SPS (CCAG 29.1.1 et 40).

Si le marché le prévoit, et dans les limites autorisées par la réglementation, ces informations peuvent être synthétisées par le titulaire au sein d'une ou plusieurs notes répondant aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage

3.3. Présentation et consistance des documents

3.3 Présentation et consistance des documents

Les documents portent un titre et un numéro d'ordre, incluant un indice de révision. Ils sont datés et signés par le titulaire.

Toute modification en cours de projet est consignée sur ces documents, repérée, datée et signée.

L'attention des rédacteurs de marchés de travaux est attirée sur le fait que le niveau d'exigences en matière de documentation doit être adapté au regard de la complexité des travaux et du marché, et des contraintes extérieures.

3.3.1. Consistance des documents Qualité

3.3.1.1. Schéma Directeur de la Qualité

Les intervenants comprennent notamment :

- les entreprises de travaux et de prestations de services ;
- les contrôleurs extérieurs ;
- le maître d'œuvre ;
- éventuellement :
 - . le coordonnateur SPS ;
 - . les exploitants ;
 - . des gestionnaires de voiries.

3.3.1.2. Plan de contrôle global

3.3.1.3. SOPAQ

3.3.1 Consistance des documents Qualité

3.3.1.1 Schéma Directeur de la Qualité :

Selon la complexité de l'opération et/ou le nombre d'intervenants, le maître d'ouvrage (ou le maître d'œuvre, pour le compte du maître d'ouvrage) peut établir (ou compléter si un projet en a été fourni lors de la consultation) un Schéma Directeur de la Qualité (SDQ) pour l'opération. Il décrit la démarche qualité du chantier, et précise :

- la mise en cohérence des Plans Qualité des différents intervenants;
- l'organisation des opérations de contrôle extérieur;
- le recensement des points critiques et points d'arrêt pour l'opération;
- les modalités d'interfaces entre intervenants;
- les dispositions acceptées pour démontrer la qualité des produits et matériaux;
- les procédures de circulation et, s'il y a lieu, de visa par le maître d'œuvre, des documents qui seront établis au cours du chantier.

Ce SDQ est communiqué à l'ensemble des intervenants.

3.3.1.2 Plan de contrôle global

Le Plan de contrôle global est établi par le maître d'œuvre, soit dès la phase de consultation sous forme de projet (il constitue alors une pièce du DCE), soit en début d'opération. Ce plan :

- synthétise l'ensemble des contrôles et les points d'arrêt), en termes de nature et fréquence;
- définit la répartition des actions de contrôle entre les différents intervenants : entreprises, maître d'œuvre, contrôle extérieur;
- précise les moyens et méthodes de contrôle à mettre en œuvre.

3.3.1.3 SOPAQ

Le SOPAQ du soumissionnaire, pour la partie des travaux qui le concerne, comprend les informations requises au sein du DCE, et notamment :

- l'engagement du soumissionnaire sur la mise en œuvre des dispositions définies au sein du SOPAQ;
- la désignation des parties concernées par l'opération;
- les principales dispositions que le soumissionnaire prévoit en matière:

3.3.1.4. PAQ

- d'organisation générale du projet,
- de maîtrise de la planification de la réalisation,
- de maîtrise des études d'exécution,
- de maîtrise des fournitures,
- de maîtrise des sous-traitances,
- de maîtrise des processus d'exécution,
- d'organisation des contrôles,
- de gestion des anomalies et non-conformités,
- de maîtrise de la documentation.

3.3.1.4 PAQ**A - En période de préparation : le Plan Qualité (PAQ)**

Le PAQ présente, de manière détaillée, les dispositions de moyens et d'organisation prévues par le titulaire, et qu'il s'engage à mettre en œuvre, pour garantir l'obtention des exigences spécifiées pour les travaux lui incombant.

Le PAQ est établi spécifiquement pour l'opération objet du marché. Il peut intégrer des dispositions préexistantes dans le système de management de la qualité du titulaire, tout en leur apportant les modifications et compléments nécessaires pour répondre aux spécificités de l'opération.

Il comprend :

- une Note d'Organisation Générale (NOG) qui définit :
 - les éléments d'organisation concourant à l'obtention de la qualité,
 - s'il y a lieu, les Plans Qualité des cotraitants et sous-traitants, avec mention des articulations entre ces plans et le PAQ du titulaire.
- les procédures d'exécution comprenant :
 - les procédures d'études,
 - les procédures de travaux, par partie d'ouvrage ou nature de travaux,
 - le cas échéant les spécifications de pose des équipements ou produits mis en œuvre (CCAG 28.4.4)
- les cadres de documents de suivi d'exécution.

Si le marché le prévoit, notamment en regard de la complexité des travaux et des contraintes extérieures, ces informations peuvent être synthétisées

3.3.1.4.1. Note d'Organisation Générale (NOG) du PAQ

par le titulaire au sein d'une ou plusieurs notes répondant aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage. Les procédures qualité relatives à l'exécution et aux contrôles liés aux points d'arrêt et points critiques, ainsi qu'à la gestion des documents d'exécution, sont documentées.

3.3.1.4.1 Note d'Organisation Générale (NOG) du PAQ

La NOG du PAQ du titulaire fournit les informations suivantes :

- l'engagement du titulaire sur la mise en œuvre des dispositions définies au sein du PAQ;
- la présentation des intervenants : titulaire, sous-traitants; fournisseurs, et les prestataires en charge des opérations de contrôle intérieur s'il y a lieu, ainsi que les modalités de gestion de leurs interfaces;
- la présentation de l'organisation des responsabilités et moyens, dont:
 - l'organigramme et l'encadrement responsable des travaux objet du marché avec identification des responsabilités
 - l'organisation et l'affectation des principales tâches,
 - les principaux moyens, matériels et approvisionnements;
- les modalités d'organisation du contrôle intérieur :
 - le cadre d'organisation du contrôle intérieur,
 - le plan de contrôle intérieur établi par le titulaire, qui définit les différents contrôles et, pour chacun :
 - les exigences,
 - les références aux spécifications d'exécution,
 - la méthode de contrôle, de suivi ou d'essai,
 - la définition de la zone de contrôle,
 - la fréquence du contrôle, du suivi ou des essais,
 - les critères d'acceptation,
 - la documentation associée,
 - les responsables du contrôle et des suites à donner à ce contrôle,
 - l'implication, s'il y a lieu, de tierces parties dans le contrôle.
- la liste des points d'arrêt et points critiques en cohérence avec le schéma directeur de la qualité, avec :
 - mention des délais et des documents de contrôle associés,
 - modalités de levée des points d'arrêt.

L'entreprise titulaire du marché de travaux peut toutefois compléter cette liste de points critiques propres ou de points d'arrêt supplémentaires qu'elle aura définie.

Si les travaux comprennent des matériaux susceptibles d'émettre des poussières d'amiante, la liste des études et procédures mentionnée dans ce paragraphe inclut le plan de retrait.

3.3.1.4.2. Les procédures d'études et de travaux

- l'organisation pour la maîtrise (détection et traitement) des non-conformités, et le suivi des actions curatives et correctives, selon le niveau de gravité de l'écart constaté;
- la liste des études et procédures d'exécution, nécessaires à la réalisation des ouvrages provisoires et définitifs, et leur calendrier prévisionnel de production (échancier d'envoi et dates prévisionnelles pour l'obtention du visa du maître d'œuvre).

Si le marché le prévoit, notamment en regard de la complexité des travaux et des contraintes extérieures, ces informations peuvent être synthétisées par le titulaire au sein d'une ou plusieurs notes explicitant les dispositions d'organisation prévues en réponse aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage.

3.3.1.4.2 Les procédures d'études et de travaux

Relativement aux ouvrages provisoires et définitifs, et conformément à la liste des procédures d'exécution définie au sein de la note d'organisation générale, le titulaire fournit :

- les procédures d'études décrivant, pour chacune :
 - la partie des travaux, objet de la procédure,
 - les modalités de validation des études,
 - les modalités de maîtrise des modifications des études.
- les procédures de travaux, par partie d'ouvrage ou par nature de travaux, décrivant, pour chaque procédure :
- la partie des travaux, objet de la procédure;
- les documents de référence;
- la liste des ressources utilisées (personnels, matériels, produits),
- les méthodes, modalités, modes opératoires de mise en œuvre des travaux pour assurer le respect final des exigences;
- les modalités de contrôle intérieur associées à la procédure :
 - intervenants,
 - épreuves à réaliser, nature et fréquence des contrôles, moyens,
 - critères d'acceptation.
- s'il y a lieu, les interactions avec d'autres procédures et les conditions préalables requises pour l'exécution de certaines tâches.

3.3.1.4.3. Les cadres de documents de contrôle d'exécution

Si le marché le prévoit, notamment en regard de la complexité des travaux et des contraintes extérieures, ces informations peuvent être synthétisées par le titulaire au sein d'une ou plusieurs notes explicitant les dispositions prévues en réponse aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage.

3.3.1.4.3 Les cadres de documents de contrôle d'exécution

Le titulaire fournit dans son PAQ les modèles de documents suivants :

- documents de contrôle intérieur;
- fiches de non-conformité.

Il précise également les conditions et délais dans lesquels ces documents sont renseignés (identifiés, enregistrés), validés, exploités, puis archivés.

B - En phase d'exécution le Plan Qualité (PAQ)

Les mises à jour du Plan Qualité du titulaire au cours des travaux sont soumises à visa du maître d'œuvre (CCAG 28.2.1). Elles portent notamment sur :

- Les procédures d'exécution non encore fournies lors de la phase de préparation;
- Les adaptations des éléments du PAQ requises par les évolutions du chantier.

Résultats du contrôle intérieur :

Les résultats des opérations de contrôle intérieur effectuées par le titulaire sont reportés sur les documents de contrôle. Selon les dispositions prévues au sein des pièces particulières du marché, ils sont (hormis ceux concernant les contrôles liés aux points d'arrêt et à la gestion de non-conformités) (CCAG 28.4.3) :

- soit tenus à la disposition du maître d'œuvre sur le chantier jusqu'à la fin des travaux;
- soit adressés au maître d'œuvre, au fur et à mesure de leur obtention.

Ces documents ne sont pas soumis au visa du maître d'œuvre : seuls leurs cadres, définis au sein du PAQ du titulaire et ceux de ses sous-traitants éventuels en phase de préparation, y sont soumis.

Détection et traitement des non-conformités :

La démarche de traitement des non-conformités s'articule autour des étapes suivantes :

- le constat, qui comprend les actions immédiates, l'enregistrement, ainsi que l'information des acteurs concernés;
- l'évaluation, qui consiste à identifier les causes de la non-conformité, en évaluer les effets et proposer des actions curatives (pour y remédier) et correctives (pour éviter qu'elle ne se reproduise);
- l'action, qui comprend la décision d'actions, l'exécution et le contrôle des actions décidées;
- la clôture et l'archivage des données et résultats.

Toute non-conformité, détectée par les opérations de contrôle intérieur ou de contrôle extérieur, est enregistrée : elle fait l'objet de l'ouverture, par le titulaire, d'une « fiche de non-conformité ».

Les modalités de traitement de la non-conformité sont soumises au visa du maître d'œuvre.

Si le traitement d'une non-conformité donne lieu à une modification d'un document d'exécution, le nouveau document d'exécution est soumis au visa du maître d'œuvre.

Sur la base des résultats du contrôle, et du visa du maître d'œuvre sur son traitement technique, il peut être procédé à la levée de la non-conformité.

Points critiques :

Pour les points critiques, le titulaire informe le maître d'œuvre, avec un délai de préavis suffisant, de la date de réalisation des tâches concernées, afin de lui permettre d'être présent, s'il le souhaite.

En outre, il tient à disposition, sur les lieux du chantier, les documents de contrôle d'exécution relatifs aux tâches concernées.

Points d'arrêt :

Pour les points d'arrêt, le titulaire informe le maître d'œuvre de la date de réalisation des contrôles correspondants, avec un délai de préavis suffisant, afin de lui permettre d'être présent, s'il le souhaite.

Les contrôles liés aux points d'arrêt font l'objet de procédures spécifiques : demande de levée du point d'arrêt, compte-rendu de contrôles, accord explicite du maître d'œuvre.

Le titulaire adresse au maître d'œuvre sa demande de levée de point d'arrêt, accompagnée des documents attestant des contrôles effectués lors des tâches correspondantes.

Les conditions de délivrance des visas par le maître d'œuvre seront portées à la connaissance du titulaire.

Ce point est à considérer notamment lorsque le visa porte sur un élément relatif à la solidité de l'ouvrage ou lorsqu'il entraîne une incidence financière sur le marché de travaux.

3.3.2. Consistance des documents Environnement

Le CCTP doit aussi donner toutes précisions utiles à cet égard liées à la consistance et à la situation des travaux.

Les délais administratifs d'instruction des dossiers doivent être pris en compte dans les délais d'exécution.

Des dispositions favorables à l'environnement peuvent aussi être envisagées dans le cadre des méthodes d'exécution (par exemple : travaux sans tranchée, réemploi des matériaux, choix de fournitures ou de matériels spécifiques, etc..).

Les visas matérialisant la constatation, par les différents intervenants concernés, des informations produites et mentionnant les suites à donner sont reportés sur les documents de levée de points d'arrêt.

C - En phase de fin d'exécution le Plan Qualité (PAQ)

En fin d'exécution, le titulaire fournit un ou plusieurs documents relatifs au management de la qualité (hormis pour les éléments déjà transmis au cours de l'exécution des travaux) incluant :

- le plan de contrôle intérieur réalisé;
- les procédures d'exécution à jour, avec synthèse des modifications apportées au cours du chantier;
- l'origine des matériaux et équipements, les rapports d'essai des matériaux et équipements;
- les fiches de contrôle et levée des points d'arrêt;
- les fiches de non-conformité et leur traitement.
- le cas échéant les spécifications d'entretien et d'usage des équipements ou produits mis en œuvre (CCAG 28.4.4)

Ces éléments ne sont pas soumis au visa du maître d'œuvre, sauf stipulation contraire au sein des pièces particulières du marché.

3.3.2 Consistance des documents Environnement

Selon la taille et les enjeux environnementaux de l'opération, le maître d'ouvrage, assisté du maître d'œuvre, réalise des diagnostics préalables, et précise les objectifs et les contraintes, réglementaires ou non, imposées en matière environnementale, au sein d'une **Notice de Respect de l'Environnement** (NRE).

La démarche qui doit être adoptée pour la mise en œuvre d'objectifs environnementaux commence très en amont du marché, lors de la définition des besoins par le maître de l'ouvrage.

Cette prise en compte est assumée par le maître de l'ouvrage, le maître d'œuvre, et l'entrepreneur. Elle peut notamment se traduire par l'établissement d'un bilan carbone du chantier. Dans ce cas, il convient de définir les données à enregistrer pour ce bilan.

3.3.2.1. Notice de Respect de l'Environnement (NRE)

La Notice du respect de l'Environnement concernera plus particulièrement l'analyse du contexte environnemental au regard de la réglementation.

Dans le cas où le maître d'ouvrage fait le choix d'un coordonnateur Environnement, il définit le périmètre de sa mission ainsi que les modalités de sa représentation auprès des intervenants, notamment auprès du maître d'œuvre.

Ces éléments doivent être mentionnés dans la Notice de Respect de l'Environnement jointe au dossier de consultation du marché de travaux, ils concerneront particulièrement les chantiers situés en zone NATURA 2000.

Le Plan de contrôle environnemental est établi par le maître d'œuvre et intégré au Plan de contrôle global de l'opération.

Ce plan :

- synthétise l'ensemble des points de contrôle en matière environnementale (dont les points d'arrêt), en termes de natures et fréquences;
- définit la répartition des actions de contrôle en matière environnementale entre les différents intervenants : entreprises, maître d'œuvre, contrôle extérieur environnemental;
- précise les moyens et méthodes de contrôle en matière environnementale à mettre en œuvre.

3.3.2.1 Notice de Respect de l'Environnement (NRE)

Les contraintes environnementales, formulées sous forme de données qualitatives et quantitatives, peuvent concerner tout ou partie des domaines suivants :

- contexte réglementaire de l'ouvrage (Loi sur l'eau, Réglementation ICPE,..),
- analyse préalable du contexte environnemental et des contraintes à prendre en compte,
- prévention et résorption de la pollution des sols,
- prévention de la pollution et des ressources en eaux superficielles et souterraines,
- préservation de la biodiversité, et des zones naturelles protégées,
- préservation des activités, des ouvrages existants et du patrimoine,
- préservation de la qualité de l'air, dont réduction des émanations, poussières et fumées,
- limitation des nuisances sonores et des vibrations pour les personnels et les riverains,
- propreté des voiries empruntées par les véhicules de chantier et du chantier,
- limitation des déplacements, consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre,
- limitation de la dangerosité des matériaux et produits utilisés,

3.3.2.2. Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement (SOPRE)

Il convient de maîtriser les causes susceptibles de porter atteinte à l'environnement lors de l'exécution du chantier, telles que :

- *les poussières, les fumées;*
- *les incendies;*
- *le bruit;*
- *les vibrations;*
- *les rebuts de chantier et les déchets;*
- *la pollution des eaux superficielles et souterraines*
- *les impacts sur les zones naturelles sensibles et les zones humides;*
- *les impacts sur la faune et la flore;*
- *les impacts sur le bâti existant et le patrimoine archéologique;*
- *les impacts sur les réseaux existants souterrains et aériens;*
- *la dégradation des voies existantes empruntées par les véhicules du chantier;*
- *le stockage des produits polluants,*
- *les déchets et poussières d'amiante*

- gestion, valorisation et élimination des déchets de chantier,
- impacts sur les fonctionnalités de la ville (en cas de travaux en zone urbaine).

Sauf indications contraires inscrites au sein du dossier de consultation, le maître d'œuvre est l'interlocuteur du titulaire en matière environnementale.

3.3.2.2 Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement (SOPRE)

En réponse aux pièces requises au sein du dossier de consultation (DCE), le soumissionnaire produit, un **Schéma d'Organisation du Plan de Respect de l'Environnement (SOPRE)** pour la partie des travaux qui le concerne, qui comprend :

- une note de synthèse rappelant les exigences, engagements et contraintes définies par le maître d'ouvrage;
- les principales dispositions d'organisation et de contrôle que le soumissionnaire s'engage à mettre en œuvre pour respecter les exigences spécifiées en matière environnementale, et prévenir et/ou réduire les impacts sur l'environnement.

Si le règlement de consultation le prévoit, notamment en regard de la complexité des travaux et des contraintes extérieures, et dans les limites autorisées par la réglementation, ces informations peuvent être synthétisées par le titulaire au sein d'une ou plusieurs notes explicitant les dispositions prévues en réponse aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage.

En disposition minimale, le SOPRE traite des dispositions générales relatives à la **gestion des déchets** que le soumissionnaire s'engage à mettre en œuvre, dont le suivi et la traçabilité de l'élimination des déchets du chantier, en conformité avec la réglementation.

Sont concernés tous les déchets sortant des emprises du chantier :

- déchets présents en surface (végétaux,..);
- déchets présents dans le sol et le sous-sol (sols pollués,..);
- déchets engendrés par la conception des ouvrages (déblaiements, démolition d'ouvrages,..);
- déchets engendrés par la précédente activité de l'exploitant du

terrain ou de son actuel ou ancien propriétaire (huiles, pneus, bois...).

Dans le cadre de cette composante « Gestion des Déchets » du SOPRE, le soumissionnaire présente :

- l'organisation proposée en matière de gestion des déchets;
- les éventuelles modalités de revalorisation des matériaux présents sur le site;
- les modalités de transport pour l'acheminement des déchets, selon leurs natures;
- les centres de stockage, ou centres de regroupement ou transit, ou plate-forme de recyclage ou lieu de réutilisation, où seront acheminés les différents déchets à évacuer, selon leurs natures;
- les méthodes qui seront employées pour ne pas mélanger les différents types de déchets sur le chantier d'origine;
- les moyens de contrôle, de suivi et de traçabilité qui seront mis en œuvre pendant les travaux, par nature de déchets.

3.3.2.3. Le Plan de Respect de l'Environnement (PRE)

3.3.2.3 Le Plan de Respect de l'Environnement (PRE)

A - En période de préparation : le PRE

Le Plan de Respect de l'Environnement (PRE) énonce, de manière concrète, les moyens et procédures que le titulaire s'engage à mettre en œuvre pour respecter les prescriptions environnementales fixées par le maître d'ouvrage dans la Notice de Respect de l'Environnement (NRE) ou autre document en tenant lieu, et pour prévenir et/ou réduire les impacts sur l'environnement et intervenir en cas d'anomalies, voire d'accidents.

Le PRE est établi par le titulaire spécifiquement pour l'opération. Il peut intégrer des dispositions préexistantes dans le système de management environnemental du titulaire, tout en assurant leur adéquation au contexte de l'opération.

Le PRE du titulaire comprend :

3.3.2.3.1. Une note d'organisation générale Environnement, comprenant :

3.3.2.3.1 Une note d'organisation générale Environnement, comprenant :

- l'organisation mise en place, avec mention des missions et responsabilités des personnels en charge de l'application du PRE;
- les dispositifs prévus pour maîtriser ou réduire les impacts

3.3.2.3.2. *La liste des procédures environnementales pour assurer la conformité de l'exécution des ouvrages à la législation, à la réglementation et aux exigences spécifiées par le Maître d'Ouvrage :*

environnementaux;

- les éventuelles propositions pour le réemploi de matériaux extérieurs au chantier;
- la nature et la situation des travaux et/ou des tâches d'exécution concernés par des dispositions spécifiques relatives à l'environnement, avec mention des nuisances et risques potentiels au regard de l'environnement en lien avec ces tâches;
- les modalités de surveillance et contrôle de ces travaux et/ou tâches, dont :
 - la liste des éventuels points d'arrêt et points critiques en matière environnementale, et les modalités associées,
 - le programme de contrôle environnemental.

3.3.2.3.2 *La liste des procédures environnementales pour assurer la conformité de l'exécution des ouvrages à la législation, à la réglementation et aux exigences spécifiées par le Maître d'Ouvrage :*

- procédures d'exécution liées à la prise en compte des exigences environnementales,
- procédures relatives au traitement des non-conformités en matière environnementale, susceptibles de se produire lors de l'exécution des travaux,
- procédures de traitement de pollution accidentelle, et procédures en cas d'interventions extérieures et en cas d'urgence.
 - l'articulation entre les dispositions du PRE (incluant la gestion des déchets), le projet des installations de chantier, et la Procédure d'urgence et de capacité à réagir,
 - la description des moyens d'information à l'attention du personnel du titulaire, des sous-traitants et fournisseurs, sur les dispositions prévues au PRE,
 - les cadres de documents de surveillance et contrôles en matière environnementale.

En outre, le PRE du titulaire comprend les modalités de respect des exigences environnementales (dont déchets) par ses sous-traitants et fournisseurs, et leur engagement vis-à-vis des dispositions prévues.

La découverte de déchets non répertoriés peut également se produire lorsqu'à l'issue d'analyse de sol, le rapport dévoile une pollution alors inconnue.

Les éléments à fournir au sein du PRE (et leur niveau de détail) sont:

- adaptés au niveau de complexité et aux risques de l'opération;
- conformes aux exigences stipulées au sein des pièces particulières du marché.

B - En phase d'exécution : le PRE

Le titulaire doit s'assurer de la traçabilité des déchets et matériaux issus du chantier et de la bonne application des dispositions prévues pour la gestion des déchets. Il fournit au maître d'ouvrage, avec copie au maître d'œuvre, les bordereaux de suivi des déchets de chantier et les tableaux de suivi des déchets pour lesquels le maître d'ouvrage est producteur.

En cas de découverte, en phase d'exécution, de déchets non répertoriés par le maître d'ouvrage (sols pollués par exemple), le titulaire en informe le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre en vue de définir, conjointement, les modalités de gestion de ces déchets.

Les mises à jour du Plan de Respect de l'Environnement du titulaire au cours de l'exécution des travaux sont soumises à visa du maître d'œuvre.

Ces mises à jour peuvent notamment porter sur :

- les procédures d'exécution, non encore définies lors de la phase de préparation, pour les tâches ayant des impacts environnementaux potentiels;
- les procédures complémentaires pour la gestion des déchets rencontrés lors de l'exécution et non prévus en phase de préparation;
- les autres adaptations des éléments du PRE requises par les évolutions du chantier.

Détection et traitement des non-conformités :

Les dispositions définies en management de la qualité et concernant la détection et le traitement des non-conformités s'appliquent pour les non-conformités en matière environnementale

Points critiques et points d'arrêt en matière environnementale :

Les dispositions définies en management de la qualité et concernant les points critiques et points d'arrêt s'appliquent pour ceux relatifs au respect de l'environnement.

3.3.2.4. Schéma d'Organisation de GEstion des Déchets (SOGED)

Le maître d'ouvrage est responsable des déchets produits par le chantier (déblais, tuyaux amiante, etc..).

L'entreprise est responsable des déchets induits par la technique de mise en œuvre (liés au fonctionnement) (Equipements de Protection Individuels contaminés, boues de forage le cas échéant, etc.).

C - En phase de fin d'exécution : le PRE

En fin d'exécution, le titulaire fournit un dossier relatif au respect de l'environnement (hormis pour les éléments déjà transmis au cours de l'exécution des travaux) incluant :

- le programme de contrôle réalisé en matière environnementale;
- les procédures environnementales à jour, avec synthèse des modifications apportées au cours du chantier;
- les comptes-rendus des contrôles et levée des points d'arrêt environnementaux;
- les fiches de non conformités en matière environnementale et leur traitement;
- les bordereaux de suivi des déchets justifiant de la destination des déchets conformément aux dispositions du PRE, et les tableaux de suivi des déchets pour lesquels le maître d'ouvrage est producteur.

Si le marché le prévoit, et dans les limites autorisées par la réglementation, ces informations peuvent être synthétisées par le titulaire au sein d'une ou plusieurs notes en réponse aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage

3.3.2.4 Schéma d'Organisation de GEstion des Déchets (SOGED)

Le PRE traite des dispositions relatives à la gestion des déchets, que le titulaire s'engage à mettre en œuvre, dont le suivi et la traçabilité de l'élimination des déchets du chantier, en conformité avec les dispositions du Code de l'Environnement (obligation de prévention, de réduction et de valorisation des déchets de chantier issus des Travaux Publics).

Dans le cas où les éléments requis au marché ne concernent que la gestion des déchets, le PRE devient un **Schéma d'Organisation de GEstion des Déchets (SOGED)**.

Pour cette composante Déchets, le titulaire décrit :

- la liste, structurée par classe, et l'évaluation de la quantification des déchets à gérer, par type de travaux;
- l'organisation mise en place : organigramme, missions et

responsabilités des personnels devant assurer l'application de la procédure environnementale de gestion des déchets;

- les méthodes et moyens utilisés pour trier les différents déchets à gérer et assurer leur non-mélange;
- la localisation, la description des dépôts, centres de stockage et/ou centres de regroupement et/ou unités de recyclages vers lesquels seront acheminés les différents déchets à gérer les modalités d'information du maître d'œuvre, lors de l'exécution des travaux, relativement à la nature des déchets, aux quantités et aux dates et lieux d'évacuation;
- les modalités et moyens de contrôle, de suivi et de traçabilité de gestion des déchets;
- les cadres des documents de suivi et traçabilité des déchets (dont bordereaux de suivi et registres);
- les moyens matériels et humains mis en œuvre pour cette gestion.

Le Plan de Respect de l'Environnement (ou le SOGED si seule, la composante déchet est requise), établi par le titulaire en phase de préparation, est soumis au visa du maître d'œuvre.

Si le marché le prévoit, et dans les limites autorisées par la réglementation, le titulaire pourra synthétiser les informations requises pour le PRE au sein d'une ou plusieurs notes explicitant les dispositions prévues en réponse aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage en matière environnementale, dont le suivi et la traçabilité de l'élimination des déchets.

PAGE LAISSEE INTENTIONNELLEMENT BLANCHE

4. Nature et qualité des produits et matériaux

4.1. Produits mis en œuvre en tranchée

4.1.1. Produits manufacturés

Dans la suite du document, il est fait état de conformité à des normes ou à des référentiels de certification.

La conformité peut également se baser sur des normes ou référentiels de certification reconnus équivalents à ceux cités.

Lorsque le titulaire souhaite faire reconnaître l'équivalence avec une norme ou une marque de qualité de produit, mentionnée au présent fascicule, les articles 21, 23.2, 24.1 et 24.2 du CCAG Travaux de 2009 s'appliquent.

Si le maître d'ouvrage souhaite imposer les modes opératoires à utiliser pour prouver la conformité des matériaux, produits, composants de construction aux spécifications du marché, il convient de le mentionner dans son CCTP (CCAG 24.1).

Le cas particulier d'une modification des dispositions fixées au marché, sur la provenance des matériaux, produits ou composants nécessite l'accord écrit du maître d'œuvre (CCAG 21.2).

4.1.1.1. Produits faisant l'objet d'une norme

La certification sur la base d'une marque de qualité est une démarche volontaire qui doit:

- Certifier que les performances des produits sont conformes aux normes sur lesquelles s'appuie le référentiel de certification;*
- Garantir que les spécifications sont contrôlées par un organisme tiers*
- Garantir que les spécifications sont effectivement respectées de façon continue par le fabricant.*

Le marquage CE n'est pas un outil d'aide à la prescription ni à la sélection ou l'acceptation des matériaux et ne doit pas être confondu avec une marque de qualité.

Le marquage CE est un marquage et non une marque de qualité. Le

4 Nature et qualité des produits et matériaux

4.1 Produits mis en œuvre en tranchée

4.1.1 Produits manufacturés

4.1.1.1 Produits faisant l'objet d'une norme

Lorsqu'un produit utilisé dans la réalisation d'un réseau d'eau ou d'assainissement à écoulement à surface libre fait l'objet d'une ou de plusieurs normes, il doit leur être conforme.

Il revient au titulaire de s'assurer des performances déclarées des produits. Cette conformité doit être prouvée soit :

- par la certification NF ou par une certification reconnue équivalente;
- par une certification délivrée par un organisme tiers établi dans l'Espace Économique Européen accrédité selon la norme [NF EN 17065](#). L'accréditation de l'organisme de certification doit être délivrée par un organisme signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-opération for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation. L'organisme

fabricant doit déclarer les performances du produit sur la base des exigences essentielles du Règlement Produits de Construction.

Le marquage CE n'a pas pour objet de couvrir toutes les caractéristiques d'aptitude à l'emploi du produit mais est une exigence réglementaire qui permet aux produits de circuler librement dans l'Espace Économique Européen.

Le marquage CE ne couvre pas les produits destinés à l'eau destinée à la consommation humaine.

Le marquage CE peut s'appliquer sur la base d'une norme européenne harmonisée ou d'une Evaluation Technique Européenne.

A la date de publication de ce document, les produits suivants font l'objet de certifications de qualité :

- *Marque NF 016 Canalisations en fonte pour évacuation et assainissement.*
- *Marque NF 110 Voirie.*
- *Marque NF 120 Eléments en béton pour réseaux d'assainissement sans pression (tuyaux, regards, boîtes de branchement).*
- *Marque NF 121 Canalisations en grès.*
- *Marque NF 197 Robinetterie, fontainerie*
- *Marque NF 442 Assainissement gravitaire en matériaux thermoplastiques.*

Les référentiels de certification des produits couverts par la marque NF sont disponibles de façon ouverte sur le site d'AFNOR Certification, ou de l'organisme certificateur.

La Recommandation n° T1-99 "relative à l'utilisation des normes et des certifications dans les spécifications et à l'appréciation des équivalences » de la Commission Centrale des Marchés est un outil d'aide permettant d'apprécier la notion d'équivalence.

Pour les produits couverts par une certification délivrée par un organisme tiers, les exigences applicables ainsi que les modalités de surveillance mises en place doivent être regroupées dans un document à disposition du public, notamment disponible sur le site internet de l'entreprise ou de l'organisme certificateur, afin de pouvoir réaliser le travail de comparaison requis pour

de certification doit être accrédité pour les normes concernées. Les essais conduisant à la certification doivent être réalisés dans des laboratoires accrédités selon la norme [NF EN ISO 17025](#) ou dont le système qualité est conforme à la norme [NF EN ISO 17025](#) et supervisés par l'organisme accrédité selon la norme [NF EN ISO 17065](#). L'accréditation du laboratoire ou de l'organisme superviseur doit être délivrée par un organisme signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-operation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation.

ou

- à défaut de certification, au moyen d'une réception obligatoirement par lot sur chantier, effectuée avant la mise en œuvre par le maître d'ouvrage sur la base d'un échantillonnage conforme à la norme [NF X 06-021](#). Cette réception porte alors sur toutes les caractéristiques figurant dans la, ou les, norme(s) produit de référence et sur les critères d'aptitude à la fonction définis dans la norme [NF EN 476](#) (Assainissement) ou [NF EN 805](#) (alimentation en eau).

l'analyse de l'équivalence (T1-99). Dans le cas contraire, Il ne peut être revendiqué un niveau équivalent à une marque NF.

Il est rappelé qu'en cas de réception des lots sur chantier, le comportement à long terme des matériaux et produits doit être vérifié par des essais transmis par le fabricant. Ces essais proviennent d'un organisme tiers.

4.1.1.2. Produits sous Avis Techniques ou Documents Technique d'Application

Le Cahier des Prescriptions Techniques de l'Avis précise les conditions pour lesquelles l'Avis est favorable.

Le site de fabrication de ce matériau ou de ce produit doit être titulaire d'un certificat de conformité aux spécifications de l'Avis Technique (ou du Document Technique d'Application).

4.1.1.3. Produits récents et/ou innovants

La procédure de l'Appréciation Technique d'Expérimentation a pour but de contribuer au développement des innovations en leur facilitant l'accès à des applications expérimentales, par l'obtention rapide d'une appréciation technique formulée, sous l'égide du CSTB, par des experts.

4.1.1.4. Autres produits

Cette procédure devra être limitée aux produits d'usage courant pour lesquels la procédure ATEX est difficilement applicable.

4.1.1.5. Géosynthétiques

4.1.1.2 Produits sous Avis Technique ou Documents Techniques d'Application

Lorsqu'un produit utilisé dans la réalisation de réseau d'eau ou d'assainissement à écoulement à surface libre ne fait pas l'objet d'une norme française, il peut faire l'objet d'un "Avis Technique" ou d'un "Document Technique d'Application" en cours de validité délivré par la Commission interministérielle instituée à cet effet par l'arrêté interministériel du 21 mars 2012.

4.1.1.3 Produits récents et/ou innovants

L'utilisation de produits ou matériaux/procédés innovants ne peut être envisagée que si une Appréciation Technique d'Expérimentation favorable a été formulée dans les conditions fixées par le règlement de la procédure des Appréciation Technique d'Expérimentation ou si une évaluation équivalente a été délivrée par l'organisme tiers indépendant et reconnu compétent sur le domaine.

4.1.1.4 Autres produits d'usage courant (accessoire, robinetterie, ...)

Les produits, ou matériaux, d'usage courant non couverts par des référentiels mentionnés ci-dessus en 4.1.1.1, 4.1. 1.2. et 4.1.1.3., doivent être soumis à l'approbation du maître d'œuvre.

4.1.1.5 Géosynthétiques

Si la prescription d'un géosynthétique figure dans le CCTP, ses caractéristiques sont contrôlées selon les normes en vigueur.

Cette conformité peut être prouvée :

- en premier lieu, par la certification ASQUAL ou une certification reconnue équivalente
- à défaut de certification, au moyen d'une réception par lot sur chantier

4.1.2. Matériaux

4.1.2.1. Matériaux dans les ouvrages coulés en place

4.1.2.2. Produits de scellement des dispositifs de couronnement et de fermeture

Le choix du produit de scellement répond principalement à deux critères :

- *l'intensité du trafic (faible, moyenne, forte de T5 à T0);*
- *le délai de remise sous la circulation de la chaussée; ce facteur étant prédominant, il détermine également la nécessité ou non de faire appel à des produits de scellement spéciaux à prise rapide. Une remise en service différée peut autoriser l'emploi de béton ou de micro-béton ordinaire.*

Le document technique fourni par l'entreprise contient les informations suivantes :

- *nature et composition du produit;*
- *résistance en compression à long terme;*
- *cinétique du durcissement (évolution de la résistance à la compression en fonction de l'âge);*
- *délai minimal avant réouverture du trafic;*
- *conditions de mise en œuvre.*

effectuée avant mise en œuvre par le maître d'ouvrage sur la base d'un échantillonnage conforme à la norme [NF X 06-021](#), et portant sur toutes les caractéristiques figurant dans la norme de référence.

4.1.2 Matériaux

4.1.2.1 Matériaux dans les ouvrages coulés en place

Les matériaux, aciers et garnitures d'étanchéité doivent être conformes aux référentiels en vigueur définis en 4.1.1.1, 4.1. 1.2. et 4.1.1.3 (normes, avis technique, ...) qui en fixent les performances, les conditions d'essai et l'identification.

Les matériaux sont compatibles avec les caractéristiques chimiques des fluides transportés.

Les aciers et les armatures pour béton armé et les treillis sont conformes à leur normes respectives.

Les garnitures d'étanchéité sont adaptées aux éléments qu'ils raccordent.

4.1.2.2 Produits de scellement des dispositifs de couronnement et de fermeture

Les produits utilisés sont conformes aux référentiels en vigueur définis en 4.1.1.1, 4.1. 1.2. et 4.1.1.3.

Le CCTP fixe les données nécessaires à l'entrepreneur pour réaliser son choix.

La référence du produit de scellement choisi ainsi que la fiche des caractéristiques techniques du fabricant (compositions, caractéristiques, mise en œuvre, recommandations) sont remises avec l'offre.

4.1.2.3. Matériaux rapportés pour protections intérieure et extérieure des canalisations

Un revêtement intérieur peut être nécessaire pour protéger le matériau contre l'action corrosive et/ou agressive des eaux transportées. Un revêtement extérieur peut être justifié pour protéger le matériau contre l'action du sol et du milieu environnant : eaux séléniteuses (contenant des sulfates), eaux pures, courants électriques...

Le CCTP précise les conditions de contrôle et de garantie de ces performances

4.1.3. Matériaux constitutifs du remblai et de l'enrobage

4.1.3.1. Matériaux utilisables pour la réalisation de l'enrobage

Dans la mesure du possible, et pour des raisons économiques évidentes (exemple : coût de la mise en décharge), on privilégiera la réutilisation des sols en place, selon les conclusions de l'étude géotechnique. Les sols sont classés en sous-groupes, selon la norme [NF-P-11-300](#).

Si les sols ou les matériaux réutilisés, sont différents dans les tranchées et notamment les enrobages, de ceux prévus au projet, il convient de vérifier la résistance mécanique de la canalisation par un calcul de dimensionnement.

4.1.3.2. Matériaux utilisables pour la réalisation du remblai

Les exigences à respecter sont précisées dans le guide « Remblayage des tranchées et réfection des chaussées (1994) »

4.1.2.3 Matériaux rapportés pour protections intérieure et extérieure des canalisations

Si la prescription de revêtements intérieurs ou extérieurs figure dans le CCTP, ceux-ci doivent assurer une protection durable en service des canalisations, compte tenu de la nature des eaux transportées et du milieu environnant. Ils doivent adhérer et constituer une protection continue à la surface du matériau en contact avec le liquide transporté ou avec le sol.

4.1.3 Matériaux constitutifs du remblai et de l'enrobage

4.1.3.1 Matériaux utilisables pour la réalisation de l'enrobage

Le choix du groupe de sol intervient directement sur le dimensionnement du tuyau, d'où l'importance de caractériser précisément les sols (en particulier celui de l'enrobage) lors de l'étude géotechnique.

Le Tableau 1 n'est pas limitatif, et le maître d'ouvrage peut autoriser l'emploi d'autres matériaux au vu de l'étude géotechnique.

4.1.3.2 Matériaux utilisables pour la réalisation du remblai

Le choix du groupe de sol est conforme à la norme [NF P 98 331](#) et répond aux exigences du guide SETRA (CEREMA). Il sera pris en compte la nature des sollicitations s'exerçant sur l'ouvrage.

Tableau 1 : Classification des sols

Note préalable :

L'état hydrique dans lequel se trouve le matériau au moment de sa mise en place joue un rôle très important vis-à-vis notamment des difficultés de compactage.

D'autre part, une attention particulière devra être portée à la taille maximale des plus gros éléments de sol ⁽¹⁾.

Groupe de sol	Description	Matériaux selon NF P 11300 en état h, m ou s ⁽²⁾	Matériau utilisable en enrobage ⁽⁴⁾
G1	Sables et graves propres, concassés (D _{max} < 50 mm). Sables ou graves peu silteuses	D1, D2, D3 DC1, DC2, DC3 ⁽³⁾ B1-B3 C1B1, C1B3, C2B1, C2B3	OUI
G2	Sables ou graves peu argileux	B2 – B4 C1B2, C2B2, C1B4, C2B4	OUI
G3	Sables et graves très silteux, limons peu plastiques, sables fins peu pollués (IP < 12)	A1 B5 C1A1, C2A1, C1B5	OUI
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	OUI
G5	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques (IP > 25)	A3, C1A3, C2A3, A4, C1A4, C2A4	NON

⁽¹⁾ Dans la zone constitutive de l'appui :

D_{max} < 22 mm si DN ≤ 200

D_{max} ≤ 40 mm si 200 < DN ≤ 600

D_{max} ≤ 60 mm si DN > 600 (sous chaussée D_{max} ≤ 40 mm si DN > 200 cf. NF P 98-331)

⁽²⁾ h : état "humide"; m : état "moyen"; s : état "sec" au sens de la norme NF P 11-300.

On peut trouver les matériaux ci-dessus dans les états "th" (très humide) ou "ts" (très sec) au sens de la norme NF P 11-300. Leur utilisation ne doit être envisagée en enrobage qu'après obtention d'un avis géotechnique favorable, éventuellement associé aux sujétions appropriées.

Il convient de justifier leur état par des essais de laboratoire conformément au GTR et à la norme NFP 11-300, lors de leur utilisation et lors du contrôle pénétrométrique pour justifier le choix des fuseaux de référence.

Voir également [Annexe 3](#).

⁽³⁾ Matériaux d'apport élaborés au sens du guide CEREMA (EX SETRA) "Remblayage des tranchées" de mai 1994 et son complément de juin 2007.

Nota : Les "gravettes" désignent des matériaux roulés naturels ou reconstitués, à plage de granulométrie réduite continue d/D (par exemple 3/8, 4/6, 4/12,) dont le D_{max} est de 25 mm.

Les gravettes évolutives sont à écarter (exemple : calcaires tendres, craies, schistes...).

On considère que le matériau de type "gravette" est peu sensible au compactage et à la présence d'une nappe phréatique et peut s'apparenter à un sol G1.

Tous les sous-produits industriels sont utilisables sous réserve d'une étude spécifique (géotechnique, compatibilité environnementale et compatibilité avec les matériaux constitutifs du réseau).

⁽⁴⁾ Les différences d'aptitude de ces divers matériaux sont prises en compte dans la méthode de calcul.

4.2. Produits mis en œuvre sans tranchée

Cf. 4.1.1

Les techniques de travaux sans tranchée comprennent :

- Création de réseaux sans tranchée
- Travaux de réparation
- Travaux de remplacement
- Travaux de rénovation

4.2.1. Produits préfabriqués faisant l'objet d'une norme (ex : tuyaux continus avec ou sans espace annulaire...)

4.2.2. Produits sous Avis Techniques ou Documents Technique d'Application

Le Cahier des Prescriptions Techniques de l'Avis précise les conditions pour lesquelles l'Avis est favorable.

Le site de fabrication de ce matériau ou de ce produit doit être titulaire d'un certificat de conformité aux spécifications de l'Avis Technique (ou du Document Technique d'Application).

4.2 Produits mis en œuvre sans tranchée

Les prescriptions générales pour les composants utilisés pour la rénovation et la réparation des branchements d'assainissement à l'extérieur des bâtiments sont définies dans la norme [NF EN 13380](#).

4.2.1 Produits préfabriqués faisant l'objet d'une norme (ex : tuyaux continus avec ou sans espace annulaire...)

Lorsqu'un produit utilisé pour la réhabilitation d'un réseau fait l'objet d'une norme, il doit lui être conforme.

Il revient au titulaire de s'assurer de l'adéquation des performances déclarées avec les exigences du projet.

Cette conformité doit être prouvée :

- par la certification NF ou par une certification reconnue équivalente,
- à défaut de certification, au moyen d'une réception par lot sur chantier effectuée avant la mise en œuvre par le maître d'ouvrage sur la base d'un échantillonnage conforme à la norme [NF X 06-021](#). Cette réception porte alors sur toutes les caractéristiques figurant dans la norme produit de référence et sur les critères d'aptitude à la fonction tels que définis dans la norme [NF EN 13380](#).

4.2.2 Produits sous Avis Technique ou Documents Techniques d'Application

Lorsqu'un produit utilisé dans la réalisation de réseau d'eau ou d'assainissement à écoulement à surface libre ne fait pas l'objet d'une norme française, il peut faire l'objet d'un "Avis Technique" ou d'un "Document Technique d'Application" en cours de validité délivré par la Commission interministérielle instituée à cet effet par l'arrêté interministériel du 21 mars 2012.

4.2.3. Cas des produits semi-finis faisant l'objet d'une norme (ex : tubages continus par tubes polymérisés en place...)

A la date de publication de ce document, les tubages continus par tubes polymérisés, mis en œuvre par des applicateurs certifiés, font l'objet d'une certification de qualité qui permet de contrôler la conformité du produit installé aux exigences du marché.

Le référentiel de certification des produits couverts par la marque NF est disponible sur le site d'AFNOR Certification.

4.2.3 Cas des produits semi-finis faisant l'objet d'une norme (ex : tubages continus par tubes polymérisés en place...)

Lorsqu'un produit utilisé pour la réhabilitation d'un réseau d'eau ou d'assainissement fait l'objet d'une norme française et quand les caractéristiques finales dépendent du produit livré et des conditions de mise en œuvre (produit semi-fini) alors il doit faire l'objet d'un "Document Technique d'Application" en cours de validité délivré par la Commission interministérielle instituée à cet effet par l'arrêté interministériel du 21 mars 2012.

Il revient au titulaire de s'assurer des performances déclarées des produits et de leur adéquation avec les exigences du projet.

La conformité du produit doit être prouvée soit :

- par la certification NF ou par une certification reconnue équivalente;
- par une certification délivrée par un organisme tiers établi dans l'Espace Économique Européen accrédité selon la norme [NF EN 17065](#). L'accréditation de l'organisme de certification doit être délivrée par un organisme signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European-coopération for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation. L'organisme de certification doit être accrédité pour les normes concernées. Les essais conduisant à la certification doivent être réalisés dans des laboratoires accrédités selon [NF EN ISO 17025](#) ou dont le système qualité est conforme à la [NF EN ISO 17025](#) et supervisés par l'organisme accrédité selon [NF EN ISO 17065](#). L'accréditation du laboratoire ou de l'organisme superviseur doit être délivrée par un organisme signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-operation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation.

ou

- à défaut de certification, au moyen d'une réception obligatoirement par lot sur chantier, effectuée avant la mise en œuvre par le maître d'ouvrage sur la base d'un échantillonnage conforme à la norme [NF X 06-021](#). Cette réception porte alors sur toutes les caractéristiques figurant dans la, ou les, norme(s) produit de référence.

4.3. Conformité sanitaire

La réglementation en vigueur, ainsi que son évolution, sont consultables sur le site Internet du ministère chargé de la santé.

<http://www.sante.gouv.fr/reglementation-nationale-applicable-a-la-mise-sur-le-marche-et-a-l-utilisation-des-materiaux-et-objets-entrant-en-contact-avec-l-eau.html>

Abréviations

- ACS : Attestation de Conformité Sanitaire
- CLP : Conformité aux Listes Positives
- CAS : Certificat d’Aptitude Sanitaire

Exemples de produits entrant en contact avec l’eau destinée à la consommation humaine : canalisation, revêtement intérieur, joint d’étanchéité, robinetteries, lubrifiant utilisé pour les assemblages, ...

4.3 Conformité Sanitaire

Dans le cas de projets destinés à véhiculer de l’eau destinée à la consommation humaine, les produits entrant en contact avec l’eau doivent impérativement être conformes au code de la Santé Publique (Attestation de Conformité Sanitaire, Conformité aux Listes Positives, ou Certificat d’Aptitude Sanitaire selon la nature du matériau et/ou du composant).

PAGE LAISSEE INTENTIONNELLEMENT BLANCHE

5. Justification de la tenue mécanique des canalisations

5.1. Cas des canalisations neuves enterrées à écoulement à surface libre

5.1.1. Domaine d'utilisation de la méthode

La méthode présentée dans ce chapitre est la méthode française mentionnée dans la norme [NF EN 1295-1](#) « Calcul de résistance mécanique des canalisations enterrées sous diverses conditions de charge - Partie 1 : Prescriptions générales ».

Ne sont en particulier pas visés par la présente méthode de calcul les ouvrages faisant appel aux techniques de pose suivantes : forage, fonçage, fondation sur appuis discontinus (pieux, ...), en dépression, cas où il existe d'autres ouvrages à proximité...

Le modèle de calcul retenu suppose que les ovalisations maximales sont inférieures à 15 % et que les caractéristiques du sol de fondation de la canalisation ne sont pas susceptibles d'altérer la compacité initiale de l'enrobage.

Si tel n'était pas le cas, il existe des moyens techniques de traitement (colonnes ballastées, micropieux, pieux, double rideau de palplanches et entretoisé d'appui, substitution, traitement au préalable des sols compressibles comme : évacuation et remplacement par un matériau d'appui approprié, utilisation d'un géosynthétique ...), spécifiés lors de l'étude géotechnique. En cas d'impossibilité de traitement des fondations, il faut utiliser un autre modèle de calcul.

Une attention particulière sera portée à la continuité hydraulique.

5 Justification de la tenue mécanique des canalisations

5.1 Cas des canalisations neuves enterrées à écoulement à surface libre

5.1.1 Domaine d'utilisation de la méthode

La méthode présentée dans ce chapitre s'applique aux canalisations enterrées à écoulement libre dont les parois intérieures et extérieures sont circulaires et pour lesquelles sont définies, outre les actions à prendre en compte, les sollicitations de calcul à considérer et les justifications d'états limites correspondants.

Les ouvrages visés sont ceux :

- qui sont mis en œuvre de façon traditionnelle dans des tranchées, ou sous remblai sur un lit de pose constituant un appui continu.

La pose éventuelle de canalisations sous des hauteurs de couverture inférieures sous chaussée fait partie des conditions spéciales qui doivent être indiquées par le marché et permettre de prévenir les désordres sur la canalisation pouvant résulter d'une méthode de compactage inappropriée (compacteur lourd par exemple).

Afin d'éviter les risques de flexion longitudinale qui peuvent jouer un rôle important sur la continuité du fil d'eau et sur les efforts dans les sections transversales, il convient :

- de traiter les cas où les conditions d'appuis ne sont pas homogènes (exemple : présence ponctuelle d'une zone rocheuse) ou d'adopter des dispositions constructives spécifiques;*
- de réaliser un lit de pose continu;*
- de réaliser des niches permettant d'empêcher le tuyau de reposer sur l'emboîture, s'il y a lieu;*
- de purger les matériaux d'enrobage des blocs de roches susceptibles d'être en contact direct avec le tuyau.*

Des canalisations soumises exceptionnellement à des pressions supérieures font partie des conditions spéciales qui doivent être indiquées par le marché.

La justification de certains ouvrages peut se baser sur des essais.

- qui sont enterrés à des hauteurs de couverture supérieures ou égales à 0,80 m lorsqu'il y a une chaussée.
- qui sont posés dans le plan médian d'une tranchée avec une tolérance de ± 10 cm quel que soit le diamètre.
- qui entrent dans un réseau à écoulement gravitaire, la pression hydraulique intérieure ne dépassant pas 4 m de colonne d'eau (0,04 MPa) conformément au domaine d'application de la norme [NF EN 476](#).

Les canalisations n'entrant pas dans le domaine d'application de cette méthode doivent être justifiées par toute autre méthode appropriée. Cela concerne notamment les travaux réalisés par forage, fonçage, fondation sur appuis discontinus (pieux, ...), les poses en dépression, où à proximité d'autres ouvrages, les canalisations posées sous une hauteur de couverture inférieure à 0,80 m en présence de charges sur le remblai.

Lorsque la résistance mécanique des ouvrages, autres que les tuyaux, est justifiée par le calcul, les règles en vigueur s'appliquent. Le présent chapitre précise toutefois les actions à prendre en compte.

5.1.2. Principaux paramètres utilisés dans la méthode de calcul

5.1.2.1. Caractéristiques du tuyau

Pour les paramètres E_{Ti}, E_{Tv}, ν_T , et e_0 , les valeurs indiquées par les fabricants sont les suivantes :

Tableau 2 : Valeurs de E_{Ti}, E_{Tv}, ν_T , et e_0 pour les matériaux courants

Matériaux*	$E_{Ti} (MPa)$	$\frac{E_{Tv}}{E_{Ti}}$	ν_T	$e_0 (mm)$
Béton	40 000	0,35	0,20	1
Fonte	170 000	1	0,25	$1,2 + \frac{DN}{2000}$
PVC**	3 200	0,50	0,35	$6 \times 10^{-3} DN$
Grés	50 000	1	0,22	$5 \times 10^{-4} DN$
Polypropylène	1700	0,25	0,43	$6 \times 10^{-3} DN$
Polyéthylène	900	0,25	0,43	$6 \times 10^{-3} DN$

(*) : Ces données sont indicatives.

Pour le PRV et les tubes PP structurés, ces valeurs sont disponibles dans les Avis techniques délivrés en France par le CSTB pour le fabricant considéré.

(**) : Les valeurs indiquées sont celles des tuyaux en PVC à paroi compacte.

On peut aussi, pour tous les matériaux en PVC à parois structurées, se référer directement aux valeurs de la norme NF EN 13476-2.

5.1.2 Principaux paramètres utilisés dans la méthode de calcul

Les tuyaux enterrés reçoivent les actions et les réactions du sol environnant. Celles-ci dépendent étroitement de la nature et du comportement de la canalisation, des paramètres géotechniques du sol environnant et des remblais, ainsi que des conditions de mise en œuvre des remblais.

5.1.2.1 Caractéristiques du tuyau

Les paramètres relatifs à la canalisation sont essentiellement :

- la nature du (des) matériau(x) constitutif(s);
- le diamètre extérieur D_e (en mètres);
- l'épaisseur minimale e de la paroi (en mètres) définie par la norme, l'avis technique ou la déclaration par le fabricant (en cas d'absence de données dans la norme ou l'avis technique);
- les modules d'élasticité instantané E_{Ti} et différé E_{Tv} (en MPa) et le coefficient de Poisson ν_T du (des) matériau(x) constitutif(s) (sans dimension);
- la déformation avant application des charges e_0 (en mm) qui s'exprime pour certains matériaux en fonction du diamètre nominal DN.

Note : selon les matériaux, le diamètre nominal est proche du diamètre intérieur ou du diamètre extérieur exprimé en mm.

5.1.2.2. Caractéristiques du sol et de la mise en œuvre

5.1.2.2.1. Données géotechniques concernant le projet

5.1.2.2.2. Caractéristiques du sol

Pour toutes les canalisations, il est recommandé de réaliser une zone d'enrobage soignée.

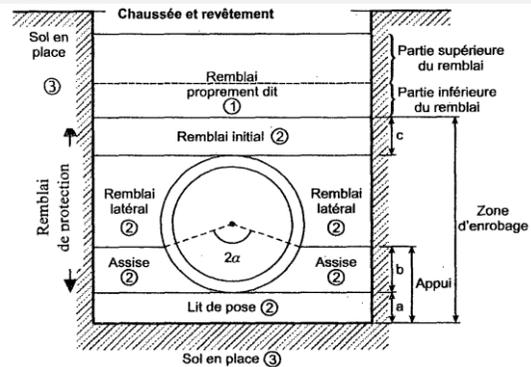


Figure 1 : Définition générales des différentes zones de remblaiement

Le lit de pose est constitué d'une épaisseur de matériau supérieure ou égale à 10 cm sur sol normal et à 15 cm sur sol dur ou rocheux.

L'épaisseur de la zone de remblai initial doit être au moins égale à 10 cm au-dessus du collet et à 15 cm au-dessus de la génératrice supérieure. Cette épaisseur minimale de la première couche doit tenir compte des contraintes de mise en œuvre liées aux caractéristiques du matériel de compactage ("Guide de remblayage des tranchées" du CEREMA (EX SETRA)).

Ce type d'appui correspond à l'appui n°1 au sens de la norme [NF EN 1610](#). Les autres types d'appui n°2 ou n°3, sans lit rapporté, décrits dans cette même norme sont exceptionnels et correspondent au cas où le sol en place est du groupe G1.

5.1.2.2 Caractéristiques du sol et de la mise en œuvre

5.1.2.2.1 Données géotechniques concernant le projet

Les données géotechniques nécessaires à la réalisation du calcul telles que définies en 2.2.2 sont fournies par le maître d'ouvrage en complément du CCTP.

5.1.2.2.2 Caractéristiques du sol

Par convention, on considère :

- La zone de remblai proprement dit ①, composée des parties inférieure et supérieure du remblai.
- La zone d'enrobage ② constituée par :
 - le lit de pose;
 - l'assise;
 - le remblai latéral;
 - le remblai initial.
- Le sol en place ③.

Ces trois zones de sol sont caractérisées par un certain nombre de paramètres physiques et mécaniques.

5.1.2.2.3. Nature du sol et paramètres associés

Ces groupes sont divisés en sous-groupes d'après la norme [NF P 11-300](#) (voir Tableau 1 du chapitre 4.1.3 dont sont exclues, pour la zone d'enrobage, certaines sous-classes inutilisables).

POIDS VOLUMIQUE

La valeur du poids volumique déterminée par des essais peut varier de 16 à 22 kN/m³. Cette valeur dépend notamment du type de sol et de son état hydrique.

COEFFICIENT DE POISSON

COEFFICIENT DE CISAILLEMENT DU SOL

Dans le cas des tranchées et lorsque le sol en place présente des caractéristiques géotechniques très différentes de celles du remblai, les valeurs de k_1 pourront être modifiées à l'issue de l'étude géotechnique préalable.

MODULE DE SOL

5.1.2.2.3 Nature du sol et paramètres associés

Les sols sont classés en cinq groupes selon le Tableau 1 du chapitre 4.1.3.

POIDS VOLUMIQUE

A défaut d'une valeur précisée par le maître d'ouvrage on prendra : $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

COEFFICIENT DE POISSON

Le coefficient de POISSON ν_s de l'enrobage est pris égal à 0,3.

COEFFICIENT DE CISAILLEMENT DU SOL

Le coefficient de cisaillement k_1 en un point donné dans un sol est égal au rapport entre la contrainte de cisaillement sur un plan vertical et la contrainte normale sur un plan horizontal au point considéré.

Le coefficient k_1 est, en général, pris égal à 0,15 quel que soit le sol, mais sa valeur peut être minorée en fonction des conditions de mise en œuvre (voir 5.1.2.2.7).

MODULE DE SOL

Le module conventionnel E_c est un paramètre d'interaction sol-structure qui caractérise la raideur du remblai. Sa valeur est fonction du groupe de sol et des conditions de mise en œuvre (voir 5.1.2.2.4). Elle peut être minorée selon les chapitres 5.1.2.2.6 et 5.1.2.2.7.

COEFFICIENT DE PRESSION HORIZONTALE**ANGLE D'APPUI CONVENTIONNEL****5.1.2.2.4. Influence de la mise en place sur le module de sol conventionnel E_c**

Le compactage correspondant à un objectif de densification q_4 peut présenter des conséquences dommageables pour les canalisations (ovalisation, déplacements, fissuration...). Ces dommages apparaissent notamment dans le cas du non-respect des distances minimales de recouvrement telles qu'elles sont préconisées dans le "guide de remblayage des tranchées" du CEREMA (EX SETRA) ou dans le cas de compactage non symétrique.

COEFFICIENT DE PRESSION HORIZONTALE

Le coefficient k_2 de pression horizontale des terres, à l'interface tuyau-enrobage, en un point donné, est égal au rapport des contraintes normales agissant respectivement sur un plan vertical et sur un plan horizontal, au point considéré. Sa valeur est fonction du groupe de sol et des conditions de mise en œuvre (voir 5.1.2.2.5). Elle peut être minorée selon le chapitre 5.1.2.2.7.

ANGLE D'APPUI CONVENTIONNEL

L'angle d'appui conventionnel 2α est fonction du groupe de sol et des conditions de mise en œuvre (voir chapitre 5.1.2.2.5). Sa valeur peut être minorée selon le chapitre 5.1.2.2.7.

5.1.2.2.4 Influence de la mise en place sur le module de sol conventionnel E_c

Les modules de sol à prendre en compte sont déterminés à partir de l'identification des sols établie lors de l'étude géotechnique réalisée au préalable, en particulier dans le cas d'un réemploi. A défaut d'informations spécifiques sur la nature des sols, ces valeurs sont celles figurant dans le Tableau 3 page 76.

Suivant les modalités de mise en œuvre des matériaux au niveau de l'enrobage ② et le type de sol en place ③, différentes valeurs de module de sols conventionnels sont à considérer pour le dimensionnement (voir 5.1.2.2.8).

Note :

Pour les besoins du calcul, on considérera :

- $E_{c②}$ qui désigne le module conventionnel de la zone d'enrobage ②
- $E_{c③}$ qui désigne le module conventionnel du sol en place ③

Dans les cas courants sous l'emprise de la chaussée, la mise en œuvre de l'enrobage se fait selon les prescriptions de la norme [NF P 98-331](#) pour atteindre les objectifs de densification q_5 (cas courants) ou q_4 (cas particuliers).

q_5 : - valeur moyenne minimale sur la hauteur de la couche : 90 % de l'OPN.
 - valeur minimale en fond de couche : 87 % de l'OPN.

Les anomalies de type 1 sont définies comme suit :

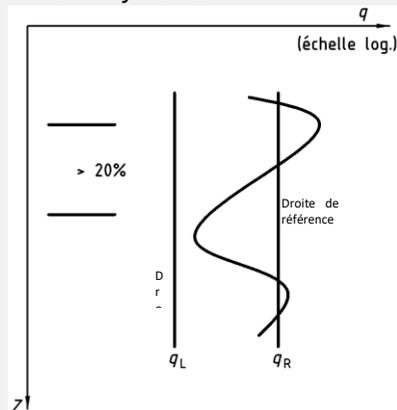


Figure 2 - Résultat avec anomalie de type 1

Critères :

- le pénétrogramme se trouve toujours en dépassement de q_L ;
- les épaisseurs de couche sont systématiquement supérieures de plus de 20 % aux valeurs prescrites

q_4 : - valeur moyenne minimale sur la hauteur de la couche : 95 % de l'OPN.

- valeur minimale en fond de couche : 92 % de l'OPN.

Les objectifs de densification retenus pour les valeurs tabulées au Tableau 3 traduisent les niveaux de qualité requis par le Fascicule 70 (voir chapitres 6 et 7 notamment pour les conditions de pose et de contrôle). Ils ne couvrent pas des situations particulières qui ne permettraient pas de réaliser l'enrobage des canalisations dans ces conditions. Dans ces cas, une étude spécifique doit être menée et prendre en compte la réévaluation

Le Tableau 3 page 76 distingue les objectifs de densification suivants :

- **Compacté, contrôlé et validé q_5 -t1** : contrôle des moyens de compactage et validation de l'obtention de l'objectif de densification q_5 par un organisme de contrôle extérieur à l'entreprise. Seules les anomalies de type 1 sont acceptées en zone d'enrobage;

- **Compacté, contrôlé et validé q_4 -t1** : contrôle des moyens de compactage et validation de l'obtention de l'objectif de densification q_4 par un organisme de contrôle extérieur à l'entreprise. Seules les anomalies de type 1 sont acceptées en zone d'enrobage. Cet objectif de compactage peut être exigé dans des cas particuliers qui seront précisés s'il y a lieu dans le CCTP. Par exemple : en cas de faibles hauteurs de remblai ($h < 1,30$ m), de grands diamètres, de chantiers importants, en fonction de la nature des canalisations...

Néanmoins, les valeurs affectées aux modules de sols conventionnels doivent prendre en compte le cas où les objectifs de densification q_5 (cas courants) ou q_4 (cas particuliers) ne peuvent pas être atteints.

notamment des modules, arc d'appui, poussée latérale.
Le niveau de compactage q_5-t_2 est une solution non recommandée

Les anomalies de type 2 sont définies comme suit :

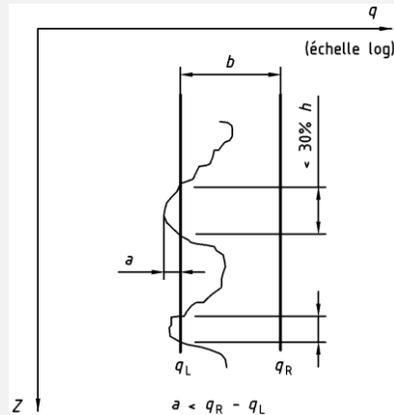


Figure 3 - Résultat avec anomalie de type 2

Critères :

— le pénétrogramme est inférieur à q_L d'un écart «a» inférieur à la distance «b» entre q_L et q_R et au total sur une hauteur de moins de 30 % de la profondeur contrôlée «h».

Compacté, contrôlé, non validé q_5-t_2 : L'entreprise soumet pour avis au maître d'œuvre les modalités de son autocontrôle du compactage. Cet autocontrôle porte sur les moyens de compactage et l'obtention de l'objectif de densification q_5 par l'entreprise. Les anomalies de type 1 et de type 2 sont acceptées en zone d'enrobage.

Un organisme de contrôle extérieur vérifie que l'entreprise a procédé à son autocontrôle.

Tableau 3 : Valeurs conventionnelles des modules de sol E_c (en MPa)

Groupe de sol	Niveau de mise en œuvre		
	Objectifs de densification recommandés		
	q_5-t_2 ⁽¹⁾	q_5-t_1 ⁽¹⁾	q_4-t_1 ⁽¹⁾
		Valeur moyenne ⁽³⁾ minimale : 90% de l'OPN ⁽²⁾	Valeur moyenne ⁽³⁾ minimale : 95% de l'OPN ⁽²⁾
G1	2	5	10
G2	1.2	3	7
G3	1	2.5	4.5
G4	0.6	1.5	3
G5	-	-	2

(1) Au sens de la norme NF P 98-331 :

- q_4 au moins 95 % de l'OPN en moyenne
au moins 92 % de l'OPN en fond de couche
- q_5 au moins 90 % de l'OPN en moyenne
au moins 87 % de l'OPN en fond de couche

(2) Optimum Proctor Normal

(3) Sur la hauteur de la couche

Les sols de groupe 5 ne peuvent être utilisés en enrobage, mais leur module peut intervenir lors de la détermination du module de calcul, en tant que module du sol en place (voir 5.1.2.2.8)

Dans des cas difficiles, on peut envisager de réaliser un serrage (ou compactage) hydraulique qui, mis en œuvre comme préconisé dans le chapitre 6, peut conduire à l'obtention d'un module conventionnel de sol de 3 MPa.

En ce qui concerne les modalités de remblaiement de la tranchée (remblai proprement dit, partie supérieure de la tranchée et rétablissement de la chaussée), on se reportera au chapitre 6 du présent fascicule, et à la norme [NF P 98-331](#).

5.1.2.2.5. Influence de la mise en place sur les valeurs de k2 et 2α

Les valeurs de k2 et de 2α indiquées dans le Tableau 4 page 77 sont à considérer comme des valeurs maximales et leur choix est laissé à l'appréciation du maître d'œuvre en fonction des conditions de mise en œuvre de la canalisation.

Pour les enrobages de type gravette, mis en œuvre conformément au 6.7.4 et contrôlés conformément au 7.1.2, un module conventionnel $E_c = 5 \text{ MPa}$ peut être adopté. Sinon, en l'absence d'études spécifiques, il convient de limiter le module conventionnel E_c à 2 MPa.

Pour les matériaux autocompactants liés utilisés en enrobage : dans l'attente d'informations plus précises sur ces matériaux, il convient de limiter le module conventionnel E_c à 10 MPa.

5.1.2.2.5 Influence de la mise en place sur les valeurs de k2 et 2α

Pour k2 et 2α, il convient de prendre les valeurs données dans le Tableau 4 pour lesquelles le niveau de mise en place considéré est celui de la zone d'enrobage ②.

Tableau 4 : Valeurs de k2 et 2α

Groupe de sol	Niveau de mise en œuvre					
	Objectifs de densification recommandés					
	$q_5-t_2^{(1)}$		$q_5-t_1^{(1)}$		$q_4-t_1^{(1)}$	
			Valeur moyenne ⁽³⁾ minimale : 90% de l'OPN ⁽²⁾		Valeur moyenne ⁽³⁾ minimale : 95% de l'OPN ⁽²⁾	
	k2	2α	k2	2α	k2	2α
G1	0.35	90	0.50	110	0.60	120
G2	0.35	90	0.50	110	0.60	120
G3	0.15	90	0.35	110	0.50	120
G4	0	60	0.15	110	0.25	120
G5	Matériaux inutilisables en enrobage					

(1) Au sens de la norme NF P 98-331 :

- q_4 au moins 95 % de l'OPN en moyenne
au moins 92 % de l'OPN en fond de couche
- q_5 au moins 90 % de l'OPN en moyenne
au moins 87 % de l'OPN en fond de couche

(2) Optimum Proctor Normal

(3) Sur la hauteur de la couche

5.1.2.2.6. Influence de la nappe phréatique sur le module de sol

Pour les enrobages de type gravette, mis en œuvre conformément au 6.7.4 et contrôlés conformément au 7.1.2 les valeurs spécifiques suivantes peuvent être adoptées : $k_2 = 0,5$ et $2\alpha = 110^\circ$. Sinon, les valeurs limites à adopter sont : $k_2 = 0,35$ et $2\alpha = 90^\circ$.

Pour les matériaux autocompactants liés utilisés en enrobage : dans l'attente d'informations plus précises sur ces matériaux, il convient de limiter k_2 à 0,60 et 2α à 120° .

5.1.2.2.6 Influence de la nappe phréatique sur le module de sol

Dans le cas où la zone de pose (enrobage, remblai proprement dit et sol en place) est soumise à l'influence de la nappe phréatique, certains sols sont inutilisables ou les valeurs de leur module sont minorées en fonction du groupe de sol et du niveau de mise en place de la zone d'enrobage.

$E_{c(2)}$ devient $E'_{c(2)} = C_E \cdot E_{c(2)}$ avec $C_E \leq 1$

Tableau 5 : Valeurs du coefficient minorateur C_E

Groupe de sol de la zone d'enrobage ②	$q_5-t_2^{(1)}$	$q_5-t_1^{(1)}$	$q_4-t_1^{(1)}$
G1 – G2	$C_E = 1.00$	$C_E = 1.00$	$C_E = 1.00$
G3	Interdit en zone d'enrobage en présence de nappe	$C_E = 0.75$	$C_E = 1.00$
G4	Interdit en zone d'enrobage en présence de nappe	$C_E = 0.50$	$C_E = 0.75$
G5	Matériaux inutilisables		

(1) Au sens de la norme NF P 98-331 :

- q_4 au moins 95 % de l'OPN en moyenne
au moins 92 % de l'OPN en fond de couche
- q_5 au moins 90 % de l'OPN en moyenne
au moins 87 % de l'OPN en fond de couche
où OPN est l'Optimum Proctor Normal

Dans le cas où le niveau de la nappe phréatique est connu de façon certaine, on peut déjauger les terres situées dans la nappe. Dans ce cas, le poids volumique du remblai est pris égal à $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$.

5.1.2.2.7. Influence des conditions de retrait de blindages sur le module du sol, sur le coefficient k_2 sur l'angle 2α et sur le coefficient k_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).
- coffrage, 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.

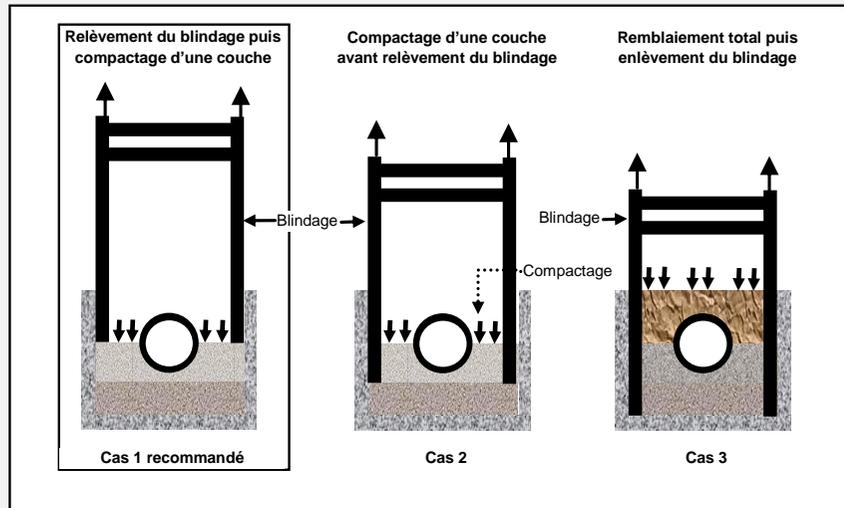


Figure 4: Mode de retrait des blindages dans la zone d'enrobage.

5.1.2.2.7 Influence des conditions de retrait de blindages sur le module du sol, sur le coefficient k_2 , sur l'angle 2α et sur le coefficient k_1

Lorsque des blindages sont nécessaires, il est recommandé de les retirer d'une hauteur égale à chaque couche de remblai puis de compacter cette couche (cas 1).

a) Influence sur le module de sol conventionnel de l'enrobage $E'c_{\text{②}}$, sur l'angle d'appui conventionnel 2α et sur le coefficient de poussée k_2

a) Influence sur le module de sol conventionnel de l'enrobage $E'c_{\text{②}}$, sur l'angle d'appui conventionnel 2α et sur le coefficient de poussée k_2

Dans le cas d'une pose en tranchée avec dispositif de blindage, les valeurs des modules de sol de l'enrobage $E'c_{\text{②}}$, de l'angle d'appui conventionnel 2α , et du coefficient de poussée k_2 sont pondérées de telle sorte que :

- $E'c_{\text{②}}$ devient $E''c_{\text{②}} = C'_E \cdot E'c_{\text{②}}$ avec $C'_E \leq 1$
- 2α devient $C'_{2\alpha} \cdot 2\alpha$ avec $C'_{2\alpha} \leq 1$
- k_2 devient $C'_{k_2} \cdot k_2$ avec $C'_{k_2} \leq 1$.

Les valeurs des coefficients C'_E , $C'_{2\alpha}$, C'_{k_2} sont fonction de la manière dont s'effectue le retrait du blindage, et de l'épaisseur relative de celui-ci vis-à-vis de l'espace disponible entre canalisation et blindage.

Elles sont données par le Tableau 6 ci-après, dans lequel les 3 types de retrait de blindage sont considérés.

Tableau 6 : Valeur des coefficients minorateurs C'_E , $C'_{2\alpha}$ et C'_{k_2}

TYPE DE BLINDAGE		$(B - De)/b \leq 6$	$6 < (B-De)/b < 26$	$(B-De)/b \geq 26$
Cas 1	Coffrage ou panneaux retirés par couche de remblai avant leur compactage	1	1	1
Cas 2	Coffrage ou panneaux retirés par couche de remblai après leur compactage	0,6	$2 (B-De)/100b + 0,48$	1
Cas 3	Coffrage ou panneaux ou palplanches retirés après remblaiement complet de la tranchée	0,2	$4 (B-De)/100b - 0,04$	1

avec

- B : largeur de la tranchée hors tout en m
- De : diamètre extérieur de la conduite en m
- b : épaisseur utile du blindage en m

b) Influence sur le coefficient de cisaillement k_1

Le coefficient de cisaillement k_1 n'est pas affecté par la largeur de tranchée.

b) Influence sur le coefficient de cisaillement k_1

Le coefficient de cisaillement k_1 à l'interface remblai/sol en place dépend du type de retrait de blindage. Dans ce cas, le coefficient de cisaillement k_1 devient $C'_{k_1} \cdot k_1$ avec C'_{k_1} choisi dans le Tableau 7.

Tableau 7 - Valeur du coefficient minorateur C'_{k_1}

Mode de retrait des blindages	C'_{k_1}
Coffrage ou panneaux retirés par couche de remblai avant leur compactage	1
Coffrage ou panneaux retirés par couche de remblai après leur compactage	0,6
Coffrage, panneaux ou palplanches retirés après remblaiement complet de la tranchée	0,2

5.1.2.2.8. Détermination du module de sol de calcul E_s

La nature du sol en place étant identifiée lors de l'étude préalable, on adoptera pour ce sol, sauf information contraire, le module $E_{c③}$ correspondant à une densification q_4 .

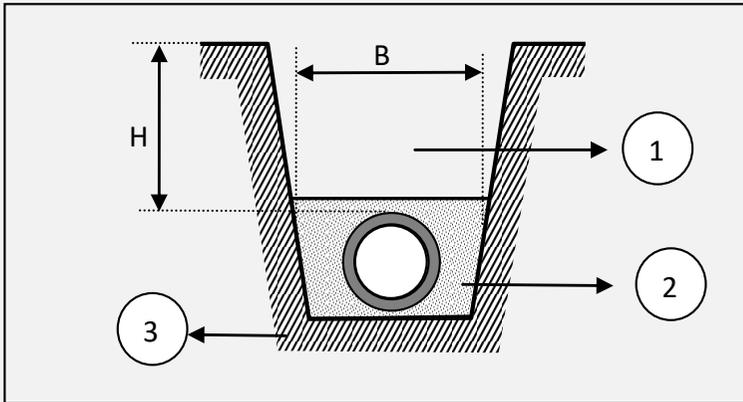


Figure 5 : Définition de la largeur de tranchée

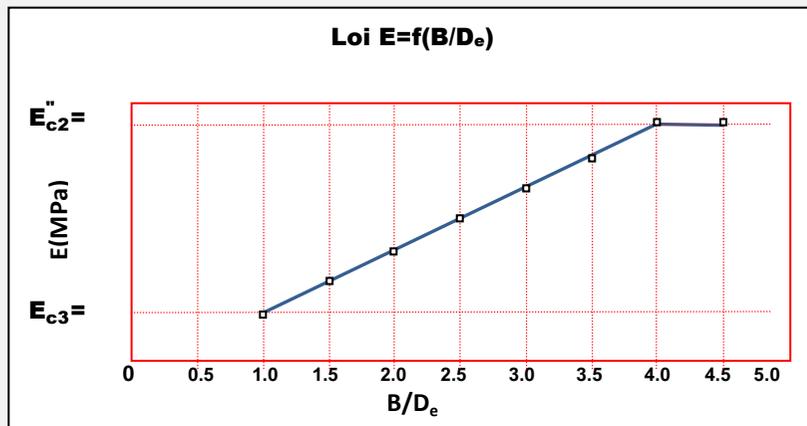


Figure 6 : Évaluation du module de sol de calcul en fonction de celui de l'enrobage $E''c_{②}$ et celui du sol en place $E_{c③}$

5.1.2.2.8 Détermination du module de sol de calcul E_s

Le module de calcul E_s en MPa est déterminé comme suit :

- Si le rapport de la largeur de tranchée B au diamètre extérieur D_e est supérieur ou égal à 4, le sol en place ③ ne vient pas perturber l'enrobage ②. Et l'on retient $E_s = E''c_{②}$.

- Dans les autres cas :

Si le module $E''c_{②}$ de la zone ② (après minoration éventuelle) est supérieur au module de la zone ③, et en l'absence de géosynthétique, l'évaluation du module E_s est effectuée selon la formule ci-après :

$$E_s = E_{c③} + \left(\frac{B}{D_e} - 1 \right) \left(\frac{E''c_{②} - E_{c③}}{3} \right)$$

Le pouvoir de renforcement du géosynthétique doit être justifié en se référant au Guide « Recommandations pour l'emploi des géotextiles dans le renforcement des ouvrages » du Comité Français des Géosynthétiques.

5.1.2.3. Calcul du critère de rigidité

Dans le cas de matériaux sensibles aux phénomènes de fatigue ou de fluage, il conviendra de distinguer les rigidités annulaires spécifiques instantanée ras_i et différée ras_v .

La rigidité annulaire spécifique à l'ovalisation du tuyau peut être mesurée ou calculée. Elle s'exprime en $kN/m^2(1)$.

Dans le cas de tuyaux circulaires à paroi homogène, on a :

$$ras_i = \frac{E_{Ti} \cdot I}{D_m^3}$$

où I représente l'inertie de flexion du tuyau par unité de longueur, égale à :

$$I = \frac{e^3}{12(1 - \nu_T^2)}$$

Dans le cas des tuyaux à comportement flexible, les valeurs ras_i correspondent à la classe de rigidité ($ras_i = CR$ en kN/m^2 ou $SN =$ rigidité annulaire nominale) et sont indiquées dans les normes produits ou les avis techniques.

Les autres paramètres nécessaires aux calculs

(exemple : $ras_v = \frac{E_{Tv}}{E_{Ti}} ras_i$) sont également définis dans les normes produits

ou les Avis Techniques délivrés en France par le CSTB.

(1) : $1 kN/m^2 = 1.10^{-3} MPa$.

En présence d'un géosynthétique de séparation (anti-contaminant) ou de renforcement et si la largeur minimale de tranchée indiquée au chapitre 6 est respectée, on retient $E_s = E''c_{\textcircled{2}}$ (sans minoration liée à la présence d'une nappe phréatique).

Si le module $E''c_{\textcircled{2}}$ de la zone $\textcircled{2}$ est inférieur au module $E_c_{\textcircled{3}}$ de la zone $\textcircled{3}$, c'est le module de la zone $\textcircled{2}$ qui est retenu, quelle que soit la largeur de la tranchée.

5.1.2.3 Calcul du critère de rigidité

Le calcul du critère de rigidité s'effectue notamment en fonction des rigidités annulaires spécifiques instantanée ras_i et différée ras_v par unité de longueur.

Pour quantifier le comportement du tuyau dans son environnement, il convient de déterminer le critère de rigidité RIG.

Le paramètre critère de rigidité RIG caractérise les différents comportements possibles du tuyau dans son environnement. RIG exprime la différence de déformation sous l'effet de la charge de remblai entre la canalisation et le sol environnant sous le plan horizontal passant par la génératrice supérieure de la canalisation.

5.1.3. Détermination des actions

Sont déterminantes les actions 1, 2, 3, 4.

Les actions 5 et 6 peuvent être négligées dans certains cas particuliers :

- Si le diamètre nominal de la canalisation est inférieur à 1000.
- Le poids propre du tuyau peut être négligé si le poids par ml du tuyau en kN/ml divisé par D^2 (D diamètre moyen exprimé en m) est inférieur à $6 kN/m^3$ ou si la vérification de la force portante s'effectue à partir d'un essai de résistance conventionnel.

On ne considère pas, dans les calculs suivants, les actions spécifiques résultant soit des discontinuités longitudinales de l'assise (conditions d'appui aléatoires), soit de conditions de remblaiement impropres qui se traduisent par des flexions longitudinales dans les canalisations. La sensibilité des canalisations à ce phénomène dépend de leur longueur, ce qui peut conduire dans certains cas à en tenir compte.

$$RIG = 8 \left(1 - \nu_s^2\right) \frac{ras^*}{E_s^{**}} - 0,1$$

(*) ras , pour le calcul à court terme, ras_v , pour le calcul à long terme.

(**) cette valeur de E_s tient compte des minoration éventuelles précédentes.

Si $RIG > 0$, le comportement de la canalisation est considéré comme rigide.

Si $RIG \leq 0$, le comportement de la canalisation est considéré comme flexible.

5.1.3 Détermination des actions

Les actions à considérer sont :

1. la pression verticale des terres **pr** due aux remblais en kN/m^2 ;
2. la pression verticale due aux charges d'exploitation roulantes routières **per**, permanentes **pep** ou de chantier **pec** en kN/m^2 ;
3. la pression horizontale **ph** exercée par les remblais et les charges d'exploitation ou permanentes en kN/m^2 ;
4. la pression hydrostatique extérieure **pwe** due à la présence éventuelle d'une nappe phréatique en kN/m^2 ;
5. le poids propre du tuyau;
6. le poids propre de l'eau véhiculée.

5.1.3.1. Pression verticale du remblai p_r

Le coefficient de concentration C dépend en particulier :

- du comportement du tuyau dans son environnement, celui-ci étant déterminé par le critère de rigidité RIG ;
- des conditions de mise en œuvre (type de pose, niveau de mise en œuvre, modalités de retrait des blindages);
- de la qualité des matériaux de remblai et d'enrobage (en particulier les coefficients k_1 et k_2 tels que définis dans le Tableau 4);
- de la hauteur de couverture H , hauteur de remblai et épaisseur de chaussée;
- de la présence ou non d'une nappe phréatique.

Dans le cas où l'on est en présence d'une nappe phréatique dont les niveaux sont connus, pour les terres situées sous le niveau de la nappe, on peut utiliser le poids volumique déjaugé des terres, soit 10 kN/m^3 .

5.1.3.1 Pression verticale du remblai p_r

La pression verticale du remblai p_r est uniformément répartie sur le diamètre extérieur de la canalisation.

Dans le cas d'une pose sur lit de pose et assise conformes au chapitre 6, la réaction d'appui est verticale et uniformément répartie suivant l'arc d'appui 2α .

p_r est égale à la pression due au prisme de terre situé au-dessus de la génératrice supérieure du tuyau jusqu'au terrain naturel TN corrigé par un coefficient de concentration C .

Dans ces conditions, on a : $p_r = C \cdot \gamma \cdot H$

γ : poids volumique du remblai

H : hauteur de couverture, épaisseur de chaussée comprise

C : coefficient de concentration.

Détermination du coefficient de concentration C :

- Pour une pose en tranchée :
 - Cas des canalisations à comportement flexible : on prend $C = 1$.
 - Cas des canalisations à comportement rigide :
On effectue le calcul à l'aide du modèle de MARSTON.
On obtient alors C_1 à l'aide de la Figure 8, en fonction de H/B , de B/D_e et de k_1 , (B étant la largeur de la tranchée en m au niveau de la génératrice supérieure de la canalisation).
 - ✓ Si $C_1 \leq 1$ on retient $C = 1$
 - ✓ Sinon on calcule C_2 selon les formules suivantes :
 $C_2 = C_0$ si $H / D_e \leq 2.5$ (voir Figure 7)
 $C_2 = C_0 - 0,009 E_s / r_{a_i}$ si $H / D_e > 2,5$
 Avec E_s et r_{a_i} en MPa et C_0 fonction de H/D_e et 2α .
- * On retient $C = \text{Min} (C_1; C_2)$.
- Pour une pose en remblai :
 - Cas de canalisations à comportement flexible : on prend $C = 1$
 - Cas de canalisations à comportement rigide :
On effectue le calcul à l'aide du modèle de MARSTON.

On détermine C2 tel qu'indiqué précédemment, et on retient : C = C2

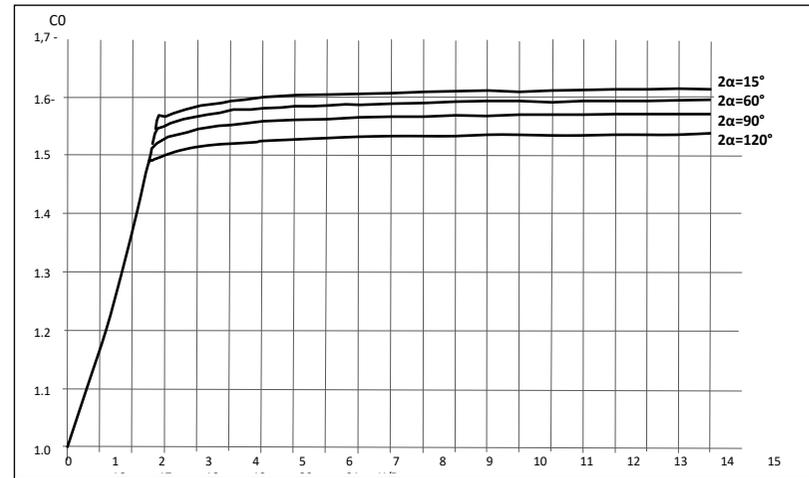


Figure 7 : Valeurs du coefficient C0 en fonction de H/De et 2α.

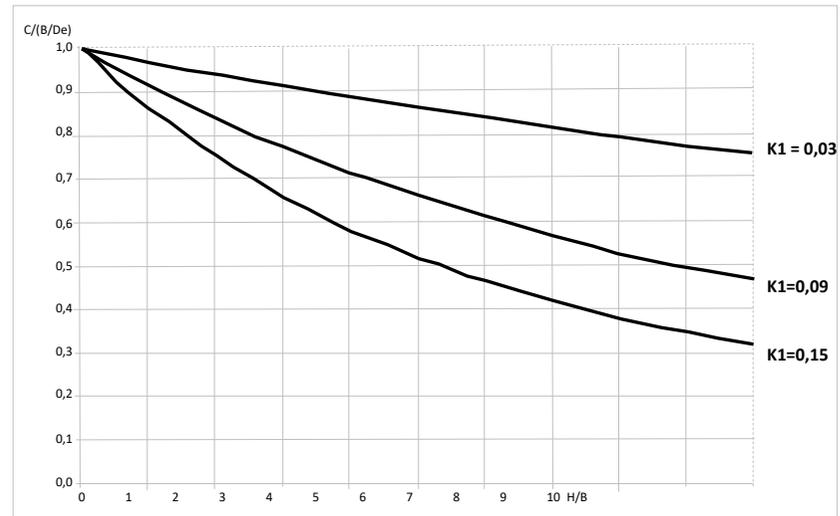
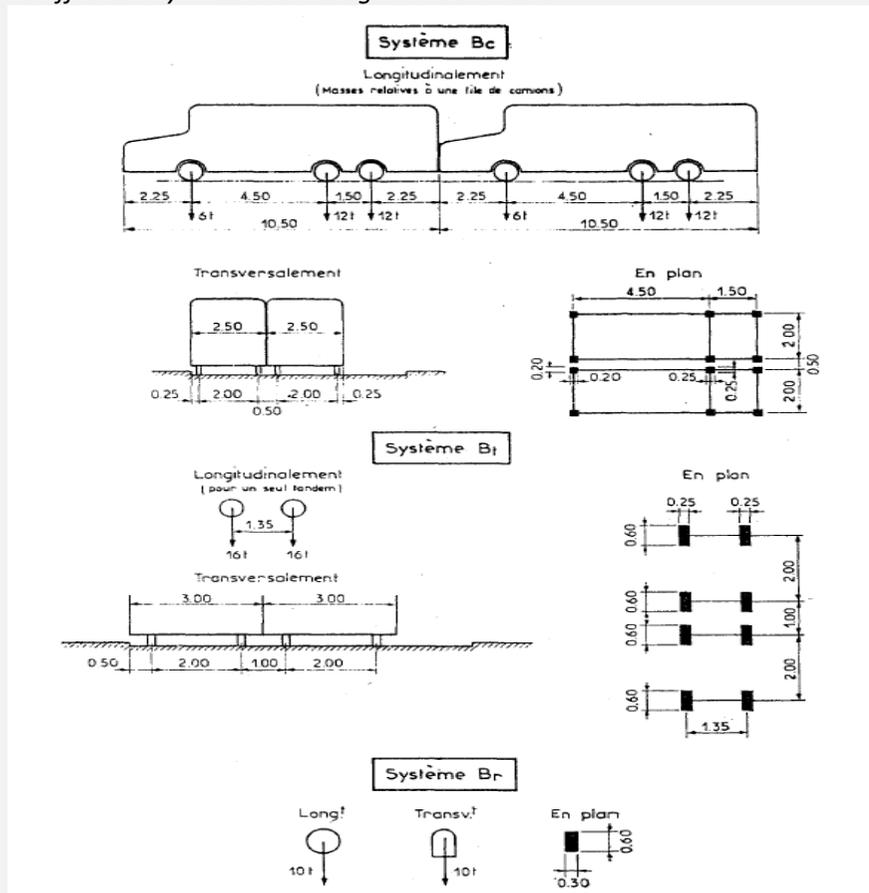


Figure 8 : Valeurs de $\frac{C1}{B/De}$ en fonction de $\frac{H}{B}$ et de k1

5.1.3.2. Pression verticale due aux charges d'exploitation p_e

Les différents systèmes de charges usuels sont :



Les différents systèmes de charges réglementaires sont définis dans le fascicule 61 du CCTG (Bc, Bt, Br, Mc120) ou dans l'Eurocode 1 (tandem, tandem + UDL, essieu simple).

Les coefficients dynamiques appliqués aux charges du fascicule 61 du CCTG inclus dans la Figure 9 sont tels que $\lambda = 1,6$ pour la file de roues directement à l'aplomb de la canalisation et $\lambda = 1$ pour les autres roues. La diffusion est menée selon la méthode de Frolich.

5.1.3.2 Pression verticale due aux charges d'exploitation p_e

Sont visés trois types d'actions :

- les actions **per** s'exerçant au niveau de la génératrice supérieure de la canalisation, qui résultent de l'effet des charges roulantes routières. Elles correspondent au système de charge le plus défavorable affecté de coefficients de majoration dynamique. Lorsque le convoi type Bc est retenu, la valeur des pressions correspondantes est indiquée sur la Figure 9.
- les actions **pep** s'exerçant au niveau de la génératrice supérieure de la canalisation qui résultent de l'effet des charges permanentes au niveau du terrain naturel.
- La valeur de la pression **pep** exercée par les surcharges permanentes **po** est égale dans le cas d'une pose en remblai à $pep=po$ et dans le cas d'une pose en tranchée est prise égale à :

$$pep = po \cdot e^{-2 k_1 H/B}$$

avec : pep en kN/m^2

po en kN/m^2

e , base de logarithmes népériens

k_1 , coefficient de cisaillement

H , hauteur de couverture, épaisseur de chaussée comprise (en m)

B , largeur de la tranchée hors tout au niveau de la génératrice supérieure (en m).

La prise en compte des charges de l'Eurocode 1 est traitée dans le TR 1295-3 « Calcul de résistance mécanique des canalisations enterrées sous diverses conditions de charge - Partie 3: Méthode commune » et conduit à des charges équivalentes.

Les caractéristiques nécessaires au calcul (charges par roue, empreinte des roues, empattements, coefficients dynamiques...) peuvent être fournies par les fabricants de matériels.

L'usage d'engins de compactage lourds, notamment sous hauteur de recouvrement faible lors de la pose de la canalisation et des éventuels travaux de voirie ultérieurs nécessite d'intégrer les effets dynamiques.

- et, éventuellement, les actions **pec** s'exerçant au niveau de la génératrice supérieure de la canalisation, qui résultent de l'effet des conditions d'exécution du chantier et qui peuvent être plus défavorables que celles du système de charges roulantes retenu.

La pression verticale totale vaut alors : $p_r + p_e$.
avec $p_e = \text{Max}(p_r + p_{pe}; p_{ec})$.

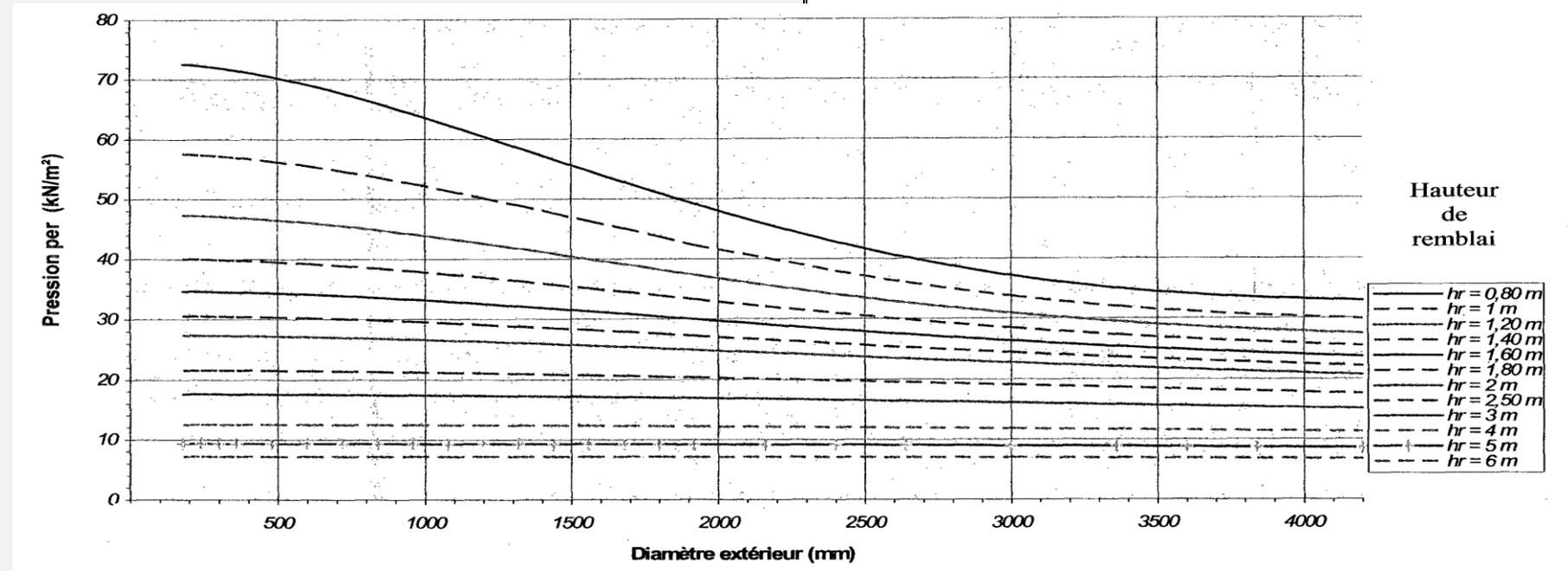


Figure 9 : Pression per due aux charges roulantes de type Bc en fonction du diamètre extérieur des canalisations et pour différentes hauteurs de remblai

5.1.3.3. Pression horizontale p_h exercée par les remblais et les charges d'exploitation

Le coefficient k_2 de pression horizontale des terres dépend du groupe de sol, du mode de mise en place et des conditions de retrait des blindages éventuels.

5.1.3.4. Action due à la pression hydrostatique extérieure p_{we}

Cette action est en général négligée pour les canalisations à comportement rigide.

5.1.4. Influence des actions

Avant d'être soumis aux actions combinées, le tuyau est considéré comme étant de forme elliptique.

Le défaut initial de géométrie e_0 par rapport à la forme circulaire théorique de la canalisation correspond aux tolérances de fabrication, à l'ovalisation au repos sous l'effet du poids propre du tuyau ou à l'ovalisation générée par les conditions de stockage.

La canalisation sous l'effet des actions se déforme elliptiquement.

5.1.3.3 Pression horizontale p_h exercée par les remblais et les charges d'exploitation

La pression horizontale p_h exercée par le remblai et les charges d'exploitation sur la canalisation est considérée comme uniforme et prise égale à :

$$p_h = k_2(p_r + p_e),$$

avec : k_2 , le coefficient de pression horizontale des terres dont les valeurs, après minorations éventuelles, sont données dans les tableaux de l'article 5.1.2.2.

5.1.3.4 Action due à la pression hydrostatique extérieure p_{we}

Dans le cas où la canalisation est posée sous le niveau de la nappe phréatique, elle se trouve soumise à une pression hydrostatique extérieure p_{we} que l'on considère comme uniforme et égale à celle qui s'exerce au niveau des reins de la canalisation.

5.1.4 Influence des actions

Sous l'effet des actions initiales précédemment définies, la canalisation est soumise aux pressions combinées suivantes :

- la pression verticale des terres p_r et les charges d'exploitation p_e .
- la pression verticale totale est $p_v = p_r + p_e$.
- la pression horizontale associée est $p_h = k_2.p_v$
- la pression hydrostatique extérieure p_{we} .

Sous l'influence de ces pressions combinées, la canalisation se déforme en fonction du critère de rigidité RIG et subit alors en tout point une pression de réaction p_s . Cette pression de réaction p_s est considérée comme normale à la paroi du tuyau et proportionnelle au déplacement radial.

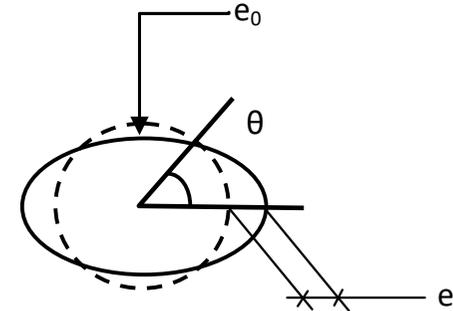
Elle est égale à :

$$p_s = k_s \cdot (V - V_0)$$

$$\text{où } k_s = \frac{2}{D_m} \cdot \frac{E_s}{(1 - \nu_s^2)}$$

- k_s : caractérise le comportement du milieu supposé élastique (en MPa/m).

- E_s : module conventionnel du sol (incluant les minorations éventuelles) (en MPa).
- ν_s : coefficient de Poisson de l'enrobage.
- D_m : diamètre moyen du tuyau (en m).
- $V - V_0$: déplacement radial au point considéré par rapport à la position initiale V_0 définie comme indiquée à la figure ci-après (en m).



- $V_0 = e_0 \cos 2\theta$

Figure 10 : Définition du défaut initial de forme

5.1.5. Calcul des sollicitations

5.1.5.1. Pression moyenne d'étreinte

5.1.5 Calcul des sollicitations

Dans le cas des canalisations à comportement rigide, caractérisées par une charge de rupture garantie F_R , déterminée selon l'essai de qualification défini dans la norme de produits, il est permis de s'assurer de la sécurité d'emploi conformément au 5.1.6. Dans les autres cas, les calculs ci-après sont réalisés.

5.1.5.1 Pression moyenne d'étreinte

Sous l'effet des actions combinées, la canalisation se trouve soumise à une étreinte extérieure moyenne \bar{p} :

$$\bar{p} = pwe + (pr + pe) \left(\frac{1 + k2}{2} \right)$$

5.1.5.2. Pression critique de flambement

ras peut prendre la valeur de ras₁ ou ras_v.

5.1.5.2 Pression critique de flambement

La pression d'étreinte a pour effet d'amplifier les sollicitations (moments fléchissants, déformations, allongements ...). Ce phénomène est d'autant plus marqué que la canalisation est proche des conditions critiques d'instabilité par flambement caractérisées par la pression critique de flambement **pcr**.

La pression critique de flambement **pcr** est telle que :

$$pcr = 8 \left(n_0^2 - 1 + \frac{s}{n_0^2 - 1} \right) ras$$

Avec :

$$s = \frac{1}{1 - \nu_s^2} \cdot \frac{E_s}{8ras}$$

s = indice de rigidité relative sol-tuyau à court terme ou à long terme obtenu respectivement à partir du module d'élasticité du tuyau instantané E_{Ti} ou différé E_{Tv} , avec $E_{Tv} \leq E_{Ti}$:

n_0 est l'entier supérieur ou égal à 2 qui rend minimum l'expression :

$$n^2 - 1 + \frac{s}{n^2 - 1}$$

n_0 représente le nombre d'ondes de la figure de flambement d'ovalisation de la canalisation.

Pour les canalisations à comportement rigide ($RIG > 0$), n_0 est égal à 2.

5.1.5.3. Calcul du moment fléchissant

Le calcul des sollicitations se fait à court terme en considérant :

- la forme initiale elliptique, telle que définie à l'article 5.1.4. avant l'application des actions;
- la rigidité annulaire spécifique ras_i instantanée du tuyau.

Le calcul des sollicitations se fait à long terme en considérant :

- la forme initiale elliptique, telle que définie à l'article 5.1.4 avant l'application des actions;
- la rigidité annulaire spécifique ras_v différée du tuyau.

ras peut prendre la valeur de ras_i ou ras_v

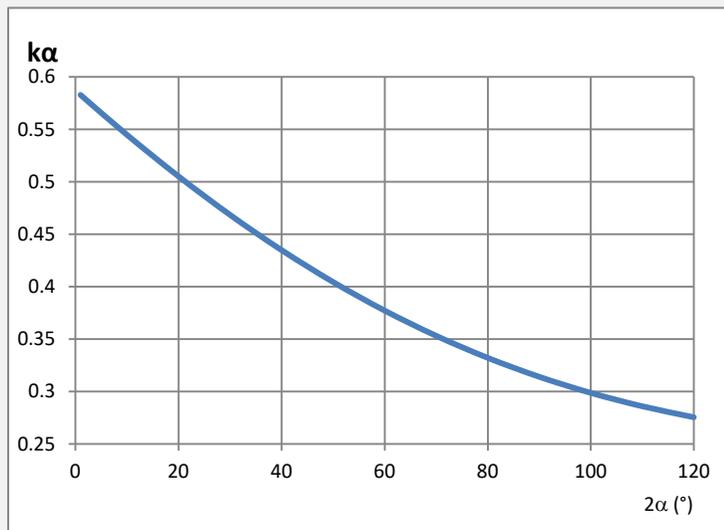


Figure 11: Valeur du coefficient de moment à l'appui K_α

5.1.5.3 Calcul du moment fléchissant

Les paramètres suivants sont quantifiés selon le caractère rigide ou flexible de la structure et selon les besoins :

- les moments fléchissants par unité de longueur M dans les sections les plus sollicitées quelle que soit la nature de la canalisation;
- le moment fléchissant M est maximum à la base du tuyau, et a pour expression :

$$M(p_r, p_e, p_w) = p_v \cdot \frac{D_m^2}{4} \cdot \frac{K_\alpha - \frac{k_2}{4}}{1 + \frac{s}{9} - \frac{p}{24ras}} + 4(n_0^2 - 1) \left[\frac{1}{1 - \frac{p}{pc_r}} - 1 \right] e_0 D_m ras$$

avec :

- K_α , coefficient de moment, fonction de l'angle d'appui conventionnel 2α est donné par la formule suivante (voir Figure 11) :

$$K_\alpha = \frac{1}{\pi} \left[\frac{\alpha}{2} \sin \alpha + \frac{3}{4} \cos \alpha + \frac{\alpha}{4 \sin \alpha} + \frac{3\pi}{8} - \frac{\cos^2 \alpha}{3} - \frac{\pi}{2} \sin \alpha \right]$$

α est exprimé en radians

D_m , diamètre moyen

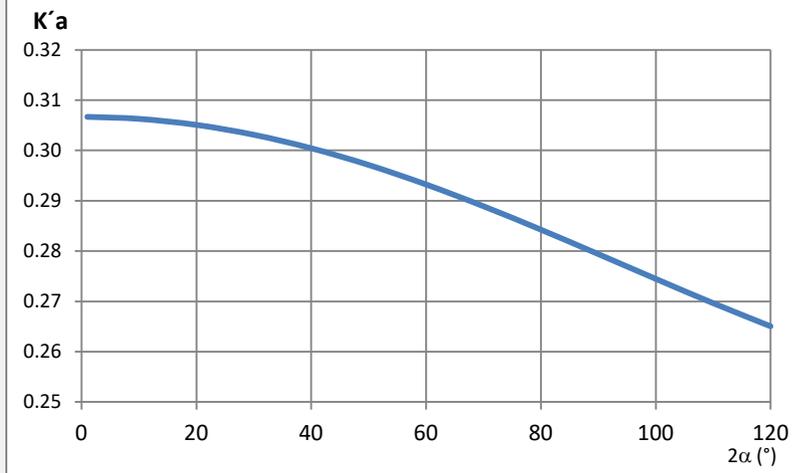


Figure 12 : Valeur du coefficient de moment aux reins K'_α pour les canalisations en béton armées en double nappe

Pour les canalisations en béton armées en double nappe, il convient d'évaluer le moment aux reins suivant la formule ci-après, et de retenir la plus grande des deux valeurs calculées aux reins et à la base du tuyau (voir Figure 12).

$$M(\text{pr}, \text{pe}, \text{pwe}) = pv \frac{D_m^2}{4} \cdot \frac{K'_\alpha - \frac{k^2}{4}}{1 + \frac{S}{9}}$$

où K'_α = coefficient de moment aux reins, fonction de l'angle d'appui conventionnel 2α est donné par l'expression suivante (voir Figure 12) :

$$K'_\alpha = -\frac{1}{\pi} \left[\frac{\alpha}{2} \sin \alpha + \frac{3}{4} \cos \alpha + \frac{\alpha}{4 \sin \alpha} - \frac{5\pi}{8} \right]$$

α est exprimé en radians.

5.1.5.4. Ovalisation relative et contrainte

ras peut prendre la valeur de ras_i ou ras_v

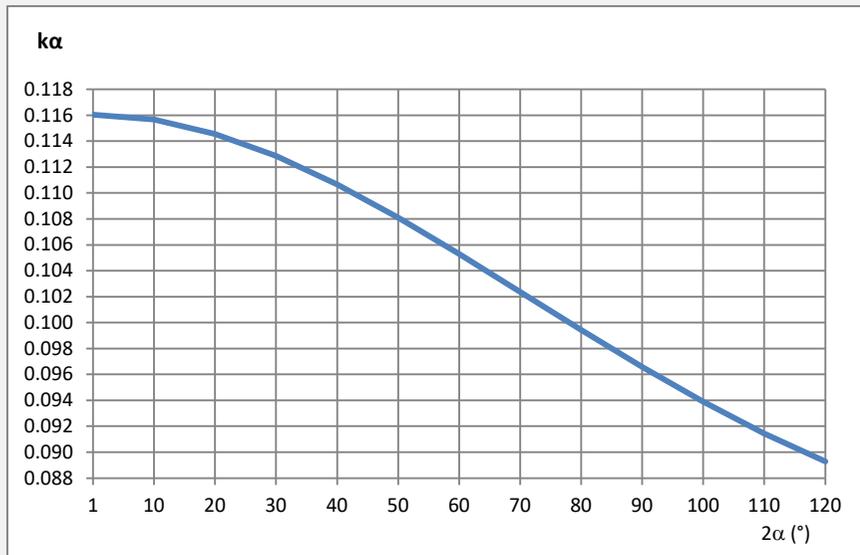


Figure 13 : Valeur du coefficient de déformation k_α.

5.1.5.4 Ovalisation relative et contrainte

L'ovalisation verticale relative ov est égale à d/D_m où d est la déformation verticale du diamètre moyen, pour toutes les canalisations flexibles et pour les canalisations en fonte avec revêtement intérieur à base de mortier de ciment.

L'ovalisation verticale relative ov = d/D_m a pour expression :

$$ov (pr,pe,pwe) = ov_1 + ov_2$$

avec :

$$ov_1 = pv \cdot \frac{k_\alpha - \frac{k_2}{12}}{8 ras + \frac{E_s}{9(1-\nu_s^2)} - \frac{\bar{p}}{3}}$$

$$ov_2 = 2 \left(\frac{1}{1 - \frac{p}{pc_r}} - 1 \right) \frac{e_0}{D_m}$$

où k_α, coefficient de déformation fonction de l'angle d'appui conventionnel 2α, est donné par la formule ci-après (voir Figure 13).

$$k_\alpha = \frac{1}{24} + \frac{\pi}{8} - \frac{\alpha}{4} + \frac{\sin \alpha}{4} - \frac{3 \cos \alpha}{4\pi} - \frac{\alpha(1 + 2 \sin^2 \alpha)}{4\pi \sin \alpha} + \frac{(2 - 3 \cos \alpha + \cos^3 \alpha)}{12 \sin \alpha}$$

α est exprimé en radians.

Dans le cas d'une canalisation à comportement rigide ayant un indice de rigidité relative sol-tuyau négligeable et donc peu sensible au fluage, on n'effectue en principe que le calcul à court terme.

Dans le cas d'une canalisation flexible, on effectue les calculs à court terme et à long terme.

5.1.6. Vérification de la sécurité d'emploi et de la durabilité (états limites)

On distingue les **états limites ultimes** et les **états limites de service**.

- Les **états limites ultimes** correspondent à l'atteinte de la capacité portante et concernent de ce fait la résistance mécanique et/ou la stabilité au flambement.
- Les **états limites de service** sont ceux dont le dépassement remet en cause les conditions de fonctionnement ou d'exploitation de l'ouvrage, ou à terme, sa durabilité, par exemple par fissuration ou ovalisation excessives.
- Les **états limites de fatigue**. Lorsque la canalisation soumise à des actions répétitives et d'un niveau connu (charges roulantes par exemple) voit par fatigue ses résistances caractéristiques diminuer, il y a lieu d'en tenir compte au niveau de la justification (voir article 5.1.6.1.3).

Dans certains cas particuliers les **états limites de fatigue** appelant des justifications spécifiques doivent être considérés.

Lorsque la résistance du matériau ou du produit intervient dans la définition d'un état limite, on se réfère en principe, suivant le cas, à la résistance du matériau à la traction σ_v , ou à la résistance à l'écrasement du produit, ou à sa limite élastique σ_e .

L'ovalisation pour les canalisations flexibles induit un allongement maximal ϵ .

L'allongement maximal ϵ résultant de l'ovalisation verticale de la canalisation est donné, dans le cas de tuyau de paroi homogène présentant une section longitudinale de paroi rectangulaire, par :

$$\epsilon = \frac{\left[K_\alpha - \frac{k^2}{4} \right]}{\left[k_\alpha - \frac{k^2}{12} \right]} \cdot \frac{e}{D_m} \cdot \sigma v_1 + \frac{(n_0^2 - 1)e}{D_m} \cdot \sigma v_2$$

La contrainte maximale correspondante σ est donnée par la formule :

$$\sigma = E_T \cdot \epsilon$$

où E_T peut prendre la valeur de E_{Ti} ou E_{Tv} .

5.1.6 Vérification de la sécurité d'emploi et de la durabilité (états limites)

Le principe général de la sécurité est de faire en sorte que les états limites ne soient pas dépassés. Pour intégrer la distribution statistique des actions et sollicitations d'une part, des propriétés des matériaux d'autre part, les vérifications se basent sur leurs valeurs caractéristiques.

5.1.6.1. Cas général**5.1.6.1.1. Vérification aux états limites ultimes**

Dans le cas de canalisations flexibles à paroi structurée, une vérification des contraintes localisées maximales doit être réalisée. Cette vérification est incluse dans l'Avis technique.

Vérification à l'état limite ultime de résistance

Le coefficient γ_A tient compte principalement du dépassement possible dans le sens défavorable de la combinaison d'actions considérée, compte tenu de la probabilité réduite de la simultanéité des actions.

5.1.6.1 Cas général**5.1.6.1.1 Vérification aux états limites ultimes**

Suivant le comportement rigide ou flexible de la canalisation, on effectue en principe les vérifications suivantes :

- canalisation à comportement rigide : la résistance à court terme (force portante ou contrainte ou moment résistant);
- canalisation à comportement flexible : la stabilité par flambement à long terme et la résistance à court terme (force portante ou contrainte ou moment résistant).

Vérification à l'état limite ultime de résistance

Cette vérification consiste à montrer que sous l'effet des actions majorées (pression des terres, des charges d'exploitation et pression hydrostatique extérieure), les sollicitations qui en découlent ne dépassent pas dans le sens défavorable les sollicitations limites correspondantes, c'est-à-dire les résistances mécaniques de référence obtenues en divisant les résistances caractéristiques par un coefficient γ_M multiplié par un coefficient pris égal à 1,1 pour les canalisations visitables ($D_i \geq 1000$) susceptibles de présenter une rupture brutale.

Les valeurs des actions à prendre en compte sont alors les suivantes :

Pression verticale p_{v_u} :

$$p_{v_u} = \gamma_A \cdot (p_r + p_e)$$

Pression moyenne d'étreinte $\overline{p_u}$:

$$\overline{p_u} = \gamma_A \left[p_{we} + (p_r + p_e) \left(\frac{1 + k_2}{2} \right) \right]$$

Avec $\gamma_A = 1,25$

Le moment fléchissant vis-à-vis de l'état limite ultime M_u est donc déterminé comme indiqué à l'article 5.1.5.3. en prenant :

$$p_v = p_{v_u}$$

$$r_{as} = r_{as_i}$$

$$\overline{p} = \overline{p_u}$$

Le coefficient γ_M tient compte de la probabilité d'avoir une résistance inférieure à la résistance caractéristique, ainsi que d'éventuels défauts géométriques ou structurels localisés.

La contrainte calculée σ_u peut s'écrire dans le cas d'un matériau homogène élastique (PVC compact, béton non armé...)

$$\sigma_u = \frac{6M_u}{e^2}$$

Dans les cas où elles ne sont pas précisées dans des Avis techniques, les valeurs de γ_M et de $\gamma_M \cdot \gamma_A$ sont données dans le Tableau 8 page 97 pour les matériaux courants.

Tableau 8- Valeurs de γ_M et $\gamma_M \cdot \gamma_A$

Nature des canalisations	$\gamma_M^{(*)}$		$\gamma_M \cdot \gamma_A^{(**)}$	
	Ouvrages non visitables	Ouvrages visitables	Ouvrages non visitables	Ouvrages visitables
Béton armé	1,4	1,4	1,75	1,75
Béton fibré	1,4	1,4	1,75	1,75
Béton non armé	1,6	1,76	2,00	2,20
PVC	1,2	1,32	1,5	1,65
Fonte	1,2	1,2	1,50	1,50
Grès	1,6	1,76	2,00	2,20
Polypropylène	1,2	1,32	1,5	1,65
Polyéthylène	1,2	1,32	1,5	1,65

(*) Les valeurs de γ_M sont liées aux fractiles garantis par les modalités de contrôle, et sont donc susceptibles d'évoluer.

(**) La valeur de γ_A utilisée est de 1,25.

Trois types de vérification sont alors menés, selon la nature de la canalisation :

1. Vérification de la force portante

On vérifie que :

$$F_R \geq \gamma_M \cdot \frac{2\pi}{D_m} \cdot M_u$$

avec F_R la charge de rupture minimale garantie obtenue suivant l'essai de qualification défini dans les normes de produit.

2. Vérification de la contrainte dans le cas d'un matériau homogène

On vérifie que la contrainte calculée σ_u est telle que :

$$\sigma_c \geq \gamma_M \cdot \sigma_u$$

avec σ_c , contrainte caractéristique garantie donnée dans les normes produits ou les avis techniques

Vérification à l'état limite ultime de flambement

5.1.6.1.2. Vérification aux états limites de service

3. Vérification du moment résistant :

On vérifie que $M_R \geq \gamma_M M_u$ où M_R est le moment résistant garanti correspondant à l'apparition de désordres dans la paroi du tuyau. Il est obtenu à partir d'un essai de caractérisation.

Vérification à l'état limite ultime de flambement

On vérifie que : $p_{cr} \geq \gamma_F \cdot \bar{p}$

avec :

\bar{p} et p_{cr} définis à l'article 5.1.5 avec $ras = ras_v$

γ_F : coefficient de sécurité vis-à-vis du phénomène considéré

avec $\gamma_F = 2,5$

5.1.6.1.2 Vérification aux états limites de service

Suivant le comportement rigide ou flexible et la nature du tuyau, on effectue en principe les vérifications suivantes :

Tuyau à comportement rigide :

Suivant le cas, il s'agit d'états limites d'apparition de fissures ou d'ouverture de fissures.

On vérifie que, sous l'effet des charges de service (non majorées), l'inégalité suivante est satisfaite :

$$F_F \geq \frac{2\pi}{D_m} \cdot M_s$$

Avec : F_F , charge minimale garantie d'ouverture de fissure stable admissible en service, obtenue suivant l'essai de qualification défini dans les normes de produits.

M_s , le moment fléchissant M vis-à-vis de l'état limite de service, déterminé comme indiqué en 5.1.5.3 avec :

$p_v = p_r + p_e$

$ras = ras_i$

Dans le cas des tuyaux fonte l'ovalisation in situ maximale admissible est celle citée dans la norme [NF EN 598](#).

Cette valeur de calcul correspond à une valeur d'ovalisation moyenne à court terme (3 mois).

5.1.6.1.3. Vérification à l'état limite de fatigue

Ce type de vérification n'est généralement applicable qu'aux matériaux à comportement flexible.

Ne sont à considérer en principe que les charges roulantes. Dans ce cas le projeteur, lorsque le spectre de chargement n'est pas connu, est amené, par simplification, à augmenter la valeur du coefficient γ_M .

$$\text{et } \bar{p} = p_{we} + p_v \left(\frac{1+k^2}{2} \right)$$

Dans le cas où le critère à prendre en compte est celui de l'ouverture de fissures longitudinales stabilisées, c'est le cas notamment pour les tuyaux préfabriqués en béton armé, l'ouverture maximale admissible des fissures est fixée à 0,3 mm pour les tuyaux armés en fibre moyenne et à 0,5 mm pour les tuyaux armés en double nappe ou de manière ovalisée. Aucune fissure circulaire n'est admise.

Pour les ouvrages coulés en place, le CCTP précisera la valeur limite de l'ouverture calculée des fissures.

Les tuyaux à revêtement intérieur à base de mortier de ciment, en fonte assainissement notamment, ne doivent pas présenter de fissures préjudiciables à la durée de vie de l'ouvrage : il convient de s'assurer que leur ovalisation verticale ov , déterminée avec $ras = ras_v$ reste limitée.

Tuyau à comportement flexible :

Il s'agit en principe d'état limite de déformation à court terme et à long terme (allongement et ovalisation relative verticale ov) que l'on vérifie selon la nature des matériaux et le comportement de leurs systèmes d'assemblage sous déformation.

Pour les tuyaux à comportement flexible, l'ovalisation maximale à long terme admissible pour l'exploitation du réseau est de 10 %. L'ovalisation admissible de calcul à court terme est 5%, sauf prescription d'ovalisation inférieure figurant dans les normes ou avis techniques.

On vérifie que sous l'effet des charges de service (non majorées), l'ovalisation calculée comme indiqué en 5.1.5.4 reste inférieure aux ovalisations admissibles.

5.1.6.1.3 Vérification à l'état limite de fatigue

Dans le cas où le CCTP prévoit une vérification à l'état limite de fatigue en fonction des conditions d'actions répétitives ou fréquentes particulières, le spectre de chargement (niveau, amplitude, fréquence) doit également figurer dans le CCTP.

5.1.6.2. Cas des tubes thermoplastiques à paroi structurée (exemples : parois alvéolées, multicouches, à gradient de densité, parois structurées complexes)

Les valeurs de r_{as} et r_{as_v} à prendre en compte sont celles définies dans les normes produits ou les avis techniques en cours de validité.

La vérification du flambement et de la contrainte concerne à la fois la paroi dans son ensemble et tous les points singuliers éventuels dus à la conception du produit.

5.1.6.2.1. Vérification à l'état limite ultime de résistance

FLAMBEMENT

Les critères limites admissibles sont évoqués au paragraphe 5.1.6.1.1.

CONTRAINTE

Ce coefficient est déterminé par deux calculs aux éléments finis : le premier tient compte des caractéristiques géométriques réelles et le deuxième considère le tube comme compact ayant le même diamètre et la même rigidité annulaire.

Dans ces calculs par éléments finis, les actions à retenir correspondent aux conditions de service, majorées par le coefficient γ_A .

La valeur du coefficient d'amplification $C_{c\sigma}$ de contrainte est fonction des caractéristiques géométriques de la section et se trouve spécifiée dans les normes produites ou les avis techniques en cours de validité.

Les critères limites admissibles sont évoqués au paragraphe 5.1.6.1.1.

5.1.6.2 Cas des tubes thermoplastiques à paroi structurée (exemples : parois alvéolées, multicouches, à gradient de densité, parois structurées complexes)

Du fait du caractère hétérogène de la paroi de ces canalisations d'assainissement, leur dimensionnement mécanique ne peut être réalisé en totalité à partir des formules contenues dans le chapitre 5.1.6.1. En effet, les règles de calcul actuelles considèrent les parois des tuyaux comme homogènes et isotropes.

Pour s'assurer de la tenue mécanique de ces canalisations, deux étapes sont obligatoires :

- Vérification à l'état limite ultime : flambement à long terme et contrainte à court terme.
- Vérification à l'état limite de service : ovalisation à court et à long terme.

5.1.6.2.1 Vérification à l'état limite ultime de résistance

FLAMBEMENT

La valeur du **ras** issue des avis techniques peut être intégrée dans l'expression analytique de la pression critique de flambement **pcr**. La vérification du flambage pour les parois structurées peut donc être effectuée selon la méthode analytique employée pour les tubes à paroi compacte.

CONTRAINTE

Pour le calcul de la contrainte à l'état limite ultime de résistance, les formules analytiques développées dans ce chapitre s'appliquent en ajoutant un coefficient d'amplification de contrainte $C_{c\sigma}$. La contrainte ainsi calculée sera comparée à la valeur limite admissible par le matériau concerné affectée du coefficient γ_M de 1.2 dans les conditions prévues dans ce chapitre, paragraphe 5.1.6.2.1.

5.1.6.2.2. Vérification à l'état limite de service (ovalisation)

Les critères limites admissibles sont évoqués au paragraphe 5.1.6.1.2.

5.1.6.3. Cas des tubes PRV (polyester renforcé de verre)

L'allongement est une grandeur caractérisant le niveau de sollicitation des fibres de renfort en verre.

Les valeurs de ras à court et à long terme sont celles données dans les Avis Techniques.

5.1.6.3.1. Vérification à l'état limite ultime**FLAMBEMENT**

Les critères limites admissibles sont évoqués au paragraphe 5.1.6.1.1.

ALLONGEMENT MAXIMAL

Les critères limites admissibles sont précisés dans les Avis Techniques.

5.1.6.3.2. Vérification à l'état limite de service (ovalisation)

Les critères limites admissibles sont déterminés au paragraphe 5.1.6.1.2.

5.1.6.2.2. Vérification à l'état limite de service (ovalisation)

De même que pour la détermination de la pression critique de flambement, le **ras** issu des avis techniques intervient directement pour le calcul de l'ovalisation. Les formules analytiques employées pour les tubes à paroi homogène et isotrope peuvent donc être utilisées.

5.1.6.3. Cas des tubes PRV (polyester renforcé de verre)

Pour s'assurer de la tenue mécanique de ces canalisations, deux étapes sont obligatoires :

- Vérification à l'état limite ultime : flambement et allongement maximal à long terme.
- Vérification à l'état limite de service : ovalisation à court et à long terme.

5.1.6.3.1. Vérification à l'état limite ultime**FLAMBEMENT**

La valeur du **ras** issue des avis techniques peut être intégrée dans l'expression analytique de la pression critique de flambement **pcr**. La vérification du flambage pour les parois structurées peut donc être effectuée selon la méthode analytique employée pour les tubes à paroi compacte.

ALLONGEMENT MAXIMAL

Pour le calcul de l'allongement maximal, les formules analytiques développées dans le chapitre 5.1.4. s'appliquent.

5.1.6.3.2. Vérification à l'état limite de service (ovalisation)

De même que pour la détermination de la pression critique de flambement, le **ras** issu des avis techniques intervient directement pour le calcul de l'ovalisation. Les formules analytiques employées pour les tubes à paroi homogène et isotrope peuvent donc être utilisées.

5.2. Cas des canalisations utilisées en réhabilitation

5.2.1. Domaine d'utilisation de la méthode

L'objectif de la justification de la tenue mécanique est la détermination de l'épaisseur de dimensionnement de la réhabilitation pour une durée de vie attendue de l'ouvrage de 50 ans. Elle est basée sur la prise en compte des caractéristiques de la canalisation existantes et celles de la nouvelle canalisation.

5.2 Cas des canalisations utilisées en réhabilitation

5.2.1 Domaine d'utilisation de la méthode

La présente méthode de dimensionnement s'applique aux techniques de réhabilitation utilisant des produits en matériaux thermoplastiques (PVC, PE ...) préfabriqués ou mis en forme in situ ou composites thermodurcissables constitués d'une résine et d'une matrice, préfabriqués ou polymérisés in situ.

Les produits concernés sont les chemisages continus polymérisés en place et tubages avec espace annulaire par tuyaux continus ou courts ou par enroulement hélicoïdal.

Sont exclues du champ d'application de la méthode, les techniques :

- de réhabilitation par matériau projeté ou coulé en place, par coque souple avec injection ou coques multi-éléments reconstituées par laminage ou collage,
- d'injection en vue de rétablir la seule étanchéité de la canalisation existante,
- qui n'ont pour seul objet que la restauration de l'hydraulicité de la canalisation.

5.2.2. Etat de la canalisation d'accueil

Tableau 9 : Etat canalisation d'accueil

	État I	État II	État III
Matériaux de l'ouvrage	Tout matériau	Matériau à comportement rigide enclin à se fissurer	Tout matériau
Description de l'ouvrage existant	<ul style="list-style-type: none"> - Ouvrage non étanche - Ouvrage avec dégradation superficielle du revêtement intérieur - Ouvrage dont l'état mécanique est acceptable - Pas de fissures visibles - Ovalisation < 10 % pour une canalisation flexible 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de fissures et/ou déformation importante - Ovalisation < 10 % (si mise en œuvre de chemisage circulaire) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation importante du matériau - Attaque acide ou sulfatique profonde - Buses métalliques corrodées - Maçonnerie fortement dégradée
État sol/structure	<ul style="list-style-type: none"> - Capable d'équilibrer l'ensemble des charges sans déformation excessive - L'état du sol peut être affecté selon la nature du sol 	<ul style="list-style-type: none"> - Capable d'équilibrer l'ensemble des charges avec déformation 	<ul style="list-style-type: none"> - Résistance en compression considérée comme insuffisante - Incapacité, à terme, d'équilibrer l'ensemble des charges

5.2.2 Etat de la canalisation d'accueil

La méthode permet d'envisager différentes hypothèses pour l'état de dégradation de la canalisation d'accueil. Ces hypothèses doivent être justifiées par les conclusions de l'étude préalable à la définition de l'offre.

On distingue les états suivants :

Etat I : Le tuyau d'accueil est structurellement en bon état et reprend l'ensemble des charges. Dans cet état la réhabilitation est envisagée pour rétablir l'étanchéité au niveau des assemblages et résister aux effets de la nappe.

Etat II : Dans le cas d'ouvrage circulaire, le tuyau d'accueil est fissuré avec au maximum quatre fissures longitudinales (aux reins, au radier et en voute) avec une ovalisation limitée à 10 % (à considérer pour la mise en œuvre d'un chemisage). Il peut reprendre des efforts normaux mais pas les efforts de flexion. L'absence d'effondrement indique un état d'équilibre, à ce stade, entre le sol et la canalisation.

Dans le cas des ouvrages non circulaires l'état II concerne des ouvrages fissurés et/ou déformés dont le matériau présente une résistance non négligeable à la compression, capables de reprendre l'intégralité des efforts normaux.

Etat III : Le tuyau d'accueil est considéré comme totalement dégradé et assimilable au sol encaissant. Dans cet état, la réhabilitation est envisagée pour rétablir l'ensemble des fonctions de l'ouvrage.

En ce qui concerne les ovoïdes, on observe deux cas principaux de déformation associés à des schémas de fissuration caractéristiques.

5.2.3. Données hydrogéologiques et géotechniques

Ce type d'étude (étude géotechnique préliminaire de site de type G1 ou diagnostic géotechnique de type G5) fait normalement partie du diagnostic de la canalisation à réhabiliter et doit donc être joint au CCTP.

5.2.4. Principaux paramètres utilisés dans la méthode de calcul

5.2.4.1. Défauts de forme – imperfections

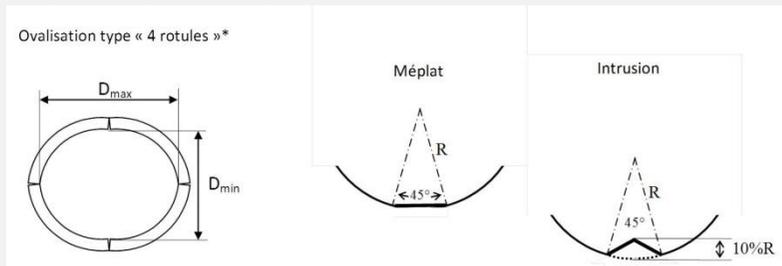


Figure 14 : Défauts de forme - imperfections

Le méplat est une imperfection locale qui se rencontre fréquemment en

5.2.3 Données hydrogéologiques et géotechniques

Les données hydrogéologiques et géotechniques résultent d'une étude géotechnique préliminaire de site de type G1 ou d'un diagnostic géotechnique de type G5 (selon la norme [NF P 94-500](#)), éventuellement complétées par des investigations in situ. Ce type d'étude fait normalement partie du diagnostic de la canalisation à réhabiliter.

L'étude préliminaire de site comprend au minimum :

Un profil en long géologique avec les niveaux de la nappe.

Une identification et une évaluation des risques, notamment :

- cavités,
- argiles gonflantes,
- inondations,
- tassement (sols compressibles).

L'étude préliminaire de site doit être complétée par une étude géotechnique dont l'objectif est de caractériser le sol encaissant en précisant :

- les types de sols rencontrés identifiés selon la norme [NF P 11-300](#) et classés en 5 groupes selon le Tableau 1 du chapitre 4 (page 64)
- leur état (taux de consolidation, présence de vides ...),
- la présence éventuelle d'une nappe phréatique, la connaissance notamment de ses variations.

5.2.4 Principaux paramètres utilisés dans la méthode de calcul

5.2.4.1 Défauts de forme – imperfections

Les imperfections géométriques ont une incidence importante sur la résistance des chemisages à la pression hydrostatique externe et il convient donc de leur apporter une attention particulière.

Le diagnostic de la canalisation permet de définir le profil transversal le plus défavorable compte tenu des variations sur toute la longueur où le même type de chemisage/tubage sera utilisé.

Le niveau d'importance des défauts à prendre en compte est celui constaté après les travaux préparatoires.

Les trous ou les intrusions de corps étrangers doivent être préalablement traités.

radier et peut être dû à un dépôt solidifié, à un écrasement localisé ou éventuellement à un défaut d'origine. La distribution des défauts dans le sens longitudinal est supposée constante ce qui est la configuration la plus défavorable. Dans la réalité les défauts ont une extension longitudinale limitée et il convient de ne prendre en compte que les défauts qui s'étendent sur plus de 2 diamètres.

D'autres défauts localisés comme les décalages ont, en général, peu d'influence sur la résistance au flambement mais leur importance peut affecter la mise en œuvre ou créer un défaut du chemisage (plis, décollements), voire affecter l'exploitation ou les performances hydrauliques du réseau réhabilité.

5.2.4.2. Paramètres relatifs à la réhabilitation

De façon générale les grandeurs nécessaires au dimensionnement proviendront des fournisseurs comme « valeurs déclarées » assorties de justifications sur leur élaboration. Ces valeurs basées sur la connaissance que le fournisseur a de ses produits sont en principe des valeurs caractéristiques.

5.2.4.3. Paramètres relatifs à l'environnement

Tableau 10 : valeurs recommandées

Groupe de sol	E_E Module de l'environnement immédiat (MPa)	k_2
G1	5 à 10	0,3 à 0,5
G2	3 à 7	0,3 à 0,5
G3	2,5 à 4,5	0,2 à 0,4
G4	1,5 à 3	0 à 0,2
G5	à déterminer par des essais in situ	

Dans le cas général, les valeurs hautes sont retenues.

En cas de dégradations subies par l'environnement immédiat par infiltration ou exfiltration ou en présence de nappe pour les sols G3 et G4, les valeurs basses seront retenues. Il est également possible de déterminer le module

La méthode de calcul appliquée au chemisage prend en compte les imperfections suivantes qui ont une incidence importante sur la résistance au flambement des chemisages :

- ovalisation inférieure à 10 % (cette valeur correspond aussi à la valeur maximale admissible à long terme après réhabilitation).
- méplat jusqu'à 45° d'extension angulaire
- intrusion jusqu'à 10% du rayon

L'intrusion est caractérisée par son extension angulaire et son amplitude maximale. L'intrusion est une imperfection locale qui peut être due, par exemple, à un dépôt solidifié, à une fissure ouverte avec rejet ou éclat, à un poinçonnement.

Nota : Le traitement de l'ovalisation à 4 rotules inclut déjà un effet limité d'intrusion.

5.2.4.2 Paramètres relatifs à la réhabilitation

Les paramètres nécessaires aux justifications se trouvent dans les normes [NF EN ISO 11296](#), parties 1 à 7.

5.2.4.3 Paramètres relatifs à l'environnement

Ces paramètres sont déterminés sur la base des données géotechniques propres à l'environnement de l'ouvrage existant et du mode de réalisation des travaux de réhabilitation.

On considère notamment les paramètres suivants :

- le module d'élasticité de l'environnement immédiat E_E ,
- le coefficient de pression horizontale des terres k_2 .

Les caractéristiques mécaniques de l'environnement immédiat se confondent avec celles du sol en place.

du sol en place à partir d'un essai *in situ*, l'essai pressiométrique étant particulièrement indiqué, ou par vérinage interne de la conduite.

5.2.4.4. Actions

5.2.4.4.1. Pression hydrostatique extérieure générée par la nappe

5.2.4.4.2. Pression verticale due aux charges roulantes

Les charges roulantes sont diffusées dans le remblai selon le modèle de Boussinesq.

Pour des hauteurs de couverture inférieures ou égales à 0,5 m, il y a lieu de prévoir des protections par des dispositions particulières.

5.2.4.4.3. Pression verticale des terres

On admet que:

- la pression du remblai est verticale et uniformément répartie sur le diamètre extérieur du nouveau tuyau,
- la réaction d'appui est verticale et uniformément répartie selon un arc d'appui de 180 degrés.

5.2.5. Coefficients de sécurité

5.2.5.1. Valeurs des coefficients partiels sur les actions

5.2.4.4 Actions

5.2.4.4.1 Pression hydrostatique extérieure générée par la nappe

Dans le cas où la canalisation est posée sous le niveau de la nappe, elle se trouve soumise à une pression hydrostatique extérieure que l'on considère comme uniforme et égale à celle qui s'exerce au niveau de la cunette du nouveau tuyau, avec une valeur conventionnelle minimale de 0,5 m au-dessus de la génératrice supérieure de l'ouvrage ou 1,50 m par rapport au fil d'eau (la plus grande des deux valeurs sera retenue). Cette valeur couvre les effets d'une montée temporaire du niveau d'eau en fond de tranchée en cas d'orage.

5.2.4.4.2 Pression verticale due aux charges roulantes

On utilise les charges routières telles que définies dans la norme [NF EN 1991-2](#) et son annexe nationale (NF EN 1991-2/AN).

Réduction des charges routières sur remblai :

Les charges de tandem et les charges réparties sont réduites de 30% pour tenir compte de la réduction des amplifications dynamiques par rapport aux charges sur un ouvrage d'art (NF EN 1991-2/AN clause 4.9.1 Note 1).

5.2.4.4.3 Pression verticale des terres

La pression verticale des terres est calculée selon le modèle de TERZAGHI.

5.2.5 Coefficients de sécurité

5.2.5.1 Valeurs des coefficients partiels sur les actions

On retient les coefficients de sécurité partiels de la norme [NF EN 1990](#) et Annexes nationales.

5.2.5.2. Valeurs des coefficients de sécurité sur les matériaux

Le coefficient γ_M tient compte de la probabilité acceptable d'avoir une résistance inférieure à la résistance caractéristique. Il dépend de chaque procédé et de l'expérience acquise.

5.2.6. Justification des tubages circulaires pour la pression d'injection du coulis

La stabilité mécanique d'un tubage doit bien évidemment être assurée en phase de montage, en particulier lors des injections de coulis destinées à rétablir une continuité mécanique entre celui-ci et l'ouvrage existant. Un tubage circulaire libre, même bloqué en clé est extrêmement déformable quand il est soumis à la pression d'injection du coulis. C'est probablement pendant cette phase que le tubage subit le niveau de contrainte le plus élevé de toute son existence.

L'injection en une seule phase et sans étaie est la méthode de base pour les tubages non visitables, ce qui est le cas le plus défavorable. Dans le cas des tubages visitables, il est conseillé d'étayer le tubage au niveau du diamètre vertical, de le caler en plusieurs points et/ou de réaliser les injections en plusieurs phases. Dans ce cas, l'ovalisation est beaucoup plus faible. Il est néanmoins nécessaire de s'assurer que la méthodologie retenue engendre des contraintes ou allongements admissibles dans la paroi du tubage. La méthode de calcul ne permet pas ce type de vérification. On peut utiliser une méthode aux éléments finis en 3D.

5.2.5.2 Valeurs des coefficients de sécurité sur les matériaux**Coefficients de sécurité matériaux**

On prend les valeurs suivantes :

- Tubages par tuyaux continus ou courts ou par enroulement hélicoïdal à partir d'éléments préfabriqués en usine : $\gamma_M = 1,2$
- Chemisages polymérisés en place : $\gamma_M = 1,5$

Autres coefficients de sécurité

- Coefficient de sécurité sur le module à long terme du matériau ou sur la rigidité annulaire à long terme, pour le calcul de stabilité au flambement :

$$\gamma_{ME} = 1,5$$

5.2.6 Justification des tubages circulaires pour la pression d'injection du coulis

La méthode permet de calculer un tubage libre simplement appuyé en clé. Il est possible de prendre en compte une contre-pression interne.

5.2.7. Justification des chemisages et tubes circulaires sous l'action de la nappe (états d'accueil I, II et III)

5.2.7.1. Calcul de la pression critique de flambement

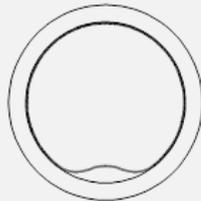


Figure 15 : exemple de flambement

5.2.7.2. Vérifications à effectuer

La nappe phréatique exerce une action très importante car elle s'applique directement sur le chemisage ou le tubage et non par l'intermédiaire du sol ou de la canalisation d'accueil. La résistance à la pression de la nappe est fortement augmentée par l'interaction du chemisage ou du tubage avec la paroi de la canalisation d'accueil ou avec le remplissage du vide annulaire par un coulis durci qui sert de coffrage rigide.

5.2.7 Justification des chemisages et tubes circulaires sous l'action de la nappe (états d'accueil I, II et III)

5.2.7.1 Calcul de la pression critique de flambement

La pression critique de flambement est calculée selon un modèle analytique qui prend en compte l'interaction entre le chemisage – tubage et la canalisation d'accueil. Les imperfections géométriques (vide annulaire, ovalisation, intrusions...) sont prises en compte au travers de coefficients de minoration.

5.2.7.2 Vérifications à effectuer

On effectue les vérifications suivantes :

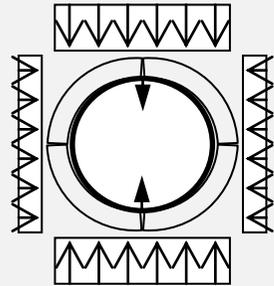
ELU :

- Stabilité au flambement à long terme.
- Contrainte ou allongement à long terme.

ELS :

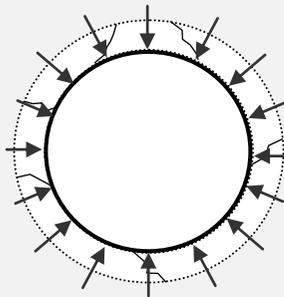
- Allongement à long terme pour certains produits (composite verre).

5.2.8. Justification des chemisages et tubages circulaires pour l'état d'accueil II



I.D. Moore a montré que le comportement mécanique complexe de l'ensemble sol-conduite fissurée-chemisage peut se modéliser en traitant indépendamment l'interaction entre la conduite fissurée et le sol d'une part et l'interaction entre la conduite fissurée et le chemisage d'autre part.

5.2.9. Justifications des chemisages et tubages circulaires pour l'état d'accueil III



5.2.8 Justification des chemisages et tubages circulaires pour l'état d'accueil II

L'état II concerne les canalisations qui présentent des fissures longitudinales (charnières ou rotules plastiques) mais dont la rigidité n'est pas négligeable en dehors des zones fissurées.

Ces canalisations ont un comportement plus ou moins flexible et sont susceptibles de se déformer en imposant au chemisage des efforts et déformations localisées.

L'ovalisation différée est calculée avec la solution analytique d'Einstein-Schwartz pour l'effet des charges géostatiques et la solution analytique de Hoeg pour l'effet des charges d'exploitation. L'expression de l'ovalisation verticale est dérivée des 2 solutions en supposant une interface sol-conduite parfaitement lisse et en négligeant la raideur en flexion du chemisage/tubage. Par ailleurs, on utilise un module du sol en petites déformations pour l'effet des charges d'exploitation.

5.2.9 Justifications des chemisages et tubages circulaires pour l'état d'accueil III

On suppose que le tuyau d'accueil est totalement dégradé et est assimilable au sol encaissant. Il retransmet simplement les charges au chemisage-tubage.

Mécaniquement, c'est la diminution de raideur du tuyau d'accueil qui provoque le transfert d'une partie des charges vers le chemisage-tubage. A long terme on suppose que la raideur du tuyau d'accueil tend vers celle du sol. Le chemisage-tubage s'ovalise ce qui provoque une redistribution des pressions et notamment l'augmentation de la pression horizontale qui permet au chemisage-tubage souple de résister à la pression verticale.

Dans le cadre de cette méthode simplifiée, on utilise la solution analytique établie par Einstein et Schwartz (précédemment utilisée pour l'état d'accueil II) qui est la plus explicite en ce qui concerne le calcul élastique linéaire en déformation plane d'une coque dans un massif.

5.2.10. Justification des chemisages ou tubages non circulaires sous l'action de la nappe pour les états d'accueil I et II

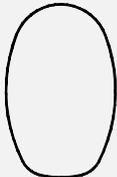
Cette méthode ne traite pas la justification des tubages non circulaires pour l'état d'accueil III. On peut utiliser une méthode aux éléments finis en 3D.

Profils « critiques » et « sous-critiques »

Ovoïde 3x2
900x600



T100
NFP 16-401



Ovoïde
1000x600



Dallot
800x500



Profils "critiques"

Profils "sous-critiques"

Il convient de disposer d'un relevé du profil de l'ouvrage et notamment du rayon de courbure des piédroits (cas d'un ovoïde) qui joue un rôle important dans la résistance au flambement.

5.2.10 Justification des chemisages ou tubages non circulaires sous l'action de la nappe pour les états d'accueil I et II

La méthode de calcul est applicable aux profils ovoïdes, arche... sans parties rectilignes et également à des formes avec parties rectilignes (ovales ou dalots rectangulaires par exemple).

Les hypothèses de calcul sont les mêmes que pour les profils circulaires.

Profils « critiques » et « sous-critiques »

La méthode de calcul envisage le cas des profils formés d'arcs de cercle appelés « critiques » (ovoïdes...) et le cas des profils qui comportent des parties rectilignes (ovales...) appelés « sous-critiques ». Les profils « critiques » sont nettement moins déformables que les profils « sous-critiques » mais leur résistance est limitée par le flambement.

Pour un chemisage, si le rayon de courbure du piédroit n'est pas connu (absence de relevé profilométrique), on suppose que le piédroit est rectiligne et on applique la méthode pour les profils « sous-critiques » ce qui peut être pénalisant.

6. MISE EN OEUVRE

6 MISE EN OEUVRE

6.1. Généralités

6.1 Généralités

Le présent chapitre inclut les phases de préparation et d'exécution du chantier.

La période de préparation est actée par un ordre de service spécifique

6.1.1. Dispositions relatives au management de la qualité et au respect de l'environnement

6.1.1 Dispositions relatives au management de la qualité et au respect de l'environnement

Ces dispositions sont précisées dans le chapitre 3

L'attention des rédacteurs de marchés de travaux est attirée sur le fait que le niveau d'exigences en matière de documentation doit être adapté au regard de la complexité des travaux, du marché, et des contraintes extérieures.

6.1.2. Réunion de début de préparation de chantier

6.1.2 Réunion de début de préparation de chantier

En l'absence de maître d'œuvre désigné, le maître d'ouvrage devient l'interlocuteur direct de l'entrepreneur.

Pour les travaux d'assainissement, le maître d'ouvrage fait appel à un organisme indépendant de contrôle de compactage, de l'inspection visuelle ou télévisuelle, et d'étanchéité des canalisations.

Dès la notification de l'ordre de service fixant le début de la préparation du chantier (CCAG 28.1), le maître d'œuvre organise une réunion de chantier à laquelle l'entreprise doit participer, ainsi que le coordonnateur sécurité et l'organisme de contrôle chargé des vérifications sur l'ouvrage.

Sont invités à participer, les fournisseurs principaux, les exploitants, les gestionnaires de voirie, le gestionnaire du domaine public.

Cette réunion a pour objectif de :

- vérifier in situ, les données du marché en présence de tous les intervenants, y compris les données de l'entreprise fournies dans son offre
- analyser les éléments du DCE remis à l'entrepreneur par le maître d'œuvre :
 - le projet,
 - les Déclarations de Travaux,

Le cas échéant, le détail de la mission de « supervision géotechnique d'exécution (G4) » (cf. [NF P 94-500](#)) est pris en compte lors de cette réunion de préparation.

Exemples de contraintes spécifiques :

- *courant vagabond,*
- *protection des végétaux ou des ouvrages implantés au voisinage des travaux*
- *protection de l'ouvrage à construire vis-à-vis des végétaux existants*
- *techniques de réalisation*
- *traversées de voies ferroviaires, canaux, autoroutes, ...*

- les récépissés de DT,
- les investigations complémentaires,
- les clauses techniques et financières,
- les données préalables,
- les données géotechniques.
- examiner les points suivants :
 - les contraintes du site, notamment :
 - les accès des riverains,
 - les accès des services publics,
 - la longueur des fouilles qui peuvent rester ouvertes,
 - le plan de circulation imposé,
 - la durée maximum d'ouverture des fouilles,
 - les autres intervenants,
 - la continuité du service,
 - la co-activité,
 - la gestion des déblais,
 - les autres contraintes spécifiques (traversées d'ouvrages et d'infrastructures, etc.).
 - le phasage des travaux ;
 - l'implantation des points de rejet ;
 - l'emplacement du centre d'enfouissement technique ou de la décharge, ou du centre de retraitement/recyclage ;
 - l'implantation des regards de branchements (si elle ne figure pas dans le dossier de consultation d'entreprise) ;
 - pour la réhabilitation sans tranchée, l'implantation des tronçons à traiter ;
 - la localisation des organes de coupure des réseaux existants en cas d'incident ;
 - la procédure de marquage-piquetage.

6.1.3. Opérations réalisées par l'entreprise (au cours de la période de préparation)

Le PAQ est préparé par l'entreprise.

L'entreprise peut réaliser une mission géotechnique G3, si celle-ci n'est pas déjà imposée au DCE dans un rapport G2.

Les investigations complémentaires ont été effectuées préalablement à l'appel d'offres. Elles peuvent toutefois être complétées en phase de préparation de travaux si le marché le mentionne.

Une inspection vidéo s'avère nécessaire si la vidéo jointe à l'appel d'offres date de plus d'un an.

Les caractéristiques mécaniques sont notamment l'épaisseur, le coefficient de Poisson, le module d'élasticité instantané ou la rigidité annulaire spécifique instantanée, le coefficient de fluage à long terme, le moment résistant garanti à la flexion, l'allongement et/ou l'ovalisation limite admissible instantanés et différés.

La modification de l'état de surface peut concerner tous travaux même ponctuels (sciage, rabotage, ...)

6.1.3 Opérations réalisées par l'entreprise (au cours de la période de préparation)

Durant cette période, l'entreprise doit :

- Envoyer les DICT (Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux) aux exploitants des réseaux situés dans l'emprise des travaux.
- Procéder aux sondages préliminaires qui ont pour objectifs (sous réserve de les déclarer par une DICT spécifique, sauf si les sondages sont dans l'emprise des travaux déclarée dans les DICT du chantier) de :
 - Valider la classe de sol prévue à l'étude géotechnique.
 - Réaliser les opérations de localisation prévues au marché à partir des DICT et de la reconnaissance préalable.
 - Valider les matériaux proposés dans l'offre.
 - pour les travaux de réhabilitation sans tranchée :
 - Réaliser un contrôle des dimensions du réseau à traiter et une inspection vidéo si nécessaire.
 - Valider les matériaux à partir de la note technique fournie au maître d'œuvre qui reprend les éléments précisés dans l'offre, notamment :
 - les caractéristiques mécaniques et le comportement physico-chimique du matériau constitutif. Ces informations sont regroupées dans le DTA (document technique d'application) lorsque le produit est certifié dans le cadre d'une marque de qualité type NF 390.
 - le comportement mécanique de la canalisation réhabilitée.
 - le débit capable de la canalisation réhabilitée en considérant :
 - la réduction de la section,
 - le cas échéant, la modification de l'état de surface (coefficient de rugosité).
- Préciser le choix des fournisseurs et sous-traitants.
- Etablir les plans d'exécution.
- Etablir les procédures d'exécution.
- Etablir le planning d'exécution.
- Etablir le plan d'organisation du contrôle intérieur dans le cadre de travaux en tranchées. La fréquence des contrôles intérieurs doit être adaptée à la longueur du projet.

En cas d'incidence sur les fournitures prévues, l'entreprise informe ses fournisseurs.

6.1.4. Opération de marquage-piquetage

Selon l'importance et la nature des travaux, cette opération peut être confondue avec la réunion de fin de préparation du chantier. Il est toutefois conseillé de procéder au marquage à une date la plus proche possible du démarrage des travaux.

6.1.5. Réunion de fin de préparation de chantier

La réunion de fin de préparation regroupe tous les intervenants du chantier : maître d'ouvrage, maître d'œuvre, organisme de contrôle, les entreprises, les sous-traitants et les principaux fournisseurs, exploitants, coordonnateur sécurité protection de la santé (CSPS), le cas échéant.

Le but de cette réunion est de présenter et de valider le plan d'assurance qualité, les modes opératoires, le planning, les plans d'exécution, les fournitures, les contraintes, l'étude géotechnique, le diagnostic déchets, le plan de contrôle de réception,, le PPSPS et le PRE.

- Etablir le PPSPS en accord avec le Plan Général de Coordination.
- Etablir le cas échéant, un plan de retrait amiante en fonction des données précisées au CCTP.

Si, au cours de la préparation des travaux, l'entrepreneur décèle une contrainte imprévue (technique, amiante, pollution, ...) ou une impossibilité d'exécution, il la signale immédiatement par écrit au maître d'œuvre.

L'ensemble des dispositions citées ci-dessus sont soumises au maître d'œuvre pour visa.

6.1.4 Opération de marquage-piquetage

Le maître d'ouvrage est responsable du marquage-piquetage. Selon les clauses prévues au CCTP, le maître d'ouvrage réalise ou fait réaliser les opérations de marquage-piquetage

Le maître d'ouvrage remet un compte rendu de marquage-piquetage à l'entreprise.

6.1.5 Réunion de fin de préparation de chantier

A l'issue de la période de préparation, une réunion est organisée par le maître d'œuvre. Au terme de cette réunion, le Plan d'Assurance Qualité (PAQ) et le Schéma Directeur de la Qualité (SDQ) sont validés en tenant compte des dispositions du SOPAQ.

Les documents d'exécution sont visés par le maître d'œuvre.

L'entreprise est tenue d'y participer et peut y inviter ses principaux fournisseurs et sous-traitants.

L'entrepreneur est tenu de porter à la connaissance du maître d'œuvre tout élément qui lui apparaîtrait susceptible d'affecter la bonne réalisation des travaux, notamment à l'issue du contrôle des documents que lui aurait fournis le maître d'œuvre (CCAG.29.1 et 29.2).

6.2. Conditions d'accessibilité au chantier

6.2.1. Travaux en domaine public

Les prescriptions et autorisations administratives obligatoires, dont l'obtention est à la charge du maître d'ouvrage, et qui sont requises pour le commencement des travaux sont précisées à l'article 31 du CCAG.

Il est souhaitable d'établir un constat d'état des lieux contradictoire avec les riverains, le gestionnaire de voirie et les concessionnaires intéressés, pour éviter toute contestation ultérieure.

6.2.2. Travaux en propriété privée

La largeur d'emprise nécessaire à l'exécution des travaux est fonction du diamètre et de la profondeur de la conduite, de la tenue du terrain, et des conditions d'exécution (ouverture en "V", blindage, battage, etc.).

Il pourra être judicieux, notamment en cas d'emploi d'engins mécaniques, de délimiter la zone d'emprise des travaux par une clôture légère (par exemple, deux fils de fer fixés sur des poteaux de bois).

Il est rappelé qu'avant toute intervention en propriété privée, une constitution de servitude établie entre le maître de l'ouvrage et le propriétaire est nécessaire. En général, la largeur de la zone de servitude est de 12 m.

Il est souhaitable d'établir un constat des lieux contradictoire avec les propriétaires, riverains et les concessionnaires intéressés, pour éviter toute contestation ultérieure.

6.2.3. Signalisation

6.2 Conditions d'accessibilité au chantier

6.2.1 Travaux en domaine public

Le maître ouvrage communique à l'entreprise les autorisations qu'il a obtenues des gestionnaires du domaine public.

6.2.2 Travaux en propriété privée

L'entrepreneur ne doit pas faire circuler les ouvriers et les engins hors de la zone d'emprise définie au CCTP, sauf accord que l'entrepreneur pourrait obtenir des propriétaires des terrains traversés et sous sa responsabilité. Cette zone d'emprise peut être plus étendue que la zone de servitude légale. Il est impératif pour éviter toute contestation ultérieure, de procéder, contradictoirement, avec les propriétaires intéressés, à un constat des lieux et au besoin à un état exact des limites séparatives des propriétés en faisant appel, s'il est nécessaire, à un homme de loi.

6.2.3 Signalisation

Nonobstant les dispositions de l'article 31.6 du CCAG 31.6, après avoir obtenu les consignes des gestionnaires du domaine public, l'entrepreneur est responsable de la signalisation de son chantier et de sa maintenance.

L'instruction ministérielle sur la signalisation routière livre I, 8ème partie intitulée « signalisation temporaire » ou les prescriptions des services du gestionnaire compétent des collectivités seront respectées.

6.2.4. Protection de chantiers

Les dispositifs de protection concernent les intervenants sur le chantier et les riverains.

Les dispositions en matière de santé et sécurité sont précisées au chapitre 8.

6.3. Conditions d'acceptation des produits sur chantier

6.3.1. Cas des produits fournis par le maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage doit toutefois s'assurer que les dispositions mentionnées au CCTP ne dérogent pas aux articles 24 et 25 du CCAG. Dans l'affirmative, le CCAP doit mentionner les éléments pour lesquels le marché introduit une dérogation.

6.3.2. Cas des produits fournis par l'entrepreneur

6.3.2.1. Vérifications générales

Le marquage des produits doit être conforme aux normes et référentiels de certification le cas échéant.

Les référentiels des marques de qualité sont librement téléchargeables.

L'entreprise s'assure au préalable, dès la commande et à la livraison sur chantier, de la conformité des matériels approvisionnés avec les éléments validés par le maître d'œuvre (diamètre, résistance mécanique...), mais également de l'intégrité et de l'absence de défauts visibles (griffure, corrosion, éclat...), intérieurs comme extérieurs.

6.2.4 Protection de chantiers

Le PPSPS reprendra les dispositifs de protection du chantier, notamment au regard des dispositions de l'article 31.4 du CCAG.

6.3 Conditions d'acceptation des produits sur chantier

6.3.1 Cas des produits fournis par le maître d'ouvrage

L'entreprise se conforme aux conditions d'acceptation des produits définies dans le CCTP.

Si ces produits font l'objet de réserves de la part de l'entrepreneur, celui-ci se conforme aux instructions qui lui sont alors données par le maître d'œuvre.

6.3.2 Cas des produits fournis par l'entrepreneur

6.3.2.1 Vérifications générales

Les produits préfabriqués pour réseaux neufs (tuyaux, raccords et pièces diverses) et les produits de réhabilitation (mortier, résines, chemise, éléments préfabriqués) font l'objet, dans tous les cas, sur chantier avant leur mise en œuvre de vérifications par le maître d'œuvre portant sur :

- la conformité à la commande dont :
 - la conformité aux normes, s'il y a lieu, celle-ci pouvant être attestée par :
 - le marquage correspondant à une certification, associé à un certificat en vigueur fourni en préalable (voir chapitre 4 Nature et qualité des produits et des matériaux)
 - ou, à défaut, par une réception par lots décrite au chapitre 4
 - la conformité à l'avis technique, s'il y a lieu, celle-ci pouvant être attestée par le marquage correspondant à un avis technique associé à un certificat en vigueur fourni en préalable (chapitre 4 Nature et qualité des produits et des matériaux)
 - la conformité aux prescriptions du marché définies par le maître d'œuvre et validées en période de préparation.
- l'aspect et le contrôle de l'intégrité, (présence de tous les composants

6.3.2.2. Cas des produits relevant d'une certification

Les certificats de qualité visent l'unité de production et les produits qu'elle fabrique.

Une certification vise l'ensemble des moyens de production et de contrôle d'une unité de production. Elle consiste, en particulier, à s'assurer que les contrôles pratiqués systématiquement par le producteur donnent une image fidèle de la qualité de sa fabrication et que, par conséquent, la consultation des registres de contrôle permet de vérifier que cette fabrication est bien conforme aux spécifications annoncées.

Le maintien du certificat de qualité est subordonné à l'engagement que doit prendre le producteur de remplacer, à ses frais, les produits qui se seraient révélés défectueux à la suite des vérifications prescrites par le maître d'œuvre et, dans ce cas, à rembourser les frais de ces vérifications.

Pour la réhabilitation par chemisage et tubage sans espace annulaire le règlement de marque NF390 demande le marquage minimum suivant :

- logo de la marque;
- nom de l'application,
- référence au site internet
- si possible, la liste des caractéristiques certifiées

La conformité au marquage peut être contrôlée par le maître d'ouvrage sur les produits livrés, par un laboratoire habilité. Cette prestation est à la charge du maître d'ouvrage, sauf si le résultat du contrôle met en évidence une non conformité. Dans ce cas, il sera à la charge de l'entreprise qui pourra se retourner vers le fournisseur.

6.3.2.3. Cas des produits non certifiés relevant d'une norme

constitutifs du produit, absence de détérioration : griffure, corrosion, éclat, ...); une première vérification ayant déjà été effectuée par l'entreprise lors de la livraison.

Les produits utilisés dans les travaux sans tranchée sont contrôlés conformément au chapitre 4.2

6.3.2.2 Cas des produits relevant d'une certification

Sauf stipulations différentes du marché, les produits préfabriqués (tuyaux et autres éléments) faisant l'objet d'une certification de qualité, ne sont pas soumis à d'autres vérifications que celles figurant ci-dessus.

Les produits préfabriqués (tuyaux et autres éléments) faisant l'objet d'une certification sont marqués d'un des sigles ou logos correspondants à chaque règlement de certification.

6.3.2.3 Cas des produits non certifiés relevant d'une norme

Sauf stipulations différentes du marché, ces produits préfabriqués (tuyaux et autres éléments) sont soumis aux vérifications figurant à l'article 6.3.2.1 ainsi qu'à la vérification de leur appartenance au lot réceptionné par le maître d'œuvre dans les conditions décrites au chapitre 4.

Pour la réhabilitation sans tranchée, les produits polymérisés en place ou pré déformés ont 2 stades spécifiques : M (manufacturé) et I (installé).

6.3.2.4. Cas des produits non certifiés et ne relevant pas d'une norme

6.3.2.5. Cas des produits refusés

6.4. Conditions de manutention et de stockage des produits

Les inserts de manutention disposés dans les produits en béton sont uniquement destinés à leur déchargement et à leur mise en fouille. L'entrepreneur respecte les guides et prescriptions de manutention et stockage des produits manufacturés.

En cas de stockage de longue durée sous fortes ou basses températures, une attention particulière est apportée à la plupart des produits et matériaux synthétiques:

- garnitures d'étanchéité (Annexe C de la Norme [ISO 4633](#))
- tubes thermoplastiques
- chemises thermodurcissables
- géosynthétiques

Pour les conditions de stockage, il convient de se reporter aux consignes et recommandations des fabricants qui sont adaptées aux produits ainsi qu'à

L'appartenance à ce lot est matérialisée par une identification spécifique prouvant l'acceptation du produit.

Pour les travaux de réhabilitation sans tranchée, lorsque le produit est mis en œuvre par une entreprise non certifiée, le maître d'œuvre effectue une réception par lot.

6.3.2.4 Cas des produits non certifiés et ne relevant pas d'une norme

Les produits non certifiés sont contrôlés conformément aux articles 4.1.1.2 à 4.1.3

A défaut de référentiel, les contrôles sont effectués selon les spécifications et les modalités définies par le maître d'œuvre. Ils correspondent à minima à ceux décrits dans les normes [NF EN 476](#), [NF EN 14457](#) et [NF EN 13380](#) et la partie 1 de la norme [NF EN 11296](#).

6.3.2.5 Cas des produits refusés

Les produits refusés pour un motif quelconque sont revêtus d'un marquage spécial. Ils sont isolés et enlevés rapidement par les soins et aux frais de l'entrepreneur. Une zone de stockage spécifique est aménagée et identifiée.

6.4 Conditions de manutention et de stockage des produits

Il convient de tenir compte des recommandations du fabricant pour le stockage et la manutention.

De façon générale, les produits sont manipulés et stockés dans des conditions susceptibles de ne pas les détériorer. En particulier, la manutention et le transport sur chantier des produits doivent être assurés selon les règles de l'art et avec les moyens adaptés.

L'élingage par l'intérieur du produit est interdite.

Il convient de déposer les produits sans brutalité sur le sol et de ne pas les rouler ou les traîner sur des pierres ou sur un sol rocheux, mais sur des chemins de roulement.

Une attention particulière doit être portée aux extrémités des éléments constitutifs du réseau.

leur conditionnement (Ex : maintien du cerclage des tuyaux, calage de part et d'autre, pose à plat des regards, etc.).

Pour l'eau potable, le maintien des bouchons de protection est assuré.

NB : Pour les tubes et les produits en rouleaux, on évite les empilages appuyés aux clôtures ou aux murs.

6.5. Conditions d'acceptation des matériaux de remblayage sur chantier

6.5.1. Cas du réemploi des terrains en place

A l'appui des études géotechniques, et dans le cadre de la préservation des ressources naturelles, le maître d'ouvrage aura examiné toute possibilité de réemploi des matériaux en place.

6.5.2. Cas des matériaux d'apport

Classification des sols :

Guide du remblayage des tranchées GTR

Norme [NF P 11 300](#) :

6.5 Conditions d'acceptation des matériaux de remblayage sur chantier

6.5.1 Cas du réemploi des terrains en place

Pour la réutilisation des matériaux en place, les conditions de réemploi et leurs traitements éventuels (criblage, chaulage, humidification,...) sont définis dans les études préalables.

Si le matériau et/ou son état hydrique diffèrent de ceux identifiés lors des études préalables, l'entreprise informe le maître d'œuvre qui définit les dispositions à prendre en accord avec le maître d'ouvrage

La classification GTR récente (moins d'un an) et l'état hydrique des matériaux, lors de leur mise en œuvre, doivent être communiqués au maître de l'ouvrage, ou son représentant, pour transmission à l'organisme chargé du contrôle de compactage.

6.5.2 Cas des matériaux d'apport

L'entrepreneur vérifie que les matériaux livrés sont conformes à la fiche produit du matériau prévu dans son offre.

Le maître d'œuvre valide la conformité des fiches « produits » qu'il a préalablement reçues dans l'offre.

La classification GTR et l'état hydrique des matériaux doivent être communiqués au maître d'ouvrage pour transmission à l'organisme chargé du contrôle de compactage.

6.6. Travaux en présence d'eau

Les types de matériaux utilisables et leurs modes de mise en œuvre dans ce type de contrainte sont identifiés dans les données préalables.

6.6.1. Cas ne nécessitant pas de rabattement de nappe

6.6.1.1. Généralités

Le maître d'œuvre, après l'accord du maître d'ouvrage, peut autoriser des épaissements s'il reconnaît que l'évacuation des eaux par gravité est impossible ou plus onéreuse.

Dans le cas de nappes aquifères ou de venues d'eaux exceptionnellement importantes, l'entrepreneur peut proposer au maître d'œuvre les moyens à utiliser s'ils ne sont pas prévus dans le CCTP.

Le maître d'œuvre signale à l'entrepreneur les points de déversement qu'il a reconnus, lui en facilite l'accès et lui fournit les autorisations administratives.

Dans le cas de risques d'entraînement de matériaux fins, il peut être nécessaire, préalablement au terrassement, de battre un blindage jointif (rideau de palplanches, le plus souvent) avec une fiche suffisante au-dessous du fond de la tranchée, afin de diminuer le gradient hydraulique lors de pompages. En cas de fiche importante, eu égard à la largeur de la tranchée, le retrait des blindages peut occasionner des désordres dans la tenue du lit de pose. Pour y remédier, il peut être recommandé d'employer des techniques visant à diminuer les frottements sol-blindage (par ex. : enduits de bitume). On peut être conduit aussi à effectuer également un rabattement préalable de la nappe par pointes filtrantes ou puits.

Le code de l'environnement impose de définir les dispositions adoptées par le maître d'ouvrage pour protéger les milieux aquatiques en phase définitive et en phase travaux. Cela passe par la gestion des eaux pluviales, le rétablissement des écoulements naturels extérieurs, la filtration des rejets (notamment le traitement des Matières en Suspension).

6.6 Travaux en présence d'eau

Une attention particulière doit être portée aux matériaux et à leurs conditions de mise en œuvre dans le cas de travaux en présence d'eau.

Pour tous les travaux en tranchée et sans tranchée, le principe est celui du travail hors d'eau qui peut nécessiter une simple évacuation des venues d'eau, un rabattement de nappe, une suppression des infiltrations d'eaux parasites, ou une protection étanche spécifique pour les travaux sans tranchée.

6.6.1 Cas ne nécessitant pas de rabattement de nappe

6.6.1.1 Généralités

Le CCTP précise les dispositions à prendre pour évacuer les eaux du chantier et, le cas échéant, les points de déversement identifiés, ainsi que les modalités d'accès et d'usage.

Sauf stipulations contraires du CCTP, l'entrepreneur doit, avec l'accord du maître d'œuvre, organiser ses chantiers de manière à les débarrasser des eaux de toute nature (eaux pluviales, eaux d'infiltration, eaux de source ou provenant de fuites de canalisations, eaux de process, eaux de rinçage, etc. ...), à maintenir les écoulements et à prendre les mesures utiles pour que ceux-ci ne soient pas préjudiciables aux biens de toute nature susceptibles d'être affectés. Il est tenu d'avoir sur le chantier ou à sa disposition les moyens d'épuisement éventuellement nécessaires. Il soumet au maître d'œuvre les dispositions envisagées, notamment sur le matériel à adopter, si l'épuisement nécessite du pompage.

Dans le cas de nappes aquifères ou de venues d'eau exceptionnellement abondantes, l'entrepreneur propose au maître d'œuvre les moyens à utiliser s'ils ne sont pas prévus au CCTP.

Les dispositifs permettant cette gestion des eaux peuvent nécessiter de prévoir des emprises spécifiques.

6.6.1.2. Fond de tranchée

Il est recommandé, en présence de sols fins, d'enrober les drains ou la couche de matériaux drainants d'une nappe géosynthétique pour éviter les entraînements de fines et la déstabilisation du lit de pose par la migration des éléments fins du sol ou de la couche de matériaux drainants (pour l'identification des sols donnant lieu à ce risque, se référer à la classification GTR = matériaux de classe A). Les caractéristiques du géosynthétique sont déterminées pour garantir la filtration.

6.6.2. Rabattement de nappe phréatique

Le maître d'œuvre fournit à l'entrepreneur tous renseignements qu'il connaît sur les venues d'eau à redouter et sur les moyens employés dans les cas analogues.

Lorsqu'un simple pompage en fond de fouille est inadapté, deux méthodes peuvent être utilisées :

a) la méthode des puits filtrants, bien adaptée dans les cas suivants :

- terrain de bonne perméabilité,*
- rabattement à grande profondeur,*
- chantiers fixes.*

Elle nécessite le creusement de puits équipés chacun d'une crépine, d'un

6.6.1.2 Fond de tranchée

Il est précisé dans le CCTP les zones où il est nécessaire d'exécuter des drainages temporaires et leurs consistances.

Sauf stipulations particulières dans le CCTP, pour permettre l'exécution des travaux, l'entrepreneur réalise des drainages temporaires à l'aide de drains entourés d'une épaisseur suffisante de matériaux drainants ou à l'aide d'une couche de matériaux drainants.

Les drains sont placés latéralement (et non dans l'axe de la canalisation) pour ne pas risquer de dommages lors de la pose des tuyaux.

Les drains ou la couche de matériaux drainants sont obturés, à la fin des travaux, au droit de chaque regard, sauf stipulations différentes du maître d'œuvre.

Le fond de tranchée doit être préservé. Dans le cas contraire il doit être rétabli par tout moyen approprié.

En cas de doute sur la qualité du fond de fouille il convient d'appliquer les dispositions prévues au 6.7.1.

L'exutoire des eaux captées est fixé par le maître d'œuvre, selon les directives du maître d'ouvrage.

6.6.2 Rabattement de nappe phréatique

L'étude géotechnique définit les techniques à utiliser. Lorsqu'il se trouve au-dessous du niveau de la nappe phréatique, le fond de fouille est mis hors d'eau en abaissant ce niveau par un rabattement de nappe.

La cote de rabattement se situe entre 0,30 et 0,40 mètres au-dessous du fond de fouille.

La nappe est alors maintenue pendant la durée des travaux de pose à une cote inférieure à celle du fond de fouille.

L'entrepreneur prend des dispositions pour que la descente ou la remontée du niveau de la nappe soit aussi progressive que nécessaire pour éviter la déstabilisation du sol en place pouvant créer des désordres soit sur l'ouvrage réalisé, soit sur les structures voisines (bâtiments, immeubles, ...).

filtre et d'une pompe immergée à fort débit.

b) La méthode des pointes filtrantes, la plus employée en assainissement car mieux adaptée pour :

- *les terrains d'assez faible perméabilité,*
- *le rabattement à profondeur inférieure à 6 mètres,*
- *les chantiers mobiles.*

Une pompe à vide dessert un ensemble de pointes filtrantes qui est déplacé au fur et à mesure de l'avancement du chantier.

Le maître d'œuvre précise aussi :

- *le débit auquel les installations de l'entrepreneur doivent pouvoir faire face,*
- *les zones de rejet des eaux d'exhaure,*

Note : le code de l'environnement impose de définir les prescriptions visant à protéger les milieux aquatiques en phase définitive et en phase travaux. Cela passe par la gestion des eaux pluviales, le rétablissement des écoulements naturels extérieurs, la filtration des rejets (traitement des Matières En Suspension).

Les dispositifs permettant cette gestion des eaux peuvent nécessiter de prévoir des emprises spécifiques.

- *la cote extrême à laquelle peut être rabattue la nappe, les mesures de niveau qui devront être faites et leur périodicité,*
- *le coefficient de perméabilité.*

Un rabattement de nappe ne peut être improvisé. Il demande une étude préalable poussée pour laquelle une connaissance approfondie du sol est nécessaire :

- *hauteur de la nappe et variations de son niveau dans le temps,*
- *perméabilité et granulométrie des différentes couches du terrain.*

Les filtres disposés autour des pointes ou des puits filtrants sont adaptés à la granulométrie du terrain pour éviter tout risque d'entraînement des éléments fins du sol et les conséquences néfastes qui en résulteraient pour la fouille et son environnement.

Des précautions sont à prendre pour préserver l'environnement de nuisances sonores.

L'entrepreneur propose des procédés techniques à utiliser pour exécuter les travaux de rabattement. Il remet au maître d'œuvre un programme de travaux indiquant :

- la méthode de rabattement retenue,
- les caractéristiques du matériel utilisé,
- les phases successives de rabattement,
- l'implantation des pointes ou puits filtrants,
- la constitution des filtres,
- les mesures prises pour éviter toute remontée intempestive de la nappe.

Le maître de l'ouvrage doit préciser, dans le CCTP, toutes les indications nécessaires sur la nature du sol et son hydrologie (voir 2.2.2.1).

6.6.3. Techniques spéciales

Si le CCTP n'a pas prévu de faire appel à ces techniques, les prestations correspondantes sont réglées selon les dispositions applicables aux modifications contractuelles de l'article 30 du CCAG.

Ces techniques peuvent nécessiter une expérience particulière et donc des références en la matière que ne possèdent pas toutes les entreprises.

6.6.3.1. Injections de traitement de terrains

L'injection consiste à envoyer sous pression un produit dans le terrain à traiter, par l'intermédiaire de forages qui le traversent.

Les produits d'injection se classent en 3 catégories :

- **Coulis à base de ciment :**

Les coulis de ciment stabilisés par un apport de bentonite sont employés pour les travaux d'étanchement.

Les coulis de ciment pur ou chargé en sables ou cendres volantes sont surtout utilisés en travaux de consolidations.

- **Coulis à base de silicates de soude :**

Ce sont des liquides composés de silicate de soude plus ou moins dilué, additionné d'un réactif. Leur viscosité évolue dans le temps pour atteindre un état solide appelé "gel".

Pour les travaux d'étanchement on utilise des "gels mous" à faible dosage de silicate, le processus de gélification étant habituellement obtenu par ajout d'un réactif minéral (bicarbonate ou aluminat de soude).

L'injection de ce type de coulis est pratiquée lorsque la granularité trop fine et la faible perméabilité des terrains n'autorisent plus l'imprégnation par les coulis à base de ciment.

- **Résines :**

Elles ne sont employées que lorsque les coulis précédents ne sont pas injectables dans les terrains rencontrés.

Les espacements entre forages sont fonction du terrain :

- 0,8 à 1,3 mètre dans les sables fins;

- 1 à 2 mètres dans les sables et graviers.

6.6.3 Techniques spéciales

Lorsque le rabattement de nappe ne peut être pratiqué parce que le terrain ne s'y prête pas ou qu'il risque d'occasionner des dommages à l'environnement, il est fait appel aux techniques spéciales :

- injections à des fins de traitement de sol,
- congélation du sol.

Les résultats des études et essais effectués et qui ont conduit à retenir ces techniques spéciales doivent être fournies au DCE (Voir chapitre 2).

6.6.3.1 Injections de traitement de terrains

- L'entreprise, sur la base des éléments fournis au DCE (Voir 2.2.2.1), précise : le type du produit retenu et sa composition,
- le maillage des forages,
- l'équipement des forages,
- les paramètres d'injection.

Alternativement, l'entrepreneur garde le libre choix des matériels et procédés techniques à utiliser pour mettre en œuvre les produits d'injection. Il fournit pour chaque zone à traiter son programme d'injection qui précise :

- la répartition et l'ordre des forages,
- les quantités théoriques de produit à injecter,
- les pressions limites d'injection.

Les forages sont équipés de tubes lisses scellés jusqu'au toit de la zone à traiter, puis de tubes à manchettes permettant d'injecter dans celle-ci par passes successives de 0,30 à 1 mètre.

6.6.3.2. Congélation

On a recours à la congélation lorsqu'elle présente des avantages techniques et financiers sur les autres procédés.

Dès qu'il y a circulation d'eau dans le terrain, la durée de congélation augmente. Quand cette circulation est trop active, la congélation devient difficile.

La congélation des terrains est obtenue en faisant circuler un fluide frigorigène dans des sondes enfoncées dans le terrain et constituées de 2 tubes concentriques.

L'eau en contact avec la sonde se congèle et la zone solidifiée s'accroît de proche en proche permettant d'obtenir un ensemble homogène et étanche.

Les procédés courants utilisent des saumures refroidies à l'aide d'un groupe frigorifique ou de l'azote liquide.

6.7. Exécution des fouilles

6.7.1. Généralités

L'attention des maîtres d'œuvre est attirée sur le grand nombre d'accidents qui se produisent sur les chantiers de pose de canalisations d'assainissement.

La rédaction des pièces du marché doit refléter les conditions d'exécution du chantier, notamment grâce aux informations fournies dans l'étude géotechnique sur la tenue mécanique des terrains. Le maître d'œuvre doit donc s'attacher à faire préciser les moyens que l'entreprise devra déployer pour assurer la conduite du chantier dans les meilleures conditions de sécurité possibles.

Le code du travail (R4534-22 à 39) prescrit que les fouilles des tranchées ayant plus de 1,30 m de profondeur ne peuvent être exécutées qu'avec des

6.6.3.2 Congélation

Le CCTP précise la situation et les dimensions de la zone à congeler ainsi que celles de l'emplacement dont dispose l'entrepreneur pour ses installations de congélation.

L'entrepreneur garde le libre choix des matériels et procédés techniques à utiliser pour les travaux de congélation. Sur la base des études géotechniques, il remet au maître d'œuvre un programme indiquant :

- le nombre, les caractéristiques et l'implantation des tubes congélateurs,
- les dispositions prévues pour la production du froid et les circuits de circulation du fluide congélateur,
- éventuellement les dispositions spéciales relatives à certaines couches de terrain,
- les mesures de sécurité prises pour assurer le maintien de la congélation,
- les effets prévisibles de la décongélation des sols postérieure aux travaux.

6.7 Exécution des fouilles

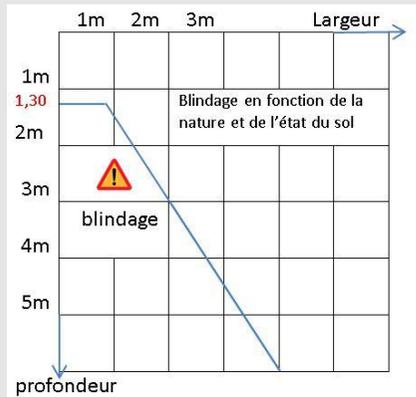
6.7.1 Généralités

L'entrepreneur met en œuvre les dispositions utiles pour éviter tous éboulements et assurer la sécurité du personnel, conformément aux règlements en vigueur, notamment sur les blindages.

En cas d'urgence l'entrepreneur prendra toutes les dispositions pour assurer la sécurité du chantier. L'entreprise et le maître d'œuvre apprécieront les moyens à mettre en œuvre pour poursuivre le chantier. Les moyens seront actés par évolution du PAQ, sous réserve d'une validation du maître d'œuvre et du coordonnateur SPS.

Au cours des travaux, l'entreprise veille à ce que le dépôt de déblais et la circulation des engins ne puissent provoquer d'éboulement.

parois verticales blindées ou des parois talutées; l'angle de talutage doit tenir compte de la nature du terrain et des surcharges éventuelles.



En deçà de 1,30m, les parois sont aménagées, eu égard à la nature et à la tenue des sols, de façon à prévenir les éboulements; à défaut le recours au blindage, étais ou étrépillons appropriés s'impose.

() à titre indicatif, et à défaut de précision au CCTP, une valeur de résistance de pointe de 2 MPa ou une valeur de module à la plaque EV2 de 35 MPa permettent d'assurer une portance suffisante.*

L'urgence de certaines réparations, suite à un dommage, peut justifier que l'entrepreneur informe directement l'exploitant du réseau avant d'en référer au maître d'œuvre.

Dans le cas de sol fluent, ou susceptible de le devenir au cours des travaux, le blindage doit être jointif.

Le CCTP précise si les matériaux extraits de la tranchée doivent être triés, réutilisés ou évacués. La destination des matériaux extraits est précisée, le cas échéant, dans la NRE (cf. 3.3.2.1).

Les terres en excédent ou impropres au remblayage sont évacuées dans les filières appropriées et dans des destinations agréées par le maître d'ouvrage ou son représentant.

Le fond de fouille est arasé à la pente du projet. Pour les regards et les boîtes, il est horizontal.

Si le fond de fouille n'a pas une résistance suffisante (*), ou une régularité permettant d'assurer la stabilité du lit de pose des tuyaux, des regards et du remblai, l'entrepreneur en informe le maître d'œuvre, lequel procède aux constatations nécessaires et arrête les mesures à prendre si celles-ci ne sont pas prévues au CCTP.

Lors de l'exécution des fouilles, il faut éviter le remaniement du fond de fouille, en particulier en cas de sols sensibles (argile, sable de faible densité)

Pour qu'aucun dommage ne soit causé aux canalisations, conduites, câbles, ouvrages de toutes sortes rencontrés pendant l'exécution des travaux, l'entrepreneur prend toutes dispositions utiles pour le soutien de ces canalisations ou conduites. Si ces dispositions ne figurent pas au CCTP, il propose au maître d'œuvre les mesures à adopter.

En cas de dommages à un réseau, et après avoir mis son chantier en sécurité, l'entrepreneur en informe sans délai l'exploitant du réseau et en rend compte au maître d'œuvre. Il renseigne avec l'exploitant le formulaire correspondant (CERFA 1766).

6.7.2. Renforcement de fond de fouille

Les conditions de mise en œuvre précisent notamment selon les cas :

- L'épaisseur et les matériaux de substitution,
- Les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles du géosynthétique,
- La compatibilité des différents matériaux.

6.7.3. Exécution de tranchées sous voirie

6.7.4. Dimensions des tranchées

Ces valeurs vont au-delà des minimums prescrits par la [NF EN 1610](#), principalement pour :

- Permettre un accès nécessaire au personnel pour exécuter les travaux en sécurité.
- Permettre de bonnes conditions de compactage.
- Disposer d'un espace suffisant pour les contrôles de compactage.

6.7.2 Renforcement de fond de fouille

En cas de nécessité de procéder à un renforcement de sol, le CCTP précise la technique à utiliser ainsi que les conditions de mise en œuvre :

- substitution de sol ;
- renforcement par géosynthétique ;
- cloutage ;
- traitement de sol (chaux ciment) ;
- radier général avec ou sans pieu.

Si cette nécessité apparaît en cours de chantier, l'entreprise propose au maître d'ouvrage ou son représentant une solution technique sur la base des éléments communiqués par le ce dernier.

6.7.3 Exécution de tranchées sous voirie

Lorsqu'une tranchée est ouverte sous chaussée, trottoir ou chemin, l'entrepreneur commence par découper (sciage, rabotage) avec soin, sur l'emprise de la tranchée, les matériaux qui constituent le revêtement, ainsi que ceux de la fondation, sans ébranler ni dégrader les parties voisines.

En particulier, il doit être précisé dans le CCTP si les matériaux provenant de la chaussée sont réutilisables, ou s'ils doivent être évacués en centre d'enfouissement technique.

6.7.4 Dimensions des tranchées

La largeur de tranchée minimale, au fond de fouille, entre les blindages est déterminée en fonction :

- de la profondeur de la tranchée
- du diamètre extérieur (Dext) du fût du tuyau
- de l'espace de travail de part et d'autre du tuyau
- de l'espace disponible entre blindage et tuyau pour compactage des remblais

La largeur retenue doit permettre :

- D'y placer les tuyaux et autres éléments.
- D'y réaliser les assemblages.
- D'y effectuer convenablement les remblais autour de la canalisation, y compris le compactage.
- D'assurer les contrôles de compactage réglementaires.

Il sera utile de vérifier la cohérence entre l'objectif de compactage défini au CCTP et les hypothèses retenues pour le dimensionnement.

En cas d'utilisation en remblai des produits auto-compactants, leur mise en œuvre se fera suivant le guide édité par le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU) « Remblayage des tranchées. Utilisation des matériaux auto-compactants. Etat des connaissances au 31 décembre 1997 », de juin 1998.

Le profil des tranchées à ouvrir est en principe laissé au choix des entrepreneurs, dans les limites fixées par les autorisations de voirie, les autorisations de passage sur les propriétés privées, ainsi que par le code du travail.

Tableau 11 : Largeur minimale des tranchées en fonction du diamètre extérieur des tuyaux et de la profondeur de tranchée

Largeur minimale de tranchée entre blindages (en mm) = (Dext + L en mm)					Largeur minimale du fond de tranchée non blindée
Diamètre extérieur du fût du tuyau (Dext en mm)	Selon Profondeur du fond de tranchée				(Dext + L' en mm)
	< 1,30m	De 1,3m à <2,5m	De 2,5m à <4m	A partir de 4m	
Jusqu'à 225	Dext+ 500	Dext + 700	Dext + 1000	Dext + 1000	Dext+500
>225 à 350	Dext + 600	Dext + 700	Dext + 1000	Dext + 1200	Dext + 600
> 350 à 600	Dext+ 800	Dext + 800	Dext + 1100	Dext + 1300	Dext+ 800
>600 à 1200		Dext + 900	Dext + 1100	Dext + 1300	Dext + 900
>1200		Dext + 1000	Dext + 1100	Dext + 1400	Dext + 1000

Pose unique en tranchée avec blindage

Il convient de respecter les préconisations de la Figure 16.

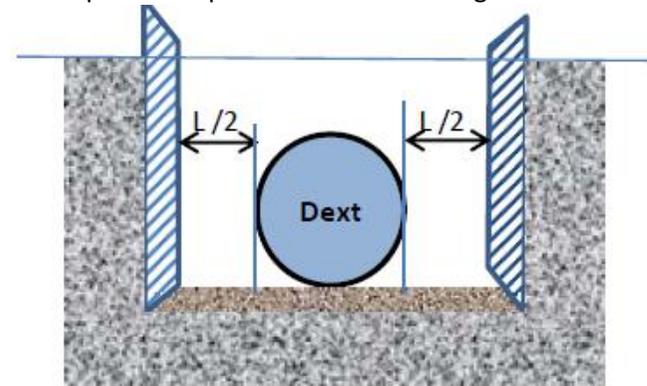


Figure 16 : Pose unique en tranchée avec blindage

L'espacement minimum est défini dans la norme NF P 98-332. L'espacement D entre réseaux doit respecter cette norme.

Pose multiple en tranchée avec blindage

Il convient de respecter les préconisations de la Figure 17.

En l'absence de spécifications au CCTP, l'espace de travail minimal D entre tuyaux doit être de 0,40 m (selon la norme NF P 98-332) pour $D_{ext} \leq 600$, et 0,50m pour $D_{ext} > 600$. L'espacement est déterminé en fonction du plus gros Dext.

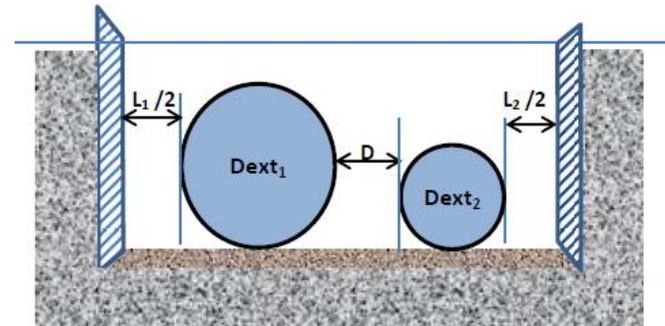


Figure 17 : Pose multiple en tranchée avec blindage

Par exemple, si la tranchée est prévue pour recevoir 2 canalisations, la largeur au fond entre blindages s'ils existent, est au moins égale à la somme des valeurs ci-après : $L_1/2 + D_{ext1} + D + D_{ext2} + L_2/2$

$L_1/2$ et $L_2/2$ sont égales à la moitié des surlargeurs indiquées au Tableau 11 : Largeur minimale des tranchées.

Pose unique en tranchée sans blindage

Il convient de respecter les préconisations de la Figure 18.

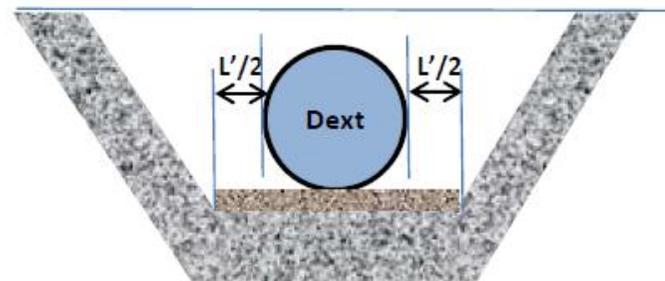


Figure 18 : Pose unique en tranchée sans blindage

Si l'utilisation de compacteurs n'est pas possible, des solutions alternatives peuvent être étudiées, par exemple : utilisation d'un matériau auto compactant lié, d'une gravette ou réalisation d'un serrage hydraulique.

Pose multiple en tranchée sans blindage

Il convient de respecter les préconisations de la Figure 19.

En l'absence de spécifications au CCTP, l'espace de travail minimal D entre tuyaux doit être de 0,40 m (selon la norme NF P 98-332) pour $D_{ext} \leq 600$, et 0,50 m pour $D_{ext} > 600$. L'espacement D est déterminé en fonction du plus gros D_{ext}

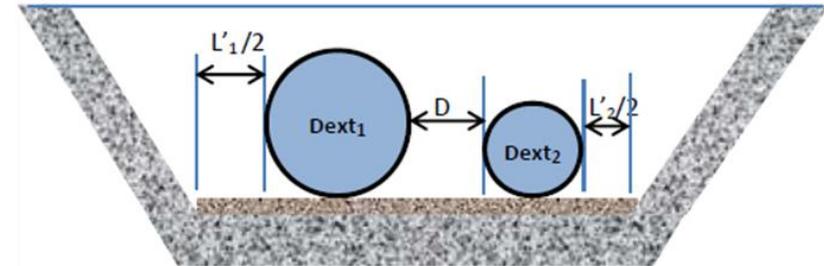


Figure 19 : Pose multiple en tranchée sans blindage

Si la largeur minimale de tranchée au fond de fouille ne peut pas être respectée, les conditions de réalisation doivent être justifiées techniquement (conditions de pose, compactage, calcul, profil en long, impact environnemental, ...) et validées par le maître d'ouvrage ou son représentant. Il en va de même si un espace de 0.50 m ne peut être respecté de part et d'autre des regards.

6.7.5. Dimension des fouilles pour regards et boîtes de branchement

6.7.5 Dimension des fouilles pour regards et boîtes de branchement

La dimension des fouilles pour regards et boîtes de branchement est au moins égale à la dimension extérieure de l'ouvrage augmentée de part et d'autre de 50 cm.

Dans le cas particulier de regards ou boîtes de branchement mis en œuvre dans la même fouille la distance en tout point entre deux regards ou boîte de branchement doit être supérieure ou égale à 50 cm.

6.7.6. Conditions particulières d'exécution

6.7.6 Conditions particulières d'exécution

Nonobstant l'article 32 du CCAG, Le CCTP doit préciser les interdictions ou limites d'emploi des engins mécaniques en raison de la présence éventuelle d'engins de guerre et définir, s'il y a lieu, les zones dans lesquelles l'emploi des explosifs est interdit ou soumis à restriction

6.7.7. Elimination des déchets de chantier

Le maître d'ouvrage est responsable des déchets produits par le chantier (déblais, tuyaux amiante, etc.).

L'entreprise est responsable des déchets induits par la technique employée (Equipements de protection individuelle (EPI) pollués, boues de forage le cas échéant, chutes des matériaux mis en œuvre, emballages,..etc.).

La loi de transition énergétique a pour objectif de réduire de 50% la quantité de déchets mis en décharge à l'horizon 2025.

6.7.7 Elimination des déchets de chantier

Le CCTP précise les modes d'élimination des déchets sur la base d'un diagnostic préalable (voir NRE au 3.2.2) et en conformité avec le plan départemental d'élimination des déchets du BTP quand il est défini.

L'entreprise est chargée de l'élimination des déchets du chantier.

L'entreprise peut proposer des filières d'élimination pérennes différentes de celles décrites au CCTP, mais néanmoins conformes au plan départemental d'élimination des déchets et validées par le maître d'ouvrage.

L'ensemble de l'organisation respecte les éléments décrits dans le SOPRE (Schéma d'organisation du Plan de Respect de l'Environnement, cf. Chapitre III du présent fascicule) ou le SOGED (Schéma d'organisation de gestion des déchets) et il est, le cas échéant, actualisé dans le PRE (Plan de Respect de l'Environnement).

Par ailleurs, en complément des documents susvisés, et au regard des dispositions de l'article 36.2 du CCAG, un bordereau de suivi des déchets est établi par l'entreprise.

6.8. Pose des tuyaux et autres éléments

6.8.1. Dispositions générales

Il est recommandé d'approvisionner les éléments au droit de leur mise en place, avant les opérations de terrassement.

Tout produit qui est choqué ou tombé de quelque hauteur que ce soit, est considéré comme suspect et ne peut être posé qu'après vérification.

Pour les conditions de manutention et de stockage, l'entrepreneur doit respecter les guides, consignes et recommandations des fabricants qui sont adaptés aux produits ainsi qu'à leur conditionnement (Ex : maintien du cerclage des tuyaux, calage de part et d'autre, pose à plat des regards, etc.).

6.8.2. Préparation

6.8.2.1. Examen des éléments de canalisation avant la pose

Si les tuyaux sont équipés de bouchons il est recommandé de les conserver. Cette disposition est obligatoire en eau potable.

Pour l'état de surface, à titre d'exemple, un tube polyéthylène ne doit pas être rayé de plus de 10% de son épaisseur.

6.8.2.2. Coupe des tuyaux

Les coupes sont faites par tous procédés adaptés aux matériaux de manière à ne pas en modifier l'état physique et à obtenir des coupes de géométrie appropriée et nettes, formant avec l'élément adjacent un assemblage de même qualité qu'avec un about d'origine.

6.8 Pose des tuyaux et autres éléments

6.8.1 Dispositions générales

Les produits sont manutentionnés, stockés et bardés dans des conditions non susceptibles de les détériorer et à l'aide de dispositifs adaptés, dans le respect des consignes éventuelles des fabricants (maintien dans leur état d'origine, de leur géométrie, de leurs extrémités, de leurs revêtements).

Les techniques de manutention ne répondant pas à ces exigences fonctionnelles sont interdites, par exemple élingage par l'intérieur, utilisation de crochets non protégés, roulage sur le sol, etc.

Les aires de stockage doivent être aménagées. Les produits sont stockés sur une surface plane et exempte de point dur.

Lors du bardage, des précautions doivent être prises, notamment :

- calage efficace, afin d'éviter tout déplacement accidentel des éléments en attente,
- mise en place d'une protection et d'une signalisation adaptée aux circulations,
- maintien du libre accès aux riverains.

6.8.2 Préparation

6.8.2.1 Examen des éléments de canalisation avant la pose

Au moment de leur mise en place, l'entrepreneur examine l'intérieur des tuyaux et des autres éléments et plus particulièrement les joints, et les débarrasse de tous les corps étrangers qui pourraient y avoir été introduits, en respectant l'état de surface.

6.8.2.2 Coupe des tuyaux

Toutes dispositions, au besoin par déplacement des regards après accord du maître d'œuvre, doivent être prises pour que la coupe sur tuyaux ne soit faite qu'en cas de nécessité absolue.

Lorsque les exigences de la pose le rendent nécessaire, il est admis

Il convient de protéger les éventuelles armatures (acier, fibre de verre, etc..) affleurantes suite à la coupe, conformément aux recommandations des fabricants.

6.8.3. Pose des canalisations en tranchées

6.8.3.1. Réalisation du lit de pose

Il est préférable que le lit de pose soit constitué d'un remblai bien gradué, c'est-à-dire se rapprochant des conditions:

$$\frac{D_{60}}{D_{10}} < 4 \text{ et } 1 < \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$$

D₁₀, D₃₀, D₆₀ étant l'ouverture des mailles qui laissent passer respectivement 10, 30 ou 60 p. 100 de l'échantillon. Les matériaux extraits provenant des fouilles peuvent être réutilisés, s'ils répondent à cette condition.

La classification des matériaux est à consulter en [annexe 3](#). Pour les géosynthétiques, il est utile de se référer aux documents du CFG (Comité Français des Géosynthétiques).

La pente du lit de pose doit permettre l'écoulement des fluides sans risque de dépôt ou de flache. Cette pente sera au moins supérieure à toute tolérance géométrique des tuyaux.

6.8.3.2. Mise en place du géosynthétique

De manière générale, il sera prévu un recouvrement sur la largeur de tranchée et sur au moins 20 cm dans l'axe de la tranchée.

La mise en œuvre doit tenir compte des différences éventuelles des propriétés transversales et longitudinales des géosynthétiques.

conformément à la norme NF EN 1610 et aux préconisations du fabricant, de procéder à des coupes de tuyaux. Toutes les précautions sont prises toutefois pour en limiter l'usage.

6.8.3 Pose des canalisations en tranchées

6.8.3.1 Réalisation du lit de pose

Sauf dispositions contraires du CCTP, le fond des tranchées est arasé à 0,10 m au moins au-dessous de la cote prévue pour la génératrice inférieure extérieure de la canalisation. Un soin particulier sera apporté au fond de tranchée (voir 6.7.1) pour éviter tout tassement.

Le fond de fouille est dressé à la pente du projet.

Les matériaux utilisés en lit de pose doivent respecter les stipulations du 4.1.3.1.

En cas de risque d'entraînement de fines issues du sol environnant, il est nécessaire d'envelopper le lit de pose par un géosynthétique adapté au matériau de lit de pose et au terrain encaissant (caractéristiques de perméabilité et d'ouverture de filtration). Le Maître d'œuvre valide cette disposition.

Le lit de pose est dressé de façon à assurer un appui continu et uniforme aux tuyaux. La surface est réglée pour que le tuyau ne repose sur aucun point dur ou faible, et pour éviter tout tassement différentiel. Si le profil des assemblages les rend nécessaires, des niches sont aménagées dans le lit de pose permettant un appui continu du tube sur son fût.

6.8.3.2 Mise en place du géosynthétique

Elle est conforme aux prescriptions du fabricant.

6.8.3.3. Mise en place des canalisations en tranchées

La réalisation de l'assemblage exige un minimum de temps et de soin (alignement, propreté, lubrification...). Il est recommandé de suivre les prescriptions du fabricant et d'utiliser les appareils et lubrifiants qu'il conseille.

Les phénomènes d'instabilité par flambement auxquels sont sensibles les canalisations flexibles doivent être examinés avec attention pendant les phases d'exécution de la pose et en service.

Pour des cas spécifiques, l'assemblage des conduites peut permettre la pose en courbe (en respectant la déviation angulaire autorisée par le fabricant).

L'entrepreneur doit éviter notamment l'introduction de tout corps étranger, eaux de surface ou polluées dans les conduites existantes et à poser. Si des opérations supplémentaires de nettoyage et de désinfection des conduites sont nécessaires, il en supporte le coût.

6.8.3.3 Mise en place des canalisations en tranchées

Il convient de se conformer aux recommandations du fabricant concernant en particulier les aspects suivants :

- assemblages des tuyaux,
- coupe,
- compatibilité des pièces de raccord,

Une attention particulière sera portée :

- au sens de pose des tuyaux à nappes d'armatures elliptiques.
- aux conditions de raccordement aux ouvrages existants.

Après avoir été descendu dans la tranchée le tuyau est aligné avec celui qui le précède. Le calage latéral si il est nécessaire, est soit définitif par remblai partiel symétrique soit provisoire à l'aide de dispositif approprié prévenant tout point dur.

Dans tous les cas, la conduite ne repose sur aucun point dur existant ou rapporté (rochers, maçonnerie, calage provisoire, etc.).

L'assemblage des conduites consiste en la mise en œuvre des joints entre éléments contigus du réseau. Les objectifs de cette opération sont dans tous les cas :

- de maintenir l'étanchéité du réseau aux conditions de service prévues.
- de permettre les mouvements de l'ouvrage prévus au projet (tassements différentiels, dilatation, ...).

La réutilisation des éléments déposés est effectuée, s'il y a lieu, dans les conditions fixées par le marché.

Un grillage avertisseur est posé à 0,30 m au-dessus de la génératrice supérieure, conformément à la norme [NF P 98-332](#).

Pour l'eau potable, l'entrepreneur prend toutes les dispositions permettant de garantir la qualité sanitaire des réseaux.

6.8.4. Pose des regards, boîtes d'inspection et de branchement, et avaloirs

6.8.4.1. Examen des éléments avant pose

6.8.4.2. Lit de pose

La mise en place de tuyaux courts (biellettes) pour le raccordement aux regards permet de créer une articulation pouvant compenser les effets du tassement différentiel évitant ainsi des infiltrations d'eau à la jonction.

6.8.4.3. Mise en place des éléments

6.8.5. Dispositifs de couronnement et de fermeture des regards

La cote du dessus du dispositif de fermeture, si elle n'est pas précisée dans les autorisations de voirie, doit être demandée au service responsable de la voirie.

Il peut être nécessaire d'utiliser des cales en matériaux inaltérables.

6.8.4 Pose des regards, boîtes d'inspection et de branchement, et avaloirs

6.8.4.1 Examen des éléments avant pose

Au moment de leur mise en place, l'entrepreneur examine les éléments et les débarrasse de tout corps étranger susceptible de gêner leur mise en œuvre.

6.8.4.2 Lit de pose

Les prescriptions relatives au lit de pose pour les tuyaux s'appliquent. Toutefois, dans le cas des regards et des boîtes de branchement, le lit de pose est généralement dressé horizontalement.

Un soin particulier sera apporté au fond de fouille (voir 6.7.1) et au lit de pose à la jonction entre les regards et les tuyaux, pour éviter tout tassement différentiel.

6.8.4.3 Mise en place des éléments

L'assemblage des éléments est réalisé conformément aux prescriptions des fabricants, en s'assurant de la compatibilité entre les différentes pièces.

Les terrassements doivent être suffisants, principalement pour :

- Permettre un accès nécessaire au personnel pour exécuter les travaux en sécurité.
- Permettre de bonnes conditions de compactage.
- Disposer d'un espace suffisant pour les contrôles de compactage.

6.8.5 Dispositifs de couronnement et de fermeture des regards

Le dispositif de fermeture est posé de manière à affleurer au niveau supérieur de la chaussée ou du trottoir.

Les dispositifs de couronnement et de fermeture doivent être conformes à la norme [NF EN 124](#).

Le scellement des dispositifs de fermeture doit respecter les conditions des fabricants des matériaux de scellement et des dispositifs de fermeture.

Les tampons remplis sur site doivent être remplis conformément aux

Les conditions de mise en oeuvre ainsi que le type de matériaux de remplissage doivent être compatibles avec les recommandations du fabricant

6.8.6. Dispositifs de couronnement des cheminées d'évacuation des eaux de ruissellement (Avaloirs)

Les dispositifs de couronnement peuvent, suivant les cas, présenter des formes et des profils différents sur un même chantier. (Formes : carré, rectangulaire, ronde; profil : plat, concave, en A, en T, ...).

6.8.7. Equipement des ouvrages

L'instrumentation des réseaux (pose de capteurs de mesure dans le cadre de l'autosurveillance ou de diagnostics permanents) n'est pas intégrée dans le présent fascicule.

prescriptions du CCTP.

Les éventuelles dalles de répartition de charges doivent s'appuyer sur le remblai extérieur parfaitement compacté. Elles seront désolidarisées du regard. Leur mise en oeuvre est réalisée conformément aux recommandations du fabricant.

6.8.6 Dispositifs de couronnement des cheminées d'évacuation des eaux de ruissellement (Avaloirs)

Préalablement à la mise en place, l'entrepreneur vérifie la compatibilité de la forme et du profil du dispositif de couronnement avec l'environnement du site de pose. Le dispositif de couronnement est posé de manière à affleurer au niveau supérieur de la chaussée et/ou du trottoir.

Lors de la pose, l'entrepreneur vérifie l'alignement du dispositif de couronnement avec le profil des bordures de trottoir ou de caniveau, afin de maintenir la continuité de l'acheminement des eaux de ruissellement.

6.8.7 Equipement des ouvrages

L'entrepreneur doit suivre les recommandations des fabricants (clapets, vannes, ...).

6.9. Construction en place des ouvrages

6.9.1. Généralités

Les parois peuvent être étanchées par une technique agréée par le maître d'œuvre.

Des conditions de raccordement satisfaisantes peuvent être obtenues en interposant dans les cheminées des ouvrages, au niveau du raccordement, des manchettes à joints souples, ou des jonctions souples s'emboîtant sur les éléments mâles des différents types de tuyaux.

Ces pièces spéciales sont conçues pour assurer une parfaite étanchéité aux entrées et sorties des ouvrages et la flexibilité de ces raccordements. Elles évitent ainsi l'effet de cisaillement constaté sur les raccordements rigides.

6.9.2. Regards et boîtes de branchements du réseau

Les regards coulés en place ne doivent être utilisés que lorsqu'il n'y a pas d'autre alternative.

La mise en place de tuyaux courts (biellettes) pour le raccordement aux regards permet de créer une articulation pouvant compenser les effets du tassement différentiel évitant ainsi des infiltrations d'eau à la jonction.

6.9 Construction en place des ouvrages

6.9.1 Généralités

Les ouvrages en béton armé coulés en place seront conçus pour résister aux charges prévues au CCTP et en conformité avec les Eurocodes (y compris résistance aux séismes le cas échéant, etc.).

Le CCTP précise les ouvrages qui relèvent d'une justification selon les dispositions du fascicule n° 65 du CCTG : « exécution des ouvrages de génie civil en béton », ainsi que la classe d'étanchéité et la durée de vie souhaitée de l'ouvrage.

Une attention particulière doit être apportée à l'étanchéité de l'ouvrage en cas de reprise de bétonnage.

6.9.2 Regards et boîtes de branchements du réseau

Ces éléments sont construits étanches et font l'objet de contrôles au même titre que tous les organes du réseau (cf. chapitre 4)

Les regards en maçonnerie sont interdits.

Les épaisseurs minimales de parois seront déterminées par le calcul (et vérifiées par le maître d'œuvre et le contrôleur technique s'il est désigné).

Les étanchéités entre les éléments ainsi que les raccordements aux réseaux sont assurés par des dispositifs et accessoires adéquats. Le jointoiement au mortier rigide est interdit.

Les ouvrages en béton armé nécessaires à l'entretien et éventuellement au démontage des divers appareils sont fondés sur un fond stabilisé ou le cas échéant sur un système de fondations en cohérence avec les données géotechniques.

Un soin particulier sera apporté au fond de fouille et au lit de pose à la jonction entre les ouvrages et les tuyaux, pour éviter tout tassement différentiel.

La cheminée peut être constituée par assemblage d'éléments préfabriqués. Sauf stipulations différentes du CCTP, les regards types sont de section

6.9.3. Conditions d'exécution du béton, des mortiers, des chapes et enduits

Il convient de se référer en particulier au fascicule 65.

Pour de petites quantités, du béton préparé sur chantier peut être employé. La qualité du béton préparé sur chantier doit être contrôlable et traçable.

6.9.4. Canalisations coulées en place

Cet article concerne notamment les ouvrages de grandes dimensions. Sont identifiés dans le CCTP les ouvrages qui doivent donner lieu à justification selon les eurocodes (NF EN 1990 à 1997) et les fascicules du CCTG suivants:

- *N° 63 : confection et mise en oeuvre des bétons non armés - confection des mortiers.*
- *N° 65 : exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint.*

circulaire ou carrée, respectivement de 1 m de diamètre ou de 1 m de côté au minimum.

Les dispositifs de fermeture sont réalisés conformément aux dispositions prévues au 6.8.5 ou 6.8.6.

6.9.3 Conditions d'exécution du béton, des mortiers, des chapes et enduits

La fabrication et la mise en œuvre des mortiers et bétons non armés, l'exécution des ouvrages en béton armé sont réalisées suivant les dispositions des fascicules du C.C.T.G. relatif à ces travaux.

Le ciment destiné à la fabrication des mortiers et bétons, tout comme les constituants, agrégats, eau de gâchage et les adjuvants sont conformes aux normes.

Du béton prêt à l'emploi conforme à la norme [NF EN 206/CN](#) est généralement utilisé.

Le CCTP précise les éléments nécessaires à la fabrication et à l'utilisation des bétons pour tenir compte des conditions spécifiques telles que classes d'exposition, milieux agressifs pour les bétons, mise en service accélérée, bétonnage par temps chaud ou froid, etc.

6.9.4 Canalisations coulées en place

Le CCTP doit préciser si les canalisations coulées en place sont en béton non armé, armé ou précontraint

Lorsqu'il est fait usage de coffrages souples, ils sont soumis à l'agrément du maître d'œuvre. Il n'est pas admis, pour aucune dimension, de déformation supérieure à 3% et l'aire de la section de la canalisation après décoffrage ne doit pas différer de l'aire de la section théorique de plus de 5%. Il est tenu compte des déformations prévisibles dans la mise en place des armatures.

La construction en place des canalisations satisfait, sous les tolérances définies ci-dessus, aux stipulations suivantes :

- un béton de propreté est exécuté sur toute la largeur de la tranchée.
- Les coffrages sont dans un état permettant de satisfaire aux spécifications ci-après.

La surface intérieure doit être lisse. Les défauts de régularité de cette

Lorsque des venues de sable, ou des pertes de laitance dans les cavités du terrain, ou la contamination par le terrain, sont à redouter, les coffrages extérieurs ou des mesures permettant d'éviter ces inconvénients (coffrages glissants, voile plastique, etc.) peuvent être indispensables.

L'utilisation de goulottes permet d'éviter toute ségrégation; le béton est vibré dans la masse.

6.10. Exécution des travaux sans tranchée

La description des différentes techniques de Travaux Sans Tranchées (TST) est détaillée en [annexe 7](#).

Le détail des données préalables nécessaires à la mise en œuvre des travaux sans tranchées est précisé au chapitre 2.

Les sondages de reconnaissance du sous-sol devront 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.

La FSTT ainsi que L'AFTES ont publié un certain nombre de recommandations auxquelles il est utile de se référer.

Outre le présent fascicule et les documents de référence qui y sont cités, il convient également de se référer au fascicule 69 concernant les travaux souterrains et au fascicule 2 du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux (guide technique).

surface ne peuvent être admis que dans la mesure où il s'agit seulement d'irrégularités accidentelles et locales ne pouvant nuire à la qualité de l'ouvrage. Aucune réparation de tels défauts ne doit être faite sans l'autorisation préalable du maître d'œuvre.

Dans le cas où le radier et les piédroits sont réalisés distinctement, le coffrage de ceux-ci et de la voûte s'ajuste sur la partie déjà coulée pour qu'il n'y ait aucune perte de laitance au niveau des reprises.

Avec accord du maître d'œuvre, l'entrepreneur peut couler le béton entre le coffrage intérieur et les parois latérales de la fouille.

Les canalisations construites en place peuvent pour la rapidité de l'exécution, comporter des éléments préfabriqués (dalles, prédalles): après assemblage, elles doivent répondre aux prescriptions ci-dessus.

Il convient de tenir compte de procédés d'exécution, et de l'épaisseur du coffrage extérieur pour la largeur de la tranchée lors des calculs de stabilité, et de prévoir des précautions spéciales pour le remblai.

6.10 Exécution des travaux sans tranchée

Si le DCE fournit une étude G2 qui indique qu'une mission G3 est nécessaire, l'entrepreneur se doit de prévoir cette mission G3 au sens de la norme NF P 94-500.

Dans ce cas, le maître d'ouvrage prévoit la réalisation d'une mission de supervision géotechnique d'exécution (G4) au sens de la norme [NF P 94-500](#) en collaboration avec le maître d'œuvre ou intégrée à sa mission.

6.10.1. Création de réseaux sans tranchée

Une étude géotechnique assise sur une campagne de reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques est indispensable pour la mise en œuvre de ces techniques, et elle est fournie dans le DCE.

Il s'agit notamment des prescriptions des fiches ST en vigueur du fascicule 2 du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux.

6.10.1.1. Franchissement d'ouvrages et d'infrastructures

Pour ces franchissements, des conventions entre le maître d'ouvrage et les propriétaires et/ou les exploitants peuvent être nécessaires.

Le DCE précise le cas échéant les qualifications des entreprises exigées pour réaliser les franchissements sous voies.

Dans le cas des traversées de voies SNCF, les modalités de réalisation des travaux sont précisées dans la Notice Particulière de Sécurité Ferroviaire (NPSF).

Pour la SNCF tout projet de traversée sous voies ferrées doit être déclaré au :

Guichet Emprunts et Traversées du domaine ferroviaire

Direction Projets, Systèmes, Ingénierie SNCF – PSIG.TL

Ce guichet, point d'entrée pour les aspects domaniaux, donne les coordonnées du service régional (ou national pour les diamètres > 750 mm) qui instruit le dossier technique de la traversée sous voies.

Voir les Procédures et Directives édictées par la SNCF : IN 1884 Petits ouvrages sous voies, IN 4289 Travaux dans ou aux abords du domaine ferroviaire sous maîtrise d'ouvrage de tiers, et les recommandations de la FSTT pour les micro tunnels et les forages dirigés.

6.10.1 Création de réseaux sans tranchée

Les techniques sans tranchée sont destinées à la création de réseaux pour lesquels les techniques traditionnelles présentent des difficultés d'exécution (par ex. profondeur, géologie,...), ou des impossibilités telles que des franchissements d'obstacles (voies ferrées, routes à fort trafic, cours d'eau, sous-sols encombrés, etc.)

L'entrepreneur doit respecter les prescriptions du « Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux » pour la mise en œuvre et le suivi des travaux.

6.10.1.1 Franchissement d'ouvrages et d'infrastructures

Pour les traversées ou franchissement d'ouvrages, une démarche auprès de leur gestionnaire est obligatoire. Ce dernier précise si l'entreprise doit produire une étude des incidences de la technique sans tranchée sur l'ouvrage traversé, en particulier une mission d'étude et de suivi géotechnique (G3) au sens de la norme [NF P 94-500](#).

Il est nécessaire de prendre en compte les délais d'instruction ainsi que les contraintes liées aux infrastructures, tel qu'un impact sur le trafic, fournis par le maître d'Ouvrage, lors des études préalables.

Le CCTP précise les modalités de réalisation des travaux exigées par le gestionnaire de l'ouvrage.

Le CCTP précise les mesures de sécurisation et de surveillance des travaux qui seront à la charge de l'entrepreneur, par exemple, surveillance de la géométrie de la plate-forme ferroviaire. Une attention particulière est à apporter aux réseaux du gestionnaire de l'infrastructure, en particulier aux caténaires des voies ferrées.

6.10.1.2. Microtunnelage

Le calcul des rayons de courbure (en cas de fonçage courbe) et des contraintes maximales à respecter est effectué selon les caractéristiques de la canalisation à poser et des conditions de mise en œuvre.

Les frottements à prendre en compte dépendent des paramètres du sol, de la géométrie du fonçage, du poids de la canalisation, des efforts de poussée sur la canalisation lors de son fonçage, et de la poussée d'Archimède.

Pour la réalisation des puits, il sera également nécessaire de prendre en compte les documents de référence suivants :

Fascicule 2 : Terrassements généraux

Fascicule 62 titre 5: Règles techniques de conception et de calcul des fondations d'ouvrages de génie civil

Fascicule 65: Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint

Fascicule 68: Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil

Fascicule 69: Travaux en souterrain

Eurocode 0 - Bases de calculs des structures

Eurocode 1 - Actions sur les structures

Eurocode 2 - Calcul des structures en béton

Eurocode 3 - Calcul des structures en acier

Eurocode 7 - Calcul géotechnique

6.10.1.2 Microtunnelage

Les conditions de mise en œuvre du micro tunnelier doivent respecter les « recommandations FSTT pour les Micro tunneliers » et la fiche technique ST-TUN du fascicule 2 du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux.

Suivant les dispositions de la consultation et en fonction des contraintes à respecter, l'entrepreneur peut proposer une optimisation du diamètre de creusement et des longueurs entre puits.

L'entrepreneur justifie le choix du micro tunnelier et de ses équipements annexes (traitement des déblais, lubrifications, dimensionnement stations intermédiaires), et apporte tous les éléments justificatifs (notes de calculs entre autres) du dimensionnement des tuyaux de fonçage (en phase de mise en œuvre et en exploitation) ainsi que des puits et massifs de réaction. Un pré-dimensionnement (justification mécanique de la mise en place des tuyaux) est à joindre au DCE. Le dimensionnement final est à la charge de l'entreprise.

6.10.1.2.1. Contraintes de mise en œuvre

6.10.1.2.2. Phase de travaux

Techniques de réalisation des puits les plus courantes :

- *Blindage traditionnel (boisage + profilés métalliques, parois berlinoises)*
- *Havage d'anneaux en béton armé*
- *Paroi plastique*
- *Paroi moulée*
- *Palplanches*
- *Pieux sécants*

Il y a lieu d'adapter le ferrailage du soutènement des puits pour permettre la traversée de la machine de micro tunnelier.

6.10.1.2.1 Contraintes de mise en œuvre

Au niveau du puits de travail, une plate-forme stabilisée est réalisée pour l'installation de l'ensemble du matériel de microtunnelage comprenant :

- le container de pilotage et son alimentation électrique (groupe électrogène ou raccordement réseau)
- le système de traitement des déblais
- la centrale de lubrification
- la zone de stockage et de manutention des tuyaux de fonçage et un engin de manutention
- un container ou une zone de stockage pour les équipements de galerie (câbles électriques, flexibles hydrauliques, tuyaux de marinage)
- le banc de poussée en fond de puits.

L'emprise des travaux, au puits de sortie, doit permettre la mise en place d'un engin de manutention adapté à la récupération de la machine.

Le CCTP précise le lieu d'élimination des déblais et résidus de marinage après le chantier, y compris pour tenir compte d'éventuelles pollutions.

6.10.1.2.2 Phase de travaux

Constructions des puits

La réalisation des puits est conditionnée par les caractéristiques géotechniques et hydrogéologiques, ainsi que par la présence éventuelle de réseaux.

Le dimensionnement définitif est à fournir par l'entreprise.

Un massif de butée permettant d'encaisser les efforts de poussée est dimensionné à cet effet.

Le creusement du micro tunnel

Le choix de la roue de coupe et des outils associés dépend des natures des sols rencontrés.

Le dimensionnement du bâti de poussée et de la puissance de la machine dépend notamment du type de tuyau, du diamètre, de la longueur de creusement et du contexte géologique traversé.

*Les systèmes de traitement des déblais mis en œuvre selon la nature des sols sont par exemple :
séparation, criblage, décantation, centrifugation*

Le laser est complété par un système de niveau hydraulique pour des tronçons supérieurs à 200m permettant une mesure précise de l'altimétrie.

Les différentes gammes de matériaux pour des tuyaux spécifiques au fonçage par micro tunnelier sont :

- Béton armé
- Béton à âme en tôle
- Béton de résine
- Polyester renforcé de fibres de verre (PRV)
- Grès
- Acier

Pour les plus gros diamètres et grandes longueurs, l'intervention d'un géomètre est nécessaire.

Evacuation des déblais

Les déblais sont évacués depuis le micro tunnel jusqu'à la surface par marinage et traités le cas échéant, avant évacuation.

Le guidage

Le CCTP précise les tolérances de pose admissibles.

Le CCTP précise les paramètres de position, de fonctionnement et de progression du micro tunnelier à suivre en permanence pour être intégrés dans le dossier de récolement.

Mise en place des canalisations :

Une attention particulière est apportée à l'emboîtement des canalisations entre elles, afin de garantir l'étanchéité du tronçon une fois la mise en œuvre terminée.

L'extérieur des tuyaux ne doit pas présenter de débordement et en particulier, les emboîtements sont non débordants.

Pour limiter au maximum les interactions sols/tuyaux, des injections de lubrification sont réalisées afin de remplir le vide annulaire autour des tuyaux. Composée de bentonite et/ou de polymères ou adjuvants, le lubrifiant est adapté aux terrains rencontrés et au revêtement extérieur des conduites.

A la fin du creusement de chaque tronçon, pour les tuyaux de diamètres intérieurs supérieurs ou égaux à 800 mm, des injections de blocage à base de ciment seront réalisées pour combler le vide annulaire en périphérie des tuyaux. Ces injections de blocage devront être compatibles avec l'environnement hydrogéologique en place. Sa composition est soumise à la validation du Maître d'œuvre.

Récolement

L'enregistrement des paramètres de fonçage et notamment le suivi du guidage permettent l'établissement de plans de récolement.

6.10.1.3. Forage dirigé

Le calcul des rayons de courbure et des contraintes maximales à respecter est effectué selon les caractéristiques de la canalisation à poser et des contraintes de mise en œuvre. Les frottements à prendre en compte dépendent des paramètres du sol, de la géométrie du forage, du poids de la canalisation et de la poussée d'Archimède.

6.10.1.3.1. Contraintes de mise en œuvre

Attention au cheminement imprévisible du gaz en cas d'endommagement d'une canalisation de gaz.

Les risques spécifiques de la technique sont dus à:

- *la manutention des outils et tiges de forage,*
- *les glissades provoquées par le fluide de forage,*
- *l'inhalation des poussières de bentonite,*

6.10.1.3 Forage dirigé

Les conditions de mise en œuvre du forage dirigé doivent respecter les « recommandations FSTT pour le Forage Dirigé » et la fiche technique ST-FOD du fascicule 2 du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux.

Suivant les dispositions de la consultation et en fonction des contraintes à respecter, l'entrepreneur peut proposer une optimisation du diamètre de creusement et des longueurs à forer.

L'entrepreneur justifie le choix de la machine de forage et de ses équipements annexes (tiges et tête de forage, aléseurs, préparation des fluides de forage, ...), et apporte tous les éléments justificatifs (notes de calculs entre autres) du dimensionnement des tuyaux de forage (en phase de mise en œuvre et en exploitation) et de la gestion des fluides de forage.

Un pré-dimensionnement est à joindre au DCE. Le dimensionnement définitif est à fournir par l'entreprise.

6.10.1.3.1 Contraintes de mise en œuvre

L'emplacement des sites d'entrée et de sortie du forage doit permettre l'installation des matériels de forage. Au niveau du point d'entrée, il y a lieu de prévoir :

- l'emplacement de la machine dont l'ancrage doit permettre de reprendre les forces de poussée lors du tirage puis de traction lors de l'alésage et du tirage de la canalisation,
- la zone de préparation du fluide de forage et de son traitement éventuel pour recyclage ou de stockage du fluide utilisé (fosse),
- éventuellement la zone de transfert du fluide entre la fosse d'arrivée et la zone de traitement.

Le point de sortie sera celui d'entrée de la canalisation pour laquelle il faut prévoir la zone d'assemblage.

Le CCTP précise le lieu d'élimination des fluides de forage après le chantier, y compris pour tenir compte d'éventuelles pollutions.

6.10.1.3.2. Phase de travaux

La technique de suivi de la trajectoire permet au foreur de connaître à tout moment la position de la tête de forage, son inclinaison et son orientation. Les caractéristiques du fluide de forage, en général à base de bentonite, sont déterminées en fonction des caractéristiques du terrain et de la nappe traversés pour assurer l'évacuation des cuttings (déblais), lubrifier le train de tiges et la canalisation lors du tirage.

Le diamètre de l'alésage final sera en général de 1,3 à 1,5 fois le diamètre de la canalisation à forer

Un enregistrement des forces de traction pourra être tenu à la disposition du maître d'œuvre.

6.10.1.4. Pose par fusée pneumatique**6.10.1.3.2 Phase de travaux****Réalisation du trou pilote :**

La trajectoire de la tête de forage est suivie en permanence.

Le CCTP précise les tolérances de pose admissibles

La pression, le débit et le retour du fluide sont surveillés en permanence. Le fluide est éventuellement analysé pour corriger sa composition si nécessaire. Pour les forages de diamètre supérieur à 400mm, le fluide sera recyclé.

Alésage

Le choix des aléseurs successifs, est fonction des caractéristiques du terrain, La séquence d'alésage est choisie pour avoir un couple et une force de traction similaires à chaque alésage.

Tirage de la canalisation

La canalisation est assemblée et préparée dans l'axe du forage.

Un essai d'étanchéité est à réaliser avant le tirage.

La caténaire et des roulements limiteront au maximum les frottements et les contraintes à l'extérieur du forage.

La force de traction ne doit pas dépasser les contraintes admissibles sur la canalisation en fonction de son poids et des frottements prévisibles, Un ballastage éventuel réduira la poussée d'Archimède pour maintenir la canalisation dans l'axe du forage.

Le vide annulaire résiduel sera comblé par un coulis d'injection de blocage dont la composition sera à soumettre à la validation du maître d'œuvre.

Le CCTP précise les essais à réaliser après la pose (étanchéité, isolement électrique, passage d'un gabarit pour vérifier l'absence d'ovalisation, etc.).

Récolement

Le plan de récolement sera géoréférencé conformément à la réglementation des travaux à proximité des réseaux (ex : insertion d'un d'un gyroscope ou autre procédé).

6.10.1.4 Pose par fusée pneumatique

Les conditions de mise en œuvre des fusées doivent respecter les fiches techniques ST-FUS1 et ST-FUS2 du fascicule 2 du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux.

L'entrepreneur justifie le choix de la fusée et de ses équipements annexes.

6.10.1.4.1. Contraintes de mise en œuvre**6.10.1.4.2. Phase de travaux**

Attention au cheminement imprévisible du gaz en cas d'endommagement d'une canalisation de gaz.

6.10.1.5. Les autres techniques de fonçage**6.10.1.5.1. Forage horizontal à la tarière****6.10.1.5.2. Battage / Poussage sur tuyau ouvert****6.10.2. Travaux de réparation**

Ce type de travaux peut être utilisé en association avec des travaux de rénovation ou bien ponctuellement.

Les travaux de réparation sont réalisés à l'aide de robots multifonctions dans les réseaux non visitables et manuellement dans les réseaux visitables.

Ils consistent principalement à des réparations par :

- *Chemisage partiel*
- *Injection et remplissage au coulis*
- *Matériau taloché*
- *Dispositif mécanique interne*

6.10.1.4.1 Contraintes de mise en œuvre

La position et le calage de la fusée dans la fosse déterminent la précision du tir et sont vérifiés avant le tir.

Une profondeur minimale de 10 fois le diamètre de la fusée doit être assurée.

6.10.1.4.2 Phase de travaux

La position de la fusée doit être surveillée en permanence durant le tir.

Pour les diamètres supérieurs à 150mm, le forage est à réaliser en plusieurs passes avec des fusées de diamètres croissants.

Une fois le tunnel réalisé, le fourreau doit être installé immédiatement.

Récolement : pour obtenir la précision réglementaire, une sonde sera introduite dans le fourreau.

6.10.1.5 Les autres techniques de fonçage**6.10.1.5.1 Forage horizontal à la tarière**

Les conditions de mise en œuvre des forages horizontaux à la tarière doivent respecter les fiches ST-TAR du fascicule 2 du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux.

6.10.1.5.2 Battage / Poussage sur tuyau ouvert

Les conditions de mise en œuvre des fonçages de tube ouvert doivent respecter les fiches ST-BTO du fascicule 2 du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux.

6.10.2 Travaux de réparation

Les conditions de mise en œuvre des travaux de réparation doivent respecter les prescriptions générales de la norme [NF EN 15885](#), ainsi que celles fournies dans le manuel d'installation du fournisseur du matériau de réparation.

6.10.2.1. Contraintes de mise en œuvre

Les ouvrages non visitables à réparer doivent être rectilignes, sans déviation angulaire importante. Une ovalisation excessive peut empêcher la progression du robot. Le robot multifonctions doit pouvoir progresser dans l'intégralité du tronçon.

De même, pour la réparation des ouvrages non visitables, les raccordements de branchements ne doivent pas présenter d'anomalies géométriques ou de lacunes excessives (axe du branchement quasi sécant et perpendiculaire à l'axe du collecteur, volume à colmater limité). Les branchements doivent être circulaires, d'un diamètre inférieur ou égal à 200mm et ne pas être trop en retrait par rapport à l'axe du collecteur (maximum 15cm).

6.10.2.2. Travaux préparatoires**6.10.2.3. Préparation du support****6.10.2.4. Phase de travaux****6.10.2.1 Contraintes de mise en œuvre**

Si besoin, le tronçon à réparer doit être mis hors service par une dérivation ou un stockage des effluents.

L'accès au réseau doit être adapté aux conditions de sécurité du personnel et aux limites techniques du procédé.

6.10.2.2 Travaux préparatoires

Un hydro curage et/ou une préparation de surface soignée du tronçon à réparer doit être effectué pour nettoyer la surface avoisinante.

Dans le cas où la contre pression d'eau de la nappe génère des infiltrations importantes, un étanchement de l'ouvrage par rabattement de la nappe (voir 6.6.2) ou par injection (voir 6.6.3.1) est mis en place en veillant à ne pas désorganiser l'équilibre mécanique général de l'ouvrage et des ouvrages proches.

6.10.2.3 Préparation du support

Elle consiste en :

- la réalisation d'un fraisage, rainurage du collecteur,
- la réalisation d'une engravure autour du raccordement à étancher ou au droit du joint, de la fissure ou de la perforation. La profondeur de la rainure est fonction de la technique employée.

6.10.2.4 Phase de travaux

Elle respecte les prescriptions fixées par le fournisseur du matériau de réparation et se termine par la remise en service du réseau, après décoffrage des anomalies réparées, et après les essais éventuels précisés au CCTP.

6.10.3. Travaux de remplacement

6.10.3.1. Remplacement par méthode d'éclatement

Il convient de vérifier que les réseaux concessionnaires voisins ne sont pas impactés par la mise en œuvre de la technique par éclatement.

Le choix de la machine et de la tête d'éclatement sera fonction des données préalables précisant la nature de la conduite existante, les caractéristiques du sol environnant, etc.

6.10.3.1.1. Contraintes de mise en œuvre

6.10.3.1.2. Travaux préparatoires

Cette dernière inspection permettra une reconnaissance de la position des branchements.

6.10.3.1.3. Phase de travaux

6.10.3 Travaux de remplacement

6.10.3.1 Remplacement par méthode d'éclatement

L'installation doit suivre les modes opératoires de manutention, d'insertion et d'assemblage (emboîtement, vissage ou soudure) des tubes, fournis dans le manuel d'installation du fournisseur. Le manuel doit spécifier tous les paramètres essentiels du processus, en indiquant les valeurs et tolérances applicables.

6.10.3.1.1 Contraintes de mise en œuvre

Selon le procédé mis en œuvre, le tronçon à réhabiliter doit être mis hors service par une dérivation ou un stockage des effluents.

Une attention particulière est portée sur le comportement du matériau mis en œuvre à des températures extrêmes (dilatation, retrait...).

L'emprise du chantier est variable suivant les techniques employées :

- puits de travail de dimensions liées à la profondeur et au diamètre;
- travaux depuis les regards de visite existants;
- aire de stockage et d'assemblage des tubes;
- positionnement du treuil...

6.10.3.1.2 Travaux préparatoires

La conduite à réhabiliter doit être mise hors service par une dérivation ou un stockage des effluents.

Après confirmation de faisabilité par inspection télévisée, les travaux de tubage par éclatement peuvent débiter.

Un hydrocurage du réseau est réalisé si nécessaire.

6.10.3.1.3 Phase de travaux

Le déroulement des travaux de tubage par éclatement comporte plusieurs étapes principales :

- création des puits de travail pour introduire et tracter les tubes;
- création de fouille pour déconnecter les branchements du collecteur;
- préparation des regards de visite pour la traversée de l'outil éclateur;
- assemblage par soudure ou par emboîtement des tubes ou par vissage;
- insertion du tube ou des éléments courts par traction, fixés à une tête

Soudure au miroir réalisée par un opérateur spécialisé et formé. Mise en place d'une protection contre le vent et la pluie. Suivi et enregistrement des paramètres de soudage donnés par le fournisseur.

6.10.4. Travaux de rénovation

6.10.4.1. Tubage par éléments préfabriqués (coques)

Les éléments préfabriqués sont généralement constitués d'éléments en PRV conçus pour réhabiliter partiellement (cunette ou voute) ou totalement l'ouvrage.

de traction (obus éclateur de section supérieure à la conduite) dans le collecteur à réhabiliter, soit par les puits de travail (tubage long), soit par les regards de visite (éléments courts emboîtés);

- traction de l'obus éclateur dans le collecteur;
- traitement des extrémités et des abouts;
- remise en service des branchements;
- remise en service du réseau, après l'inspection télévisée.

Tous les paramètres de mise en place tels que les forces ou vitesses de traction sont à respecter conformément au manuel d'installation, et à enregistrer.

La connexion des branchements sur le tube se fait avec du matériel adapté permettant une découpe propre, sans déformation du tube en évitant toute gêne de l'écoulement. L'utilisation de pièces spéciales est privilégiée (selle de raccordement, manchon collé ou soudé, raccord mécanique...).

Les extrémités du tubage au droit des regards de visite intermédiaires et d'extrémités, sont traitées manuellement par un matériau compatible (insertion d'un raccord spécial ou joint hydrogonflant) avec le matériau du tube mis en œuvre et les effluents.

6.10.4 Travaux de rénovation

6.10.4.1 Tubage par éléments préfabriqués (coques)

Les conditions de mise en œuvre du tubage par éléments préfabriqués doivent respecter les prescriptions générales des normes :

- [NF EN 752](#)
- [NF EN 14654-2](#)
- [NF EN 15885](#)

Les prescriptions générales sont complétées par le manuel d'installation du fabricant qui doit comprendre les procédures concernant :

- le stockage, la manutention et le transport des composants du système,
- les paramètres de mise en œuvre à respecter.

6.10.4.1.1. Contraintes de mise en œuvre

6.10.4.1.2. Travaux préparatoires

Cette dernière inspection permettra une reconnaissance de la position des branchements.

6.10.4.1.3. Phase de travaux

6.10.4.1.1 Contraintes de mise en œuvre

Les contraintes de mise en œuvre suivantes doivent être prises en compte :

- selon le procédé mis en œuvre, la conduite à réhabiliter doit être mise hors service par une dérivation ou un stockage des effluents.
- l'emprise de chantier doit être adaptée à la technique employée, aux nécessités de stockage des matériaux et du matériel
- l'accès est adapté au chantier. Il nécessite de créer un ou des puits de travail pour l'insertion des éléments préfabriqués en fonction de la technique employée et des dimensions de l'ouvrage à réhabiliter.

6.10.4.1.2 Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires sont les suivants :

- nettoyage de l'ouvrage;
- inspection visuelle;
- élimination éventuelle des obstacles au passage des éléments préfabriqués (branchements pénétrants, racines, dépôts...);
- reconstitution ou reprofilage du radier (si nécessaire);
- prise des cotes de l'ouvrage et passage d'un gabarit;
- en cas d'infiltrations importantes, si la technique mise en œuvre le nécessite, un étanchement de l'ouvrage par rabattement de la nappe (voir 6.6.2) ou par injection (voir 6.6.3.1) doit être mis en place en veillant à ne pas désorganiser l'équilibre mécanique général de l'ouvrage et des ouvrages proches;
- contrôle de l'état d'accueil.

6.10.4.1.3 Phase de travaux

La pose d'éléments préfabriqués (coques et cunettes) comprend les travaux suivants :

- création des puits de travail;
- insertion par poussage dans le réseau, depuis les puits de travail, des éléments préfabriqués à assembler;
- calage altimétrique et planimétrique et assemblage des éléments préfabriqués, en fonction du procédé employé selon les préconisations du fabricant;
- percement de trous d'injections. Création de masques aux extrémités;

Selon les prescriptions du fabricant, les découpes de matériau PRV peuvent être protégées par une couche de résine de protection

6.10.4.2. Tubage par tuyau continu ou court ou hélicoïdal avec ou sans espace annulaire

- injection de scellement après étaielement, avec respect du phasage de remplissage, du contrôle des volumes injectés et des paramètres du coulis (résistance à la compression, viscosité et ressuage d'eau);
- fermeture des trous d'injection à l'aide des bouchons livrés à cet effet ou par scellement des carottes récupérées lors du perçage;
- réouverture et étanchement des raccordements soit par ouverture de fouille, soit manuellement, soit par robots multifonction, ceci avant ou après l'injection de coulis, si la technique le permet ;
- remise en service du réseau, après l'inspection visuelle des travaux.

Les forces de poussée par coque ou par ensemble de coques préassemblées sont à respecter conformément au manuel d'installation et doivent faire l'objet d'une vérification mécanique préalable.

La connexion des raccordements sur les éléments préfabriqués se fait avec du matériel adapté permettant une découpe propre, sans déformation des coques en évitant toute gêne de l'écoulement.

Les extrémités du tubage au droit des regards de visite sont traitées par toute solution permettant de maintenir une étanchéité durable entre le tubage et la paroi du regard.

6.10.4.2 Tubage par tuyau continu ou court ou hélicoïdal avec ou sans espace annulaire

Les conditions de mise en œuvre du tubage doivent respecter les prescriptions générales des normes :

- [NF EN 752](#)
- [NF EN 11296-3](#)
- [NF EN 11296-7](#)
- [NF EN 14654-2](#)
- [NF EN 805](#)

Les prescriptions générales sont complétées par le manuel d'installation du fabricant qui doit comprendre les procédures concernant :

- le stockage, la manutention et le transport des composants du système,
- les paramètres de mise en œuvre à respecter.

Conformément aux normes [NF EN 11296-3](#) et [NF EN 11296-7](#), l'installation doit suivre les modes opératoires de manutention, d'insertion et

6.10.4.2.1. Contraintes de mise en œuvre

La technique par enroulement hélicoïdal ne nécessite pas systématiquement le détournement d'effluents.

6.10.4.2.2. Travaux préparatoires

6.10.4.2.3. Phase de travaux

Pour les soudures au miroir des tubes polyéthylène, il est nécessaire de respecter les préconisations du fabricant.

d'assemblage des tubes, fournis dans le manuel d'installation du fabricant. Le manuel doit spécifier tous les paramètres essentiels du processus.

6.10.4.2.1 Contraintes de mise en œuvre

Les contraintes de mise en œuvre suivantes doivent être prises en compte :

- selon le procédé mis en œuvre, la conduite à réhabiliter doit être mise hors service par une dérivation ou un stockage des effluents;
- l'emprise de chantier doit être adaptée à la technique employée, aux nécessités de stockage des matériaux et du matériel.

L'accès nécessite le cas échéant de créer un ou des puits de travail pour l'insertion des tubes si ceux-ci ne peuvent pas être mis en œuvre à partir des regards existants.

6.10.4.2.2 Travaux préparatoires

Les travaux préparatoires sont les suivants :

Après confirmation de la faisabilité par inspection télévisée, les travaux suivants sont réalisés :

- élimination éventuelle par fraisage ou découpage des obstacles au passage des tubes (branchements pénétrants, racines, dépôts...);
- hydro curage du réseau si nécessaire;
- en cas d'infiltrations importantes, si la technique mise en œuvre le nécessite, un étanchement de l'ouvrage par rabattement de la nappe (voir 6.6.2) ou par injection (voir 6.6.3.1) doit être mis en place en veillant à ne pas désorganiser l'équilibre mécanique général de l'ouvrage et des ouvrages proches;
- contrôle de l'état d'accueil et passage d'un gabarit avant tubage.

6.10.4.2.3 Phase de travaux

Les travaux de tubage par tuyau continu ou court ou hélicoïdal avec ou sans espace annulaire comprennent :

- création éventuelle des puits de travail;
- assemblage par soudure des tubes (tubage long);
- insertion du tube ou des éléments courts par traction, poussage ou par enroulement hélicoïdal dans le collecteur à réhabiliter;
- remise à la forme initiale du tube en fonction du procédé employé

Une attention particulière sera portée au comportement du matériau mis en œuvre à des températures extrêmes (dilatation, retrait...).

6.10.4.3. Tubage continu par tubes polymérisés en place (Chemisage continu polymérisé en place)

L'appellation Tubage continu par tubes polymérisés en place correspond à l'appellation normative du chemisage continu polymérisé en place couramment utilisée en France.

(tuyaux continus longs pré déformés), spontanée, par pression ou par chauffage;

- traitement des extrémités et des abouts;
- comblement du vide annulaire par un coulis de ciment;
- réouverture des branchements et étanchement des raccordements;
- remise en service du réseau, après l'inspection visuelle des travaux.

Tous les paramètres de mise en place tels que les forces ou vitesses de traction ou de poussée sont à respecter conformément au manuel d'installation et doivent faire l'objet d'enregistrements.

La connexion des raccordements sur le tube se fait avec du matériel adapté permettant une découpe propre, sans déformation du tube en évitant toute gêne de l'écoulement.

Pour assurer l'étanchéité au droit des branchements, il est nécessaire de réaliser selon l'accessibilité du collecteur :

- soit des travaux de terrassement pour pose par l'extérieur de pièces spéciales (voir 6.12);
- soit des travaux par l'intérieur d'injection ou de pose de pièces de raccord adaptées.

Les extrémités du tubage au droit des regards de visite sont traitées par toute solution permettant de maintenir une étanchéité durable entre le tubage et la paroi du regard.

6.10.4.3 Tubage continu par tubes polymérisés en place (Chemisage continu polymérisé en place)

Les conditions de mise en œuvre du chemisage doivent respecter les prescriptions générales des normes :

- [NF EN 752](#)
- [NF EN 11296-1](#)
- [NF EN 11296-4](#)
- [NF EN 14654-2](#)

Les prescriptions générales sont complétées par le manuel d'installation du fabricant qui doit comprendre les procédures concernant :

- le stockage, la manutention et le transport des composants du système;
- les paramètres de mise en œuvre à respecter.

6.10.4.3.1. Contraintes de mise en œuvre

En général, cette technique peut être mise en œuvre à partir des regards de visite existants.

6.10.4.3.2. Travaux préparatoires

Cette dernière inspection permet une reconnaissance de la position des branchements pour une bonne réouverture par la découpe du chemisage après sa mise en place.

6.10.4.3.3. Phase de travaux

Pour éviter d'endommager la chemise lors de sa mise en place, il est nécessaire de respecter les recommandations des fabricants.

Des mesures de précaution sont prises afin d'éviter que la résine liquide ne pollue l'environnement et pour réduire la présence de matières volatiles dans l'atmosphère.

6.10.4.3.1 Contraintes de mise en œuvre

La conduite à réhabiliter doit être mise hors service par une dérivation ou un stockage des effluents.

6.10.4.3.2 Travaux préparatoires

Une première inspection télévisée permet de valider, le cas échéant, toute évolution de l'état par rapport aux données préalables.

Avant l'insertion du chemisage, une préparation soignée de la conduite existante doit être réalisée afin d'éliminer les éléments pouvant gêner ou détériorer la chemise lors de son introduction.

Ces travaux de préparation consistent :

- à nettoyer par un curage hydrodynamique,
- à découper ou enlever les obstacles (branchements et racines pénétrants, excroissances de béton, ...)

et le cas échéant, comprennent :

- les travaux de terrassements pour le traitement des points particuliers (ovalisation, décalage..).

Enfin une inspection visuelle permet de vérifier l'état d'accueil.

Dans le cas où la contre pression d'eau de la nappe génère des infiltrations importantes ou/et est supérieure à la pression de gonflage de la chemise, un étanchement de l'ouvrage par rabattement de la nappe (voir 6.6.2) ou par injection (voir 6.6.3.1) sera mis en place en veillant à maintenir l'équilibre mécanique de l'ouvrage et des ouvrages proches.

6.10.4.3.3 Phase de travaux

Le déroulement des travaux de mise en œuvre du chemisage continu polymérisé en place comporte plusieurs étapes principales :

- imprégnation de la chemise en atelier ou sur site;
- introduction de la chemise par inversion ou traction;
- mise en pression de la chemise;
- polymérisation de la résine;
- découpe et étanchement des raccordements par tout moyen approprié

Tous les paramètres de mise en place tels que les pressions de travail (et forces de traction), les températures de travail ou les vitesses des trains de lampes UV sont à respecter conformément au manuel d'installation.

La réouverture se fait avec un outil adapté permettant une découpe propre, sans déchirure de la chemise et en évitant toute gêne de l'écoulement.

Les pièces spéciales pour les raccordements sont :

- culottes de branchement,
- selles de raccordement mécanique,
- raccord inter matériaux...

Si le marché prévoit la reprise des branchements par ouverture de tranchée, il est préférable de réaliser celle-ci après chemisage de la canalisation principale pour se raccorder directement sur la chemise.

Les extrémités du tuyau doivent être ancrées et raccordées de manière à constituer une liaison étanche avec la canalisation existante. La méthode d'ancrage des extrémités du tuyau doit prendre en compte les effets résiduels de l'installation, en particulier les contraintes dues au treillage suivi de la relaxation, ainsi que les contraintes thermiques et la capacité de résister sans mouvement aux tractions longitudinales correspondantes.

6.10.4.4. Injection en réseau visitable

Les injections consistent à envoyer un coulis sous pression par l'intermédiaire d'un forage traversant le matériau et pouvant pénétrer jusqu'à quelques décimètres dans le sol;

Les injections de traitement du terrain encaissant consistent à envoyer un coulis par l'intermédiaire d'un forage pénétrant dans le terrain de la profondeur nécessaire;

Dans le cas des injections de régénération, les forages ne traversent pas le matériau.

L'AFTES a publié la recommandation GT14 R5 F1 relative à l'emploi des

(éventuellement par un raccordement extérieur en tranchée);

- remise en service du réseau.

Les conditions de polymérisation doivent faire l'objet d'enregistrements.

Pour assurer l'étanchéité au droit des branchements, il est nécessaire de réaliser selon leur configuration :

- soit des travaux de terrassement pour raccordement par pièces spéciales ;
- soit des travaux par l'intérieur d'injection ou de pose de pièces de raccord adaptées.

6.10.4.4 Injection en réseau visitable

Les travaux d'injection doivent contribuer à la restructuration de l'ouvrage et/ou à l'amélioration des caractéristiques mécaniques du sol.

Ces solutions sont qualifiées de travaux de consolidation car les apports mécaniques ne sont pas calculables.

Le principe des injections consiste à envoyer sous pression un coulis par l'intermédiaire d'un forage.

Selon leurs objectifs, les différentes familles d'injection sont qualifiées de :

- traitement du terrain encaissant;
- régénération du matériau;
- traitement des fissures du matériau;
- étanchement.

*injections pour la réhabilitation d'ouvrages souterrains visitables***6.10.4.4.1. Contraintes de mise en œuvre**

Les travaux d'injection n'ont pas d'incidence sur la géométrie de l'ouvrage, qui peut rester en exploitation lors des travaux.

La proximité immédiate de réseaux de tiers peut nuire à l'efficacité des travaux (absence d'injection de certains forages ou réduction des pressions) ou créer des incidents (comblement ou soulèvement d'ouvrages, de gaines, de conduites, etc.)

Dans le cas d'injection dans les ouvrages en béton armé, les rebouchages des forages doivent restituer la qualité du matériau initial pour éviter l'oxydation des aciers existants.

6.10.4.4.2. Travaux préparatoires

Les conditions de mise en œuvre des injections doivent respecter les prescriptions générales de la norme [NF EN 12715](#). Un plan d'injection doit être également établi par l'entreprise précisant les paramètres d'injection.

Les paramètres essentiels des travaux d'injection sont :

- le maillage des forages : position et densité;
- les critères d'injection : débit, pression et volume;
- la nature et les caractéristiques du coulis.

Ils doivent être définis avant le début des travaux. Leur valeur peut être modifiée en cours de travaux selon les résultats obtenus.

6.10.4.4.1 Contraintes de mise en œuvre

Les travaux d'injection sont soumis aux contraintes suivantes :

- le dévoiement des effluents pour la mise à sec des zones d'injections;
- les conditions difficiles de travaux de forage en milieu confiné;
- la surveillance des ouvrages avoisinants pour éviter les résurgences intempestives de coulis ou les soulèvements de chaussées ou d'ouvrages de concessionnaires, dont une reconnaissance sérieuse est impérative;
- la difficulté d'injection dans les ouvrages sous nappe phréatique (venues d'eau en cours de forage);
- le risque de résurgence généralisée du coulis vers l'intrados qui peut nécessiter la pose préalable d'un enduit dans le cas de parements en mauvais état;
- le cas échéant, la présence de réseaux de tiers fixés à la paroi de l'ouvrage existant;
- l'emprise de chantier en surface comportant l'installation de la centrale d'injection et du stockage des matériaux.

6.10.4.4.2 Travaux préparatoires

Ils consistent en :

- curage et nettoyage du radier du collecteur;
- nettoyage des parements en cas de dépôts;
- établissement du plan d'implantation des forages;
- traitement et colmatage des fissures ou dégradations des parements

6.10.4.4.3. Phase de travaux

6.10.4.5. Chemisage par matériau projeté, taloché ou coulé en place (Béton ou mortier projeté)

De manière générale on peut privilégier :

La voie sèche :

- Lorsqu'une forte adhérence est recherchée.
- Lorsque des performances mécaniques élevées sont recherchées au jeune âge.
- Pour des chantiers de faible importance ou avec de fréquentes interruptions quand la distance de transport en conduite est élevée.

La voie mouillée,

- Lorsque les conditions de travail sont difficiles (exiguïté, encombrement,...)
- Pour les chantiers importants, nécessitant de forts rendements

6.10.4.5.1. Contraintes de mise en œuvre

Les accès par les regards limitent le passage des ferrillages par exemple et imposent des fabrications par petites quantités avec des rendements faibles.

susceptibles de donner lieu à des résurgences.

En cas d'infiltrations importantes, si la technique mise en œuvre le nécessite, étanchement de l'ouvrage par rabattement de la nappe.

Dans le cas d'un parement altéré et/ou fissuré de manière généralisée, la réfection des enduits ou un chemisage doivent être effectués avant les opérations d'injection.

6.10.4.4.3 Phase de travaux

La mise en œuvre comprend les opérations principales suivantes :

- l'exécution des forages et leur nettoyage éventuel;
- l'équipement des forages;
- les différentes phases d'injection du coulis, le contrôle et l'enregistrement des paramètres d'injection
- le nettoyage et le rebouchage des forages;
- le nettoyage du collecteur.

6.10.4.5 Chemisage par matériau projeté, taloché ou coulé en place (Béton ou mortier projeté)

La réhabilitation d'ouvrages (collecteur et regard) par béton ou mortier projeté est une technique de réparation ou de rénovation par mise en place sur la paroi de tout ou partie de la section de l'ouvrage d'une ou de plusieurs couches de béton ou mortier.

C'est une technique normalisée ([NF EN 14487-1](#) et 2).

On distingue la voie sèche et la voie mouillée selon le mode d'introduction de l'eau de gâchage.

Les paramètres essentiels des travaux de béton projeté sont :

- le nombre de couches et l'épaisseur;
- la nature et les caractéristiques du béton.

6.10.4.5.1 Contraintes de mise en œuvre

Les travaux de projection de béton sont soumis aux contraintes suivantes:

- le dévoiement des effluents pour la mise à sec des zones réhabilitées;
- l'évacuation en continu des pertes de projection;
- les conditions difficiles de travaux en milieu confiné et exiguë, avec des accès limités aux regards;

6.10.4.5.2. Travaux préparatoires

6.10.4.5.3. Phase de travaux

Les épaisseurs des couches sont habituellement de :

- en couche unique (3 à 7 cm)
- en couches multiples (2 à 4 cm)

- la présence éventuelle d'autres réseaux fixés à la paroi de l'ouvrage existant;
- l'étanchement préalable des arrivées d'eau dans les ouvrages sous nappe phréatique;
- l'emprise de chantier en surface comportant l'installation du matériel de projection et du stockage des matériaux ou de l'approvisionnement par toupie ou camion de livraison.

6.10.4.5.2 Travaux préparatoires

La préparation comprend notamment les opérations suivantes :

- contrôle d'état de l'ouvrage, linéaire des fissures, repérage des branchements,...;
- dévoiement des effluents de l'ouvrage et de ses branchements;
- en cas d'infiltrations importantes, si la technique mise en œuvre le nécessite, un étanchement de l'ouvrage par rabattement de la nappe;
- curage et nettoyage du radier du collecteur;
- nettoyage des parements en cas de dépôts. Ceux-ci doivent être propres et sains afin d'obtenir un bon niveau d'adhérence;
- dépose de réseaux de tiers fixés à la paroi de l'ouvrage existant, le cas échéant;
- traitement et colmatage des fissures ou dégradations des parements pour rétablir la continuité,
- protection des branchements pour éviter de les obstruer.

6.10.4.5.3 Phase de travaux

La mise en œuvre comprend les opérations principales suivantes :

- pose d'un manchon de scellement dans le cas de reprise des raccordements;
- pose de l'armature si elle est prévue par le projet;
- projection;
- évacuation en continu des pertes de projection;
- finition de surface destinée à la protection des fibres corrodables et à l'amélioration de l'état de surface (finition talochée);
- réinstallation des réseaux déposés.

6.11. Exécution des travaux spéciaux

6.11.1. Pose des canalisations en élévation

Il est tenu compte des mouvements de la conduite dus à des causes diverses (dilatations, tassements différentiels, séismes, etc.).

Il est conseillé que la conception de la pose puisse permettre la dépose de la conduite sans descellement.

Dans le cas de canalisations calorifugées exposées aux intempéries ou à certains risques de dégradation, il peut être prescrit dans le CCTP une

6.11 Exécution des travaux spéciaux

6.11.1 Pose des canalisations en élévation

Quand les éléments sont placés sur un plancher, dans une galerie ou en caniveau ou en élévation, ils reposent sur des supports adaptés.

Ils sont en outre, s'il y a lieu, retenus par des colliers ou des dispositifs similaires.

Les supports adaptés (berceaux, corbeaux, compensateurs, tasseaux, ...) et les colliers doivent être choisis et dimensionnés en fonction des caractéristiques et de la nature des tuyaux à poser mais aussi en fonction des conditions d'installation (ancrage, accessibilité, essais, ...), des conditions de service de la conduite (maintenance, ...) et des variations climatiques.

Ces dispositifs remplissent les conditions de résistance aux efforts spécifiés au CCTP et résultants des données préalables, comme entre autres, les effets de la dilatation.

La fixation des conduites et des raccords, des accessoires et appareillages est exécutée conformément aux normes et autres réglementations et en particulier en préservant les revêtements extérieurs des éléments constitutifs de la canalisation.

Dans le cas où il a été reconnu nécessaire d'assurer par des ancrages la stabilité d'un élément, l'entrepreneur se conforme pour la disposition des ceintures, arcs boutants ou autres organes et pour le scellement de leurs extrémités dans les massifs de butée, aux dispositions particulières du projet spécifiées au CCTP.

Le CCTP doit préciser les dispositions particulières pour protéger les éléments de canalisations et des supports des éventuelles agressions de l'environnement de pose et de service.

En particulier le risque de gel doit être pris en compte.

Des dispositions particulières doivent être étudiées et adaptées pour toute transition entre deux modes de pose différents (calorifugés/non calorifugés, traversées de parois, sur support/en tranchée, etc.).

Pour la traversée des parois d'ouvrages par des conduites ou autres appareils, des gaines ou manchons conformes aux dispositions spécifiées au

protection complémentaire constituée, selon l'emplacement de la canalisation, d'un enduit spécial, d'une gaine...

6.11.2. Protection cathodique des conduites et ouvrages

6.11.3. Assainissement sous vide

CCTP sont installés lors de la construction de l'ouvrage en maçonnerie. S'il s'agit d'ouvrages étanches, ces gaines ou manchons sont de type étanche.

6.11.2 Protection cathodique des conduites et ouvrages

Cette protection peut s'appliquer aux conduites en acier mais aussi aux canalisations en fonte, en béton armé et précontraint ainsi qu'à tous les accessoires et ouvrages incluant des composants métalliques.

La nécessité d'appliquer ou non une protection cathodique sur une conduite est déterminée après l'étude géo-électrique des terrains traversés dont on doit, à minima, retrouver les résultats dans le CCTP.

Dans le cas où la protection cathodique est nécessaire, les dispositions sont prises et exécutées conformément à la norme « Protection Cathodique des Structures enterrées ou immergées – Principe généraux et application pour les canalisations » (actuellement [NF-EN 12954](#)) et aux normes relatives aux éléments à protéger. Le CCTP précise l'ensemble des données nécessaires à l'étude et à l'établissement de la protection cathodique à mettre en œuvre.

Au cas où le CCTP prévoit que la protection cathodique est assurée par (ou à insérer dans) un dispositif déjà en place, l'entrepreneur effectue l'installation après l'obtention des spécifications et autorisations nécessaires.

Dans tous les cas, pour la mise en service, une réception préalable doit être faite par un organisme qualifié certifié et le constat de réception remis à la maîtrise d'ouvrage avec le dossier de maintenance du système.

6.11.3 Assainissement sous vide

Les installations d'assainissement sous vide sont traitées dans le fascicule 71.

6.12. Réalisation des branchements

6.12.1. Branchements

Dans un collecteur de diamètre \leq à 1000 ou un regard, le raccordement s'effectue avec un angle \leq à 67°30 (en « Y ») orienté dans le sens de l'écoulement.

L'angle de raccordement peut être de 90° quand le diamètre de la canalisation principale est au moins supérieur à deux fois le diamètre de la canalisation de branchement.

L'axe de raccordement du branchement est orienté vers le centre du collecteur pour permettre, notamment, le traitement du raccordement en cas de réhabilitation. Le raccordement se fait de préférence sur la moitié supérieure du tuyau, entre 45° et le plan médian de la canalisation principale afin de faciliter le compactage de la zone d'enrobage.

Si la longueur de branchement dépasse 35 m, des regards intermédiaires sont nécessaires, sauf disposition contraire acceptée par le maître d'œuvre.

Il est souhaitable que la pente du branchement ne soit pas inférieure à 0,03 m/m.

Si $D_{\text{branchement}} / D_{\text{collecteur}} > 0.5$, l'angle de raccordement est inférieur ou égal à 67°30

Si $D_{\text{branchement}} / D_{\text{collecteur}} < 0.5$, l'angle de raccordement est inférieur ou égal à 90°

6.12.2. Dispositifs de raccordement de branchement

On distingue trois types de dispositifs :

- **les culottes** qui sont généralement mises en place lors de la pose d'un collecteur de diamètre \leq à 400 mm. Elles sont généralement constituées du même matériau que le collecteur;
- **les selles** qui sont généralement mises en place sur un collecteur déjà existant. Elles viennent se poser « à cheval » sur le collecteur dans un trou caroté ou découpé par sciage. Les selles s'utilisent essentiellement sur les collecteurs d'un diamètre \leq à 400 mm;
- **les raccords de piquage** qui réduisent généralement la résistance

6.12 Réalisation des branchements

6.12.1 Branchements

Les branchements doivent être réalisés conformément à la norme [NF EN 1610](#).

Les branchements à exécuter et leur implantation sont validés par le maître d'œuvre au moment du piquetage des ouvrages.

Les canalisations de branchement ont un diamètre inférieur à celui de la canalisation principale à laquelle elles se raccordent et, sauf à prévoir des regards intermédiaires, elles ont un tracé rectiligne.

Les branchements gravitaires ne doivent pas être réalisés en diamètre nominal inférieur à 150 mm.

Tout raccordement d'une canalisation de branchement qui pourrait nuire à l'écoulement dans la canalisation principale est interdit (branchement à contre-courant, branchement pénétrant, etc.).

Le ou les types de tuyaux à utiliser pour les branchements sont précisés dans le CCTP.

Un dispositif avertisseur conforme à la norme [NF T 54080](#) sera mis en place au droit des canalisations de branchement.

6.12.2 Dispositifs de raccordement de branchement

Les pièces de raccordement issues du même matériau que la conduite principale doivent être privilégiées.

Le dispositif de raccordement doit présenter la même étanchéité que l'élément de canalisation sur lequel il se raccorde.

En cas de présence d'eau, les selles collées et tulipes scellées sont à proscrire.

Les rigidités annulaires des canalisations et accessoires thermoplastiques doivent respecter les exigences des normes [NF EN 476](#) et [NF EN 13476](#)

Le dispositif doit résister aux mêmes charges que celles auxquelles sont soumis les éléments de la canalisation.

Lorsque des percements du collecteur doivent être réalisés, le découpage

mécanique du collecteur au droit du percement. Ils s'utilisent sur des collecteurs d'un diamètre \geq à 400mm et ce, à condition que le diamètre de la canalisation principale soit supérieur à 2 fois le diamètre de la canalisation de branchement (de préférence 3 fois).

6.12.3. Raccordement de collecteur

Dans un collecteur de diamètre \leq à 1000 ou un regard, le raccordement s'effectue avec un angle orienté dans le sens de l'écoulement.

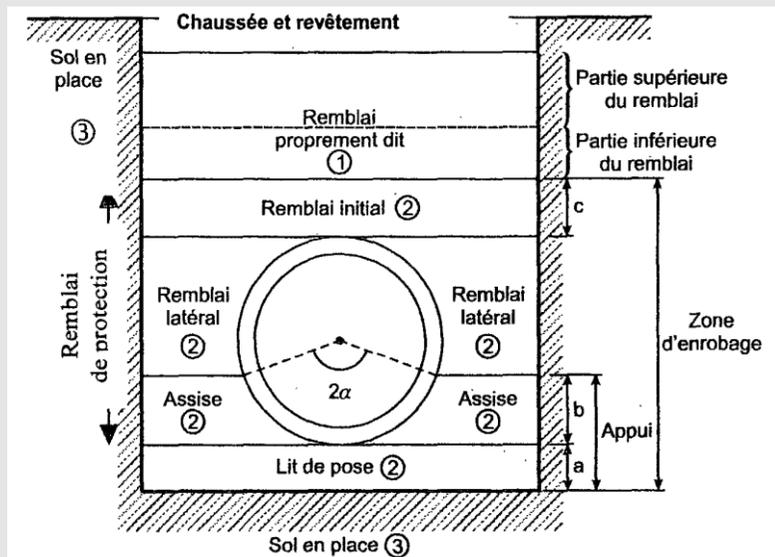
doit être effectué avec une carotteuse ou une scie cloche, en fonction du matériau, pour obtenir un trou circulaire, en prenant soin qu'il n'entre aucun matériau indésirable dans le tuyau.

6.12.3 Raccordement de collecteur

Les raccordements entre collecteurs se font par l'intermédiaire d'un regard. Les raccordements sont réalisés de préférence au fil d'eau. Le cas échéant, le raccordement est complété par une chute accompagnée.

Tout raccordement à contre-courant ou pénétrant, qui pourrait nuire à l'écoulement dans la canalisation principale est interdit.

6.13. Remblayage et compactage



Remblai de protection = remblai latéral + remblai initial

Le maître d'œuvre doit s'assurer, au début du chantier, que l'entrepreneur dispose des moyens de compactage adaptés aux matériaux de remblai, à la résistance du fond de fouille, du lit de pose et de la canalisation.

L'exécution de l'enrobage conditionne la bonne tenue des tuyaux.

Certaines parties de l'enrobage peuvent être supprimées, confondues ou modifiées (exemple : tuyaux comportant un ou des appuis incorporés)

Planches d'essais

Le procès-verbal mentionne :

1. les caractéristiques du matériau,
2. le mode d'exécution des travaux,
3. le traitement éventuel du fond de fouille,
4. le matériel de compactage,

6.13 Remblayage et compactage

Après la pose des tuyaux et autres éléments ou la réalisation des ouvrages coulés en place, le remblayage est entrepris suivant les modalités indiquées ci-après.

On distingue :

- le sol en place 3
- la zone d'enrobage 2 constituée par :
 - le lit de pose,
 - l'assise,
 - le remblai latéral,
 - le remblai initial d'une hauteur minimale de 0.10 m au-dessus du collet et de 0.15 m au-dessus de la génératrice supérieure.
- la zone de remblai proprement dit 1, composée des parties inférieure et supérieure du remblai.

En cas du réemploi des matériaux extraits, des planches d'essais doivent être réalisées en vue de la définition des modalités de mise en œuvre.

Une planche d'essai est effectuée contradictoirement entre le maître d'œuvre et l'entrepreneur avec les matériels dont dispose l'entreprise. Au cours de cet essai, l'épaisseur des couches et le nombre de passes des engins sont déterminés pour assurer le degré de compacité précisé dans le CCTP.

Un procès-verbal est établi à l'issue de ces essais.

L'épaisseur des couches et la cadence de mise en œuvre sont celles retenues au cours des essais.

Cas du réemploi des matériaux extraits (Voir 6.5.1) :

- les matériaux doivent être caractérisés préalablement à tout réemploi,
- les conditions de réemploi et leurs traitements éventuels doivent ensuite être définis,
- une planche d'essai est effectuée pour définir les modalités de compactage, contradictoirement entre le maître d'œuvre et l'entrepreneur.

5. les conditions de déroulement de l'épreuve,
6. les résultats des essais,
7. les conditions optimales de traitement éventuel et de remblayage du matériau considéré avec le matériel de compactage mis en œuvre,
8. les valeurs de référence pour les contrôles,
9. l'état des canalisations après compactage.

6.13.1. Exécution de la zone d'enrobage 2

Les précautions prises pour l'exécution de l'assise et du remblai de protection correspondent aux hypothèses retenues pour le choix des tuyaux dans le chapitre IV du présent fascicule. Ces précautions sont justifiées pour la bonne conservation des ouvrages.

Il convient de sauvegarder l'enrobage de toute dégradation prévisible de sa capacité portante, de sa stabilité ou de son positionnement, qui pourrait être due :

- à l'enlèvement du blindage;
- aux influences de la nappe phréatique;
- à d'autres terrassements simultanés et à proximité.

6.13.1.1. Exécution de l'assise

Si l'assise peut être amenée à une décompression, le maître d'œuvre apprécie l'importance de cette décompression et en tient compte en fonction de la résistance des tuyaux pour valider et adapter éventuellement le choix des matériaux constitutifs de l'assise.

Pour apprécier le degré de décompression de l'assise, il convient notamment de prendre en compte :

- une éventuelle remontée de nappe ainsi que la nature du terrain ayant été reconnue en phase projet et,
- la nature des blindages (épaisseur, profil,...) définis par l'entreprise; plus

Le CCTP précise les modalités de la mise en œuvre des contrôles extérieurs préalables à la réception.

Le contrôle intérieur de compactage est effectué conformément aux dispositions préconisées par la planche d'essai (épaisseur des couches, nombre de passes, état hydrique des matériaux).

Dans le cas de modification de l'état hydrique (pour les matériaux sensibles à l'eau), l'entreprise soumet au maître d'œuvre les dispositions spécifiques (hydratation ou séchage des matériaux, adaptation de l'épaisseur des couches et/ou du nombre de passes...). Après validation, elle complète le Plan d'Assurance Qualité y compris sur le contrôle.

6.13.1 Exécution de la zone d'enrobage 2

L'exécution de l'assise et des remblais de protection est effectuée avec tous matériaux compatibles avec les caractéristiques des tuyaux et préalablement agréés par le maître d'œuvre.

L'étude géotechnique précise si les matériaux extraits peuvent être réutilisés.

Nonobstant le 5.1.2.2.7, les conditions de retrait du blindage doivent être fixées dans le C.C.T.P.

6.13.1.1 Exécution de l'assise

Sauf cas particuliers indiqués dans le CCTP, au-dessus du lit de pose, le matériau d'assise est tassé sous les flancs de la canalisation et compacté sur ses côtés de façon à éviter tout mouvement de celle-ci et à lui constituer l'assise prévue sur la base des études géotechniques.

un blindage est épais ou de profil contourné, plus le risque de décompression est important.

6.13.1.2. Exécution du remblai de protection (latéral et initial)

Il convient de se référer au guide de remblayage des tranchées du SETRA/CEREMA ainsi qu'à l'EN 1610.

6.13.1.3. Cas particulier des canalisations de petits diamètres

Ces dispositions ont pour but d'éviter la remontée des tuyaux lors du compactage.

On peut admettre, à condition de disposer de moyens de compactage adaptés et que le terrain s'y prête, les limites ci-dessous pour les canalisations de petits diamètres :

- *200 mm pour les tuyaux à comportement flexible,*
- *300 mm pour les tuyaux comportement rigide,*
- *le critère de rigidité RIG et son calcul sont définis dans le chapitre 5 du présent fascicule.*

6.13.2. Exécution du remblai proprement dit

6.13.2.1. Reconstitution des sols en terrain de culture

Dans les terrains libres ou de culture, où des dommages résultant d'une décompression des terrains sont peu à craindre, le terrain sera rendu dans un état à l'identique à ce qu'il était ou aux terrains encaissants.

Si le CCTP le prescrit, quelques essais de pénétromètres effectués préalablement aux travaux serviront de référence.

6.13.1.2 Exécution du remblai de protection (latéral et initial)

Au-dessus de l'assise, le remblai et son compactage sont poursuivis, par couches successives, symétriquement puis uniformément, jusqu'à une hauteur suffisante au-dessus de la génératrice supérieure et de l'assemblage (manchon, collerette,...), pour ne pas nuire à l'intégrité de la canalisation.

Pour la réalisation du remblai initial et du remblai proprement dit, l'entrepreneur prévoit une hauteur de protection tenant compte des caractéristiques des engins de compactage (puissance, masse) afin de préserver l'intégrité de la canalisation.

6.13.1.3 Cas particulier des canalisations de petits diamètres

Sauf dispositions contraires dans le CCTP, pour les canalisations de petits diamètres, l'assise et le remblai de protection peuvent être réalisés en une seule fois.

6.13.2 Exécution du remblai proprement dit

6.13.2.1 Reconstitution des sols en terrain de culture

En terrain libre ou de culture, à partir de la hauteur visée en 6.13.1.2, le remblai est poursuivi avec les déblais. Ce remblai est répandu par couches successives et régulières.

6.13.2.2. Remblai sous voirie et rétablissement provisoire des chaussées, trottoirs et accotements

Il y a lieu de se référer au guide CEREMA (EX SETRA) « Remblayage des tranchées et réfection des chaussées ».

Un remblai mal exécuté entraîne la décompression du terrain ce qui peut causer des dommages aux immeubles riverains, une gêne aux usagers de la voirie, éventuellement des accidents, et des dépenses de remise en état importantes. Ces risques justifient les exigences relatives aux compactages, et dans les situations défavorables, l'abandon in situ des blindages.

L'enlèvement du blindage au fur et à mesure du remblai est souhaitable pour éviter la décompression des terrains qui résulterait d'un enlèvement brutal après le remblai total.

Le remblai est arrêté à la cote fixée dans le CCTP ou dans les autorisations de voirie pour la reconstitution de la voirie et poursuivi dans les conditions fixées par ces textes de façon à rétablir provisoirement la chaussée, les trottoirs et les accotements.

L'attention est attirée sur les difficultés de compactage pouvant survenir en milieu encombré. Il est alors nécessaire de s'assurer de la possibilité d'atteindre les objectifs de densification pris en hypothèse dans la note de calcul. Il convient de vérifier la tenue mécanique de la canalisation dans ces conditions de mise en œuvre et, le cas échéant, de prendre des dispositions adaptées pour le remblayage.

6.13.3. Cas particulier du serrage hydraulique (Annexe 5)

6.13.2.2 Remblai sous voirie et rétablissement provisoire des chaussées, trottoirs et accotements

Lorsque la canalisation est placée sous voirie, le remblai au-dessus de la hauteur visée à l'article 6.13.1.2 peut être poursuivi avec les matériaux des déblais si l'étude géotechnique le permet et en accord avec le gestionnaire de voirie concerné. Ces matériaux sont répandus par couches successives, régulières et compactées.

Dans le cas où il ne serait pas possible d'obtenir la compacité recherchée, l'entrepreneur se conforme aux instructions du maître d'œuvre (traitement ou substitution des sols...).

A tout moment, l'écoulement des eaux de ruissellement est assuré; les saignées sont maintenues, les caniveaux et les rives de chaussée sont nettoyés de toute boue.

Lorsque des blindages sont nécessaires, il est recommandé de les retirer d'une hauteur égale à chaque couche de remblai puis de compacter cette couche (cas 1) – voir paragraphe 5.1.2.2.7

6.13.3 Cas particulier du serrage hydraulique ([Annexe 5](#))

Le serrage hydraulique est utilisé exceptionnellement, par exemple en cas de largeur de tranchée réduite ne permettant pas un compactage traditionnel. Les conditions pour la mise en œuvre sont :

- les canalisations sont posées en tranchée,
- le matériau d'enrobage est de type B1 ou D1 et ne comporte pas de granulats de diamètre supérieur à 8 mm,
- absence de risque d'inondation des caves et bâtiments adjacents,
- la poussée engendrée ne risque pas de déstabiliser un mur de soutènement,
- absence de risque de tassement parasite dans un sol effondrable sous imbibition.

Exemple : pour une couche de matériau de 0,50m présentant une perméabilité $K = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s, il faut un débit d'un litre par seconde par m^2 pendant 500 secondes.

Nota : si nécessaire, le serrage hydraulique peut être associé à des moyens mécaniques d'amélioration du serrage (aiguilles vibrantes par exemple). Ce traitement, correctement mis en œuvre et dans de bonnes conditions, utilisé pour la zone d'enrobage, conduit à une compacité q_5 .

Il a été constaté que le tassement ultérieur est réduit de moitié lorsqu'on effectue une vibration des gravettes (type gravillon roulé 6/10).

Pour un sous-sol très encombré de réseaux et difficile à compacter l'utilisation d'un serrage hydraulique ou d'un remblai auto-compactant sera privilégiée.

Cette vibration réduit le risque d'altération des propriétés mécaniques des ouvrages et le tassement ultérieur des matériaux remblayés.

6.13.4. Matériaux autocompactants liés (annexe 6)

Pour la structure des chaussées, il y a lieu de se référer au guide CERTU « Remblayage des tranchées, utilisation des matériaux autocompactants ».

Lorsque le remblayage est exécuté hydrauliquement, l'ensemble des phases décrites au chapitre 6.13 est réalisé en une seule fois, et en aucun cas, au-dessus d'un remblai compacté mécaniquement.

Le serrage hydraulique doit être mis en œuvre selon les modalités définies en annexe 5.

L'enrobage de la canalisation est réalisé sans compactage

Le débit d'arrosage dépend de la perméabilité du matériau préalablement déterminée par essai.

La quantité d'eau à apporter pour le serrage correspond à un volume d'eau voisin de celui du matériau traité.

L'éventuel blindage est relevé jusqu'à la génératrice supérieure de la canalisation avant l'alimentation en eau

Un tel traitement, utilisable uniquement avec des matériaux sableux, ne permet généralement d'obtenir que des densités sèches moyennes, donc des modules assez modestes mais homogènes.

Les gravettes, graviers roulés ou de forme quasi-sphérique à plage de granulométrie réduite dont le D_{max} est de 25 mm, ne sont pas des matériaux totalement autocompactants ou autoplaçants. Ils nécessitent une vibration (même légère, par exemple par aiguille vibrante) pour leurs conférer les qualités requises par les hypothèses retenues pour le dimensionnement des canalisations.

6.13.4 Matériaux autocompactants liés (annexe 6)

Le PAQ précise les modalités d'utilisation suivant les prescriptions du fournisseur.

La composition du produit est vérifiée vis à vis de la nature du matériau de la canalisation et de la sauvegarde de l'environnement.

Les matériaux autocompactants liés doivent être mis en œuvre selon les modalités définies en [annexe 6](#).

6.14. Contrôle intérieur :

Le phasage des essais est important notamment lorsque les travaux de finition sont réalisés par une tierce partie.

6.15. Exécution des finitions et remises en état

6.15.1. Réfections provisoires et entretien des chaussées, trottoirs et accotements

Il y a intérêt :

- à limiter le plus possible, voire à supprimer, le délai séparant le rétablissement provisoire et la réfection définitive des chaussées;
- à appliquer des restrictions appropriées à la circulation jusqu'à réfection définitive.

Si la réfection définitive est exclue du marché, le CCTP le précise et indique quand elle est effectuée.

6.14 Contrôle intérieur :

L'auto contrôle est réalisé selon le PAQ. Celui-ci prévoit le phasage des essais de contrôle qui sont à réaliser avant l'exécution des finitions et la remise en état.

6.15 Exécution des finitions et remises en état

6.15.1 Réfections provisoires et entretien des chaussées, trottoirs et accotements

Lorsque le CCTP le prévoit l'entrepreneur assure la réfection provisoire des chaussées, trottoirs et accotements. Le CCTP précise si l'entrepreneur assure l'entretien jusqu'à la réfection définitive.

Dans ce dernier cas, l'entrepreneur assure convenablement l'entretien provisoire et notamment les réparations consécutives aux tassements éventuels des tranchées et aux dégradations de leurs abords.

Réfection provisoire :

Immédiatement après le remblayage des tranchées, les chaussées, trottoirs et accotements sont rétablis provisoirement en utilisant, sauf contre-indication, les matériaux du corps de chaussée mis en dépôt lors des fouilles.

Ce travail est exécuté conformément aux prescriptions du projet complétées, le cas échéant, par les prescriptions des services intéressés et des prescriptions de voirie.

Le CCTP peut prescrire d'exécuter la réfection provisoire des chaussées et trottoirs avec des matériaux d'apport et l'application d'enduit superficiel.

Pour les accotements, si les autorisations de voirie le prescrivent, la réfection provisoire comporte l'enlèvement et la mise en dépôt du terrain naturel et son remplacement par un matériau d'apport, sable ou tout-venant, compacté.

6.15.2. Réfection définitive des chaussées, trottoirs et accotements**6.15.3. Remise en état du sol et des clôtures**

Il est recommandé, pour éviter toute contestation ultérieure, de procéder contradictoirement, avec les propriétaires intéressés, à un constat des lieux et au besoin à un état exact des limites séparatives des propriétés, en faisant appel, s'il est nécessaire, à un homme de loi.

6.15.4. Propreté du réseau**6.15.2 Réfection définitive des chaussées, trottoirs et accotements**

La réfection définitive a pour but de rétablir les revêtements des chaussées, trottoirs et accotements. Elle est exécutée suivant les prescriptions du gestionnaire de voirie et le CCTP.

Le CCTP précise, s'il y a lieu, tronçon par tronçon, si la réfection définitive est exécutée immédiatement après le remblayage de la tranchée.

6.15.3 Remise en état du sol et des clôtures

Avant l'achèvement des travaux, il est procédé à la remise en état du sol et les clôtures déposées sont reconstituées dans un état au moins équivalent à leur état initial sauf stipulations différentes du CCTP.

En fin de chantier, il est procédé à une remise en état des sols par reprise des tassements, enlèvement des excédents, etc.

Le CCTP spécifie, s'il y a lieu, les conditions particulières pouvant être exigées par les propriétaires des terrains traversés ainsi que par les services intéressés.

6.15.4 Propreté du réseau

L'entreprise de travaux s'assure de restituer un réseau propre.

7. CONDITIONS DE RECEPTION

7.1. Examens préalables à la réception des ouvrages neufs

7.1.1. Généralités

Conformément, pour l'assainissement, à l'article 10 de l'arrêté du 21 juillet 2015, les contrôles de réception des travaux neufs réalisés sur les ouvrages de collecte (qui incluent la réhabilitation par remplacement) doivent faire l'objet d'un marché ou d'un contrat spécifique (hormis pour les inspections réalisées en régie par le maître d'ouvrage) entre le maître d'ouvrage et un opérateur accrédité, indépendant de l'entreprise chargée des travaux, et le cas échéant, du maître d'oeuvre et de l'assistant à maîtrise d'ouvrage.

En ce qui concerne les opérations préalables à la réception, le maître d'ouvrage s'assure que l'ensemble des informations et documents nécessaires (c f 7.3.1) est mis à disposition de la (ou des) entreprise(s) de contrôle.

Lorsque ceci est possible il est recommandé de réaliser les contrôles au fur et à mesure de l'avancement du chantier.

Le CCTP du marché prescrit les épreuves spécifiques de contrôle de réception.

L'intervention de l'entreprise de contrôle doit être planifiée pour qu'elle puisse réaliser les contrôles dans les délais globaux du marché en intégrant les délais d'autorisation de voirie.

Ce délai peut être réduit dans les documents particuliers, en raison des troubles susceptibles d'être apportés par les contraintes de service.

Il est recommandé que le traitement de la (des) non-conformité(s) reçoive l'aval des différents intervenants (fournisseur, fabricant, entreprise...).

7 CONDITIONS DE RECEPTION

7.1 Opérations préalables à la réception des ouvrages neufs

7.1.1 Généralités

Les ouvrages font l'objet d'une procédure de réception prononcée par le maître d'ouvrage.

Les examens préalables à la réception sont exécutés après que l'entrepreneur ait informé le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre que l'état d'avancement des travaux permet leur réalisation, et ce, dans un délai minimal d'une semaine. Ces examens font l'objet chacun d'un procès-verbal, établi au plus tard à la date des opérations préalables à la réception.

Les examens préalables à la réception comprennent au minimum, en ordre chronologique d'exécution :

- les contrôles de compactage,
- la vérification des conditions d'écoulement,
- le contrôle visuel et/ou télévisuel,
- la vérification de conformité topographique et géométrique des ouvrages,
- les essais d'étanchéité,
- la vérification de la remise en état des lieux
- les opérations de nettoyage et de désinfection (eau potable uniquement).

Les essais de réception, dont les épreuves de compactage, l'inspection visuelle ou télévisuelle et les épreuves d'étanchéité des ouvrages, sont effectués par un ou des organismes de contrôle indépendants (externes à l'entreprise) et qualifiés, choisis par le maître d'ouvrage.

En cas de non-conformité détectée au cours des essais préalables à la

L'accréditation par le COFRAC n'est exigée par la réglementation que pour les épreuves préalables à la réception des collecteurs d'assainissement et uniquement pour les techniques couvertes par l'accréditation : contrôle de compactage des tranchées, contrôle des canalisations et des ouvrages par inspection visuelle, contrôle de l'étanchéité des canalisations et des ouvrages.

7.1.2. Vérification des exigences de remblayage

7.1.2.1. Epreuves de compactage

Le CCTP mentionne les exigences de compacité qui peuvent, le cas échéant faire l'objet de variantes ou modifications en cours de chantier dont l'acceptation convient d'être dûment enregistrée. Elles s'appuient sur les études géotechniques préalables et sur le dimensionnement mécanique des ouvrages.

Dans le cas de la réutilisation des matériaux en place, la réalisation d'une ou plusieurs planches d'essai permet de confirmer les conditions de leur bonne mise en œuvre. (chapitre 6)

Ces exigences sont le plus souvent données par référence à un pourcentage de l'Optimum Proctor Normal.

Il est du ressort du maître d'ouvrage ou de son représentant de transmettre à l'organisme de contrôle les coupes des tranchées et les données fiables (classification GTR notamment), récentes (idéalement 6 mois, 1 an maximum) sur les matériaux employés ainsi que la localisation des points de contrôle. A défaut l'entreprise de pose implante les points de contrôle sous la responsabilité du maître d'ouvrage ou de son représentant.

En cas de hauteur de couverture importante, ou de présence d'un géosynthétique autour de la zone d'enrobage, il est conseillé, si cela est possible, de réaliser ces essais en deux étapes (zone d'enrobage puis zone de remblai proprement dit).

Si l'identification ne confirme pas le matériau prévu, l'entreprise de pose devra apporter les preuves d'identification du matériau effectivement mis en place qui permettront une nouvelle interprétation des pénétrogrammes.

réception, les dispositions prises pour la remise en état permettent d'assurer la durabilité initiale attendue de l'ouvrage.

7.1.2 Vérification des exigences de remblayage

7.1.2.1 Epreuves de compactage

Les ouvrages mis en œuvre sans tranchée conformément à la norme [NF EN 12889](#) ne nécessitent pas de contrôle de compactage.

Les épreuves de compactage portent sur la zone de remblai proprement dit ainsi que sur la zone d'enrobage jusqu'au niveau inférieur du lit de pose ou de la substitution éventuelle. Il ne comprend pas les couches de chaussée, (comprenant le revêtement et l'assise).

La (ou les) coupe (s) type (s) de la tranchée, précisant non seulement l'implantation géographique de l'ouvrage mais également l'implantation de tous les ouvrages déclarés par leurs exploitants ou découverts au sein des tranchées lors de l'exécution des travaux (à l'appui notamment des récépissés de DICT remis par leurs exploitants), doit (vent) être fournie (s) au contrôleur qui intervient. A défaut l'opération de contrôle ne peut débuter sans une déclaration préalable des travaux (DICT).

En outre, le contrôleur trace la ou les courbes de référence en fonction de la classification des sols qui lui est communiquée.

La vérification de la qualité du compactage repose sur une identification préalable de tous les matériaux, prévue à l'article 2.2.2.1.

Cette identification est confirmée dans le cadre de la réception des matériaux (cf. 6.5).

L'état hydrique des matériaux sensibles à l'eau est mentionné.

En l'absence d'identification du matériau, il convient de soumettre le choix (DC3 ou absence de droites limite et de référence) au maître d'œuvre et /ou d'ouvrage pour prise de décision.

La coupe type indique chaque objectif de densification à atteindre avec la hauteur de couche correspondante.

Les points de contrôle seront exécutés à environ 15 cm des plans verticaux tangents à la canalisation et au maximum à 50 cm de la paroi des dispositifs de visite ou de contrôle.

Le contrôle de compactage ne concerne pas les boites de branchements.

Dans le cas des chantiers de grande longueur, il est vivement souhaitable que les contrôles soient réalisés en suivant l'avancement du chantier.

Un essai sans anomalie ou avec une anomalie acceptable est déclaré conforme.

Si, pour obtenir la compacité convenable, l'entrepreneur est conduit à extraire le remblai préalablement mis en œuvre, les dépenses d'extraction, de remise en place et les vérifications des remblais nouvellement mis en œuvre sont à sa charge.

Si la justification de la tenue mécanique des canalisations se base sur un niveau de mise en œuvre "Compacté, contrôlé et validé q5-t2" défini au 5.1.2.2.4, les anomalies de type 2 peuvent être considérées comme acceptables.

Les contrôles sont effectués sur la base :

- d'un contrôle au minimum tous les 50 mètres et au moins un par tronçon, et ce, sur l'ensemble du linéaire de la canalisation,
- d'au moins un essai tous les trois dispositifs d'accès ou de contrôle implantés sur le réseau (regard de visite, boîtes d'inspection ou de contrôle ou chambres),
- d'au moins un essai pour cinq canalisations de branchement, réalisé en tranchée ouverte .

L'interprétation est réalisée conformément aux fonctions décrites par les normes [NF P 94-063](#) et [NF P 94-105](#). L'exploitation des résultats est faite à partir des pénétrogrammes et des valeurs limites correspondant aux cas types rencontrés et aux profondeurs contrôlées. Le pénétrogramme est comparé à la position des droites de limite et de référence concernées dans le but de vérifier si le compactage est conforme aux objectifs de densification spécifiés dans le CCTP; dans le cas contraire, il permet de situer le niveau de gravité de l'anomalie et sa localisation sur l'échelle de hauteur. Les normes définissent quatre types d'anomalies.

Les critères d'acceptation du contrôle sont :

Zone de remblai proprement dit: pour l'interprétation, la hauteur à prendre en compte correspond à la hauteur totale de remblai proprement dit.

- anomalie de type 1 : essai acceptable;
- anomalie de type 2 : essai acceptable;
- anomalie de type 3 : essai non acceptable;
- anomalie de type 4 : essai non acceptable.

Zone d'enrobage : pour l'interprétation, la hauteur à considérer correspond à la hauteur uniquement de l'enrobage.

- anomalie de type 1 : essai acceptable;
- anomalie de type 2 : essai non acceptable;
- anomalie de type 3 : essai non acceptable;
- anomalie de type 4 : essai non acceptable.

La conformité de l'essai est prononcée si chaque zone est conforme.

7.1.2.2. Cas pour lesquels le pénétrogramme n'est pas totalement interprétable.

Pour les matériaux à granulométrie discontinue d/D on pourra se référer à l'additif de juin 2007 du guide CEREMA (EX SETRA)-LCPC de mai 1994 « Remblayage des tranchées et réfection des chaussées ».

S'agissant des matériaux autocompactants l'utilisation de pénétromètres peut permettre d'apprécier le durcissement du matériau en vue de la restitution de la tranchée au trafic.

7.1.3. Vérification des conditions d'écoulement

Les contrôles d'écoulement doivent se faire sur réseau propre. Les contrôles sont effectués après déversement d'eau dans le regard si l'organisme de contrôle effectuant l'inspection visuelle n'est pas celui mandaté pour le contrôle d'écoulement. Sinon, il effectue l'inspection visuelle après le contrôle d'écoulement.

7.1.4. Contrôle visuel ou télévisuel

Ce type de contrôle s'applique à tous réseaux gravitaires d'eau potable ou d'assainissement.

L'entreprise de travaux procède obligatoirement à l'hydrocurage des ouvrages avant inspection.

Avant d'effectuer les opérations de réception, les conditions d'intervention

En cas d'essai non conforme, il est procédé à un contre-essai sur le même tronçon. Si le résultat 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.

7.1.2.2 Cas pour lesquels le pénétrogramme n'est pas totalement interprétable.

C'est le cas des matériaux non compactables ou difficilement compactables sur une partie du remblai et dont les exigences de remblayage ne sont pas contrôlables par pénétromètres

Quand la tranchée est remblayée en partie avec des matériaux sans courbe de référence (gravette ou auto-compactant lié) le pénétrogramme est également réalisé sur la totalité de la hauteur.

Sur la partie de la tranchée réalisée avec des matériaux dont la référence est connue, l'interprétation est faite conformément au paragraphe précédent.

Sur le reste de la tranchée :

- la vérification repose sur une vérification de moyen effectuée lors de la mise en œuvre.
- la courbe obtenue complète l'information donnée au maître d'œuvre (hétérogénéité, changement de matériaux, hauteur de mise en œuvre...)

7.1.3 Vérification des conditions d'écoulement

Le contrôle d'écoulement et l'observation de la régularité de la pente se font visuellement ou télévisuellement sur l'ensemble du réseau après injection d'une quantité d'eau limitée.

7.1.4 Contrôle visuel ou télévisuel

Il est procédé à l'inspection visuelle ou télévisuelle de 100 % du réseau (canalisation, regard, branchement, boîtes de branchement). Ces inspections sont réalisées par examen visuel ou à l'aide de systèmes d'inspection vidéo.

de l'organisme de contrôle sont parfaitement définies par le maître d'ouvrage : fourniture des plans de récolement ou d'un plan de projet rectifié à jour, dimensions des ouvrages, condition d'écoulement dans l'ouvrage...En aucun cas, l'inspection visuelle ne peut se substituer à un essai d'étanchéité, et, ce quelle que soit la nature du réseau.

L'évaluation des pentes et de l'ovalisation est à réaliser lorsque des anomalies sont mises en évidence par le contrôle visuel ou télévisuel.

La liste de la codification des défauts est celle de la norme [NF EN 13-508 -2](#)

Chaque anomalie rencontrée donne lieu à l'établissement d'une photographie repérée longitudinalement (sur le tronçon) et radialement (exemple : sens des aiguilles d'une montre). Les inspections visuelles ou télévisuelles répondent aux objectifs suivants de détection :

- pour les canalisations et les branchements :
 - les anomalies d'assemblage (déboîtement, déviation angulaire, épaufrure, joint visible, bague de butée mal placée),
 - les anomalies de géométrie (changement de section, de pente, d'orientation, contre-pente, coude),
 - les anomalies d'étanchéité visibles (infiltration, exfiltration),
 - les anomalies structurelles (fissure, déformation, effondrement, écrasement, affaissement de voûte, éclatement, ovalisation, perforation, poinçonnement),
 - les obstructions et obstacles (dépôt, élément extérieur, masque et pénétration de branchement),
 - les défauts (défaut d'aspect, armature visible, détérioration des revêtements),
 - les raccords de branchements (en précisant leurs positions, types et défauts, branchement pénétrant).
- pour les regards et boîtes de branchement :
 - les anomalies du tampon (voilé, descellé),
 - les anomalies liées au dispositif de descente,
 - les anomalies du dispositif de réduction et de la cheminée (assemblage et fissure),
 - les anomalies de liaisons canalisation/regard,
 - les anomalies de la cunette et des banquettes.

La mesure de la distance est obligatoire ainsi que le repérage précis des branchements.

Relevé d'anomalies par le bureau de contrôle extérieur

Le maître d'œuvre décide du classement « conforme » ou « non conforme » des anomalies. Le maître d'ouvrage, sur avis du maître d'œuvre, décide des suites à donner aux non conformités au regard des dispositions des articles 41.6 et 41.7 du CCAG.

7.1.5. Vérification de conformité topographique et géométrique

Ce point permet la vérification de la pente entre deux regards.

La classe de précision A est définie par l'arrêté du 15 février 2012 modifié pris en application du chapitre IV du titre V du Code de l'Environnement relatif à l'exécution des travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution.

Ces relevés sont réalisés par une société certifiée selon la réglementation en vigueur.

Le géoréférencement (+ ou - 10 cm) respecte une précision telle que le réseau soit de classe A (+ ou - 40 cm).

7.1.6. Epreuve d'étanchéité

7.1.6.1. Conditions générales

Le maître d'ouvrage choisit la méthode d'essai retenue. L'entreprise de contrôle doit en être informée dans le cadre du marché. La méthode retenue est également indiquée au maître d'œuvre et à l'entreprise de travaux.

En cas de connaissance de la hauteur maximale de la nappe phréatique ($h < 2$ mCE) par rapport à la génératrice supérieure de la canalisation, une épreuve d'étanchéité à l'air avec une pression initiale de 200 mbars est possible.

7.1.5 Vérification de conformité topographique et géométrique

Le lever topographique des canalisations et des équipements posés est réalisé tranchée ouverte ou tranchée fermée par une méthode permettant d'assurer le géo-référencement (x,y,z) des génératrices supérieures dans le référentiel IGN69-RGF93.

La conformité des ouvrages aux plans d'exécution est vérifiée contradictoirement par le maître d'œuvre et l'entreprise ou par un organisme de contrôle. Dans ce cas, l'entreprise est prévenue dans les mêmes conditions qu'au paragraphe 7.1.1. Pour le repérage topographique des ouvrages, la tolérance altimétrique dans l'axe du regard (fil d'eau) est de +/- 10% de la plus faible différence altimétrique entre deux regards avec un minimum de + ou - 10 mm

7.1.6 Epreuve d'étanchéité

7.1.6.1 Conditions générales

Les épreuves d'étanchéité sont toujours exécutées, après remblai total des fouilles.

Les épreuves d'étanchéité sont réalisées par tronçon de réseau (canalisation, regard, branchement et boîte de branchement), sur la totalité (100 % du réseau) des tronçons pris séparément. Chaque tronçon est obturé à ses extrémités aval et amont.

Par tronçon, on entend :

- la conduite comprise entre deux regards et les branchements qui s'y raccordent hors boîtes de branchement;
- un regard seul hors branchements qui s'y écoulent;
- un branchement arrivant dans un regard hors boîte de branchement;
- une boîte de branchement.

L'essai d'étanchéité est réalisé soit avec de l'air, soit avec de l'eau conformément à la norme [NF EN 1610](#) comme indiqué dans les chapitres suivants.

Cependant en cas d'échec unique ou répété de l'essai à l'air, il est nécessaire de recourir à l'essai à l'eau. Seul le résultat de l'essai à l'eau doit être décisif.

7.1.6.2. Epreuve d'étanchéité à l'eau sur conduite et/ou branchement**7.1.6.2.1. Imprégnation**

A titre indicatif, il est recommandé une durée minimale d'imprégnation de une heure.

7.1.6.2.2. Epreuve

La pression d'épreuve prend en compte les conditions de service réelles et finales des canalisations (par exemple en cas de remblais supplémentaires futurs...).

Le mètre de colonne d'eau (m CE) est l'unité utilisée par la norme.

7.1.6.3. Epreuve à l'eau sur les regards**7.1.6.3.1. Imprégnation**

A titre indicatif, il est recommandé une durée minimale d'imprégnation de une heure.

7.1.6.3.2. Epreuve

Dans le cas où un branchement est directement raccordé au regard, celui-ci est obturé à son entrée dans le regard et testé indépendamment.

Il est nécessaire et obligatoire d'intégrer dans cette épreuve le contrôle des éléments de liaison entre canalisation et regard.

7.1.6.2 Epreuve d'étanchéité à l'eau sur conduite et/ou branchement**7.1.6.2.1 Imprégnation**

Pour les canalisations en béton ou celles présentant un revêtement intérieur à base de liant hydraulique, l'imprégnation peut se révéler nécessaire.

7.1.6.2.2 Epreuve

L'épreuve d'étanchéité se réalise conformément à la méthode W de la norme [NF EN 1610](#).

Cas particuliers :

- une conduite de grand diamètre : sauf prescription différente les essais individuels de tous les joints sont acceptés pour les canalisations de DN > 1000. Pour cet essai, la surface de référence correspond à celle d'un tuyau de 1m de long.
- une canalisation en forte pente ou posée à une profondeur importante (supérieure à 5 m de couverture) : le CCTP précise les conditions de réception.

7.1.6.3 Epreuve à l'eau sur les regards**7.1.6.3.1 Imprégnation**

Pour les regards en béton ou ayant un revêtement intérieur à base de liant hydraulique, l'imprégnation peut se révéler nécessaire.

7.1.6.3.2 Epreuve

L'épreuve d'étanchéité se réalise conformément à la méthode W de la norme [NF EN 1610](#).

7.1.6.4. Epreuve à l'air sur les conduites et/ou branchements**7.1.6.4.1. Imprégnation**

L'imprégnation est recommandée lorsqu'une épreuve sur des canalisations en béton sec donne un résultat négatif avant de renouveler l'épreuve.

7.1.6.4.2. Epreuve

L'équipement utilisé pour mesurer la chute de pression est étalonné au minimum une fois par an par un organisme accrédité et vérifié en contrôle intérieur au minimum une fois par mois.

La vérification de l'efficacité des obturateurs peut être effectuée par exemple à l'oreille, ou mieux, au moyen d'eau savonneuse, ou encore de fumigène introduit dans le tronçon testé.

7.1.6.5. Epreuve à l'air sur les regards**7.1.6.5.1. Imprégnation**

L'imprégnation est recommandée lorsqu'une épreuve sur des regards en béton sec donne un résultat négatif avant de renouveler l'épreuve.

7.1.6.5.2. Epreuve

Certaines pièces ne permettent pas d'assurer l'autobotage des obturateurs. Dans ce cas, l'organisme de contrôle doit assurer par un moyen externe cette fonction.

L'équipement utilisé pour mesurer la chute de pression est étalonné au minimum une fois par an par un organisme accrédité et vérifié en contrôle intérieur, au minimum une fois par mois.

La vérification de l'efficacité des obturateurs peut être effectuée, par exemple, à l'oreille, ou mieux, au moyen d'eau savonneuse, ou encore de fumigène introduit dans le tronçon testé.

7.1.6.4 Epreuve à l'air sur les conduites et/ou branchements**7.1.6.4.1 Imprégnation****7.1.6.4.2 Epreuve**

L'épreuve d'étanchéité se réalise conformément aux méthodes LB, LC ou LD de la norme [NF EN 1610](#).

Après avoir vérifié l'efficacité des obturateurs, les essais consistent à mesurer la chute de pression d'air dans la conduite après un temps de tolérance T, fixé en fonction de la pression, du diamètre et de la nature de la canalisation puis à la comparer à celle autorisée par les méthodes L.

Les valeurs retenues pour les pressions initiales sont : 50 mbar, 100 mbar ou 200 mbar.

Lorsque les branchements sont testés en même temps que le collecteur, le diamètre servant de référence pour la détermination du temps d'essai est celui du collecteur.

7.1.6.5 Epreuve à l'air sur les regards**7.1.6.5.1 Imprégnation****7.1.6.5.2 Epreuve**

L'épreuve d'étanchéité se réalise conformément à la méthode LB de la norme [NF EN 1610](#).

Après avoir vérifié l'efficacité des obturateurs, les essais consistent à mesurer la chute de pression d'air dans le regard après un temps de tolérance T, fixé en fonction de la pression, du diamètre et de la nature du regard puis à la comparer à celle autorisée par la méthode LB. La valeur retenue pour la pression initiale est de 50 mbar.

7.1.6.6. Epreuve à l'air sur les boîtes de branchement

L'équipement utilisé pour mesurer la chute de pression est étalonné au minimum une fois par an par un organisme accrédité et vérifié en contrôle intérieur, au minimum une fois par mois.

La vérification de l'efficacité des obturateurs peut être effectuée par exemple à l'oreille, ou mieux, au moyen d'eau savonneuse, ou encore de fumigène introduit dans le tronçon testé.

7.1.7. Cas des canalisations d'eau potable : Opérations de nettoyage et de désinfection**7.1.7.1. Nettoyage et rinçage de la canalisation**

Le débit soutiré depuis le réseau d'eau potable ne devra pas entraîner de remise en suspension et à fortiori de baisse de pression inacceptable, ni des coups de bélier non supportables par le réseau.

Un passage préalable de torpilles, obus racleurs, boules en matières plastiques, mousses, foreuses pourra être envisagé.

Pour les petits diamètres (≤ 150 mm), on cherchera à atteindre une vitesse de 1 m/s.

7.1.7.2. Désinfection

Il est recommandé d'utiliser une pompe doseuse afin d'injecter une dose proportionnelle au débit de remplissage;

D'autres substances désinfectantes peuvent être utilisées en conformité avec la réglementation.

Il est nécessaire de s'assurer de la compatibilité chimique entre l'agent de désinfection et les composants du réseau.

7.1.7.3. Rinçage final**7.1.6.6 Epreuve à l'air sur les boîtes de branchement**

L'épreuve d'étanchéité se réalise conformément à la méthode LB de la norme [NF EN 1610](#).

Après avoir vérifié l'efficacité des obturateurs, les essais consistent à mesurer la pression d'air dans la conduite après un temps de tolérance T fixé en fonction de la pression, du diamètre et de la nature de la boîte de branchement. La valeur retenue pour la pression initiale est de 50 mbar.

7.1.7 Cas des canalisations d'eau potable : Opérations de nettoyage et de désinfection**7.1.7.1 Nettoyage et rinçage de la canalisation**

Une chasse préalable est effectuée, et la vitesse de l'eau doit permettre d'évacuer les matières en suspension.

La durée du nettoyage est prolongée jusqu'à l'obtention d'une eau claire. La durée est ajustée en fonction du linéaire de la canalisation : un renouvellement minimum de 2 fois le volume de la canalisation est respecté.

A l'issue du rinçage, la turbidité à l'exutoire de la canalisation ne doit pas être supérieure de plus de 0,5 NFU à celle de l'eau d'alimentation de la canalisation.

7.1.7.2 Désinfection

Une mesure aval est effectuée pour s'assurer que la solution désinfectante a bien atteint l'extrémité aval du tronçon. L'entreprise, sous le contrôle du maître d'œuvre, s'assure que l'ensemble des équipements (ventouses, robinets de décharges, ...) sont bien mis en contact avec la solution désinfectante;

Une concentration de 10 mg/L de chlore est appliquée pendant un temps de contact de 24 heures.

7.1.7.3 Rinçage final

La durée du rinçage final doit permettre un renouvellement minimum de 2 fois le volume de la canalisation;

Si les délais le permettent, une durée de 12 à 24 heures est recommandée afin de prendre en considération les échanges possibles entre l'eau et les parois de la canalisation.

Dans le cas où la désinfection a été réalisée au peroxyde d'hydrogène il convient de vérifier la présence d'un résiduel de chlore.

7.1.7.4. Contrôle de la désinfection

A l'issue du rinçage, La turbidité à l'exutoire de la canalisation ne doit pas être supérieure de plus de 0,5 NFU à celle de l'eau d'alimentation de la canalisation;

Le rinçage doit permettre l'évacuation de la solution désinfectante. S'il s'agit du Chlore, le contrôle du renouvellement est effectué par une mesure de la concentration en chlore à l'exutoire de la canalisation dont la valeur doit être de +/- 0,3 mg/L de celle de l'eau injectée;

L'acceptabilité du milieu récepteur vis-à-vis du rejet doit être garantie éventuellement par dilution ou neutralisation.

L'eau du réseau remplissant la canalisation doit séjourner pendant une durée minimale de 6 heures faute de quoi le prélèvement ne pourra pas être réalisé.

En tout état de cause, la concentration en chlore sera celle du réseau d'alimentation avec une tolérance de $\pm 0,3$ mg/l par rapport à l'eau introduite dans la canalisation (un résiduel de chlore doit néanmoins être constaté).

7.1.7.4 Contrôle de la désinfection

Les prélèvements et les analyses sont réalisés par un laboratoire agréé par le Ministère chargé de la santé.

Ils doivent être réalisés au plus tard dans les 24 heures suivant les opérations de nettoyage et de désinfection.

Un contrôle préalable des paramètres suivants est effectué sur place :

- Chlore libre et chlore total
- Turbidité
- Aspect, couleur, odeur, saveur
- pH

Si le contrôle préalable est concluant, un prélèvement est réalisé pour analyser les paramètres suivants :

- pH; turbidité;
- aspect, couleur, odeur, saveur;
- ammonium;
- nitrites;

7.2. Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés

Il convient que le CCTP précise la notion de petit ou grand diamètre notamment au regard de l'accessibilité des ouvrages. Les canalisations visitables ont été définies au § 5.1.6.1.1.

La rénovation peut avoir des objectifs multiples et concerner la structure, l'étanchéité, l'écoulement, la corrosion et l'abrasion.

Les mesures directes de l'atteinte des objectifs sont privilégiées. A défaut de telles méthodes de mesures disponibles ou économiquement justifiées, des mesures indirectes sont recommandées.

Concernant les modes opératoires des essais spécifiques aux ouvrages rénovés, on peut se référer aux fiches descriptives publiées par l'ASTEE sous le nom OPERRA (Opérations de réception des réseaux réhabilités).

Les essais sont soit obligatoires (O) soit facultatifs (F).

- fer total si nécessaire;
- conductivité à 25°C;
- Escherichia Coli;
- Entérocoques intestinaux;
- Bactéries coliformes;
- Bactéries aérobies revivifiables à 22°C;
- Bactéries aérobies revivifiables à 36°C;

Les points de prélèvements sont :

- Point de remplissage du tronçon;
- Extrémité(s) aval du tronçon;
- Points intermédiaires si nécessaire.

7.2 Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés

Il s'agit de vérifier l'atteinte du (ou des) objectif(s) fixé(s) dans le CCTP, comprenant systématiquement l'étanchéité et l'hydraulicité de l'ouvrage rénové.

7.2.1. Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de grand diamètre**7.2.1.1. Tubage continu par tubes polymérisés sur place****7.2.1.2. Tubage avec espace annulaire****7.2.1.3. Tubage sans espace annulaire****7.2.1.4. Chemisage par béton ou mortier projeté****7.2.2. Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de petit diamètre****7.2.2.1. Tubage continu par tubes polymérisés sur place (ex chemisage continu polymérisé en place)****7.2.2.2. Tubage avec espace annulaire****7.2.1 Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de grand diamètre****7.2.1.1 Tubage continu par tubes polymérisés sur place**

Le CCTP définit la nature des contrôles préalables à la réception. Ces contrôles comprennent au minimum les opérations obligatoires figurant au Tableau 13 de l'annexe 8.

7.2.1.2 Tubage avec espace annulaire

Le CCTP définit la nature des contrôles préalables à la réception. Ces contrôles comprennent au minimum les opérations obligatoires figurant au Tableau 14 de l'annexe 8.

7.2.1.3 Tubage sans espace annulaire

Les contrôles sont les mêmes que pour le tubage avec espace annulaire à l'exclusion du contrôle du coulis.

7.2.1.4 Chemisage par béton ou mortier projeté

Le CCTP définit la nature des contrôles préalables à la réception. Ces contrôles comprennent au minimum les opérations obligatoires figurant au Tableau 15 de l'annexe 8.

7.2.2 Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de petit diamètre**7.2.2.1 Tubage continu par tubes polymérisés sur place (ex chemisage continu polymérisé en place)**

Le CCTP définit la nature des contrôles préalables à la réception. Ces contrôles comprennent au minimum les opérations obligatoires figurant au Tableau 16 de l'annexe 9.

7.2.2.2 Tubage avec espace annulaire

Le CCTP définit la nature des contrôles préalables à la réception. Ces contrôles comprennent au minimum les opérations obligatoires figurant au Tableau 17 de l'annexe 9.

7.2.2.3. Tubage sans espace annulaire**7.3. Documents à fournir****7.3.1. Documents à remettre à l'organisme de contrôle**

Nota : La rédaction de l'article 7 du CCTG est présentée en considérant que l'organisme en charge du contrôle de compactage est identique à l'organisme en charge des essais d'étanchéité.

7.2.2.3 Tubage sans espace annulaire

Les contrôles sont les mêmes que pour le tubage avec espace annulaire à l'exclusion du contrôle du coulis.

7.3 Documents à fournir**7.3.1 Documents à remettre à l'organisme de contrôle**

Pour effectuer dans les règles de l'art les épreuves, l'organisme de contrôle doit avoir en sa possession les documents suivants :

- le planning de l'opération ;
- les arrêtés de voirie ;
- le CCTP ;
- les comptes rendus des réunions de chantier ;
- le plan projet actualisé;
- la localisation des branchements et ouvrages;
- les coupes de tranchées précisant les épaisseurs des matériaux et les objectifs de densification ;
- la nature et la classification et l'état hydrique des matériaux mis en œuvre;
- les études géotechniques préalables ;
- les résultats des essais préalables pour les essais sur les ouvrages rénovés nécessitant une comparaison ;
- concernant les seuls essais de compactage et comme mentionné au 7.1.1:
 - les récépissés de DICT datés de moins de 6 mois,
 - les ouvrages découverts lors de l'exécution des travaux.

A défaut, les opérations de contrôle de compactage doivent être précédées d'une DICT.

7.3.2. Dossier de récolement

Le CCTP précise les formats de compatibilité informatique admis.

Pour respecter les dispositions de l'article 7, il convient d'inscrire au CCAP la clause suivante :

Par dérogation à l'article 40 du CCAG, l'entrepreneur fournira :

- *en temps utile pour qu'ils soient à la disposition de l'organisme de contrôle au moment des épreuves, les éléments d'actualisation des documents mentionnés à l'article 7.3.1;*
- *au plus tard, le jour de la fin des opérations préalables à la réception, le dossier de récolement des ouvrages géoréférencés.*

La numérotation des regards est conforme à celle figurant sur les procès-verbaux des épreuves préalables à la réception. Elle est établie en accord avec le maître d'ouvrage et l'exploitant du réseau

Cette note décrit les éléments particuliers imprévus rencontrés durant le chantier, les moyens et méthodes employés pour y faire face.

7.3.2 Dossier de récolement

Le dossier de récolement est remis par l'entreprise de travaux. Les plans généraux et documents sont établis, sauf stipulation particulière du marché, à partir des éléments remis par le maître d'ouvrage.

Ce dossier pourra intégrer les documents suivants :

- le plan général des réseaux géoréférencés établi en classe de précision A;
- les plans géoréférencés de détail des réseaux et ouvrages qui comportent notamment :
 - les caractéristiques des canalisations et produits mis en œuvre;
 - les regards et ouvrages particuliers dûment numérotés avec indication des cotes de fil d'eau et de tampon prises en leur centre, rattachées au système planimétrique RGF 93 (Lambert 93 ou coniques conformes) et au système altimétrique IGN69, sauf stipulation particulière du marché;
- les éléments nécessaires à la constitution du DOE;
- les notes de calculs, plans, coupes et vues en élévation des ouvrages spéciaux, les notices de fonctionnement, d'usage et d'entretien remises par le ou les fournisseurs;
- le repérage des ouvrages cachés;
- le détail des croisements particuliers;
- le carnet de branchement identifiant l'immeuble et localisant avec précision le regard de raccordement, les canalisations et les pièces spéciales ;
- le carnet de repérage joint aux plans de détails des réseaux, si l'échelle des fonds de plans est inférieure à 1/500 ;
- une note établie par l'entreprise sur les conditions particulières d'exécution du chantier;
- les éléments utiles au dossier d'intervention ultérieure sur les ouvrages.

8. Management de la santé et de la sécurité

La démarche, qui doit être adoptée en matière d'hygiène et de sécurité, fait intervenir d'autres acteurs que le maître d'ouvrage et l'entrepreneur (AMO, MOE, BET, Coordonnateur SPS, Contrôleur technique, fournisseurs, exploitants de réseaux et de voirie, etc.). Le Tableau 12 page 190 regroupe les principales actions par acteur et par phase de l'opération.

8 Management de la santé et de la sécurité

Il appartient au maître d'ouvrage d'adapter ses exigences en matière d'hygiène et de sécurité en fonction de la complexité des travaux et/ou de contraintes extérieures, et dans les limites autorisées par la réglementation en vigueur.

Il peut les synthétiser au sein d'une note spécifique

En matière de prévention lors des chantiers, le code du travail définit les obligations du maître d'ouvrage et de l'entrepreneur.

Le code de l'environnement précise pour tous les acteurs, les obligations relatives aux travaux à proximité d'ouvrages existants.

8.1. Définitions relatives au management de la santé et de la sécurité

8.1 Définitions relatives au management de la santé et de la sécurité

Les dispositions énoncées se réfèrent aux définitions spécifiques suivantes :

Coordonnateur SPS : Le coordonnateur « sécurité et protection de la santé des travailleurs » (SPS) doit prévenir les risques issus de la coactivité des travaux et prévoir l'utilisation de moyens communs sur le chantier concerné. Par ailleurs il prévoit les mesures de sécurité qui seront nécessaires après la livraison de l'ouvrage lors de son exploitation ;

DT : Déclaration de Projet de Travaux établie par le responsable de projet ;

DIUO : Dossier d'Intervention Ulérieure sur l'Ouvrage établi par le maître d'œuvre ;

DICT. : Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux effectuée par l'exécutant des travaux ;

FDS : Fiche de Données de Sécurité des produits employés pour les travaux ;

PGC Plan général de coordination : Document établi par le coordonnateur SPS et validé par le maître d'ouvrage, organisant, pour l'opération, la coordination de la sécurité des différents intervenants, et le contrôle extérieur ;

PPSPS. : **Plan particulier de sécurité** et de protection de la santé établi par l'exécutant des travaux ;

Plan de prévention : Document de prévention des risques établi par une entreprise extérieure dans un site en activité.

8.2. Inventaire des documents par phases de l'opération

La démarche qui doit être adoptée pour la mise en œuvre d'objectifs d'hygiène et de sécurité commence très en amont du marché, lors de la définition des besoins par le maître de l'ouvrage.

8.2.1. En phase de consultation

Le maître d'ouvrage doit veiller à la conformité de son projet à la réglementation. Ainsi les documents du marché de travaux, en phases de conception, de préparation puis de réalisation respectent les dispositions du code de l'environnement déclinées dans les fascicules du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux.

Les diagnostics concernent notamment le plomb, l'amiante sous toutes ses formes, les sols pollués.

8.2.2. En phase d'offre

Pour les espaces confinés, notamment dans le cas de travaux sans tranchée, se référer à la publication INRS « les espaces confinés – Assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels intervenants (Août 2014) ».

8.2.3. En période de préparation :

8.2 Inventaire des documents par phases de l'opération

L'attention des rédacteurs de marchés de travaux est attirée sur le fait que le niveau d'exigences en matière de documentation doit être adapté au regard de la complexité des travaux et du marché, et des contraintes extérieures.

Il convient de fournir les documents suivants :

8.2.1 En phase de consultation

Parmi les documents composant le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE), le maître d'ouvrage fournit :

- le PGC (co activité, risques particuliers, circulation, prise en compte des usagers et riverains);
- les DT et récépissés des DT ;
- les investigations complémentaires ;
- les diagnostics ;
- les études géotechniques éventuelles ;
- les analyses éventuelles de sols pollués ;
- le délai de réalisation qui doit être compatible avec toutes les démarches préalables aux travaux.

8.2.2 En phase d'offre

Sur son initiative, ou en conformité avec la liste des documents techniques requis par le maître d'ouvrage dans le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE), le soumissionnaire produit, au sein des pièces constituant son offre un PPSPS établi spécifiquement pour l'opération.

8.2.3 En période de préparation :

Sauf dispositions contraires ou complémentaires mentionnées au sein du marché, et nonobstant les dispositions de l'article 31 du CCAG, le maître d'ouvrage ou son représentant,

- propose à l'entreprise une implantation des aires d'installation de chantier et de stockage en sécurité adaptée à la complexité du chantier;

Le PPSPS simplifié est nécessaire pour les opérations comportant des risques particuliers.

8.2.4. En phase d'exécution

Le journal de chantier ne se substitue pas au le registre mentionné à l'article 28.5 du CCAG à la charge du maître d'œuvre mais le complète.

- peut prévoir, en fonction de l'importance du chantier, des points de raccordement en eau, eaux usées, électricité.

Le titulaire fournit au maître d'œuvre, en phase de préparation, les informations suivantes :

- le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé des travailleurs (PPSPS), ou le PPSPS simplifié tenant compte d'un PGC éventuellement actualisé suite à la mise au point du marché ;
- le plan d'implantation des équipements d'hygiène et de sécurité réglementaires en préservant les accès aux organes de coupure de réseaux ;
- les fiches de données de sécurité des produits employés sur son chantier.

En accord avec le maître d'œuvre, le titulaire peut proposer un document unique traitant des trois volets (Qualité, Sécurité, Environnement).

Lors de cette période de préparation, le titulaire et le maître d'œuvre s'accordent sur les modalités de gestion (classement, codification, stockage, modification, diffusion) de l'ensemble des documents à produire par le titulaire, et à échanger avec les autres intervenants dans le cadre du marché.

8.2.4 En phase d'exécution

Le maître d'ouvrage ou son coordonnateur SPS désigné, valide les différents PPSPS et tient le PGC à jour.

Le titulaire fournit au maître d'œuvre les informations suivantes pendant le déroulement des travaux :

- en tant que de besoin, la ou les mises à jour (compléments, révisions du PPSPS, ou autre document en tenant lieu);
- si nécessaire, les fiches de données de sécurité des produits utilisés.

Ces documents sont soumis au visa du maître d'œuvre et du coordonnateur SPS pendant le déroulement des travaux (ou avant chaque phase de travaux concernée).

Journal de chantier :

SI le marché de travaux le prévoit, le titulaire met en place et gère l'établissement d'un journal de chantier, qui retrace, quotidiennement, les

8.2.5. En phase de fin d'exécution des travaux

principaux faits de la vie du chantier, et notamment :

- les incidents et arrêts et leurs causes,
- les conditions atmosphériques constatées,
- la co-activité constatée, et les mesures de sécurité mises en place

Le journal de chantier est tenu à disposition du coordonnateur SPS, du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre.

8.2.5 En phase de fin d'exécution des travaux

En fin d'exécution, le titulaire fournit au coordonnateur SPS tous autres documents requis au sein des pièces générales et particulières du marché de travaux, en vue de l'établissement du Dossier d'Intervention Ultime sur l'Ouvrage (DIUO).

Si le marché le prévoit, et dans les limites autorisées par la réglementation, ces informations peuvent être synthétisées par le titulaire au sein d'une ou plusieurs notes répondant aux exigences spécifiées par le maître d'ouvrage.

8.3. Présentation et consistance des documents

8.3.1. Plan Général de coordination :

La notion de PGC est réglementairement associée aux opérations relevant d'une obligation de désignation d'un SPS (opérations où est constatée une co-activité). Dans les autres cas, notamment lorsqu'une seule entreprise intervient, le maître d'ouvrage établit un plan de prévention sur les indications de son exploitant (Voir 8.3.3.).

Les intervenants comprennent notamment :

- *les entreprises de travaux et de prestations de services*
- *les contrôleurs extérieurs*
- *le maître d'œuvre*

éventuellement :

- *le coordonnateur SPS*
- *les exploitants*
- *des gestionnaires de voiries*

8.3.2. PPSPS

8.3 Présentation et consistance des documents

Tous les documents émis par le titulaire du marché de travaux, portent un titre et un numéro d'ordre, incluant un indice de révision. Ils sont datés et signés par le titulaire.

Toute modification en cours de projet est consignée sur ces documents, repérée, datée et signée.

L'attention des rédacteurs de marchés de travaux est attirée sur le fait que le niveau d'exigences en matière de documentation doit être adapté au regard de la complexité des travaux et du marché, et des contraintes extérieures.

8.3.1 Plan Général de coordination :

Selon la complexité de l'opération et/ou le nombre d'intervenants, le coordonnateur SPS, pour le compte du maître d'ouvrage, établit (ou complète si un projet en a été fourni lors de la consultation) un PGC pour l'opération. Il décrit la démarche de sécurité et de coordination du chantier, et précise :

- la mise en cohérence des PPSPS des différents intervenants ;
- le recensement des points critiques et points d'arrêt pour l'opération;
- les modalités de gestion des interfaces entre les intervenants;
- les dispositions prises pour coordonner la co-activité;
- les procédures de circulation et, s'il y a lieu, les coupures ou consignations de réseaux envisagées.

Ce PGC est communiqué à l'ensemble des intervenants.

8.3.2 PPSPS

Le PPSPS du soumissionnaire, pour la partie des travaux qui le concerne, comprend les informations requises au sein du DCE, et notamment :

- l'engagement du soumissionnaire sur la mise en œuvre des dispositions définies au sein du PPSPS;
- la désignation des parties concernées par l'opération;
- les principales dispositions que le soumissionnaire prévoit en matière :

8.3.3. Plan de prévention

- d'hygiène et de sécurité de son chantier,
- de maîtrise de la planification de la réalisation,
- de maîtrise de l'exécution en sécurité,
- de maîtrise de la documentation et des FDS.

8.3.3 Plan de prévention

Le maître d'ouvrage a la responsabilité de coordonner les mesures de prévention afin de prévenir les risques liés à l'interférence entre les activités, les installations, et les matériels de chaque entreprise présente dans un même lieu de travail.

L'entreprise utilisatrice doit organiser au préalable une inspection commune des lieux d'interventions avec chaque entreprise qui est appelée à intervenir.

Cette concertation entre l'entreprise utilisatrice et chaque entreprise doit permettre d'identifier et d'analyser les risques d'interférences entre les activités, les installations, et de mettre en place des mesures de prévention. Au vu de ces informations et des éléments recueillis au cours de l'inspection, les chefs d'entreprises procèdent en commun à une analyse des risques pouvant résulter de l'interférence entre les activités, les installations et matériels. Lorsque ces risques existent, les employeurs arrêtent d'un commun accord, avant le début des travaux le plan de prévention définissant les mesures qui doivent être prises par chaque entreprise en vue de prévenir ces risques.

Pour une opération en domaine public, en l'absence de co-activité, le maître d'ouvrage arrête les dispositions applicables à l'entreprise utilisatrice. En effet, l'interférence entre l'activité du maître d'ouvrage (du fait de l'implantation et de l'environnement de ses ouvrages) et celle de l'entreprise chargée des travaux a une incidence sur la sécurité de leurs salariés. Dans ce cas, c'est au maître d'ouvrage d'établir (ou de compléter si un projet en a été fourni lors de la consultation) le plan de prévention pour l'opération et d'effectuer la visite préalable mentionnée ci-dessus.

Tableau 12 (commentaires) : RECAPITULATIF DES PRINCIPALES ACTIONS LIEES A LA SANTE ET A LA SECURITE PAR ACTEUR ET PAR PHASE D'UN PROJET

		Acteurs			
		Maître de l'Ouvrage ou son représentant	Maître d'Œuvre + Bureau d'Etude Technique	Coordonnateur SPS	Contrôleur technique
Phases	Définition et conception de l'opération	Envoie les DT Demande : - Investigations complémentaires et opérations de localisation - diagnostics (amiante, plomb, etc.) - études géotechniques - analyse des sols pollués Analyse les études préalables et valide le projet en termes de sécurité Choisit un coordonnateur SPS conception	Etablit les préconisations et propositions de planning, en liaison avec les études préalables. Prend en considération les besoins définis par l'exploitant de l'Ouvrage	Evalue les risques liés à l'opération (ensevelissement, noyade, chute, espaces confinés, autres risques liés aux diagnostics) Rédige un PGC	Valide les sollicitations par rapport au voisinage Etablit un rapport initial en phase de consultation
	DCE et AO	Prend en compte, entre autres, la sécurité, l'hygiène et l'environnement dans les méthodologies de travaux et les critères de jugement des offres. Transmet la totalité des informations validées (PGC + études + diagnostics + délais et/ou planning) Choisit : - un coordonnateur SPS réalisation - un contrôleur technique	Propose DE et BPU tenant compte de l'évaluation des risques		
	Choix des entreprises	Analyse les offres, entre autres, en termes de prévention, de sécurité des ouvrages existant à proximité, de coactivité éventuelle et de prise en compte des usagers et riverains	Analyse les offres reçues d'après les critères de prévention, de sécurité, et le PGC.	Peut assister la maîtrise d'ouvrage dans l'analyse technique des mesures de prévention définies dans le PGC Transmet le dossier du CSPS conception au CSPS réalisation.	
	Préparation chantier	Propose une aire d'installation de chantier et de stockage en sécurité Demande les permissions de voiries	Délivre son visa sur : - le choix des éléments liés à l'exploitation de l'ouvrage en sécurité. - Les conditions d'exécution	Participe à l'Inspection commune, Harmonise et valide les PPSPS. Complète le registre journal Actualise le PGC Sécurité	Contrôle la tenue des ouvrages et les descentes de charges
	Exécution	Fait prendre en considération les remarques du coordonnateur SPS en phase réalisation	Convoque les parties intéressées au rendez-vous de chantier ou de coordination.	Tient à jour les documents de prévention du chantier (PGC, registre journal...) Assiste au rendez-vous de chantier et fait part de ses remarques. Valide les propositions des entreprises pour la prévention concernant la coactivité.	
	Contrôles Réception	Dresse la liste des équipements de sécurité soumis à contrôle S'assure de la bonne prise en main de l'ouvrage par l'exploitant et prend en considération les remarques de ce dernier.	Vérifie la conformité des contrôles des équipements de sécurité	Rédige le Dossier d'Intervention Ultime sur l'Ouvrage (DIUO).	Rédige le rapport final

TABLEAU 12 (commentaires) : **RECAPITULATIF DES PRINCIPALES ACTIONS LIEES A LA SANTE ET A LA SECURITE PAR ACTEUR ET PAR PHASE D'UN PROJET**

Acteurs					
Fournisseurs	Exploitants Réseaux existants et voirie	Entreprise	Exploitant de l'Ouvrage ou gestionnaire		
	Répond aux DT Définit les travaux sous circulation ou déviation Analyse les consignations des réseaux Fait préserver les zones d'accès aux organes de sécurité (coupure,...)		Définit son besoin et ses exigences en matière HSE	Définition et conception opération	Phases
		Analyse l'ensemble des documents de l'AO pour prendre en considération les mesures de prévention définies à l'AO, et établit sa propre analyse (compris proximité d'ouvrages sensibles)		DCE et AO	
				Choix des entreprises	
Fournit les Fiches de données sécurité (FdS), les notices d'utilisation, et les certificats CE		Envoie les DICT et demande de consignations Rédige ses documents de sécurité (PPSPS, Plan de Retrait Amiante, modes opératoires, ...) Demande les Arrêtés de circulations, Analyse les FdS	Valide avec la maîtrise d'oeuvre les choix des éléments liés à l'exploitation de l'ouvrage en sécurité.	Préparation du chantier	
Communique tous documents liés aux fournitures ou produits mis en œuvre (notice d'utilisation, FDS...)	Informe les acteurs intéressés des contraintes en cours de chantier. Participe aux réunions de chantier.	Tient à jour l'ensemble des documents liés à la prévention et à la sécurité du chantier. Informe le maître d'oeuvre de toute modification impactant l'aspect prévention sécurité du chantier .	Peut valider avec l'accord du maître d'ouvrage les fournitures ou produits mis en œuvre (notice d'utilisation, FDS...)	Exécution	
		Communique au coordonnateur SPS l'ensemble des éléments nécessaires à la rédaction du DIUO Contrôle les équipements de sécurité. Assiste l'exploitant à la prise en main de l'ouvrage	Forme son personnel à l'exploitation de l'ouvrage en sécurité.	Contrôles Réception	

PAGE LAISSEE INTENTIONNELLEMENT BLANCHE

Annexe 1 (INFORMATIVE) : Textes de référence

Nom et intitulé de la référence	PARTIE CONTRACTUELLE citations dans le corps du texte	PARTIE NON CONTRACTUELLE citations en commentaires
ISO 4633 Joints étanches en caoutchouc -- Garnitures de joints de canalisations d'adduction et d'évacuation d'eau (égouts inclus) -- Spécification des matériaux		§6.4
NF EN 124 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.	§6.8.5	
NF EN 206/CN Béton - Spécification, performance, production et conformité - Complément national à la norme NF EN 206	&6.9.3	
NF EN 476 Exigences générales pour les composants utilisés pour les branchements et les collecteurs d'assainissement	§4.1.1.1, §5.1.1, §6.3.2.4, §6.12.2	§2.1, §2.7.3, §2.7.5
NF EN 598 Tuyaux, raccords et accessoires en fonte ductile et leurs assemblages pour l'assainissement - Prescriptions et méthodes d'essai		§5.1.6.1.2
NF EN 752 Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments	§2.7.1, §6.10.4.1, §6.10.4.2, §6.10.4.3,	§1.1
NF EN 805 Alimentation en eau - Exigences pour les réseaux extérieurs aux bâtiments et leurs composants -	§4.1.1.1, §6.10.4.2	

NF EN 1295-1 Calcul de résistance mécanique des canalisations enterrées sous diverses conditions de charge - Partie 1 : Prescriptions générales		§5.1.1
NF EN 1610 Mise en oeuvre et essai des branchements et canalisations d'assainissement	§6.12.1, §7.1.6.1, §7.1.6.2.2, §7.1.6.3.2, §7.1.6.4.2	§5.1.2.2.2, §6.7.4
NF EN 1990 Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures	§5.2.5.1	
NF EN 1991-2 Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 2 : actions sur les ponts, dues au trafic	§5.2.4.4.2	
NF EN 11296-1 Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation des réseaux de branchements et de collecteurs d'assainissement enterrés sans pression - Partie 1 : généralités	§6.10.4.3	
NF EN 11296-3 Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation des réseaux de branchements et de collecteurs d'assainissement enterrés sans pression - Partie 3 : tubage par tuyau continu sans espace annulaire	§6.10.4.2	
NF EN 11296-4 Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation des réseaux de branchements et de collecteurs d'assainissement enterrés sans pression - Partie 4 : tubage continu par tubes polymérisés sur place	§5.2.4.2, §6.3.2.4, §6.10.4.3	
NF EN 11296-7 Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation des réseaux de branchements et de collecteurs d'assainissement enterrés sans pression - Partie 7 : tubage par enroulement hélicoïdal avec espace annulaire	§6.10.4.2	
NF EN 12715 Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Injection	§6.10.4.4	

NF EN 12889 Mise en oeuvre sans tranchée et essai des branchements et collecteurs d'assainissement	§7.1.2.1	
NF EN 12954 Protection cathodique des structures métalliques enterrées ou immergées - Principes généraux et application pour les canalisations	§6.11.2	
NF EN 13380 Prescriptions générales pour les composants utilisés pour la rénovation et la réparation des branchements et des réseaux d'assainissement à l'extérieur des bâtiments -	§4.2, §4.2.1, §6.3.2.4	
NF EN 13476 Systèmes de canalisations en plastiques pour les branchements et les collecteurs d'assainissements sans pression enterrés - Systèmes de canalisation à parois structurées en polychlorure de vinyle non plastifié (PVC-U), polypropylène (PP) et polyéthylène (PE)	§6.12.2	
NF EN 13508-2 Investigation et évaluation des réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - Partie 2 : système de codage de l'inspection visuelle -		§2.6.1.2, §7.1.4
NF EN 14457 Prescriptions générales pour composants utilisés dans la construction des réseaux et d'assainissement sans tranchées	§6.3.2.4	
NF EN 14654-2 Gestion et contrôle des opérations d'exploitation des canalisations d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - Partie 2 : réhabilitation	§6.10.4.1, §6.10.4.2, §6.10.4.3	
NF EN 14487-1 Béton projeté - Partie 1 : définitions, spécifications et conformité	§6.10.4.5	
NF EN 14487-2 Béton projeté - Partie 2 : exécution	§6.10.4.5	
NF EN 15885 Classification et caractéristiques des techniques de rénovation et de réparation des réseaux d'évacuation et d'assainissement	§6.10.2, §6.10.4.1	§1.1

NF P 11-300 Exécution des terrassements - Classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières	§2.2.2.1, §5.2.3	§4.1.3.1, §5.1.2.2.3
NF P 16-001 Mieux gérer et contrôler les rejets d'eaux usées non domestiques dans les réseaux d'évacuation et d'assainissement		§2.1
NF P 94-063 Sols : reconnaissance et essais - Contrôle de la qualité du compactage - Méthode au pénétromètre dynamique à énergie constante - Principe et méthode d'étalonnage des pénétrodensitographes - Exploitation des résultats - Interprétation	§7.1.2.1	
NF P 94-105 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	§7.1.2.1	
NF P 94-500 Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications	§5.2.3, §6.10.1.1	§2.2.2.1, §6.1.2, §6.5.2, §6.10.1.1
NF P 98-331 Chaussées et dépendances - Tranchées : ouverture, remblayage, réfection -	§2.5.1, §, §5.1.2.2.4	§5.1.2.2.4
NF P 98-332 Chaussées et dépendances - Règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux	§6.8.3.3	
NFS 70-003 Travaux à proximité de réseaux - Partie 1 : prévention des dommages et de leurs conséquences		§8.2.1
NF T 54080 Dispositifs Avertisseurs pour ouvrages enterrés	§6.12.1	
NF X 06-021 Application de la statistique - Principes du contrôle statistique de lots	§4.1.1.1, §4.1.1.5, §4.2.1,	

NF P EN ISO 17025 Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais -	§4.1.1.1	
NF P EN ISO 17065 Évaluation de la conformité - Exigences pour les organismes certifiant les produits, les procédés et les services	§4.1.1.1	
NF EN 16933-2 Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - Conception - Partie 2 : conception hydraulique		

PAGE LAISSEE INTENTIONNELLEMENT BLANCHE

Annexe 2 (INFORMATIVE) : Risques et contraintes géotechniques

1. RISQUES GÉOTECHNIQUES.....	199
1.1. Glissement de terrain.....	199
1.2. Affaissement et effondrement	200
1.3. Entraînement et hydrodynamique de matériaux fins	200
1.4. Tassement du sol environnant.....	200
1.5. Gonflement et retrait des argiles raides	201
1.6. Prise en compte des risques géotechniques.....	201
2. CONTRAINTES GEOTECHNIQUES.....	202
2.1. Terrassement et réutilisation des terres extraites.....	202
2.2. Stabilité de la tranchée et de son environnement	202
3. ÉTUDES GÉOTECHNIQUES	202

Dans le chapitre 5 traitant du dimensionnement des canalisations, le paramètre sol est pris en compte uniquement par les efforts de compression diamétrale qu'il induit sur l'ouvrage en l'absence de tout report longitudinal, ce qui suppose la continuité et l'homogénéité longitudinale du lit de pose.

Le massif de sol qui renferme l'ensemble canalisation, tranchée, lit de pose, peut avoir un comportement lié aux conditions naturelles ou à celles créées par les travaux de mise en place de la canalisation, qui sont à prendre en compte dans le projet pour que la pérennité et le bon fonctionnement ultérieur de la canalisation soient assurés.

Des enquêtes sur la pathologie des canalisations d'assainissement ont montré que le comportement du sol environnant était très souvent en cause, et qu'il était caractérisé par un certain nombre de risques types examinés au § 1 ci-après. Les mécanismes mis en jeu peuvent conduire à des déboîtements avec pertes d'étanchéité, à des déplacements, à des efforts de flexion longitudinale avec fissuration, déformation ou rupture, voire à des efforts de compression diamétrale non pris en compte dans les méthodes de calcul classiques et provoquer des désordres importants et un dysfonctionnement de la canalisation.

Par ailleurs, le cas particulier que constitue l'ouverture et le remblayage d'une tranchée continue fait apparaître des contraintes géotechniques spécifiques qui conditionnent la faisabilité des travaux et la stabilité du milieu environnant.

1. RISQUES GÉOTECHNIQUES

1.1. Glissement de terrain

Il entraîne avec lui la canalisation surtout lorsqu'elle est perpendiculaire à la pente. Différents cas sont possibles :

a) Canalisation sur une pente initialement instable :

- pente naturelle,
- remblai sur pente.

Une remontée de la nappe est souvent à l'origine de la mise en mouvement du sol.

b) Canalisation sur une pente rendue instable par le creusement de la tranchée :

Dans tous les cas, la pente doit être suffisamment stable pour éviter des désordres de la canalisation et des désordres aux avoisinants pendant et après les travaux.

1.2. Affaissement et effondrement

Ils sont dus à l'existence d'un vide souterrain, à des déformations différées des sols d'assise, ou à l'apport ultérieur de charges lourdes qui peuvent entraîner des mouvements de sol sus-jacent, et par suite, des efforts de flexion ou de cisaillement dans la canalisation qu'il renferme pouvant aller jusqu'à sa ruine complète.

Ces affaissements peuvent être progressifs et donc maîtrisables (cas des exploitations minières profondes).

Ils peuvent aussi être brutaux et localisés (phénomènes de fontis) et avoir une origine artificielle (tunnels, carrières souterraines, mines) ou naturelle (cavités de dissolution).

Les cavités de dissolution se rencontrent :

a) dans les roches peu solubles telles que les calcaires et les dolomies : les cavités peuvent préexister (karsts) mais n'évoluent pas pendant la durée de vie d'une canalisation;

b) dans les roches très solubles telles que le sel et le gypse : les dissolutions peuvent être très rapides s'il y a circulation d'eau et des vides peuvent se former pendant l'exploitation de la canalisation.

1.3. Entraînement et hydrodynamique de matériaux fins

L'écoulement de l'eau dans un sol crée des forces hydrodynamiques tendant à entraîner les éléments fins de sol dans le sens de l'écoulement.

Le risque d'entraînement est fonction du gradient hydraulique et des caractéristiques du sol (perméabilité, résistance au cisaillement, granularité).

Dans le cas d'une pose sous la nappe, la canalisation (si elle n'est pas rigoureusement étanche) et son environnement perméable (lit de pose, remblai de tranchée) peuvent constituer un drain favorisant les écoulements d'eau et donc les entraînements de fines, notamment en cas de pompages pendant l'exécution, ou de pompages voisins non liés à la canalisation.

Les manifestations de ce phénomène sont les suivantes :

- Les fines du sol sont entraînées, soit dans la canalisation, soit dans les cavités formées elles-mêmes par l'entraînement du sol, soit dans les exutoires naturels (fissures d'un substratum rocheux par exemple).
- Les vides ainsi créés au voisinage de la canalisation provoquent des désordres dans celle-ci (ruptures, fissures, déboîtements), favorisant la pénétration du matériau à l'intérieur et contribuant ainsi à la l'amplification du phénomène. Celui-ci peut même affecter la surface des remblais de la tranchée.

1.4. Tassement du sol environnant

Il constitue le risque le plus fréquent. En effet, dès que les tassements sont importants, il y a risque de tassements différentiels et donc pour la canalisation, risque de déboîtements avec pertes d'étanchéité, contre-pentes, fissuration, déformation, rupture.

Dans les zones d'alluvions fines compressibles ou de remblais non compactés ces tassements peuvent s'expliquer par le mécanisme de consolidation et dans ce cas le risque est important essentiellement lorsque la canalisation est posée :

- a) dans un remblai sur une zone compressible en cours de consolidation,
- b) dans une zone très compressible,
- c) dans un remblai mal compacté,
- d) dans un site où l'on passe d'une zone compressible à une zone non compressible (phénomène de point dur).

Le mécanisme qui conduit aux tassements les plus fréquents et les plus importants est celui dû au remaniement du sol au niveau du fond de fouille. Le phénomène s'explique d'une façon générale par la décompression du sol suite au retrait des terres lors du terrassement de la tranchée voire par l'opération de terrassement elle-même (déblaiement excessif par l'engin de terrassement). Dans tous les cas, il se traduit par une diminution de la résistance du sol sur une certaine profondeur. Ce mécanisme qui est faible en l'absence d'eau, peut être fortement amplifié lorsque la fouille est dans la nappe (voire alimentée accidentellement) et que se développent les pressions interstitielles.

Le remaniement et le tassement qu'il induit, en termes d'épaisseur de la zone remaniée et de diminution de la résistance seront d'autant plus importants que la résistance du sol est faible et que le niveau de la nappe au-dessus du fond de fouille est plus élevé.

Des phénomènes analogues de détente de sols (en particulier lorsque la tranchée reste ouverte longtemps) peuvent être également rencontrés en cas d'arrivée d'eau accidentelle (ex : pluie, rupture d'une conduite d'eau potable,...).

Le risque de tassement par remaniement concerne donc en particulier les zones d'alluvions fines compressibles qui présentent habituellement les résistances les plus faibles. Il peut toutefois s'étendre si la hauteur de la nappe est suffisante, aux sols en place de résistance moyenne (colluvions, argiles et marnes, sables fins, craie altérée...).

1.5. Gonflement et retrait des argiles raides

Certaines argiles et marnes raides, lorsqu'elles sont déchargées et mise en présence d'eau, ont tendance à gonfler en absorbant de l'eau. Ce gonflement peut conduire à deux types de problèmes pour les canalisations :

- 1/ L'argile qui gonfle librement voit sa résistance diminuer et devient compressible. On est alors dans le cas du remaniement de fond de fouille examiné au paragraphe précédent.
- 2/ Si une canalisation est mise en place peu de temps après le creusement de la tranchée, l'argile déchargée qui ne peut gonfler librement du fait de la présence de la canalisation exerce sur elle des efforts (pression de gonflement) qui peuvent être suffisamment importants pour occasionner des désordres.

Une argile raide qui perd de son eau par dessiccation subit une diminution de volume avec fissuration : c'est le phénomène de retrait. Si cette argile est remise en présence d'eau, elle a tendance à gonfler.

Lorsqu'une canalisation se trouve dans une argile soumise à des cycles de gonflement-retrait par suite des fluctuations du niveau de la nappe phréatique, elle peut subir des désordres importants.

1.6. Prise en compte des risques géotechniques

Parmi les risques doivent être distingués ceux, peu fréquents, dont le traitement fait appel à des solutions techniques ne relevant pas des conditions d'exécution usuelles définies par le présent fascicule et qui doivent faire l'objet de marchés ou de lots particuliers : stabilisation de glissement de terrain, comblement de cavités, traitement préalable du sol (risque d'entraînement ou d'instabilité de sols fins noyés). C'est le cas également pour ce qui concerne le risque le plus fréquent, c'est-à-dire le tassement. Quelle que soit son origine (consolidation, remaniement) s'il est trop important le recours à des fondations

spéciales du type pieux, à des techniques de renforcement préalable du sol (pieux ballastés, jet grouting, compactage dynamique etc....) ou de traitement préalable du site dans son ensemble (surcharges temporaires, substitution de sol, remblais allégés, drains verticaux etc ...) peut s'avérer nécessaire. Cependant le plus souvent, les dispositions pratiques nécessaires pour réduire les tassements, principalement dus au remaniement du sol sous le fond de fouille relèvent des conditions usuelles d'exécution : augmentation de l'épaisseur du lit de pose par substitution du sol en place et utilisation éventuelle de géotextile, traitement du sol en fond de fouille, rabattement préalable de la nappe par pointes filtrantes, blindage par palplanche mis en place préalablement au terrassement etc....

2. CONTRAINTES GEOTECHNIQUES

2.1. Terrassement et réutilisation des terres extraites

Le terrassement étant habituellement réalisé avec une pelle mécanique se fait d'une façon générale sans difficulté particulière, la plupart des sols étant, avec ce type de matériel, réputés meubles. Seuls les sols rocheux ou semi rocheux, selon la taille et la dureté des blocs, peuvent pour des problèmes d'excavabilité nécessiter le recours à des méthodes particulières (surlargeur de la tranchée, pelle mécanique spéciale, brise roche, éclateurs, explosifs, etc...).

La réutilisation des sols extraits est la démarche naturelle pour assurer le remblayage de la tranchée de la canalisation (voir §2 tableau 1). Lorsque la tranchée est sous voirie (chaussée, accotements, etc..) ou risque d'une façon générale d'être sollicitée par des charges, l'objectif est de densifier le remblai par compactage de façon à assurer sa stabilité propre (limitation des tassements ultérieurs). La réutilisation des sols extraits est dans ce cas conditionnée par des critères évoqués en § 2.

2.2. Stabilité de la tranchée et de son environnement

La méthode usuelle actuelle de réalisation d'une tranchée à ciel ouvert consiste à effectuer, à l'avancement, le terrassement à la pelle mécanique et le soutènement des parois à l'aide de blindage, avec si nécessaire un pompage des venues d'eau en fond de fouille. La faisabilité de cette technique est vérifiée à partir des critères hydrauliques des sols (présence d'eau, hauteur de la nappe et perméabilité du sol en place) et à partir du critère de la résistance du sol vis à vis de la stabilité des parois de la tranchée mais également de la stabilité de son environnement (chaussées, constructions riveraines telles que bâtiments, murs etc...). Si elle ne l'est pas, un mode d'exécution particulier est mis en oeuvre : blindage ou soutènement spécial ou rabattement de la nappe (puits, pointes filtrantes) préalables au terrassement etc...

3. ÉTUDES GÉOTECHNIQUES

Il s'agit de définir les risques et les contraintes géotechniques qui peuvent avoir une incidence directe ou indirecte sur la pérennité de l'ouvrage et sur les conditions d'exécution. Les études de sol concernent donc :

- les propriétés géotechniques des sols qui conditionnent leur aptitude aux terrassements et leur tenue à court terme (géométrie, caractéristiques de nature et d'état, caractéristiques mécaniques) et les variations de ces propriétés suivant le profil en long et le profil en travers;
- les conditions hydrogéologiques qui ont une influence sur l'exécution des travaux et sur le comportement ultérieur de la canalisation et du sol environnant.

La prise en compte dans l'établissement du projet du contexte géotechnique (propriétés géotechniques des sols et conditions hydrogéologiques) constitue l'objectif final de l'étude géotechnique. Celle-ci doit fournir les informations permettant de réaliser les justifications mécaniques décrites au chapitre 5 et d'optimiser les conditions d'exécution.

Le risque géotechnique le plus fréquent est celui du tassement. L'étude géotechnique doit vérifier que le tassement est admissible sur l'ensemble du tracé avec la canalisation prévue et, s'il ne l'est pas, définir les dispositions techniques adaptées. Sachant que, le plus souvent, il s'agit du tassement par remaniement du fond de fouille, l'étude doit indiquer, dans le cas où ce type de tassement peut être préjudiciable, les zones où une mise en œuvre particulière est à appliquer : approfondissement (augmentation de l'épaisseur du lit de pose et utilisation éventuelle de géotextile), substitution ou traitement du sol en fond de fouille (avec ou sans modification du soutènement), rabattement préalable de la nappe, blindage préalable au terrassement, etc.

A partir de certaines contraintes géotechniques, c'est-à-dire essentiellement la résistance, la présence de l'eau et la perméabilité du sol, l'étude géotechnique définit le mode d'exécution assurant la stabilité de la tranchée et de son environnement. Elle indique si la méthode usuelle, c'est-à-dire le terrassement à la pelle mécanique avec soutènement à l'avancement par blindages à vérins vissés et pompage en fond de fouille, est de ce point de vue acceptable. Dans le cas contraire, est décrit le mode d'exécution particulier qu'il est conseillé d'adopter : blindage spécial ou rabattement (puits, pointes filtrantes) préalables au terrassement, etc. Dans le cas du rabattement, l'étude estimera les débits de pompage attendus.

Les difficultés de terrassement (excavabilité des terres) et les moyens d'y remédier (type de pelles mécaniques particulières, emploi de brise-roche, etc.) font également partie des informations qui doivent figurer dans l'étude géotechnique. Elle doit également, à partir d'une description normalisée de la nature et de l'état hydrique des sols, indiquer si les déblais extraits peuvent être réutilisés dans les différentes zones de remblayage de la tranchée (enrobage, zone de remblai proprement dit) et préciser les éventuels traitements préalables nécessaires.

Le choix entre la réutilisation du sol naturel et l'apport de matériau extérieur dans la zone d'enrobage pour permettre de la tenue mécanique de l'ouvrage (avec d'autres données géotechniques telles que la nappe) est, avec la prise en compte du risque de tassement, la contribution que l'étude géotechnique apporte à la conception du projet.

Les canalisations d'assainissement sont, dans la très grande majorité des cas des ouvrages linéaires peu profonds. Elles concernent donc les terrains superficiels c'est-à-dire généralement des sols meubles non aquifères. Dans ces conditions, la plupart des projets ne posent pas de problème particulier vis-à-vis des risques et des contraintes géotechniques.

La question des sols rocheux mise à part, les difficultés apparaissant essentiellement lorsqu'on est en présence de nappes phréatiques et cela d'autant plus que le fil d'eau de la canalisation est à plus grande profondeur. Les sols concernés sont dans ce cas représentés principalement par des éboulis et des colluvions sur les versants et par les alluvions (sols mous ou compressibles) des fonds de vallée. Dans ces conditions, l'étude conduit généralement à une reconnaissance *in situ* (voir définition de la phase 2 ci-dessous).

Le caractère linéaire conduit :

- à privilégier une approche géotechnique globale du site plutôt que des investigations ponctuelles de type sondage;
- à utiliser les méthodes géophysiques qui permettent une investigation linéaire en continu, en particulier lorsqu'une reconnaissance *in situ* est nécessaire.

Si dans les cas les plus simples, une analyse documentaire assortie d'une visite sur place peuvent suffire, l'exécution d'ouvrages plus importants justifie une reconnaissance géotechnique plus détaillée, basée sur la mise en œuvre de méthodes spécifiques.

Selon la complexité du projet et les difficultés géotechniques pressenties, l'étude géotechnique peut être réalisée en 3 phases :

PHASE 1 :

La première phase consiste en une approche globale du site basée sur les cartes géologiques, l'expérience antérieure, les dossiers archivés, les enquêtes et les levés de terrain etc. A ce stade, il n'est pas prévu de reconnaissance in situ sauf, éventuellement, en complément par quelques sondages à la pelle mécanique. Dans la majorité des cas, l'étude se limite à cette phase et doit être en mesure, dès ce stade, d'interpréter les résultats et d'apporter des réponses positives aux différentes questions qui figurent dans le contenu de l'étude à savoir : absence de risque de tassement préjudiciable, utilisation de la méthode d'exécution usuelle, absence de difficulté de terrassement et réutilisation possible des déblais.

Au-delà d'un certain degré de difficulté (essentiellement en présence d'eau) les risques et les contraintes géotechniques sont tels qu'ils ne peuvent être appréciés sans passer par des investigations et des mesures directes, in situ, des caractéristiques géotechniques. Dans ce cas la phase 1 constitue une phase préliminaire de l'étude et se conclut par la nécessité d'engager la phase 2.

PHASE 2 :

La phase 2 consiste à effectuer une reconnaissance à partir des techniques géophysiques, de sondages, d'essais *in situ* et d'essais de laboratoire et à l'interpréter de façon à ce que le contenu de l'étude ait les mêmes objectifs que précédemment.

Associée à la phase 1, la phase 2 marque la fin de l'étude géotechnique dans le cas général.

PHASE 3 :

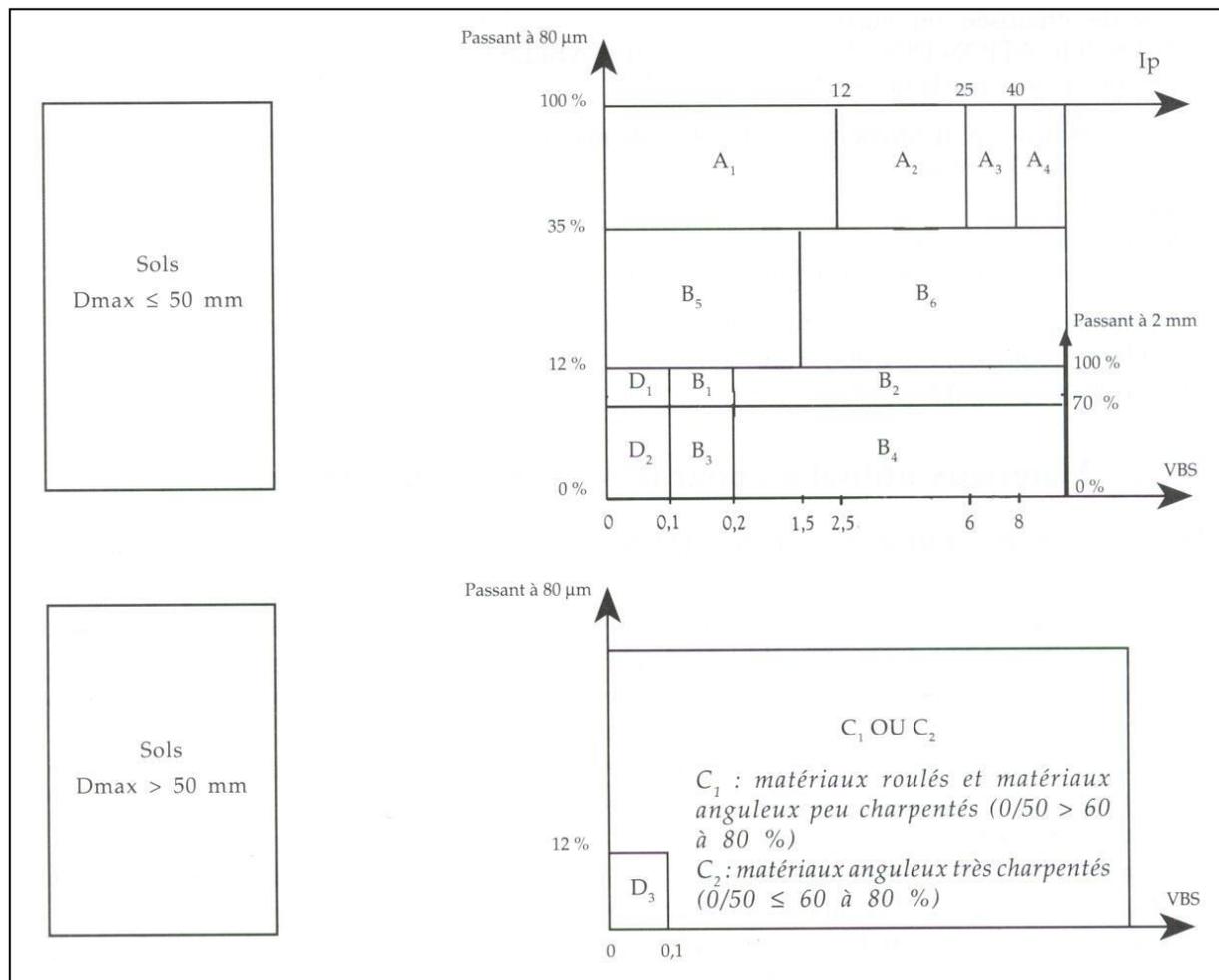
Elle est réservée au traitement de problèmes spécifiques ou de risques peu fréquents, ce qui nécessite des moyens et des méthodes particuliers. A titre d'exemple on peut citer : le dimensionnement d'un rabattement par puits drainants, la localisation précise de cavités souterraines, la caractérisation de la résistance de sols rocheux etc.

Autres exemples :

- Problèmes particuliers de tassement ou de gonflement de sol;
- Dimensionnement d'ouvrages de soutènement des parois de tranchées;
- Adaptations nécessaires pour résoudre les problèmes hydrauliques (pompages, filtres...);
- Traitement de renforcement de terrain (injections, substitutions, inclusions...);
- Dimensionnement de fondations profondes (pieux), comblements de cavités etc.
- Étude des méthodes de tassement (notamment dans le rocher);
- Traitement avec prédimensionnement des travaux, de l'impact des travaux sur l'environnement (glissements de terrains...).

Annexe 3 (INFORMATIVE) : Classification des matériaux

Extrait de la norme NF P 11-300 de septembre 1992.
Tableau synoptique de classification des matériaux selon leur nature



Matériaux rocheux	Roches carbonatées	Craies	R ₁
		Calcaires	R ₂
	Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites...	R ₃
	Roches siliceuses	Grès, poudingues, brèches...	R ₄
	Roches salines	Sel gemme, gypse	R ₅
	Roches magmatiques et métamorphiques	Granites, basaltes, andésites, gneiss, schistes métamorphiques et ardoisiers...	R ₆
Matériaux particuliers	Sols organiques et sous-produits industriels		F

* Matériaux pour lesquels la mesure de l'I_p est à retenir comme base de classement. Pour les autres matériaux on utilisera la VBS.

** C₁ : matériaux roulés et matériaux anguleux peu charpentés (0/50 > 60 à 80 %)

C₂ : matériaux anguleux très charpentés (0/50 _ 60 à 80 %)

Attention : le choix des matériaux utilisables pour les différents remblais doit être réalisé conformément à la norme NF P 98-331 en fonction des indications du CCTP, des objectifs de compactage, de la nature des matériaux disponibles sur site et des possibilités d'approvisionnement. L'attention est attirée sur le fait que certains matériaux définis dans le classement proposé par la norme NF P 11-300 sont inaptes à un usage en matériaux de remblai.

Annexe 4 (INFORMATIVE) : Aide au calcul mécanique des canalisations

1. COLLECTE DES RENSEIGNEMENTS	207
2. CALCULS INTERMEDIAIRES	209
3. DETERMINATION DES SOLlicitATIONS	211
4. VERIFICATION AUX ETATS LIMITES	213
5. CONCLUSION.....	215

1. COLLECTE DES RENSEIGNEMENTS

1.1. CARACTERISTIQUES DU TUYAU

Les caractéristiques dimensionnelles et mécaniques des canalisations sont définies par les normes ou les avis techniques en vigueur.

Les modules d'élasticité, les coefficients de Poisson ainsi que la déformation initiale (eo) sont indiqués pour les principaux matériaux au § 5.1.2 du fascicule 70 du CCTG.

1. COLLECTE DES RENSEIGNEMENTS

1.1. CARACTERISTIQUES DU TUYAU

Les paramètres intervenants :

- nature du matériau..... :
- diamètre nominalDN =
- diamètre extérieur.....De = mm
- épaisseur minimale.....e = mm
- calcul du diamètre moyen :
 - Dm = De – e.....Dm = mm
 - module d'élasticité instantanéETi = MPa
 - module d'élasticité différé.....ETv = MPa
- ou
- classe de rigidité (cas des tuyaux flexibles)...CR = kN/m²
- déformation avant application des charges
- ou déformation initialeeo = mm
- coefficient de Poisson.....v_t =

(1MPa = 1000kN/m²)

1.2. CARACTERISTIQUES DU SOL ET POSE

Les différents matériaux utilisables pour la réalisation de l'enrobage et les groupes de sol correspondants sont indiqués en 4.1.3.1 du fascicule 70 du CCTG.

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3 \text{ par défaut}$$

Quelle que soit la nature du sol

Voir tableau 3 du 5.1.2.2.4 du fascicule 70,

Voir tableau 3 du 5.1.2.2.4 du fascicule 70,

B est mesurée au niveau de la génératrice supérieure.

Voir Tableau 4 du & 5.1.2.2.5 du fascicule 70

k_2 et $2a$ sont éventuellement minorés (voir & 5.1.2.2.7 du fascicule 70).

Voir tableau 5 du 5.1.2.2.6 du fascicule 70.

$$\gamma = 10 \text{ kN/m}^3 \text{ par défaut}$$

Les coefficients minorateurs de E_s , k_2 et $2a$ sont liés à l'influence des conditions de retrait de blindage (voir tableau 6 du & 5.1.2.2.7 du fascicule 70).

Mode n°1 = relèvement du blindage puis compactage d'une couche

Mode n°2 = compactage d'une couche avant relèvement du blindage

Mode n°3 = remblaiement total puis enlèvement du blindage

Voir Tableau 6 du & 5.1.2.2.7 du fascicule 70

Le coefficient de cisaillement à l'interface remblai/sol en place dépend du type de blindage (voir Tableau 7 du & 5.1.2.2.7 du fascicule 70).

1.2. CARACTERISTIQUES DU SOL ET POSE

- groupe de sol :
- poids volumique du remblai γ : kN/m^3
- coefficient de Poisson du sol d'enrobage : 0,3
- coefficient de cisaillement du sol k_1 : 0,15
- niveau de mise en place de l'enrobage : _(q5-t2) _(q5-t1) _(q4-t1)
- module de sol conventionnel de l'enrobage E_{c2} : MPa
- module conventionnel du sol en place E_{c3} : MPa
- largeur de tranchée B : m
- coefficient de pression horizontale k_2 :
- angle d'appui conventionnel $2a$: °
 - ◆ présence de nappe phréatique : oui non
 - si oui : hauteur de la nappe :
 - $C_E =$
 - poids volumique du sol immergé : kN/m^3
 - ◆ présence d'un géotextile : oui non
- influence des conditions de retrait des blindages :

Lorsque la canalisation est posée en tranchée et qu'il y a présence de blindages, on détermine les coefficients minorateurs C'_E , C'_{k2} , C'_{2a} en fonction du mode de retrait des blindages.

MODE DE RETRAIT DES BLINDAGES 1 2 3

- épaisseur du blindage b = m

- $(B - D_e)/b$ = m

$C'_E =$

$C'_{k2} =$

$C'_{2a} =$

$C'_{k1} =$

Voir Figure 6 : évaluation du module de sol E_s en fonction de E''_{c2} et E_{c3}

En l'absence de géotextile et si $E''_{c2} > E_{c3}$

- ◆ Si $B/De > 4$ $E_s = E''_{c2}$
- ◆ Si $B/De < 4$ $E_s = \left(\frac{B}{De} - 1\right) \left(\frac{E''_{c2} - E_{c3}}{3}\right) + E_{c3}$

En l'absence de géotextile et si $E''_{c2} < E_{c3}$:

- ◆ On retient $E_s = E''_{c2}$

En présence de géotextile :

On retient $E_s = E''_{c2}$

2. CALCULS INTERMEDIAIRES

2.1. RIGIDITE ANNULAIRE SPECIFIQUE

La rigidité annulaire spécifique à l'ovalisation peut être mesurée ou calculée. Dans le cas de tuyaux circulaires, voir & 5.1.2.3 du fascicule 70. Pour les tuyaux à comportement flexible, la valeur de ras_i correspond à la classe de rigidité (CR ou SN).

Toutes ces déterminations effectuées, on obtient les caractéristiques du sol :

SOL

Détermination	Formule	Résultats
Module du sol de l'enrobage E_s	$E''_{c2} = C_E \times C'_E \times E_{c2}$	
coef. de cisaillement k_1	$K_1 = C'_{k1} \times k_1$	
coef. de pression horizontale k_2	$K_2 = C'_{k2} \times k_2$	
Angle de pose 2α	$2\alpha = C'_{2a} \times 2\alpha$	
Coefficient de Poisson	ν_s	0,3

Module de sol retenu pour le calcul : MPa

2. CALCULS INTERMEDIAIRES

2.1. RIGIDITE ANNULAIRE SPECIFIQUE

$$ras_i = \frac{E_{Ti} \cdot I}{D_m^3}$$

avec $I =$ moment d'inertie = $\frac{e^3}{12(1-\nu_T^2)}$
 $I = \dots\dots\dots m^4$

$$ras_i = \text{ kN/m}^2$$

Pour un tuyau flexible, on prend $ras_i = CR$ exprimé en kN/m^2

$$ras_v = \frac{E_{Tv}}{E_{Ti}} \times ras_i$$

$$ras_v = \text{ kN/m}^2$$

2.2. CRITERE DE RIGIDITE

Le comportement de la canalisation (rigide ou flexible) dans son environnement est quantifié par le critère RIG (voir & 5.1.2.3 du fascicule 70).

(*) ras , pour le calcul à court terme et ras_v , pour le calcul à long terme

(**) la valeur de E_s tient compte des minoration précédentes éventuelles

2.3. DETERMINATION DES ACTIONS

2.3.1. Pression verticale du remblai

Au-dessus de la génératrice supérieure, chaussée comprise.

La pression verticale du remblai pr est égale à la charge du prisme des terres corrigée par un coefficient de concentration C . Ce coefficient est déterminé à l'aide du modèle de Marston (voir & 5.1.3.1 du fascicule 70).

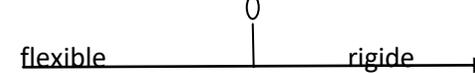
Voir abaque Figure 8 du & 5.1.3.1 du fascicule 70, en fonction de H/B , B/De et k_1 .

La valeur du coefficient C_0 (fonction de H/De et de 2α) est déterminée à l'aide du faisceau de courbes de la Figure 7 du & 5.1.3.1 du fascicule 70.

2.2. CRITERE DE RIGIDITE

$$RIG = 8(1 - v_s^2) \frac{ras^*}{E_s^{**}} - 0,1$$

$$RIG =$$



Dans ce cas, le tuyau présente un comportement :

- flexible
rigide

2.3. DETERMINATION DES ACTIONS

2.3.1. Pression verticale du remblai

- Hauteur de remblai H : m
 - $pr = C \cdot \gamma \cdot H$
avec C , coefficient de concentration
 - Détermination du coefficient de concentration C
 - **Cas des tranchées**
 - si tuyau à comportement flexible : $C = 1$
 - si tuyau à comportement rigide :
 - $C_1 = \dots\dots\dots$
 - Si $C_1 \leq 1$ $C = 1$
 - $C_2 = C_0 = \dots\dots\dots$ si $H/De \leq 2,5$
 - Sinon $C_2 = C_0 - 0,009 Es/ras_i$
 - et $C = \text{Min}(C_1, C_2)$
 - **Cas des remblais indéfinis (ou en tranchée large)**
 - si tuyau à comportement flexible : $C = 1$
 - si tuyau à comportement rigide : $C = C_2 = \dots\dots$
- $pr = C \cdot \gamma \cdot H = \dots\dots\dots \text{kN/m}^2$

2.3.2. Action due aux charges roulantes

Les actions dues aux charges roulantes s'exerçant sur la canalisation ont été déterminées par application du modèle de calcul établi par Froehlich sur la base de charges routières générées par un convoi de type Bc (défini au & 5.1.3.2 du fascicule 70-1 du CCTG) affectées de coefficients de majoration dynamique.

La Figure 9 du & 5.1.3.2 du fascicule 70 indique la pression p_{er} due aux charges roulantes en fonction de la hauteur de remblai h_r et du diamètre extérieur de la canalisation D_e .

2.3.3. Actions dues aux charges permanentes au niveau du terrain naturel

2.3.4. Actions dues aux conditions d'exécution du chantier

2.3.5. Les actions de calcul

La pression verticale totale p_v , la pression horizontale p_h et la pression hydrostatique p_{we} sont définies au & 5.1.3.2 du fascicule 70.

La pression hydrostatique est considérée comme homogène. Elle s'évalue au niveau des reins de la canalisation.

3. DETERMINATION DES SOLLICITATIONS

Pour la détermination de la pression moyenne d'étreinte p , se reporter au & 5.1.5.1 du fascicule 70.

Pour le calcul de la pression critique de flambement p_{cr} se reporter au & 5.1.5.2 du fascicule 70.

2.3.2. Action due aux charges roulantes

$$\rightarrow p_{er} = \dots\dots\dots \text{kN/m}^2$$

2.3.3. Actions dues aux charges permanentes au niveau du terrain naturel

$$\rightarrow p_{ep} = \dots\dots\dots \text{kN/m}^2$$

2.3.4. Actions dues aux conditions d'exécution du chantier

$$\rightarrow p_{ec} = \dots\dots\dots \text{kN/m}^2$$

2.3.5. Les actions de calcul

- pression verticale totale :
 $p_e = \max(p_{er} + p_{ep}, p_{ec})$
 $p_v = p_r + p_e = \dots\dots\dots \text{kN/m}^2$
- pression horizontale :
 $p_h = k_2 \cdot p_v = \dots\dots\dots \text{kN/m}^2$
- pression hydrostatique :
 $p_{we} = \dots\dots\dots \text{kN/m}^2$

3. DETERMINATION DES SOLLICITATIONS

◆ Pression moyenne d'étreinte : \bar{p}

$$\bar{p} = p_{we} + (p_r + p_e) \frac{(1 + k_2)}{2}$$
$$\bar{p} = \dots\dots\dots \text{kN/m}^2$$

◆ Pression critique de flambement : p_{cr}

Es comme ras sont exprimés en kN/m²
ras peut prendre la valeur ras_i ou ras_v

n₀ est l'entier supérieur ou égal à 2 qui rend minimum l'expression

$$n^2 - 1 + \frac{s}{n^2 - 1}$$

Pour les canalisations à comportement rigide n₀ est égal à 2.

Le moment fléchissant est calculé à l'aide de la formule développée au & 5.1.5.3 du fascicule 70.

Le coefficient de moment fléchissant à l'appui K_α dépend du demi-angle d'appui α. Sa valeur est déterminée avec l'abaque Figure 11 du & 5.1.5.3 du Fascicule 70

Cas des canalisations en béton armées en double nappe : il convient d'évaluer le moment aux reins (à l'aide du coefficient de moment aux reins K'_α), et de retenir la plus grande des deux valeurs calculées aux reins et à la base du tuyau.

Indice de rigidité relative sol-tuyau : s

$$s = \frac{1}{(1-\nu_s^2)} \times \frac{E_s}{8 \text{ ras}}$$

$$s = \dots\dots\dots$$

$$n_1 = \text{ent} \left(\sqrt{\sqrt{s} + 1} \right) = \dots \rightarrow n_1 = \dots\dots\dots$$

(ent : partie entière)

$$n_2 = \text{ent} \left(\sqrt{\sqrt{s} + 1} \right) + 1 \rightarrow n_2 = \dots\dots\dots$$

. si n₁ < 2, alors on a n₀ = 2, dans ce cas on a :

$$\text{pcr} = 8 \left(n_0^2 - 1 + \frac{s}{n_0^2 - 1} \right) \text{ ras}$$

$$\text{pcr} = \dots\dots\dots \text{ kN/m}^2$$

. si non, on calcule pcr1 et pcr2 avec n₀ = n₁ et n₀ = n₂

$$\text{pcr1} = 8 \times \left(n_1^2 - 1 + \frac{s}{n_1^2 - 1} \right) \text{ ras}$$

$$\text{pcr2} = 8 \times \left(n_2^2 - 1 + \frac{s}{n_2^2 - 1} \right) \text{ ras}$$

$$\text{pcr} = \min (\text{pcr1}; \text{pcr2})$$

$$\text{pcr} = \dots\dots\dots \text{ kn/m}^2$$

◆ Moment fléchissant

On détermine K_α :

$$\alpha = \dots\dots\dots$$

$$\rightarrow K_\alpha = \dots\dots\dots (\text{appui})$$

$$K'_\alpha = \dots\dots\dots (\text{rein})$$

Donc :

$$M_{\text{appui}} = \dots\dots\dots$$

$$M_{\text{reins}} = \dots\dots\dots$$

$$M = \text{Max} (M_{\text{appui}}; M_{\text{reins}}) =$$

L'ovalisation résultante se compose des ovalisations sphérique et déviatorique. Les formules relatives à Ov_1 et Ov_2 sont développées au & 5.1.5.4 du fascicule 70.

Les expressions de ϵ et de σ sont développées au & 5.1.5.4 du fascicule 70.

E_T peut prendre les valeurs de E_{Ti} ou E_{Tv}

4. VERIFICATION AUX ETATS LIMITES

4.1. VERIFICATIONS AUX ETATS LIMITES ULTIMES

γ_M est le coefficient de sécurité lié aux performances du matériau (voir Tableau 8 du & 5.1.6.1.1 du fascicule 70-1).

Pour les matériaux sous avis technique, se référer à ces avis.

- ◆ Ovalisation relative verticale : c'est le rapport de la déformation verticale du diamètre moyen sur le diamètre moyen

$$ov = d/Dm$$

L'ensemble des paramètres sont connus sauf $k\alpha$. Pour déterminer $k\alpha$, on se reporte à la Figure 13 au & 5.1.5.4 du fascicule 70.

$$k\alpha = \dots\dots\dots$$

$$\rightarrow Ov = Ov_1 + Ov_2$$

$$Ov_1 = \dots\dots\dots$$

$$Ov_2 = \dots\dots\dots$$

$$\text{soit } Ov = \dots\dots\dots$$

Déformation et contraintes maximales ϵ et σ

$$\epsilon = \dots\dots\dots$$

$$\sigma = E_T \epsilon \dots\dots\dots \text{ MPa}$$

4. VERIFICATION AUX ETATS LIMITES

4.1. VERIFICATIONS AUX ETATS LIMITES ULTIMES

$$\gamma_a = 1,25$$

$$pvu = \gamma_a (pr + pe)$$

$$\bar{p}\bar{u} = \gamma_a \left[pwe + (pr + pe) \left(\frac{1+k_2}{2} \right) \right]$$

M_u est obtenu en remplaçant pv par pvu , ras par ras_v et \bar{p} par $\bar{p}\bar{u}$ dans l'expression de M au & 5.1.5.3 du fascicule 70.

$$M_u = \dots\dots\dots \text{ kN.m}$$

LA FORCE PORTANTE

Il faut vérifier : $F_R \geq \gamma_M \cdot \frac{2\pi}{Dm} M_u$

- ◆ F_R : charge de rupture minimale (voir normes produit)
- ◆ γ_M : coefficient de sécurité

$$\gamma_M \cdot \frac{2\pi}{Dm} M_u = \dots\dots\dots \text{ kN/m}$$

Vérification de la contrainte σ_c (voir & 5.1.6.1 du fascicule 70-1).
 Pour les matériaux sous avis technique, se référer à ces avis.

Vérification à l'état ultime de flambement p_{cr} , se reporter au & 5.1.6.1 du fascicule 70.

avec $r_{as} = r_{as_v}$

Pour les matériaux sous avis technique, se référer à ces avis

4.2. VERIFICATION AUX ETATS LIMITES DE SERVICE

M_s est calculé avec $p_v = p_r + p_e$, $r_{as} = r_{as_v}$, $e_p = p_{we} + p_v \left(\frac{1+k_2}{2} \right)$ (voir & 5.1.5.3 du fascicule 70).

F_F est la charge minimale garantie d'ouverture de fissure stable admissible en surface.

Voir & 5.1.6.1.2 du fascicule 70.

Voir & 5.1.6.2 du fascicule 70.

Voir & 5.1.6.3 du fascicule 70.

LA CONTRAINTE

Il faut vérifier (dans le cas d'un matériau homogène) :

$$\sigma_c \geq \gamma_M \cdot \frac{6M_u(1 - \nu_T^2)}{e^2}$$

- ◆ σ_c : contrainte garantie (voir norme produit)
- ◆ γ_M : coefficient de sécurité

$$\gamma_M \cdot \frac{6M_u(1 - \nu_T^2)}{e^2} = \dots\dots\dots \text{kN/m}^2$$

LE MOMENT RESISTANT

M_r : Moment résistant garanti

Il faut vérifier : $M_r \geq \gamma_M \cdot M_u$

$$\gamma_M \cdot M_u = \dots\dots\dots \text{kN.m}$$

LE FLAMBEMENT

Il faut vérifier :

$$p_{cr} \geq 2,5 \bar{p}$$

4.2. VERIFICATION AUX ETATS LIMITES DE SERVICE

VERIFICATION DE LA CHARGE DE FISSURATION (TUYAUX RIGIDES)

Il faut vérifier : $F_F \geq \frac{2\pi}{Dm} M_s$

$$\frac{M_s 2\pi}{Dm} = \dots\dots\dots \text{kN}$$

OVALISATION

- cas de la fonte $ov_v \leq$ valeur précisée dans la NF EN 598
- cas du PVC à court terme : $ov_i \leq 5\%$
à long terme : $ov_v \leq 10\%$

CAS DES TUBES THERMOPLASTIQUES A PAROI STRUCTUREE

CAS DES TUBES PRV

5. CONCLUSION

5. CONCLUSION

La sécurité d'emploi est :

- satisfaite
- non satisfaite

En cas de sécurité d'emploi non satisfaite, les solutions envisageables sont les suivantes :

- choisir une canalisation de classe de résistance ou de classe de rigidité supérieure ;
- améliorer les conditions de pose retenues initialement (ex : revoir le type de sol, employer un géosynthétique, revoir les conditions de compactage, le profil en long...) et veiller à ce qu'elles soient effectivement réalisées sur chantier ;
- s'orienter vers d'autres techniques de pose non traitées dans le fascicule 70 (ex : berceau, voûte, dépression, fonçage, forage dirigé ...).

PAGE LAISSEE INTENTIONNELLEMENT BLANCHE

Annexe 5 (INFORMATIVE) : Serrage Hydraulique

1. PRINCIPE.....	217
2. LIMITES DU PROCÉDÉ.....	217
3. PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES.....	218

En cas d'imbibition de la zone d'enrobage d'une canalisation (toujours possible dans la vie d'une tranchée), des tassements importants sont susceptibles de se produire.

Une solution consiste à réaliser un serrage hydraulique de l'enrobage (improprement dit compactage hydraulique) en le saturant lors de sa mise en œuvre.

Un tel traitement, **utilisable uniquement avec des matériaux sableux**, ne permet généralement d'obtenir que des densités sèches moyennes, donc des modules assez modestes (**et homogènes**). **Ce traitement, correctement mis en œuvre et dans de bonnes conditions, utilisé pour la zone d'enrobage, conduit à une compacité q5.**

Nota : si nécessaire, le serrage hydraulique peut être associé à des moyens mécaniques d'amélioration du serrage (aiguilles vibrantes par exemple).

1. PRINCIPE

La canalisation est mise en place sur son lit de pose compacté et constitué du même matériau que celui de l'enrobage.

L'enrobage complet est réalisé, sans compactage mécanique.

Un arrosage abondant est appliqué de manière à générer un écoulement interstitiel descendant afin d'atteindre deux objectifs :

- entraîner le matériau vers tous les volumes vides (y compris les niches sous les collets);
- dissiper les collages entre grains (réalisés par des ménisques d'eau en milieu non saturé), ce qui conduit à un réarrangement des grains et donc à un serrage moyen et homogène (transversalement et longitudinalement).

L'arrosage doit être assez abondant pour qu'une mince lame d'eau recouvre l'enrobage; le débit d'arrosage dépend de la perméabilité du matériau : si $k = 1.10^{-3}$ m/s, le débit est de 1 l/s pour chaque m^2 en plan; la durée de l'arrosage correspond à l'apport d'un volume d'eau voisin de celui du matériau traité. Avec $k = 1.10^{-3}$ m/s, si l'épaisseur est 0,5 m, l'arrosage doit durer au moins 500 secondes.

2. LIMITES DU PROCÉDÉ

Le serrage hydraulique n'est utilisable que lorsque :

- les canalisations sont posées en tranchée;
- le matériau d'enrobage est de type B1 ou D1 et ne comporte pas de granulats de diamètre supérieur à 8 mm;
- l'alimentation en eau ne risque pas :
 - de provoquer des arrivées d'eau dans des caves adjacentes (site urbain);
 - de créer des efforts de poussée susceptibles de compromettre la stabilité d'un mur de soutènement;
 - d'entraîner des tassements parasites dans un sol effondrable sous imbibition.

3. PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES

Condition de filtre :

Si des migrations de fines sont possibles entre le remblai et l'environnement, un géotextile anticontaminant doit être placé en interface.

Obtention d'écoulements favorables :

Lorsque le fond de fouille est de faible perméabilité par rapport au sable d'enrobage, il est recommandé de disposer aux angles de la tranchée des tubes crépinés (généralement emballés dans des chaussettes géotextiles) formant drains, pour favoriser les écoulements interstitiels transversaux.

Canalisations de diamètre extérieur supérieur ou égal à 1 m :

Il est recommandé d'utiliser un système d'aiguilles d'injection d'eau enfoncées dans le sable de part et d'autre de la canalisation (on peut renforcer le serrage au moyen de vibrations simultanées).

Relevage des blindages :

Le blindage est relevé jusqu'à la génératrice supérieure de la canalisation avant alimentation en eau.

Cas d'un sable pauvre en fines :

Il convient de prévenir tout risque d'érosion interne régressive ultérieure, ce qui peut être réalisé par :

- la mise en place de diaphragmes en géotextile à intervalles réguliers;
- la réalisation de diaphragmes en matériau stabilisé par un liant;
- l'incorporation d'une faible proportion de liant aux derniers volumes d'eau injectés dans chaque zone;
- etc.

Limitation de l'alimentation en eau des sols environnants :

Lorsqu'il est nécessaire d'éviter l'imbibition des sols environnants, le sable peut être emballé par une membrane; l'eau injectée est pompée en aval, à la sortie des drains.

Annexe 6 (INFORMATIVE) : Les matériaux auto-compactants liés

1. DÉFINITIONS.....	219
2. INTÉRÊT DE CE TYPE DE MATÉRIAU	219
3. PRÉCAUTIONS À PRENDRE LORS DE L'UTILISATION DE MATÉRIAUX AUTOCOMPACTANTS LIÉS.....	220

1. DÉFINITIONS

Les matériaux autocompactants liés sont des matériaux autoplaçants particuliers.

Les caractéristiques essentielles de ce type de matériau sont :

- un comportement analogue à celui d'un liquide, permettant ainsi de les mettre en place dans la tranchée par simple déversement, sans compactage ni vibration;
- une résistance à long terme limitée, qui les rend facilement réexcavables.

On distingue deux types de matériaux autocompactants liés :

- les essorables, pour lesquels la fluidité nécessaire à leur mise en œuvre est due à leur teneur en eau élevée. Leur capacité portante est obtenue par l'évacuation d'une forte partie de cette eau (40 à 50 %) et par la prise et le durcissement du liant;
- les non-essorables, pour lesquels la fluidité est obtenue par l'utilisation d'adjuvants et la capacité portante par la prise et le durcissement du liant.

2. INTÉRÊT DE CE TYPE DE MATÉRIAU

L'utilisation de matériaux autocompactants liés pour constituer l'enrobage d'une canalisation est susceptible de présenter divers avantages :

- réalisation simultanée du lit de pose et de l'enrobage;
- mise en place correcte dans les conditions difficiles que l'on rencontre lorsque le sous-sol est encombré et/ou lorsque la largeur libre d'un côté ou des deux côtés de la canalisation est réduite;
- restitution rapide de la circulation;
- solution pour limiter la présence humaine dans la tranchée, en particulier lorsque le terrain est instable;
- travail facilité pour la pose de canalisations en tranchées asymétriques;
- etc.

Toutefois, pour que ces avantages ne s'accompagnent pas d'inconvénients rédhibitoires, diverses conditions doivent être respectées.

Nota : compte tenu de leur sensibilité aux phénomènes de retrait et de fissuration, ces matériaux ne contribuent en aucune manière à l'étanchéité de la canalisation.

3. PRÉCAUTIONS À PRENDRE LORS DE L'UTILISATION DE MATÉRIAUX AUTOCOMPACTANTS LIÉS

Les matériaux autocompactants liés courants sont constitués d'un mélange granulaire étendu riche en éléments fins et d'eau. L'incorporation d'un superplastifiant permet d'obtenir le comportement «autocompactant». On utilise éventuellement un viscosifiant dont le rôle est d'éviter la ségrégation.

3.1. Rhéologie à l'état frais

Le comportement liquide se traduit par l'application de poussées hydrostatiques proportionnelles au poids volumique du matériau; la poussée d'Archimède appliquée à la conduite est susceptible d'excéder son poids et de provoquer un déplacement de la canalisation qui a tendance à flotter. Il convient de remédier à ce phénomène soit en lestant ou en ancrant la canalisation, soit en déversant le matériau par couches (en attendant pour chacune que la précédente ait perdu son comportement liquide), en retenant une technique adaptée à la nature de la canalisation.

On notera que, comme pour un remblai ordinaire, il convient de s'efforcer de respecter une certaine symétrie du remplissage de la tranchée, pour éviter que les poussées latérales ne déplacent la canalisation.

3.2. Variations dimensionnelles du matériau

Contact entre la base du tuyau et le matériau coulé :

Le matériau qui s'est inséré sous une canalisation remplit initialement la hauteur existant entre le dessous de la canalisation et le fond de la tranchée, mais sa contraction ultérieure (décantation des grains en suspension et ressuage) et les forces de pesanteur tendent à le désolidariser de la canalisation. Il faut donc s'assurer que cette variation dimensionnelle est d'amplitude acceptable, amplitude proportionnelle à l'épaisseur de matériau.

Sauf cas particulier, on peut considérer qu'il faut respecter une limite de 2 mm.

On remarquera également que le remplissage peut être constitué de plusieurs couches de matériau autocompactant, chaque couche étant déversée après contraction de la précédente, et que, dans ces conditions, seule la contraction de la couche intéressant la canalisation conditionne son appui.

Contact entre les parois de la tranchée et le matériau d'enrobage :

Si, sur la hauteur d'une couche de matériau autocompactant lié, les blindages sont relevés assez tôt pour que le matériau soit encore de consistance liquide, il remplit le vide laissé par le blindage. Mais, si le matériau a déjà acquis une certaine résistance au cisaillement au moment du relevage des blindages, ceux-ci laissent un vide qui se traduira par une détente ultérieure des sols environnants et du matériau lui-même, avec, généralement, des conséquences regrettables. Il faut donc coordonner le déversement du matériau autocompactant et le relevage des blindages.

Le délai d'obtention d'une résistance au cisaillement suffisante varie dans de larges proportions d'un matériau à un autre, et, pour un même matériau, d'un environnement géotechnique à un autre (un départ d'eau vers un sol sableux modifie très vite la rhéologie du matériau autocompactant). Certains matériaux qualifiés d'essorables restent de consistance liquide pendant un délai court, ce qui les rend « circulables » rapidement. Un tel matériau impose en général des contraintes de coordination des tâches plus sévères.

3.3. Résistance mécanique à court et à long terme

En fonction de son dosage en liant, un matériau autocompactant lié acquiert progressivement une cohésion plus ou moins importante, qui se traduit par une résistance en compression.

La résistance du matériau d'enrobage de la canalisation contribue largement à la tenue mécanique de celle-ci.

Toutefois, au jeune âge, cette résistance est généralement modeste. C'est pour cela que, dans les cas courants, on adoptera pour ces matériaux les caractéristiques d'un sol de groupe G1 compacté à 95 % de l'OPN (q4t1).

À long terme, la résistance acquise par le matériau autocompactant lié dans la vie de l'ouvrage peut devenir un inconvénient. Il est en effet généralement nécessaire de pouvoir excaver sans difficulté anormale au voisinage immédiat de la canalisation. Une valeur supérieure de résistance en compression de 2 MPa constitue une limite acceptable.

De faibles variations de dosage des constituants d'un matériau autocompactant lié sont souvent susceptibles de faire varier de manière notable sa résistance en compression à long terme (dosage en liant, variabilité des caractéristiques du liant ou de la composition granulaire comme la proportion de fines d'un sable calcaire lorsque le liant contient des cendres volantes).

3.4. Compatibilité mécanique du lit de pose avec le matériau autocompactant

Le lit de pose ne doit pas présenter un module d'élasticité significativement inférieur à celui du reste de l'enrobage. Il est conseillé d'utiliser le même matériau pour la totalité de l'enrobage.

3.5. Compatibilité chimique des éléments en présence

Compte tenu de la composition de ces matériaux pouvant notamment contenir des sous-produits industriels (chlorures, sulfates, MIOM, ...), des précautions préalables sont à prendre pour s'assurer de la compatibilité des matériaux en présence, du point de vue chimique (canalisation, joints et matériau autocompactant).

De plus, le matériau autocompactant lié ne doit pas être susceptible de présenter des gonflements ultérieurs dans son environnement géotechnique, et ceci notamment en présence de sulfates.

Par ailleurs, si le matériau autocompactant lié est mis en place en présence d'eau, il faut s'assurer qu'il ne risque pas de subir un lessivage au jeune âge.

3.6. Environnement

Il est souhaitable de connaître la composition exacte du matériau autocompactant lié. En effet, on doit prendre en compte les risques de pollution éventuelle du sol environnant.

De plus, lorsque le matériau autocompactant lié utilisé est essorable, une attention particulière doit être portée au matériau encaissant. En effet, la perméabilité de celui-ci doit permettre l'évacuation de l'eau initialement contenue dans le matériau autocompactant lié.

Annexe 7 (INFORMATIVE) : Description des Travaux Sans Tranchée (TST)

I - Les techniques de création de réseaux Sans Tranchée.....	223
<u>Microtunnelage</u>	223
<u>Forage dirigé</u>	223
<u>Pose par fusée pneumatique</u>	224
<u>Forage horizontal à la tarière</u>	224
<u>Battage / poussage sur tuyau ouvert</u>	224
II - Les Techniques de réhabilitation Sans Tranchée.....	224
<u>Chemisage partiel</u>	224
<u>Remplissage au coulis</u>	224
<u>Injection d'étanchement</u>	224
<u>Matériau taloché</u>	224
<u>Réparations</u>	225
<u>Remplacement par méthode d'éclatement</u>	225
<u>Tubages</u> :.....	225
<u>Chemisage par matériau projeté, taloché ou coulé en place</u>	226

I - Les techniques de création de réseaux Sans Tranchée

Microtunnelage (cf. 6.10.1.2)

Opérant à partir d'un puits vertical, pilotée depuis la surface, une tête orientable permet le creusement à front fermé, un concassage et l'évacuation des matériaux, la construction à l'avancement de l'ouvrage foncé à l'aide de vérins. Le microtunnelage permet de réaliser des tronçons de quelques dizaines de mètres (pour des diamètres de 500 à 1000 mm) à quelques centaines de mètres (pour des diamètres de 1200 à 2500 mm) en PRV, grès, béton ou acier. D'une très grande précision, il est particulièrement adapté aux réseaux gravitaires.

Forage dirigé (cf. 6.10.1.3)

Dérivée du forage vertical, cette technique de pose est réalisée en trois phases. Un forage pilote est poussé dans le sol. Sa tête biseautée permet de la diriger avec une précision centimétrique. Des alésages successifs sont effectués en tirant le train de tiges en retour avant de tirer la canalisation. Un fluide de forage, aide à creuser, évacue les déblais, lubrifie le tube. Cette technique permet la pose de canalisations en polyéthylène, en acier ou en fonte jusqu'à 800mm sur des longueurs pouvant atteindre 2-3 km. Elle est particulièrement adaptée aux réseaux sous pression.

Pose par fusée pneumatique (cf. 6.10.1.4)

Un marteau pneumatique frappe à l'intérieur d'un cylindre creux et le fait avancer, réalisant un tunnel par compression du sol. Une canalisation ou un fourreau de diamètre 45 à 300 mm peuvent ensuite être posés sur une distance de 5 à 25 m. Non-dirigeable, elle peut être équipée d'une sonde de localisation. Simple d'utilisation, demande un positionnement rigoureux dans la fouille de départ. Elle doit faire l'objet d'une attention particulière lors du travail à proximité de réseaux existants.

Forage horizontal à la tarière (cf. 6.10.1.5.1)

Un tube en acier est poussé, dans lequel une tarière assure l'excavation et une vis sans fin l'évacuation des déblais. Cela permet de poser des canalisations de 5 à 80 m mais aussi des branchements de petit diamètre. Elle peut être complétée par un système de pré guidage.

Battage / poussage sur tuyau ouvert (cf. 6.10.1.5.2)

Un train de tubes en acier creux est enfoncé dans le sol à l'aide d'un «marteau pneumatique» (ou de vérins). La tête est munie d'une «trousse» coupante. Les tubes sont soudés à l'avancement. Arrivée à destination la canalisation posée est « vidée » par pression à l'air ou à l'eau ou par une tarière. Cette technique permet des tirs de 20 à 50m.

II - Les Techniques de réhabilitation Sans Tranchée

A - Les travaux de réparation :

Chemisage partiel

Réparation ponctuelle par chemisage local avec une chemise souple imprégnée d'une résine thermodurcissable ou un manchon inox associé à un joint en caoutchouc ou en EPDM.

Remplissage au coulis

Remplissage des vides dans le collecteur existant et/ou le sol environnant par injection de coulis sur une partie ou la totalité du périmètre du collecteur.

On distingue :

- Injection de traitement de sol : comblement de vide dans le sol encaissant de l'ouvrage
- Injection de régénération de maçonnerie ou de fissures dans la structure de l'ouvrage
- Injection de collage de l'interface sol - ouvrage

Injection d'étanchement

Colmatage d'une fuite au niveau d'une fissure, d'un assemblage ou d'un branchement par injection de résine ou de coulis, avec ou sans l'aide d'un manchon.

Matériau taloché

Réparation de défauts structurels locaux sur une partie de la section du branchement ou du collecteur, en appliquant et talochant manuellement ou mécaniquement des matériaux directement sur la paroi ou dans le défaut de l'ouvrage existant.

Réparations

Rectifications des défauts localisés.

B - Les travaux de remplacement :

Remplacement par méthode d'éclatement (cf. 6.10.3.1)

Méthode de remplacement place pour place dans laquelle une conduite est détruite par traction d'un cône muni de couteaux ou de molettes. Cet outil découpe ou éclate la canalisation existante et tracte simultanément le nouveau tube de diamètre identique ou légèrement augmenté; les fragments de tuyaux restent dans le sol environnant.

C - Les travaux de rénovation :

Tubages :

Processus de rénovation consistant à introduire une nouvelle conduite à l'intérieur d'une canalisation existante.

Par éléments préfabriqués (coques) - (cf. 6.10.4.1)

Mise en place d'éléments préfabriqués qui ont des raccords longitudinaux et recouvrent la section complète du tuyau (tubage complet), ou recouvrent uniquement une partie de la section, radier ou voûte (tubage partiel) avec injection d'un coulis de remplissage (avec ou sans fonction structurante) entre les éléments et l'ouvrage existant.

Par tuyau continu avec espace annulaire - (cf. 6.10.4.1)

Tubage par introduction d'un tuyau continu d'un diamètre inférieur à celui de la canalisation à réhabiliter. Cette technique se traduit par une réduction de diamètre.

Par tuyau continu sans espace annulaire - (cf. 6.10.4.1)

Tubage réalisé avec un tuyau continu dont la section est réduite pour faciliter son installation et rétablie après installation pour assurer un plaquage sur la paroi du tuyau existant.

Par tuyaux courts avec espace annulaire - (cf. 6.10.4.1)

Tubage réalisé à l'aide d'éléments courts qui sont assemblés un à un pour former un tuyau continu pendant l'insertion.

Par enroulement hélicoïdal avec espace annulaire - (cf. 6.10.4.1)

Tubage avec une bande profilée enroulée en spirale pour former un tuyau continu après installation.

Par coffrage plastique interne ancré de manière rigide - (non couvert par le texte du fascicule 70-1)

Tubage obtenu par injection de coulis de ciment structurant remplissant l'espace annulaire d'un coffrage plastique interne définitivement ancré au coulis.

Par chemisage continu polymérisé en place - (cf. 6.10.4.3)

Tubage réalisé avec une chemise souple imprégnée d'une résine thermodurcissable ou photodurcissable produisant un tuyau après polymérisation de la résine.

Chemisage par matériau projeté, taloché ou coulé en place – (cf. 6.10.4.5)

Application manuelle ou mécanique (à l'aide d'un robot, par exemple) d'un matériau hydraulique ou polymère, avec ou sans renfort, directement sur la surface interne du collecteur d'accueil et/ou d'un regard de visite.

Annexe 8 (CONTRACTUELLE) : Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de grand diamètre

Tableau 13 : Tubage continu par tubes polymérisés sur place (7.2.1.1)

(O : examen obligatoire – F : examen facultatif)

		OBJECTIFS DE LA RENOVATION →		
		hydraulique	étanchéité	structurel
<i>Relevé des éventuelles anomalies géométriques ou altérations de la partie visible de la paroi et contrôle du traitement des extrémités et des raccordements.</i>	Inspection télévisuelle ou visuelle	O	O	O
<i>Essai global facultatif mais contrôle d'un linéaire représentatif</i>	Essai global d'étanchéité ou, en cas d'impossibilité technique, essais ponctuels d'étanchéité des singularités (extrémités, parements altérés, raccordements, assemblages,...) par infiltromètre.		O	
	Dans le cas où la chemise est prévue plaquée à l'ouvrage (Cf. note de calcul) Sondage sonique au marteau non instrumenté. Marteau de maçon présentant une surface d'impact minimale de 6 cm ² . S'assurer que la zone d'auscultation est représentative des travaux concernés et qu'elle concerne plus de 20 m ² de parement Chaque auscultation est le résultat significatif d'un nombre minimal de trois chocs qui doivent couvrir une surface maximale de 0,2 m ² . Elle donne lieu à l'une des deux appréciations suivantes : « SON CREUX » ou « SON PLEIN ». Selon le nombre d'appréciations « son creux » le maître d'œuvre décide éventuellement de faire procéder à des essais d'impédance mécanique.		O *	O
	Contrôle des épaisseurs du matériau et des caractéristiques mécaniques (selon mode opératoire en annexe de la norme NF EN ISO 11296-4).		O	O
<i>* vérification (le cas échéant) des hypothèses de calcul relatives au contact de la chemise avec l'ouvrage</i>	Relevés des sections transversales.	O	F *	O
<i>Essais de vérinage intérieur</i> <i>* chantiers particuliers ou contextes spécifiques à l'appréciation du maître d'ouvrage ou de son représentant</i> <i>Il s'agit de mesurer la déformation tridimensionnelle provoquée par un dispositif de vérinage interne</i>	Auscultation mécanique des ouvrages et du sol encaissant. En l'absence de définition du pas des essais dans le CCTP, il est de 10 m. L'essai est acceptable si la raideur mécanique après réhabilitation est celle fixée dans le CCTP. La conformité est déclarée par le maître d'ouvrage ou son représentant sur la base de l'analyse du résultat des essais : <ul style="list-style-type: none"> • Nombre d'essais non acceptables • Amplitude et localisation des défauts 		F *	F
<i>Ces pas peuvent être modifiés par le maître d'œuvre en fonction:</i> <ul style="list-style-type: none"> • de la présence d'ouvrages connexes pouvant influencer les résultats, • d'indications spécifiques obtenues en cas de réalisation d'auscultation mécanique avant travaux. <i>L'objectif donné au CCTP est calculé conformément au chapitre IV.</i>	Essais par la méthode d'impédance mécanique. La densité des essais doit être au moins égale à un essai par mètre carré de parement de la structure. Chaque essai comprend un minimum de trois chocs et les réponses respectives de la structure. Les couples de valeurs (chocs et réponses) sont en général moyennés pour constituer un résultat agrégé sauf si l'une des valeurs est non significative. Si aucun des trois couples de valeurs n'est satisfaisant, l'essai est déclaré non exploitable. La conformité est déclarée par le maître d'ouvrage ou son représentant sur la base de l'analyse des courbes de mobilité.			F

Tableau 14 : Tubage avec espace annulaire (7.2.1.2)

(O : examen obligatoire – F : examen facultatif)

		OBJECTIFS DE LA RENOVATION →		
		hydraulique	étanchéité	structurel
	Inspection télévisuelle ou visuelle	O	O	O
<i>Essai global facultatif mais contrôle d'un linéaire représentatif</i> <i>Essais ponctuels d'étanchéité des singularités</i> <i>* au cas où le norme NF EN 1610 n'est pas appliquée (joint par joint)</i>	Essai global d'étanchéité ou, en cas d'impossibilité technique, essais ponctuels d'étanchéité des singularités (extrémités, parements altérés, raccords, assemblages,...) par infiltromètre.		O	
<i>Sondage sonique au marteau non instrumenté</i> <i>* dans le cas de présence d'une nappe</i>	Dans le cas où la chemise est prévue plaquée à l'ouvrage (Cf. note de calcul) Sondage sonique au marteau non instrumenté. Marteau de maçon présentant une surface d'impact minimale de 6 cm ² . S'assurer que la zone d'auscultation est représentative des travaux concernés et qu'elle concerne plus de 20 m ² de parement. Chaque auscultation est le résultat significatif d'un nombre minimal de trois chocs qui doivent couvrir une surface maximale de 0,2 m ² . Elle donne lieu à l'une des deux appréciations suivantes : « SON CREUX » ou « SON PLEIN ». Selon le nombre d'appréciations « son creux » le maître d'œuvre décide éventuellement de faire procéder à des essais d'impédance mécanique.		F *	
<i>Relevés des sections transversales</i> <i>* dans le cas de présence d'une nappe</i>	Relevés des sections transversales	O	F *	O
	Essais de vérinage intérieur (selon le mode opératoire OPERRA 3 bis). Auscultation mécanique des ouvrages et du sol encaissant. En l'absence de définition du pas des essais dans le CCTP, il est de 10 m. L'essai est acceptable si la raideur mécanique après réhabilitation est celle fixée dans le CCTP. L'essai est acceptable si l'augmentation de raideur après réhabilitation est supérieure ou égale au seuil fixé dans le CCTP La conformité est déclarée par le maître d'ouvrage ou son représentant sur la base de l'analyse du résultat des essais : Nombre d'essais non acceptables Amplitude et localisation des défauts		F *	F
<i>Auscultation radar * recommandé dans le cas de risques de vides importants</i> <i>L'allure générale des courbes d'indice indique la probabilité de la présence de vides</i> <i>L'eau de la nappe est opaque aux ondes radar. Par conséquent dans le cas d'un ouvrage dans la nappe l'auscultation radar n'est pas recommandée.</i>	Auscultation radar (selon le mode opératoire OPERRA 6). Un ou plusieurs profils sont effectués en continu le long des génératrices préalablement définies par les objectifs de l'auscultation. En règle générale les profils d'auscultation sont localisés aux milieux des piédroits et en clef dans le cas d'ovoïdes et au droit des secteurs horaires dans le cas d'ouvrages circulaires. La conformité est déclarée par le maître d'ouvrage ou son représentant sur la base de l'analyse des courbes d'indice.		F *	F

		OBJECTIFS DE LA RENOVATION →		
		hydraulique	étanchéité	structurel
<i>Essais par la méthode d'impédance mécanique * dans le cas de présence d'une nappe et contrôle des décollements selon le type des joints.</i>	Essais par la méthode d'impédance mécanique La densité des essais doit être au moins égale à un essai par mètre carré de parement de la structure. Chaque essai comprend un minimum de trois chocs et les réponses respectives de la structure. Les couples de valeurs (chocs et réponses) sont en général moyennés pour constituer un résultat agrégé sauf si l'une des valeurs est non significative. Si aucun des trois couples de valeurs n'est satisfaisant, l'essai est déclaré non exploitable. La conformité est déclarée par le maître d'ouvrage ou son représentant sur la base de l'analyse des courbes de mobilité.		F *	
	Relevé du profil en long au laser selon un pas de 5 m	O		
	Contrôle en cours de réalisation des caractéristiques des prélèvements (coulis, coque et joints) et du coulis frais et durci		F	F
	Contrôle d'exécution des phases d'injection du vide annulaire		F	F
	Contrôle d'exécution des joints, des raccordements aux branchements et des extrémités amont et aval		F	
	Contrôle de prélèvements éventuels (coque + coulis) orientés par les essais instrumentés			F

Tableau 15 : Chemisage par béton ou mortier projeté (7.2.1.4)
(O : examen obligatoire – F : examen facultatif)

		OBJECTIFS DE LA RENOVATION →		
		hydraulique	étanchéité	structurel
	Inspection télévisuelle ou visuelle	O	O	O
	Essais ponctuels d'étanchéité des singularités (extrémités, parements altérés, raccordements, assemblages,...) par infiltromètre.		F	
	Sondage sonique au marteau non instrumenté- Marteau de maçon présentant une surface d'impact minimale de 6 cm ² . S'assurer que la zone d'auscultation est représentative des travaux concernés et qu'elle concerne plus de 20 m ² de parement. Chaque auscultation est le résultat significatif d'un nombre minimal de trois chocs qui doivent couvrir une surface maximale de 0,2 m ² . Elle donne lieu à l'une des deux appréciations suivantes : « SON CREUX » ou « SON PLEIN ». Selon le nombre d'appréciations « SON CREUX » le maître d'œuvre décide éventuellement de faire procéder à des essais d'impédance mécanique.			F
	Relevés des sections transversales	O	F	O
	Auscultation mécanique des ouvrages et du sol encaissant. En l'absence de définition du pas des essais dans le CCTP, il est de 10 m. L'essai est acceptable si la raideur mécanique après réhabilitation est celle fixée dans le CCTP. La conformité est déclarée par le maître d'ouvrage ou son représentant sur la base de l'analyse du résultat des essais : <ul style="list-style-type: none"> • nombre d'essais non acceptables, • amplitude et localisation des défauts. 			F
	Relevé du profil en long au laser selon un pas de 5m.	O		
	Essais destructifs, carottages. Contrôler les épaisseurs de matériau (1 lot de 3 unités par 50 m d'ouvrage).		F	F
	Contrôle du respect des épaisseurs de béton frais à l'aide d'une Jauge métallique standard de profondeur permettant une lecture au 1/10ème de millimètre. S'assurer que la zone de contrôle est représentative des travaux en cause et qu'elle concerne plus de 10 m ² de parement. Exécuter au moins trois mesures au m ² de parement.		O	O

Annexe 9 (CONTRACTUELLE) : Examens préalables à la réception des ouvrages rénovés de petit diamètre

Tableau 16 : Tubage continu par tubes polymérisés sur place (7.2.2.1)

(O : examen obligatoire – F : examen facultatif)

		OBJECTIFS DE LA RENOVATION →		
		hydraulique	étanchéité	structurel
<i>Relevé des éventuelles anomalies géométriques ou altérations de la partie visible de la paroi et contrôle du traitement des extrémités et des raccordements.</i>	Inspection télévisuelle ou visuelle.	O	O	O
	Essai global d'étanchéité (selon mode le opératoire OPERRA 7). L'épreuve d'étanchéité à l'air ou à l'eau sur l'ensemble des ouvrages rénovés. Selon la configuration du réseau et la nature des travaux du marché, la méthodologie précise de l'essai est donnée par le CCTP.		O	
	Contrôle des épaisseurs du matériau et des caractéristiques mécaniques (selon le mode opératoire en annexe de la norme NF EN ISO 11296-4)	O	O	O

Tableau 17 : Tubage avec espace annulaire (7.2.2.2)

(O : examen obligatoire – F : examen facultatif)

OBJECTIFS DE LA RENOVATION →		hydraulique	étanchéité	structurel
<i>Relevé des éventuelles anomalies géométriques ou altérations de parement préjudiciables à la stabilité du tuyau.</i>	Inspection télévisuelle ou visuelle	O	O	O
	Essai global d'étanchéité L'épreuve d'étanchéité à l'air ou à l'eau sur l'ensemble des ouvrages rénovés. Selon la configuration du réseau et la nature des travaux du marché la méthodologie précise de l'essai est donnée par le CCTP.	-	O	
<i>Essais de vérinage intérieur Pour vérification (le cas échéant) des hypothèses de calcul relatives à l'état de la liaison tuyau-coulis-canalisation.</i>	Auscultation mécanique des ouvrages et du sol encaissant En l'absence de définition du pas des essais dans le CCTP, il est de 10 m. L'essai est acceptable si la raideur mécanique après réhabilitation est celle fixée dans le CCTP. La conformité est déclarée par le maître d'ouvrage ou son représentant sur la base de l'analyse du résultat des essais : <ul style="list-style-type: none"> • nombre d'essais non acceptables, • amplitude et localisation des défauts. 			F
<i>Contrôle des caractéristiques du coulis de remplissage exécuté en cours de travaux pour vérification (le cas échéant) des hypothèses de calcul relatives à l'état de la liaison tuyau-coulis-canalisation.</i>	La densité des essais doit être au moins égale à un essai par mètre carré de parement de la structure. Chaque essai comprend un minimum de trois chocs et les réponses respectives de la structure Les couples de valeurs (chocs et réponses) sont en général moyennés pour constituer un résultat agrégé sauf si l'une des valeurs est non significative. Si aucun des trois couples de valeurs n'est satisfaisant, l'essai est déclaré non exploitable. La conformité est déclarée par le maître d'ouvrage ou son représentant sur la base de l'analyse des courbes de mobilité.			F
	Contrôle des caractéristiques du coulis de remplissage exécuté en cours de travaux			O

Annexe 10 (INFORMATIVE) : Composition du Comité de pilotage « Eaux-Assainissement »

COMITE DE PILOTAGE DU DOMAINE EAU ET ASSAINISSEMENT DU PROJET REFERENTIEL GENIE CIVIL

Président du Comité de pilotage

M. LEGROUX Jean-Paul Ingénieur général honoraire des ponts, des eaux et des forêts

Secrétaire technique

M. WAGNER Rémi CEREMA (Direction territoriale Est)

Secrétaire administratif

M. SOURDRIL Antoine ASTEE

Membres

Mme LANGLAMET Aurélie Ministère de la transition écologique et solidaire

M. VENTURINI Christophe Ministère de la transition écologique et solidaire

Mme LARRIBET Annie Ministère de l'économie et des finances

Mme DROUODE Moïna Ministère des solidarités et de la santé

Mme DERHILLE Céline Ministère des solidarités et de la santé

Mme LENOUCHEAU Nathalie CEREMA – Direction technique territoire et ville

Mme LEVAL Claire Agence française de la biodiversité

Mme DELAERE Pauline Association des Maires de France (AMF)

M. MINOT Denis Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)

Mme SEMBLAT Laure Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)

M. PECHINOT Jean-Bernard Association des Ingénieurs Territoriaux de France (AITF)

M. CAZORLA Frédéric Association des Techniciens Territoriaux de France (ATTF)

M. CERCLET Patrick Association des Techniciens Territoriaux de France (ATTF)

M. MAUREL Frédéric Fédération professionnelle de l'ingénierie (SYNTEC)

M. GAXIEU Thierry Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (CINOV)

M. LEVY Jean Marc Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (CINOV)

M. BENEDETTI Michel Les Canalisateurs

M. JAULIN Christian Les Canalisateurs

Mme	NGO BIBINDE Jeanne	Fédération nationale des travaux publics (FNTP)
Mme	BAILLAT Valérie	Fédération nationale des travaux publics (FNTP)
M.	LE GAL Patrick	Syndicat National des Entrepreneurs, Concepteurs et Réalisateurs de Stations de Pompage (SNECOREP)
M.	WATTEBLED Frédéric	Syndicat National des Entrepreneurs, Concepteurs et Réalisateurs de Stations de Pompage (SNECOREP)
M.	MOMOT Antoine	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
M.	LECA Gérard	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
M.	SANCIER Gérald	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
M.	ANCEAUX Dominique	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
M.	DEHOUCK Eric	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
M.	BRUNET Laurent	Fédération professionnelle des entreprises de l'eau (FP2E)
M.	BLANCHET Frédéric	Fédération professionnelle des entreprises de l'eau (FP2E)
M.	LEBLANC François	Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE)
M.	DOMINICI Stephan	Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE)
M.	JANNETEAU Philippe	Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE)
Mme	MORIN-BATUT Carine	Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE) directrice générale

Les membres suivants ont quitté le groupe depuis sa mise en place :

M.	BINET Christian	GEM-OTM
M.	LEVEQUE Jean	GEM-OTM
Mme	THOUET Aurélie	Ministère chargé de la santé
Mme	HURET Fanny	Ministère chargé de la santé, remplacée par Mme DROUODE Moïna
M.	VANSYNGEL Philippe	Ministère chargé de la santé
M.	LABALETTE Julien	Ministère chargé de l'environnement
Mme	TARDIVO Bénédicte	Ministère chargé de l'environnement
M.	GARNEAU Stéphane	ONEMA, remplacé par Mme LACOUR Céline
Mme	LACOUR Céline	ONEMA, remplacée par Mme LEVAL Claire (Agence Française de la Biodiversité)
M.	LANDEL Olivier	ACUF
M.	DELANOE Vincent	ACUF
M.	TAISNE Régis	FNCCR
Mme	SADIER Liliane	ATTF
M.	MONGOURD Cyril	ATTF
M.	AUDIBERT Pierre	SYNTEC, remplacé par M. MAUREL Frédéric
M.	DAUBILLY Benjamin	FNTP, remplacé par Mme NGO BIBINDE Jeanne

M.	PLASSE Ludovic	UIE
Mme	VENES Maria	UIE
M.	TOULLIOU Jean-Yves	Canalisateurs
Mme	CRIVAT Mariela	SNECOREP
M.	JOUGLAIN Bernard	FP2E
M.	MATHIEU Tristan	FP2E
M.	RENARD Jean-François	FP2E
M.	ROCHE Pierre-Alain	ASTEE, remplacé par M. JANNETEAU
M.	RIOTTE Michel	ASTEE
M.	SAMANOS Benoît	ASTEE
Mme	CAYLA Claire	ASTEE secrétariat administratif
Mme	THIBAULT Marie	ASTEE secrétariat administratif
Mme	DE LAVERGNE Célia	ASTEE directrice général

PAGE LAISSEE INTENTIONNELLEMENT BLANCHE

Annexe 11 (INFORMATIVE) : Composition du groupe de travail « Canalisations »

Président du groupe de travail

M. PERROUIN Jean Luc Directeur de l'Eau Nantes métropole – Retraité
assisté sur le domaine de l'assainissement par

M. PECHINOT Jean Bernard Directeur Assainissement – Communauté Agglomération de Dijon – Retraité

Secrétaire technique

M. WAGNER Rémi CEREMA - Direction territoriale Est (Ex CETE de l'EST) – Retraité

Membres actifs du groupe de travail

M.	ALEXANDRE Pascal	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
M.	ANCEAUX Dominique	Syndicat des tubes et raccords en PVC (STR-PVC)
M.	BEHRENS Jean-Christophe	Fédération de métiers de l'intelligence productive (SYNTEC)
M.	BENEDETTI Michel	Les Canalisateurs
M.	BOULIER Florent	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
Mme	CHAMPEYROUX Anne	Fédération de métiers de l'intelligence productive (SYNTEC)
Mme	COLLAS Corinne	Syndicat des tubes et raccords en polyéthylène. (STR-PE)
Mme	CUADRADO Lucie	Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)
M.	DUPONT Patrice	(FSTT)
M.	FOUILLOUX René-Claude	Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN)
Mme	HEILI Véronique	CEREMA – Direction territoriale Est (Ex CETE de l'EST)
M.	HENRY Franck-Olivier	Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)
Mme	JACOB Sophie	Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton (CERIB)
M.	JANSSON CHARRIER Marielle	Fédération Nationale des Syndicats de l'Assainissement et de la Maintenance Industrielle (FNSA)
M.	JAULIN Christian	Les Canalisateurs
M.	KROMMYDAS Céline	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
M.	LABELLE Dominique	Groupement de la Plasturgie Industrielle et des Composites (GPIC)
Mme.	LARRIBET Annie	Ministère de l'économie et des finances
M.	LAZERGES Daniel	Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN)
M.	MANRY Luc	Syndicat des tubes et raccords en PVC (STR-PVC)
M.	MONFRONT Lionel	Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton (CERIB)
M.	PAQUIER François	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)

M.	PAUMIER BERTRAND Valérie	Union nationale des industries et entreprises de l'eau et de l'environnement (UIE)
Mme.	SEMBLAT Laure	Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)
M.	THEPOT Olivier	Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)
M.	VOLANT Julien	Syndicat des tubes et raccords en PVC (STR-PVC)

Certains membres ont quitté le groupe en cours d'activité :

M.	TOULLIOU Jean Yves	Les Canalisateurs, suite à son départ en retraite
M.	CHARVET Guillaume	UIE, remplacé par M. BOULIER Florent
M.	ORDITZ Dominique	Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), suite à son départ en retraite, remplacé par Mme CUADRADO Lucie
M.	DAUBILLY Benjamin	Fédération nationale des travaux publics (FNTP)

Le groupe s'est assuré la collaboration d'autres experts, en particulier :

M.	CALON Nicolas	(SNCF)
M.	LAGUBEAU Philippe	(FSTT)
Mme.	ZAETTA Céline	(FSTT)

Membres informés des travaux du groupe de travail

M.	VENTURINI Christophe	Ministère de la Transition écologique et solidaire
M.	VANSYNGEL Philippe	Ministère des solidarités et de la santé
Mme	DROUODE Moina	Ministère des solidarités et de la santé
M.	MOREAU Gldas	Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)
M.	LEDUC Alexandre	CEREMA – Direction Infrastructures de transports et matériaux (Ex CEREMA (EX SETRA))
M.	ROSSIGNY Pascal	CEREMA – Direction Infrastructures de transports et matériaux (Ex CEREMA (EX SETRA))
M.	CHAPRON Christophe	Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)
M.	DUBOS Julien	Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)
M.	MONGOURD Cyril	Association des Techniciens Territoriaux de France (ATTF)
Mme	SADIER Liliane	Association des Techniciens Territoriaux de France (ATTF)
M.	DELTOUR Edmond	Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (CINOV)
M.	BERTRAND Eric	Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (CINOV)
M.	NGUYEN Minh	Les Canalisateurs
M.	THOMAS Michel	Les Canalisateurs

M.	LAGUBEAU Philippe	Les Canalisateurs
M.	MARCONNOT Claude	Les Canalisateurs
Mme	SIDIS Stella	Les Canalisateurs
Mme	NGO BIBINDE Jeanne	Fédération nationale des travaux publics (FNTP)
Mme	BAILLAT Valérie	Fédération nationale des travaux publics (FNTP)
M.	HENRY Philippe	Fédération de l'Industrie du Béton (FIB)
M.	GAYRARD Gilbert	Fédération de l'Industrie du Béton (FIB)
M.	HEMERY Vincent	Fédération de l'Industrie du Béton (FIB)
M.	WERNERT Grégoire	Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton (CERIB)
M.	SEGBEFIA Didier	Syndicat des tubes et raccords en polyéthylène. (STR-PE)
M.	PERY Julien	Syndicat des tubes et raccords en polyéthylène. (STR-PE)
M.	CHATELAIN Eric	Syndicat des tubes et raccords en polyéthylène. (STR-PE)
Mme	THOMAS Sophie	Syndicat des tubes et raccords en PVC (STR-PVC)
M.	DE LARY Jean Pierre	Groupement de la Plasturgie Industrielle et des Composites (GPIC)
M.	LOZACH Thierry	(GICA)
M.	PAREZ Vincent	Fédération Professionnelle des Entreprises de l'Eau (FP2E)
M.	NAULEAU Fabrice	Fédération Professionnelle des Entreprises de l'Eau (FP2E)
M.	DENIS Cédric	Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)
M.	JANSSON Eric	Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)