

DOCUMENT COMBINÉ
« TUYAUX EN BÉTON »
constitué de

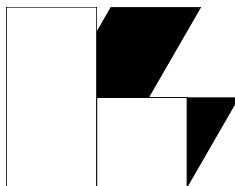
la NORME EN 1916 :
Tuyaux et pièces complémentaires en
béton non armé, béton de fibres métalliques et béton
armé pour canalisations et chenaux de collecte des
eaux usées

et

**du Document National d'Application luxembourgeois de
l'EN 1916**

**Centre de Ressources des Technologies de l'Information pour
le Bâtiment**

Document combiné



Version : 14/07/2006

Remarque importante:

La Norme européenne EN 1916 a été adoptée par le CEN le 16. juin 2002.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

Le présent document est une compilation de la norme EN 1916 et du Document National d'Application luxembourgeois, DNA EN 1916, élaboré au sein du CRTI-B.

Les modifications et dispositions complémentaires appliquées à l'EN 1916 en conformité avec le DNA EN 1916 sont signalées par un fond jaune respectivement gris.

Les passages originaux de l'EN 1916: 2002 modifiés ou remplacés ne sont plus repris dans le présent document.

En cas de litige, les textes originaux de l'EN 1916: 2002 et du DNA EN 1916 font référence.

Nonobstant ce fait et afin d'en faciliter la lecture, le terme «présente norme» utilisé ci-après fait référence à l'EN 1916 :2002 et au DNA EN 1916.

Sommaire

| | | |
|----------|--|----|
| 1. | Domaine d'application | 11 |
| 2. | Références normatives..... | 12 |
| 3. | Termes, définitions et symboles | 14 |
| 3.1. | Termes et définitions | 14 |
| 3.1.1. | Tuyau..... | 14 |
| 3.1.2. | Tuyau en béton non armé..... | 14 |
| 3.1.3. | Tuyau en béton fibré acier..... | 14 |
| 3.1.4. | Tuyau en béton armé..... | 14 |
| 3.1.5. | Tuyau de fonçage | 14 |
| 3.1.6. | Tuyau avec orifice d'entrée..... | 14 |
| 3.1.7. | Tuyau circulaire..... | 15 |
| 3.1.8. | Pièce complémentaire | 15 |
| 3.1.9. | Adaptateur | 15 |
| 3.1.10. | Coude..... | 15 |
| 3.1.11. | Tuyau de raccordement..... | 15 |
| 3.1.12. | Tuyau avec branchement..... | 15 |
| 3.1.13. | Elément de réduction..... | 16 |
| 3.1.14. | Elément..... | 16 |
| 3.1.15. | Type | 16 |
| 3.1.16. | Dimension nominale | 16 |
| 3.1.17. | Longueur intérieure du fût | 16 |
| 3.1.18. | Garniture d'étanchéité intégrée | 16 |
| 3.1.19. | Classe de résistance | 16 |
| 3.1.20. | Charge minimale à l'essai d'écrasement..... | 16 |
| 3.1.21. | Charge ultime (rupture) | 16 |
| 3.1.22. | Charge d'épreuve | 16 |
| 3.1.23. | Enrobage..... | 17 |
| 3.1.24. | Valeur caractéristique | 17 |
| 3.1.25. | Contrôle | 17 |
| 3.1.26. | Surveillance continue | 17 |
| 3.1.27. | Contrôle régulier | 17 |
| 3.1.28. | Echantillon..... | 17 |
| 3.1.29. | Groupe..... | 17 |
| 3.1.30. | Procédé spécifique..... | 17 |
| 3.1.31. | Etat de maîtrise statistique | 17 |
| 3.1.32. | Règles de passage d'un niveau de contrôle à un autre | 17 |
| 3.2. | Symboles..... | 17 |
| 4. | Exigences générales | 23 |
| 4.1. | Matériaux | 23 |
| 4.1.1. | Généralités | 23 |
| 4.1.2. | Garnitures d'étanchéité | 23 |
| 4.2. | Béton..... | 24 |
| 4.2.1. | Constituants du béton..... | 24 |
| 4.2.2. | Qualité du béton..... | 24 |
| 4.2.3. | Teneur en eau du béton | 24 |
| 4.2.3.1. | Généralités | 24 |
| 4.2.3.2. | Valeur prescrite du rapport eau / ciment | 24 |
| 4.2.4. | Dosage en ciment..... | 24 |
| 4.2.5. | Teneur en chlorures | 25 |
| 4.2.5.1. | Généralités | 25 |
| 4.2.5.2. | Valeur prescrite de la teneur en chlorures | 25 |
| 4.2.6. | Absorption d'eau du béton | 25 |
| 4.2.6.1. | Généralités | 25 |

| | | |
|------------|--|----|
| 4.2.6.2. | Valeur prescrite de l'absorption d'eau | 25 |
| 4.3. | Eléments..... | 25 |
| 4.3.1. | Généralités | 25 |
| 4.3.2. | Aspect de surface | 25 |
| 4.3.3. | Caractéristiques géométriques | 26 |
| 4.3.3.1. | Longueur intérieure du fût | 26 |
| 4.3.3.2. | Tolérances sur les assemblages | 26 |
| 4.3.3.3. | Coudes..... | 26 |
| 4.3.3.4. | Caractéristiques géométriques, tolérances dimensionnelles et <i>marquages</i> | 27 |
| 4.3.3.4.1 | Généralités | 27 |
| 4.3.3.4.2 | Tuyaux en béton | 27 |
| 4.3.3.4.3. | Tuyaux en béton armé | 29 |
| 4.3.3.5. | Dimensions intérieures..... | 31 |
| 4.3.3.6. | Epaisseur de paroi | 31 |
| 4.3.3.7. | Ecart d'emboîtement | 31 |
| 4.3.3.8. | Ecart de rectitude | 33 |
| 4.3.3.9. | Ecart de parallélisme des sections des abouts | 34 |
| 4.3.4. | Assemblages et garnitures d'étanchéité | 34 |
| 4.3.4.1. | Généralités | 34 |
| 4.3.4.2. | Durabilité des assemblages | 34 |
| 4.3.4.2.1. | Généralités..... | 34 |
| 4.3.5. | Résistance à l'écrasement..... | 35 |
| 4.3.6. | Résistance à la flexion longitudinale..... | 37 |
| 4.3.7. | Étanchéité à l'eau | 37 |
| 4.3.8. | Conditions d'emploi..... | 38 |
| 4.3.9. | Durabilité | 38 |
| 4.3.10. | Résistance à un environnement chimique modérément agressif (Tuyaux de type 2) | 38 |
| 4.3.11. | Rugosité des parois (Tuyaux de type 1 & 2) | 38 |
| 4.3.12. | Résistance à l'abrasion (Tuyaux de type 2) | 39 |
| 4.3.13. | Résistance au curage sous haute pression (Tuyaux de type 2)..... | 39 |
| 4.3.14. | Résistance à la rupture sous charge permanente, résistance aux efforts alternés (Tuyaux de type 1 & 2) | 39 |
| 4.3.15. | Comportement à la température (Tuyaux de type 1 & 2) | 39 |
| 4.3.16. | Résistance aux racines (Tuyaux de type 1 & 2)..... | 39 |
| 4.4. | Usines de fabrication des tuyaux | 40 |
| 5. | Exigences particulières | 40 |
| 5.1. | Éléments en béton fibré acier..... | 40 |
| 5.1.1. | Teneur en fibres d'acier | 40 |
| 5.1.2. | Résistance à l'écrasement..... | 40 |
| 5.2. | Éléments en béton armé..... | 41 |
| 5.2.1. | Armatures | 41 |
| 5.2.2. | Enrobage | 41 |
| 5.2.3. | Résistance à l'écrasement..... | 42 |
| 5.2.4. | Conformité des tuyaux soumis à une charge d'épreuve (fissuration) | 43 |
| 5.2.5. | Attestation de limitation de l'ouverture des fissures | 43 |
| 5.2.6. | Dimensionnement des armatures | 44 |
| 5.2.7. | Attestations des forces de déviations (Umlenkraft) | 44 |
| 5.3. | Tuyaux de fonçage..... | 45 |
| 5.3.1. | Assemblages | 45 |
| 5.3.2. | Résistance du béton | 47 |
| 5.3.3. | Enrobage | 47 |
| 5.3.4. | Force de poussée..... | 48 |
| 5.3.5. | Caractéristiques géométriques, tolérances dimensionnelles et marquage..... | 48 |
| 5.3.6. | Résistance à l'écrasement (Scheiteldruckfestigkeit)..... | 50 |

| | | |
|----------------------|--|----|
| 5.3.7. | Armatures | 50 |
| 5.3.8. | Essais d'étanchéité | 50 |
| 5.4. | Tuyaux avec orifice d'entrée | 50 |
| 6. | Méthodes d'essai des produits finis | 51 |
| 6.1. | Généralités | 51 |
| 6.2. | Profils des assemblages..... | 53 |
| 6.3. | Armatures | 53 |
| 6.3.1. | Position et pourcentage d'armatures..... | 53 |
| 6.3.2. | Enrobage..... | 53 |
| 6.3.3. | Essais sur les cages d'armature | 53 |
| 6.3.4. | Essais de la configuration de la surface (Etat et structure) | 53 |
| 6.3.5. | Essais de traction..... | 53 |
| 6.3.6. | Essais des soudures..... | 54 |
| 6.4. | Résistance à l'écrasement | 54 |
| 6.5. | Résistance à la flexion longitudinale | 54 |
| 6.6. | Etanchéité à l'eau | 54 |
| 6.6.1. | Tuyaux de type 1 pour environnement chimique faiblement agressif | 54 |
| 6.6.2. | Tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif | 54 |
| 6.7. | Absorption d'eau | 55 |
| 6.8. | Résistance du béton des tuyaux de fonçage | 55 |
| 6.8.1. | Tuyaux posés en tranchée ouverte | 55 |
| 6.8.2. | Tuyaux posés par fonçage..... | 55 |
| 6.9. | Etat de surface | 55 |
| 6.10. | Caractéristiques géométriques et tolérances dimensionnelles | 56 |
| 7. | Evaluation de la conformité | 57 |
| 7.1. | Généralités | 57 |
| 7.2. | Modes opératoires d'évaluation des produits | 57 |
| 7.2.1. | Généralités | 57 |
| 7.2.2. | Essais de type initiaux | 57 |
| 7.2.3. | Contrôle de la production en usine | 57 |
| 7.2.4. | Essais complémentaires d'échantillons prélevés en usine..... | 58 |
| 7.2.5. | Tâches relevant de l'organisme de certification..... | 58 |
| 7.3. | Supervision de la qualité des tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif..... | 58 |
| 8. | Marquage..... | 59 |
| Annexe A (normative) | | 61 |
| A.1. | Symboles | 61 |
| A.2. | Méthodes d'essai..... | 62 |
| A.2.1. | Conditions d'application..... | 62 |
| A.2.2. | Principe..... | 62 |
| A.2.3. | Appareillage | 62 |
| A.2.4. | Préparation | 62 |
| A.2.5. | Modes opératoires | 63 |
| A.2.6. | Expression des résultats..... | 64 |
| A.2.7. | Exemples | 64 |
| A.3. | Méthode de calcul..... | 67 |
| A.3.1. | Conditions d'application..... | 67 |
| A.3.2. | Bases | 67 |
| A.3.3. | Exemples..... | 68 |
| Annexe B (normative) | | 73 |
| B.1. | Généralités | 73 |
| B.2. | Symboles | 73 |
| B.3. | Critères de calcul..... | 74 |
| B.3.1. | Principes | 74 |
| B.3.2. | Cas de l'angulation fermée | 76 |
| B.3.3. | Cas de l'angulation ouverte | 76 |
| B.4. | Exemple | 77 |

| | | |
|----------------------------|---|----|
| B.4.1. | Hypothèses de calcul | 77 |
| B.4.2. | Calculs..... | 78 |
| Annexe C (normative)..... | | 79 |
| C.1. | Principe | 79 |
| C.2. | Appareillage | 79 |
| C.3. | Préparation | 79 |
| C.4. | Mode opératoire | 80 |
| C.4.1. | Généralités | 80 |
| C.4.2. | Tuyaux en béton non armé | 82 |
| C.4.3. | Tuyaux en béton fibré acier | 82 |
| C.4.4. | Tuyaux en béton armé | 82 |
| C.5. | Expression des résultats..... | 82 |
| Annexe D (normative)..... | | 84 |
| D.1. | Principe | 84 |
| D.2. | Appareillage | 84 |
| D.3. | Mode opératoire | 84 |
| D.3.1. | Généralités | 84 |
| D.3.2. | Chargement en quatre points..... | 84 |
| D.3.3. | Chargement en trois points | 85 |
| D.4. | Expression des résultats..... | 86 |
| D.4.1. | Chargement en quatre points..... | 86 |
| D.4.2. | Chargement en trois points | 86 |
| Annexe E (normative)..... | | 87 |
| E.1. | Principe | 87 |
| E.2. | Appareillage | 87 |
| E.3. | Préparation | 87 |
| E.4. | Mode opératoire (essai hydrostatique – essais réguliers et essais de type initiaux) | 87 |
| E.5. | Mode opératoire (essai sur un assemblage) | 88 |
| E.5.1. | Généralités | 88 |
| E.5.2. | Étanchéité sous déviation angulaire | 88 |
| E.5.3. | Étanchéité à l'eau sous cisaillement..... | 88 |
| E.5.4. | Étanchéité sous déviation angulaire et cisaillement | 89 |
| E.6. | Expression des résultats..... | 89 |
| Annexe F (normative) | | 90 |
| F.1. | Principe | 90 |
| F.2. | Éprouvettes | 90 |
| F.3. | Appareillage | 90 |
| F.4. | Mode opératoire | 90 |
| F.4.1. | Détermination de la masse de l'éprouvette immergée m_1 | 90 |
| F.4.2. | Détermination de la masse de l'éprouvette à l'état sec m_2 | 90 |
| F.5. | Expression des résultats..... | 91 |
| Annexe G (normative) | | 92 |
| G.1. | Organisation..... | 92 |
| G.1.1. | Responsabilité et autorité..... | 92 |
| G.1.2. | Représentant de la direction pour le contrôle de la production en usine | 92 |
| G.1.3. | Revue de direction | 92 |
| G.1.4. | Documents de fabrication | 92 |
| G.2. | Système de contrôle de la production en usine | 93 |
| G.3. | Contrôles et essais..... | 93 |
| G.3.1. | Généralités | 93 |
| G.3.2. | État des contrôles et des essais | 93 |
| G.3.3. | Essais..... | 93 |
| G.3.4. | Enregistrement des contrôles et des essais..... | 93 |
| G.3.5. | Réclamations | 94 |
| G.4. | Action requise dans le cas de défectueux | 94 |
| G.4.1. | Résultats non satisfaisants | 94 |

| | | |
|----------------------------|---|-----|
| G.4.2. | Défectueux | 94 |
| G.4.3. | Information du client..... | 94 |
| G.5. | Manutention, stockage, conditionnement et livraison..... | 94 |
| G.5.1. | Généralités | 94 |
| G.5.2. | Manutention..... | 94 |
| G.5.3. | Stockage..... | 94 |
| G.5.4. | Conditionnement et marquage | 94 |
| G.5.5. | Traçabilité..... | 94 |
| G.6. | Formation et personnel..... | 95 |
| G.7. | Contrôle des matériaux | 95 |
| G.8. | Contrôle du matériel | 97 |
| G.9. | Maîtrise des procédés | 98 |
| G.10. | Contrôle du matériel de laboratoire..... | 99 |
| Annexe H (normative) | | 100 |
| Annexe I (normative)..... | | 102 |
| I.1. | Fréquence des contrôles et interprétation des résultats | 102 |
| I.1.1. | Fréquence des contrôles..... | 102 |
| I.1.2. | Interprétation des résultats..... | 102 |
| I.2. | Mise en œuvre des règles de passage d'un niveau de contrôle à un autre | 102 |
| I.2.1. | Passage du contrôle renforcé au contrôle normal..... | 102 |
| I.2.2. | Interruption du contrôle..... | 102 |
| I.2.3. | Passage du contrôle normal au contrôle réduit | 103 |
| I.2.4. | Passage du contrôle réduit au contrôle normal | 103 |
| I.2.5. | Passage du contrôle normal au contrôle renforcé..... | 103 |
| I.3. | Contrôle renforcé, normal et réduit | 103 |
| I.3.1. | Contrôle renforcé | 103 |
| I.3.2. | Contrôle normal | 103 |
| I.3.3. | Contrôle réduit..... | 103 |
| I.3.4. | Exemples | 105 |
| I.4. | Détermination de l'acceptation | 107 |
| I.4.1. | Contrôle sur la base d'évaluations individuelles | 107 |
| I.4.2. | Contrôle de la résistance à l'écrasement sur la base d'une évaluation statistique..... | 110 |
| Annexe J (normative) | | 113 |
| J.1. | Inspection initiale de l'usine et du contrôle de la production en usine..... | 113 |
| J.2. | Évaluation et acceptation des essais de type initiaux | 113 |
| J.3. | Surveillance périodique, évaluation et acceptation du contrôle de la production en usine..... | 113 |
| J.4. | Essais par sondages d'échantillons prélevés en usine..... | 113 |
| J.5. | Système qualité..... | 114 |
| Annexe K (normative) | | 115 |
| Annexe L (normative)..... | | 117 |
| L.1. | Généralités | 117 |
| L.2. | Modes d'exécution | 117 |
| L.3. | Contrainte et aptitude porteuse des éléments constituant la canalisation | 117 |
| L.3.1. | Actions exercées (Contraintes)..... | 117 |
| L.3.2. | Résistance aux charges dans la limite de l'aptitude porteuse (aptitude porteuse des éléments) | 120 |
| L.3.3. | Vérification aux conditions limites d'aptitude d'emploi | 120 |
| L.3.4. | Résistance aux charges dans la limite de l'aptitude porteuse par essais de résistance des éléments | 121 |
| L.4. | Dimensionnement et construction..... | 121 |
| L.4.1. | Dimensionnement selon la norme ENV 1992-1-1 et le document DNA EN 1916 | 121 |
| L.4.2. | Détermination de la résistance aux charges par essai d'écrasement | 121 |
| L.5. | Exigences relatives au béton non armé..... | 122 |
| L.6. | Exigences relatives aux assemblages des tuyaux, regards et pièces spéciales | 123 |
| L.7. | Pose et contrôle | 124 |

| | | |
|--------------------------------------|---|------------|
| Annexe M | (normative) | 125 |
| M.3. | Détermination des classes de charge (Classes de résistance) | 127 |
| M.4. | Actions exercées (contraintes) et classes de charge des tuyaux..... | 129 |
| Annexe N | (informative) | 133 |
| N.2. | Tuyaux en béton armé conformes à la norme EN 1916 et au DNA EN 1916 | 133 |
| Annexe ZA (informative) | | 139 |
| ZA.1. | Domaine d'application et caractéristiques concernées..... | 139 |
| ZA.2. | Procédure(s) d'attestation de conformité des tuyaux et pièces complémentaires préfabriquées en | |
| | béton | 140 |
| ZA.2.1. | Système d'attestation de la conformité | 140 |
| ZA.2.2. | Déclaration de conformité..... | 141 |
| ZA.3. | Marquage CE | 141 |
| Bibliographie | | 144 |

Avant-propos

Le présent document EN 1916:2002 a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 165 “Techniques des eaux résiduaires”, dont le secrétariat est tenu par DIN.

Elle constitue un ensemble de normes avec l'EN 1917, Regards de visite et boîtes de branchement ou d'inspection en béton non armé, béton fibré acier et béton armé.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en avril 2003, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en octobre 2004.

Le présent document a été élaboré dans le cadre d'un mandat donné au CEN par la Commission Européenne et l'Association Européenne de Libre Echange et vient à l'appui des exigences essentielles de la (de) Directive(s) UE.

Pour la relation avec la (les) Directive(s) UE, voir l'annexe ZA, informative, qui fait partie intégrante du présent document.

La présente norme européenne inclut onze annexes normatives et une annexe informative. Les annexes A, B, C, D, E, F, G, H, I, J et K sont normatives et l'annexe ZA est informative.

Lorsque le texte de la présente norme européenne a été approuvé, un accord complet n'a pu être obtenu sur l'ensemble des prescriptions correspondant aux spécifications nationales existantes dans les pays membres du CEN de sorte que ce texte ne comporte que celles des prescriptions - avec les méthodes d'essai associées - pour lesquelles un consensus a pu être obtenu. Le consensus a été atteint en ce qui concerne les prescriptions relatives au contrôle de la qualité.

NOTE À l'heure actuelle, pour la spécification des produits, des prescriptions complémentaires (c'est-à-dire non contradictoires) situées hors du domaine d'application de la présente norme européenne (voir Tableau 1) - de même que les méthodes d'essai associées - sont nécessaires aux niveaux nationaux. Afin de ne pas entraver les échanges commerciaux, il convient que toute injonction à se conformer aux prescriptions complémentaires soit systématiquement complétée par l'introduction des termes « ou équivalent » à la suite de ces exigences.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

Les dispositions stipulées par les normes nationales existantes n'ayant pas fait l'unanimité, le tableau 1 de la norme EN 1916 rassemble les prescriptions qui échappent au champ d'application de la norme européenne et qui, dès lors, doivent être réglées par le biais de dispositions nationales.

Le Document National d'Application DNA EN 1916 contient ces instructions complémentaires ainsi que les méthodes d'essai qui y sont associées pour les tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé. Ce document s'applique également aux tuyaux circulaires d'un diamètre nominal minimal de DN 1800, aux éléments de section ovoïde à partir de WN/HN 1400/2100, ainsi qu'aux tubes de profil autre que circulaire ou ovoïde.

Les tuyaux et autres pièces complémentaires en béton non armé, béton fibré acier et béton armé tels qu'énoncés à la norme EN 1916, se prêtent à une utilisation dans « un environnement chimique faiblement agressif ». Au Luxembourg, en vertu de la ATV M 168 les tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé, qui ont la propriété de résister à une « environnement

chimique modérément agressif », sont utilisés pour la construction de canalisations et de chenaux d'évacuation des eaux usées, dans le souci de prévenir les dommages liés à la corrosion. Le DNA EN 1916 stipule également des exigences et des méthodes d'essai complémentaires plus sévères.

Le DNA EN 1916 définit la norme pour deux types de tuyaux en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé :

— Type 1: Tuyaux et pièces complémentaires aux la norme EN 1916 et le document DNA EN 1916

Ces tuyaux remplissent les critères de base stipulés par la norme EN 1916 et satisfont aux exigences supplémentaires requises par le DNA EN 1916 conformément au tableau 1 de la EN 1916. Ils résistent à un environnement chimique faiblement agressif (Classe d'exposition XA1 selon la norme EN 206-1). Sur ces tuyaux sont apposés le sigle CE et les marquages DNA EN 1916 et type 1. Ils servent avant tout à la construction de canalisations des eaux pluviales.

— Type 2: Tuyaux et pièces complémentaires aux la norme EN 1916 et le document DNA EN 1916 (y compris exigences rehaussées)

Ces tuyaux remplissent les critères de base stipulés par la norme EN 1916 et satisfont aux exigences complémentaires comprises dans la DNA EN 1916 conformément au tableau 1 de la EN 1916, ainsi qu'à d'autres exigences relatives à la résistance à un environnement chimique modérément agressif (Classe d'exposition XA2 selon la norme EN 206-1). Le sigle CE et les marquages DNA EN 1916 et type 2, sont apposés sur ces tuyaux. Ils correspondent à la qualité employée, à ce jour, au Grand Duché de Luxembourg et ils servent plus particulièrement de canalisations et chenaux pour la collecte des eaux polluées et eaux usées.

Par conséquent, la norme EN 1916 et le document national d'application DNA 1916 doivent, en toutes circonstances, être appliqués conjointement au Luxembourg.

Les produits provenant d'autres États membres de la Communauté européenne ou de Turquie ou les marchandises provenant d'autres États membres de l'Espace économique européen sont traités de façon équivalente, s'ils remplissent les exigences de l'EN 1916 et du DNA EN 1916.

Recommandations générales :

- Assemblage et pose des tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé dans le respect de la norme EN 1610 et de la fiche technique ATV-DVWK-A 139.
- Confection des assemblages et pose des tuyaux de fonçage suivant la fiche technique ATV-DVWK-A 125.

Modifications

La norme EN 1916 et le document DNA EN 1916 remplaçant les documents C.T. 10/79 (Tuyaux en béton non armé) et C.T. 11/79 (Tuyaux en béton armé) jusqu'alors appliqués au Luxembourg, les modifications importantes suivantes ont été effectuées :

- a) Le DNA EN 1916 s'applique aux tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé,

- b) Ajout des dimensions et tolérances dimensionnelles pour les tuyaux et pièces complémentaires, pour les pièces de raccordement des tuyaux en béton armé, pour les tuyaux en béton de fibres métalliques, pour les tuyaux en béton non armé munis de joints intégrés au collet, ainsi que pour les tuyaux de fonçage,
- c) Introduction des données concernant les classes de résistance des tuyaux et servant au calcul du pourcentage de fibres métalliques dans les tuyaux en béton de fibres métalliques ou de la quantité d'armatures dans les tuyaux en béton armé,
- d) Pour les tuyaux de type 2, exposés à un environnement chimique modérément agressif, les exigences en matière d'essai d'étanchéité à l'eau sont renforcées (Essais en série de tous les tuyaux d'un diamètre nominal maximal de DN 800, essai sur assemblages pour tous les diamètres nominaux soumis à une surpression de 1,0 bar),
- e) Insertion des exigences relatives à la résistance au nettoyage sous haute pression.

1. Domaine d'application

La présente norme européenne spécifie les exigences performanciennes définies au Tableau 1 et décrit les méthodes d'essai relatives aux tuyaux et pièces complémentaires préfabriqués en béton non armé, béton fibré acier et béton armé, à assemblages souples (avec garnitures d'étanchéité intégrées à l'élément ou fournies séparément), dont la dimension nominale ne dépasse pas DN 1750 dans le cas des éléments de section intérieure circulaire ou WN/HN 1200/1800 dans le cas des éléments de section ovoïde, et destinés principalement à véhiculer, dans des canalisations généralement enterrées, des eaux usées, des eaux pluviales et des eaux de surface par écoulement gravitaire ou, occasionnellement, sous faible pression.

Elle précise l'évaluation de la conformité des éléments à la présente norme européenne.

Les conditions de marquage sont incluses.

Tableau 1 — Caractéristiques spécifiées et exclusions

| Caractéristiques | Exclusions |
|--|--|
| Matériaux | Spécifications de référence dans le cas où les normes européennes correspondantes n'ont pas encore été publiées. |
| Béton | Nature et valeur(s) du dosage minimal en ciment plus additions pouzzolaniques ou hydrauliques, quelles qu'elles soient, selon les conditions d'emploi du produit. |
| Aspect de surface | Limitation de la taille des irrégularités de surface. |
| Caractéristiques géométriques | <ul style="list-style-type: none"> – dimensions nominales ; – dimensions intérieures et tolérances ; – tolérances sur l'épaisseur de paroi ; – tolérances sur la longueur intérieure du fût ; – écart de rectitude et écart d'équerrage des abouts. |
| Assemblages et garnitures | <ul style="list-style-type: none"> – Le choix d'une méthode dans la liste figurant en 4.3.4.2 pour démontrer la durabilité des assemblages – dispositions relatives à l'interchangeabilité ; – prescriptions relatives aux essais complémentaires lorsque l'étanchéité à l'eau d'un assemblage dépend de la pression interne. |
| Résistance à l'écrasement | Classes de résistance spécifiques et charges minimales correspondantes. |
| Résistance à la flexion longitudinale | Néant. |
| Étanchéité à l'eau | Néant. |
| Prescriptions particulières pour les tuyaux en béton fibré acier et en béton armé, pour les tuyaux de fonçage et les tuyaux avec branchement | <ul style="list-style-type: none"> – classe de résistance dépassant la classe 165 pour les éléments en béton fibré acier et en béton armé ; – valeur(s) de l'enrobage minimal pour les éléments en béton armé ; – valeurs limites pour l'espacement des armatures ; – rapport entre les cages d'armatures internes et externes ; |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> – prescriptions relatives aux essais des soudures des cages d'armatures ; – tolérances sur le diamètre extérieur des tuyaux de fonçage ; – manchettes pour tuyaux de fonçage fabriqués à partir de matériaux autres que les tôles d'aciers de construction soudables, d'acier inoxydable ou de plastique armé. |
| Marquage | <ul style="list-style-type: none"> – symboles ou lettres identifiant le matériau constitutif de l'élément ; – symboles ou lettres identifiant les conditions d'emploi du produit autres que les conditions normales indiquées en 4.3.8. |
| <p>NOTE Les dispositions relatives aux points suivants sont également hors du domaine d'application de la présente norme européenne :</p> <ul style="list-style-type: none"> – éléments de dimension nominale supérieure à DN 1750 ou WN/HN 1200/1800 ; – éléments avec une section intérieure autre que circulaire ou ovoïde ; – dispositifs de levage ; – résistance au nettoyage à haute pression ; – conditions autres que celles spécifiées ; – tout contrôle de réception par, ou pour le compte, de l'acheteur. | |

Il rassemble les exigences complémentaires et détaille les méthodes d'essai s'y rapportant, applicables aux tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé. Les dispositions énoncées dans le présent document correspondent aux normes qui n'ont pu, lors de l'adoption de cette norme européenne, recueillir l'unanimité (voir Tableau 1 de la norme EN 1916). Ces tuyaux et pièces complémentaires portent la dénomination « Type 1 ».

Ce document est également à appliquer pour les tuyaux circulaires d'un diamètre supérieur à DN 1800. Ces tuyaux portent la dénomination « Type 2 ».

Par ailleurs, elle contient des exigences plus sévères, accompagnées de leurs méthodes d'essai, pour les tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé destinés à être exposés à un « environnement chimique modérément agressif ». Ces tuyaux et accessoires portent la dénomination « Type 2 ».

2. Références normatives

Cette Norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une de ces publications ne s'appliquent à cette Norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique (y compris les amendements).

EN 681-1, *Garnitures d'étanchéité en caoutchouc — Spécification des matériaux pour garnitures d'étanchéité pour joints de canalisations utilisées dans le domaine de l'eau et de l'évacuation — Partie 1 : Caoutchouc vulcanisé.*

EN 10002-1, *Matériaux métalliques — Essais de traction — Partie 1 : Méthode d'essai à température ambiante.*

EN ISO 4287, *Spécification géométrique des produits (GPS) - État de surface : méthode du profil - Termes, définitions et paramètres d'état de surface (ISO 4287:1997).*

EN ISO 4288, *Spécification géométrique des produits (GPS) - État de surface : méthode du profil - Règles et procédures pour l'évaluation de l'état de surface (ISO 4288:1996).*

ISO 3384, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique — Détermination de la relaxation de contrainte en compression à température ambiante et aux températures élevées.*

ISO 4012 - NF EN 12390-3, *Béton — Détermination de la résistance à la compression des éprouvettes.*

ISO 10544, *Fils en acier à béton transformés à froid pour armatures passives et la fabrication des treillis soudés.*

DIN 488-1 Betonstahl; Sorten, Eigenschaften, Kennzeichen.

DIN 488-6: Betonstahl; Überwachung (Güteüberwachung).

DIN 1045-1: 2001-07, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion

ENV 1992-1-1:1991, Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau

DNA EN 206-1: 2000 : Document National d'Application luxembourgeois de l'EN 206-1: 2000

EN 12390-3 Prüfung von Festbeton – Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern

DIN 4099-1:2003-08, Schweißen von Betonstahl – Teil 1 Ausführung

DIN 4099-2:2003-08, Schweißen von Betonstahl – Teil 2 Qualitätssicherung

DIN V 19517:2002-01, Prüfverfahren zur Ermittlung der Hochdruckspülfestigkeit von Rohren für Abwasserleitungen und -kanäle.

EN 197-1 Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement

EN 206-1 Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

EN 681-1 Elastomer-Dichtungen — Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung — Teil 1: Vulkanisierter Gummi

EN 1916 Rohre und Formstücke aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton.

DIN V EN V 1992-1-1, Eurocode 2; Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken; Teil 1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau

EN 10002-1 Metallische Werkstoffe; Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur

EN 10002-5 Metallische Werkstoffe; Zugversuch — Teil 5: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur

EN ISO 15630-1, Stähle für die Bewehrung und das Vorspannen von Beton — Prüfverfahren — Teil 1: Bewehrungsstäbe, -walzdraht und -draht (ISO 15630-1:2002)

EN ISO 15630-2, Stähle für die Bewehrung und das Vorspannen von Beton — Prüfverfahren — Teil 2: Geschweißte Matten (ISO 15630)

DBV-Merkblatt Stahlfaserbeton, Fassung Oktober 2001, Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V.

ATV-DVWK-A 110, Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen

ATV-DVWK-A 142, Abwasserkanäle und -leitungen in Wassergewinnungsgebieten.

ATV-DVWK-A 161, Statische Berechnung von Vortriebsrohren

ATV-DVWK-M 168, Korrosion von Abwasseranlagen — Abwasserableitung

EN 12504-1 Prüfung von Beton in Bauwerken, Teil 1 Bohrkernproben – Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit,

pr EN 13791 Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen

3. Termes, définitions et symboles

3.1. Termes et définitions

Pour les besoins de la présente norme, les termes et définitions suivantes s'appliquent.

3.1.1. Tuyau

Élément creux préfabriqué en béton, de section intérieure uniforme sur toute la longueur du fût, excepté à proximité de la zone d'assemblage, fabriqué avec ou sans embase. Les assemblages sont préformés sous forme d'abouts mâle et femelle et comportent une ou plusieurs garnitures d'étanchéité.

Type 1

Tuyaux et pièces complémentaires en vertu de la EN 1916 et du DNA EN 1916

Type 2

Tuyaux et pièces complémentaires en vertu de la EN 1916 et du DNA EN 1916, complétés des exigences supplémentaires relatives à la résistance chimique et à l'abrasion.

3.1.2. Tuyau en béton non armé

Tuyau ne contenant aucune armature ou fibre d'acier servant au renforcement.

3.1.3. Tuyau en béton fibré acier

Tuyau dont la résistance structurelle est accrue par des fibres d'acier.

3.1.4. Tuyau en béton armé

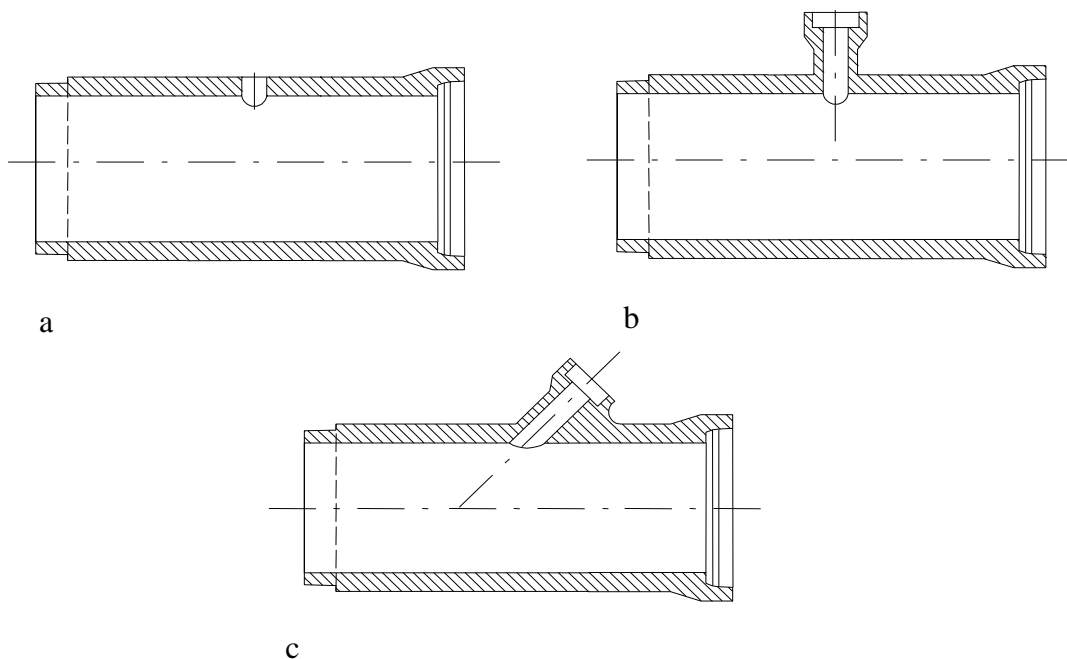
Tuyau dont la résistance structurelle est renforcée par des armatures constituées d'une ou plusieurs cages d'acier, convenablement placées pour résister aux contraintes de traction dans la paroi du tuyau.

3.1.5. Tuyau de fonçage

Tuyau en béton armé ou non, ou en béton fibré acier, comportant un assemblage souple contenu dans l'épaisseur de la paroi, du type à mi-épaisseur ou en extrémité avec manchette et destiné au fonçage.

3.1.6. Tuyau avec orifice d'entrée

Tuyau tel qu'illustré à la Figure 1a, avec un ou plusieurs orifices d'entrée réalisés pendant ou après la fabrication du tuyau.



Légende

- a) Exemple de tuyau avec orifice d'entrée
- b) Exemple de tuyau avec branchement à angle droit
- c) Exemple de tuyau avec branchement oblique

NOTE Des exemples d'assemblages autres que ceux illustrés sont disponibles.

Figure 1 — Tuyaux avec branchement et tuyaux avec orifice d'entrée

3.1.7. Tuyau circulaire

Tuyau dont la section du fût perpendiculairement à l'axe longitudinal est décrite par deux cercles concentriques.

3.1.8. Pièce complémentaire

Adaptateur, coude, tuyau de raccordement, tuyau avec branchement ou élément de réduction.

3.1.9. Adaptateur

Pièce complémentaire assurant le raccordement aux ouvrages, aux tuyaux constitués d'autres matériaux ou aux vannes.

3.1.10. Coude

Pièce complémentaire assurant le changement de direction du tracé de la canalisation.

3.1.11. Tuyau de raccordement

Court tronçon de tuyau à about mâle, femelle, ou franc.

3.1.12. Tuyau avec branchement

Élément tel que ceux illustrés Figures 1b et 1c.

3.1.13. Élément de réduction

Pièce spéciale dont la section intérieure diminue le long du fût.

3.1.14. Élément

Tuyau ou pièce complémentaire.

3.1.15. Type

Éléments fabriqués selon un même procédé, de même section transversale et constitués du même matériau (béton non armé, béton fibré acier ou béton armé).

3.1.16. Dimension nominale

Désignation numérique de la dimension d'un élément par un nombre entier adéquat approximativement égal à la ou les dimensions de fabrication, en millimètres ; dans le cas d'un élément de forme circulaire, la dimension nominale est donnée par le diamètre intérieur (DN), pour les éléments dont la section intérieure est ovoïde, la dimension nominale (WN/HN) est donnée par la largeur/hauteur intérieure.

3.1.17. Longueur intérieure du fût

Longueur entre le fond de l'about femelle et l'extrémité de l'about mâle d'un élément, comme indiqué sur la Figure 2.

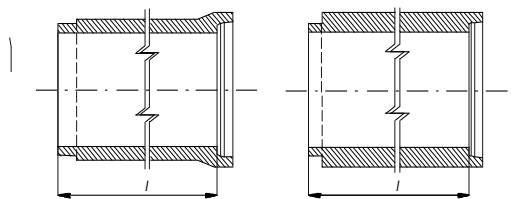


Figure 2 — Longueur intérieure du fût

3.1.18. Garniture d'étanchéité intégrée

Étanchéité incorporée dans l'élément au cours de la fabrication.

3.1.19. Classe de résistance

Charge minimale à l'essai d'écrasement, en kilo newtons par mètre, divisée par un millièème de la dimension nominale (DN) ou de la largeur nominale (WN) de l'élément.

3.1.20. Charge minimale à l'essai d'écrasement

Charge à laquelle un élément doit résister.

3.1.21. Charge ultime (rupture)

Charge maximale atteinte par la machine d'essai au cours d'un essai d'écrasement (c'est-à-dire lorsque le dispositif d'enregistrement de la charge ne fait plus apparaître d'accroissement de celle-ci).

3.1.22. Charge d'épreuve

Charge à laquelle un élément en béton fibré acier ou en béton armé doit résister, la fissuration étant limitée à une valeur définie.

3.1.23. Enrobage

Epaisseur réelle de béton protégeant une armature quelconque.

3.1.24. Valeur caractéristique

Valeur d'une caractéristique en dessous de laquelle, avec un niveau de confiance de 75 %, 5 % de la population de tous les résultats de mesure possibles peuvent se situer pour le matériau spécifié.

NOTE L'ISO 12491 recommande un niveau de confiance de 75 %.

3.1.25. Contrôle

Processus de comparaison d'un élément aux prescriptions applicables, par mesurage, examen, essais, calibrage ou autre méthode.

3.1.26. Surveillance continue

Contrôle par échantillonnage à intervalles prescrits de manière à déterminer l'acceptabilité des produits représentés par les échantillons.

3.1.27. Contrôle régulier

Surveillance continue selon un plan d'échantillonnage fixant le nombre d'éléments à prélever pour un procédé spécifique dont on estime qu'il est et demeure sous maîtrise, ainsi que les critères d'acceptation associés.

3.1.28. Echantillon

Un ou plusieurs élément(s) prélevé(s) de façon aléatoire sans tenir compte de leur qualité.

3.1.29. Groupe

Ensemble d'éléments clairement identifiables, fabriqués selon le même procédé; des éléments de dimension nominale différente peuvent être regroupés, à condition que le rapport de la plus grande à la plus petite dimension nominale soit inférieur ou égal à 2.

3.1.30. Procédé spécifique

Fabrication d'éléments de même dimension nominale, classe de résistance et type, essentiellement dans les mêmes conditions sur une période quelconque.

3.1.31. Etat de maîtrise statistique

Etat dans lequel les variations des résultats d'échantillonnage observés peuvent être attribués à un ensemble de causes fortuites qui ne semble pas évoluer avec le temps.

3.1.32. Règles de passage d'un niveau de contrôle à un autre

Règles régissant la décision d'augmenter ou de diminuer la sévérité du contrôle.

3.2. Symboles

Le Tableau 2 donne la signification des symboles, les unités et les références utilisés dans la présente norme européenne.

Tableau 2 — Symboles

| Symbole | Signification | Unités | Référence |
|----------------|---|-----------------------|---|
| A_c | surface comprimée de la tranche d'assemblage | mètre carré | B.2, B.3.1, B.3.2, B.3.3, B.4.2 |
| A_w | coefficient d'absorption d'eau par immersion | pourcent | F.5 |
| a_l | longueur du bras de levier | mètre | D.3.2, D.4.1 |
| a_s | distance entre la charge de cisaillement complémentaire et le centre de la garniture d'étanchéité | mètre | E.5.3 |
| b_t | largeur comprimée effective | millimètre | 4.3.4, A.1, A.2.5, A.2.6, A.2.7, A.3.2, A.3.3 |
| C | constante égale à 0,013 | Kilo newton par mètre | 4.3.6 |
| d_e | diamètre extérieur à l'assemblage | mètre | B.2, B.3.1, B.3.3, B.4.1, B.4.2 |
| d'_e | diamètre à l'extrémité de l'about mâle dans un assemblage à mi-épaisseur | mètre | B.3.1 |
| d_i | diamètre intérieur à l'assemblage | mètre | B.2, B.3.1, B.3.3, B.4.1, B.4.2 |
| d'_i | diamètre de la base de l'about mâle dans un assemblage à mi-épaisseur | mètre | B.3.1 |
| d_{so} | diamètre intérieur nominal de l'about femelle | millimètre | 4.3.4, A.1, A.2.5, A.2.7, A.3.2, A.3.3 |
| d_{sos} | diamètre intérieur nominal de l'about femelle au niveau de la butée d'arrêt de cisaillement | millimètre | A.1, A.3.2, A.3.3 |
| d_{sp} | diamètre extérieur nominal de l'about mâle | millimètre | 4.3.4, A.1, A.2.5, A.2.7, A.3.2, A.3.3 |
| d_{sps} | diamètre extérieur nominal de l'about mâle au niveau de la butée d'arrêt de cisaillement | millimètre | A.1, A.3.2, A.3.3 |
| E | module d'élasticité | Méga pascal | A.1, A.3.2, A.3.3 |
| e | coefficient de réduction de la charge (excentricité) | — | B.2, B.3.3, B.4.2 |
| F | effort de serrage mesuré | Newton | A.1, A.2.5, A.2.6, A.2.7 |
| F' | force de poussée appliquée sur le chantier | Méga newton | B.2, B.4.2 |
| F_a | résultat d'essai effectif (essai d'écrasement) | Kilo newton par mètre | C.5, I.3.2, I.4.1 |
| F_c | charge d'épreuve | Kilo newton par mètre | 5.2.3, C.1, C.4.4, I.3.2, I.3.4, I.4.1 |
| F_{cj} | force de poussée maximale admissible dans le cas d'une angulation fermée | Méga newton | B.2, B.3.1, B.3.2, B.3.3, B.4.2 |
| F_d | charge unitaire répartie supposée résulter de l'application d'une charge de cisaillement spécifique | Newton par millimètre | A.1, A.2.5, A.2.7 |
| F_e | effort de serrage par unité de longueur | Newton par millimètre | A.1, A.3.2, A.3.3 |
| F_j | force de poussée théorique admissible | Méga newton | 5.3.4, B.2, B.3.1, B.3.2, B.4.1, B.4.2 |

« à suivre »

Tableau 2 (suite)

| Symbole | Signification | Unités | Référence |
|----------------|--|-----------------------|--|
| $F_{j\ max}$ | force de poussée théorique admissible maximale | Méga newton | B.2, B.3.1, B.3.2, B.4.1, B.4.2 |
| F_{oj} | force de poussée maximale admissible dans le cas d'une angulation ouverte | Méga newton | B.2, B.3.1, B.3.3, B.4.2 |
| F_n | charge minimale à l'essai d'écrasement | Kilo newton par mètre | 4.3.5, 5.1.2, 5.2.3, C.1, C.4.4, I.1.1, I.3.2, I.4.1, I.4.2, K |
| F_s | charge de cisaillement | Kilo newton | 4.3.4, A.1, A.2.5, A.2.7, E.5.3, E.5.4 |
| F_u | charge ultime (rupture) | Kilo newton par mètre | 5.1.2, C.1, C.4, I.1.1, I.3.2, I.3.4, I.4.1, I.4.2, K |
| f | pression moyenne appliquée à l'éprouvette | Méga pascal | 4.3.4, A.1, A.2.6, A.2.7, A.3.2, A.3.3 |
| f_{bt} | résistance à la traction et à la flexion du béton | Méga pascal | K |
| f_{ch} | résistance caractéristique à la traction et à la flexion du béton | Méga pascal | K |
| f_{ck} | valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton | Méga pascal | 5.3.2, B.2, B.3.1, B.3.2, B.3.3, B.4.1, B.4.2 |
| f_{des} | résistance théorique à la traction et à la flexion du béton | Méga pascal | K |
| G | essai par groupe | – | H |
| h_j | hauteur nominale de la garniture d'étanchéité | millimètre | 4.3.4, A.1, A.2.5, A.2.7, A.3.3 |
| h_m | hauteur de la garniture d'étanchéité en place | millimètre | A.1, A.2.5, A.2.7, A.3.2, A.3.3 |
| J | essai pour 500 éléments produits par groupe, avec un minimum d'un par mois | – | H |
| K | facteur combiné de tolérance pour la méthode de calcul | millimètre | A.1, A.3.2, A.3.3 |
| k | constante d'acceptabilité | – | I.4.1, I.4.2, K |
| k_b | coefficient de conversion pour l'essai d'écrasement | – | C.5 |
| l | longueur intérieure du fût | mètre | 3.1, 4.3.6, C.4.1, C.5 |
| l_b | entre axe des bandes d'appui inférieures | mètre | D.3.3, D.4.2 |
| l_1 | distance entre les centres de deux garnitures d'étanchéité consécutives | mètre | E.5.3 |
| l_s | portée entre axes des appuis | mètre | D.3.2, D.4.1 |
| l_t | longueur de l'éprouvette | millimètre | A.1, A.2.6, A.2.7 |
| l_1 | longueur de la garniture d'étanchéité avant mise en place | millimètre | A.1, A.2.5, A.2.7, A.3.3 |
| l_2 | longueur de la garniture d'étanchéité après mise en place | millimètre | A.1, A.2.5, A.2.7, A.3.3 |
| M | moment (moment fléchissant résistant) | Kilo newton par mètre | 4.3.6, D.4.1, D.4.2 |

« à suivre »

Tableau 2 (suite)

| Symbole | Signification | Unités | Référence |
|--------------------|--|---------------|----------------------------|
| m_1 | masse constante de l'éprouvette immergée | kilogramme | F.4.1, F.5 |
| m_2 | masse constante de l'éprouvette à l'état sec | kilogramme | F.4.2, F.5 |
| N | essai par type et dimension nominale | – | H |
| n | nombre d'échantillons consécutifs | – | I.4.1, I.4.2, K |
| P | charge d'écrasement mesurée | Kilo newton | C.4.1, C.5 |
| P^* | poids propre effectif de l'appui de chargement | Kilo newton | C.5 |
| P_b | effort de flexion total appliqué | Kilo newton | D.3.2, D.3.3, D.4.1, D.4.2 |
| Q | statistique de qualité | – | I.4.2, K |
| R | essai dans le cadre de la surveillance continue | – | 6.1, C.1 |
| R_a | écart arithmétique moyen de l'état de surface | micromètre | A.1, A.2.3 |
| R_s | charge de cisaillement complémentaire | Kilo newton | E.5.3 |
| r | rayon du coude | mètre | 4.3.3 |
| r_m | rayon moyen du tuyau | millimètres | K |
| S | essai par type, dimension nominale et classe de résistance | – | H |
| s | écart-type estimé | – | I.4.1, I.4.2, K |
| T | essai de type initial | – | 6.1, C.1 |
| t | épaisseur de paroi | millimètres | H, I.3.2 |
| t_{act} | épaisseur de paroi moyenne mesurée sur la clé du tuyau | millimètres | K |
| t_{min} | épaisseur de paroi minimale admise sur la clé du tuyau | millimètres | K |
| W | essai par type, dimension nominale et épaisseur de paroi | – | H |
| W_w | poids du tuyau rempli d'eau | Kilo newton | E.5.3 |
| x | valeur mesurée | – | I.4.2, K |
| \bar{x} | moyenne arithmétique de l'échantillon | – | I.4.1, I.4.2, K |
| Y | essai par type, dimension nominale et classe de résistance, pour 1000 éléments produits, avec un minimum d'un essai par type et par an | – | H |
| z | partie du diamètre où il y a compression dans le plan de l'assemblage | mètre | B.2, B.3.1, B.3.3, B.4.2 |
| Δ | angle sous-tendu par un coude | degré | 4.3.3 |
| E | angle d'ouverture du support | degré | C.4.1 |
| ∂d_{so} | tolérance sur le diamètre intérieur de l'about femelle | millimètre | A.2.5, A.2.7, A.3.2, A.3.3 |
| ∂d_{sos} | tolérance sur le diamètre intérieur de l'about femelle au niveau de la butée d'arrêt de cisaillement | millimètre | A.3.2, A.3.3 |
| ∂d_{sp} | tolérance sur le diamètre extérieur de l'about mâle | millimètre | A.2.5, A.2.7, A.3.2, A.3.3 |
| ∂d_{sps} | tolérance sur le diamètre extérieur de l'about mâle au niveau de la butée d'arrêt de cisaillement | millimètre | A.3.2, A.3.3 |

« à suivre »

Tableau 2

| Symbole | Signification | Unités | Référence |
|---------------------------|--|-------------------|---|
| ϑh_j | tolérance sur la hauteur de la garniture d'étanchéité | millimètre | A.2.5, A.2.7, A.3.2, A.3.3 |
| $\vartheta \Gamma_{\min}$ | variation de la déformation minimale Γ_1 causée par la charge de cisaillement | pour cent | A.1, A.2.5, A.2.7 |
| $\vartheta \Gamma_{\max}$ | variation de la déformation maximale Γ_2 causée par la charge de cisaillement | pour cent | A.1, A.2.5, A.2.7 |
| Γ_1 | déformation minimale, abstraction faite de la charge de cisaillement | pour cent | 4.3.4, A.1, A.2.5, A.2.7, A.3.2 |
| Γ_2 | déformation maximale, abstraction faite de la charge de cisaillement | pour cent | 4.3.4, A.1, A.2.5, A.2.6, A.2.7, A.3.2 |
| Γ_{\max} | déformation maximale | pour cent | 4.3.4, A.1, A.2.5, A.2.6, A.3.2, A.3.3 |
| Γ_{\min} | déformation minimale | pour cent | A.1, A.2.5, A.2.6, A.2.7, A.3.2, A.3.3 |
| H | allongement relatif de la garniture d'étanchéité en place | – | A.1, A.2.5, A.2.7, A.3.3 |
| ς | écart-type connu | – | I.4.1, I.4.2 |
| A_i | Section de coupe droite idéale | m ² /m | 5.2.5 |
| c_{\min} | Enrobage minimal | mm | Tableaux X9, 5.2.2 |
| c_{nom} | Dimension nominale de l'enrobage | mm | Tableaux X9, 5.2.2 |
| DN | Diamètre nominal | mm | Tableaux X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X10, X11, X12 |
| d_1 | Diamètre intérieur d'assemblage | mm | 5.2.3 & 6.10, Illustrations X1-X4, X6 & X7, Tableaux X2 à X4, |
| d_a | Diamètre extérieur d'assemblage | mm | Illustrations X1 à X4, X6, X7 |
| d_g | Diamètre extérieur de l'about femelle | mm | Illustrations X1, X3 |
| d_s | Diamètre de l'acier d'armature | mm | 6.3.5 |
| d_{so} | Diamètre intérieur nominal de l'about femelle | mm | 6.10, Illustrations X1 à X4 & X6, X7, Tableau X6 |
| d_{sp} | Diamètre extérieur nominal de l'about mâle | mm | 6.10, Illustrations X1 à X4 & X6, X7, Tableau X6 |
| F_c | Résistance à la fissuration | kN/m | 4.3.5 |
| F_n | Résistance minimale à l'écrasement | kN/m | 4.3.5, 5.1.1, 5.2.6, Tableau X7 |
| f_R | Facteur de correction | – | 4.3.5, 5.2.5, Illustration X5, |

| | | | |
|----------------|---|-------------------|---|
| G_p | Poids du tuyau | kN/m | 4.3.5, 5.1.1, 5.2.6 |
| K_b | Rugosité opérationnelle | mm | 4.3.11 |
| l | Longueur | mm | 4.3.3.1, 5.3.5.3, 6.10, Illustrations X1, X2 & X7 |
| l_{so} | Longueur de l'about femelle | mm | Illustrations X1 à X4 & X6, X7, Tableau X6 |
| l_{sp} | Ecart entre les points de mesure et le niveau de l'about mâle pour la mesure du diamètre extérieur de l'about mâle d_{sp} | mm | Illustrations X1 à X4 & X6, X7, Tableau X6 |
| M | Moment de flexion | kNm | 5.1.1, 5.2.5, 5.2.6 |
| N | Effort normal | kNm | 5.2.5 |
| r_m | Rayon moyen du tuyau | mm | 4.3.5, 5.1.1 |
| t | Epaisseur de la paroi du fût | mm | 5.2.3, 6.10, Illustrations X1 à X4, X6 & X7 |
| t_4 | Epaisseur de paroi de l'about femelle ou du manchon cannelé | mm | Illustrations X1, X3, X4 |
| w | Jeu dans les manchons/Ecartement d'emboîtement | mm | 4.3.3.7, Illustrations X3, X4, X6, Tableaux X5 & X6 |
| W_i | Moment idéal de résistance de la paroi du tuyau | m ³ /m | 4.3.5, 5.2.5 |
| K | Facteur de correction de la courbure de la paroi du tuyau | - | 5.2.3 |
| σ_{BZR} | Contrainte à la traction par flexion annulaire | N/mm ² | 4.3.5, 5.2.3 |
| σ_M | Part de contrainte à la traction par flexion dans les moments de flexions (M) | N/mm ² | 5.2.5 |
| σ_N | Part de la contrainte dans l'effort normal (N) | N/mm ² | 5.2.5 |
| σ_{VR} | Contrainte de comparaison des tuyaux | N/mm ² | 4.3.5, 5.2.3, 5.2.5, 7.3.3.1 |

4. Exigences générales

4.1. Matériaux

L'acier d'armature doit être conforme à la série des normes DIN 488 et doit, au minimum, présenter une ductilité de la classe A (Acier d'armature à ductilité normale BSt 500(A))

4.1.1. Généralités

Les matériaux relevant de la présente norme européenne doivent satisfaire aux prescriptions du Tableau 3.

NOTE Lorsque les normes européennes concernées n'ont pas encore été publiées, les spécifications de référence des matériaux nécessitent des prescriptions complémentaires. Celles-ci devraient être constituées de normes nationales ou, en leur absence, de règlements ou autres dispositions en vigueur au lieu d'utilisation des éléments.

Tableau 3 — Matériaux relevant de la présente norme européenne

| Matériau | Exigences venant en complément des spécifications de référence |
|---|---|
| Ciments | Néant. |
| Granulats | Les granulats ne doivent pas contenir de constituants néfastes en quantités susceptibles de nuire à la prise, au durcissement, à la résistance, à l'étanchéité ou à la durabilité du béton ou de provoquer la corrosion de l'acier. La modification, par le fabricant, des classes granulaires normalisées, pour des raisons de procédé de fabrication, est admise. |
| Eau de gâchage | L'eau de gâchage ne doit pas contenir de constituants néfastes en quantités susceptibles de nuire à la prise, au durcissement, à la résistance, à l'étanchéité ou à la durabilité du béton ou de provoquer la corrosion de l'acier. ^a |
| Adjuvants | Les adjuvants, s'ils sont utilisés, ne doivent pas diminuer la durabilité du béton ni provoquer la corrosion de l'acier. |
| Additions | Les additions, si elles sont utilisées, ne doivent pas contenir de constituants néfastes en quantités susceptibles de nuire à la prise, au durcissement, à la résistance, à l'étanchéité ou à la durabilité du béton ou de provoquer la corrosion de l'acier. |
| Fibres d'acier | Les fibres d'acier doivent : - être fabriquées à partir de fil d'acier tréfilé écroui de section circulaire et présentant une résistance caractéristique à la traction, déterminée comme indiqué en EN 10002-1, supérieure ou égale à 1 000 MPa (N/mm ²); - avoir une forme ou une texture superficielle assurant leur ancrage mécanique dans le béton. |
| Acier pour béton armé | L'acier pour béton armé doit être soudable lorsqu'un soudage doit être réalisé. Les armatures peuvent être lisses, à empreintes, profilées ou à verrous. Les treillis soudés doivent être produits à partir de ces mêmes matériaux. En l'absence d'autre spécification de référence, l'ISO 10544 doit être utilisée. |
| Garnitures d'étanchéité | Voir 4.1.2. |
| Manchettes des tuyaux de fonçage (compris soudage si en acier) | Voir également 5.3.1.2. |
| ^a L'eau potable distribuée par le réseau public convient généralement à la fabrication du béton. | |

4.1.2. Garnitures d'étanchéité

Les garnitures d'étanchéité doivent être conformes à la norme EN 681-1 et satisfaire les prescriptions de durabilité définies en 4.3.4. Elles doivent être fournies par le fabricant des tuyaux, intégrées dans l'élément ou séparées.

4.2. Béton

Le béton doit être conforme aux exigences dans la norme EN 206-1 et le DNA EN 206. Pour les tuyaux de type 1, le béton utilisé entre dans la classe d'exposition XA1, « environnement chimique faiblement agressif ». Pour les tuyaux de type 2, le béton utilisé entre dans la classe d'exposition XA2, « environnement chimique modérément agressif ».

En raison de la présence au Grand Duché de Luxembourg de nappes phréatiques impotentes et de comportement caractéristique des sols particulièrement riches en sulfates, il faut utiliser d'une façon générale, un béton ayant une haute résistance aux sulfates.

4.2.1. Constituants du béton

Seuls doivent être utilisés des matériaux tels que décrits en 4.1.1.

Les matériaux entrant dans la composition du béton doivent satisfaire aux exigences dans la norme EN 206-1 et le DNA EN 206.

En raison d'un potentiel important d'attaque du béton par des sulfates il faut utiliser généralement un ciment à haute résistance aux sulfates.

4.2.2. Qualité du béton

Le béton de chaque élément doit être dense, homogène et satisfaire aux prescriptions de 4.2.3, 4.2.4 et 4.2.6. Pour les tuyaux de type 1, le béton utilisé rentre dans une classe de résistance à l'écrasement C35/45, tandis que pour les tuyaux de type 2, le béton utilisé rentre dans la classe de résistance à la compression C40/50, ceci en vertu de la norme EN 206-1 ou du DNA EN 206.

4.2.3. Teneur en eau du béton

La teneur en eau du béton doit répondre aux dispositions prescrites dans la norme EN 206-1 et le DNA EN 206.

4.2.3.1. Généralités

La composition du béton doit être telle que, pour le béton parfaitement compacté, le rapport de l'eau au total « ciment plus additions pouzzolaniques ou hydrauliques quelles qu'elles soient » soit compatible avec les conditions d'emploi définies en 4.3.8.

4.2.3.2. Valeur prescrite du rapport eau / ciment

Le rapport de l'eau au ciment plus additions pouzzolaniques ou hydrauliques, quelles qu'elles soient, ne doit pas dépasser 0,45 pour le béton parfaitement compacté.

4.2.4. Dosage en ciment

La composition du béton doit être telle que, pour le béton parfaitement compacté, la valeur minimale du dosage en ciment plus additions pouzzolaniques ou hydrauliques, quelles qu'elles soient, soit compatible avec les conditions d'emploi définies en 4.3.8.

Le dosage en ciment du béton doit correspondre aux valeurs définies dans la norme EN 206-1 et le DNA EN 206.

Les tuyaux et accessoires de type 1 doivent répondre à la classe d'exposition XA1, « environnement chimique faiblement agressif ».

Les tuyaux et accessoires de type 2 doivent répondre à la classe d'exposition XA2, « environnement chimique modérément agressif ».

4.2.5. Teneur en chlorures

4.2.5.1. Généralités

La quantité maximale d'ions chlorure dans le béton doit être évaluée par le calcul.

4.2.5.2. Valeur prescrite de la teneur en chlorures

La valeur calculée de la teneur en ions chlorure du béton ne doit pas dépasser les valeurs données au Tableau 4.

Tableau 4 — Teneur maximale en chlorures du béton

| Type de béton | Ion Cl- rapporté à la masse de ciment |
|-------------------|---------------------------------------|
| Béton non armé | 1,0 % |
| Béton fibré acier | 0,4 % |
| Béton armé | 0,4 % |

4.2.6. Absorption d'eau du béton

4.2.6.1. Généralités

L'absorption d'eau du béton doit être déterminée conformément à 6.7.

4.2.6.2. Valeur prescrite de l'absorption d'eau

L'absorption d'eau du béton ne doit pas excéder 6 % en masse.

4.3. Eléments

4.3.1. Généralités

Les éléments doivent, à la date de la livraison, satisfaire aux exigences indiquées ci-après.

4.3.2. Aspect de surface

Les portées des assemblages doivent être exemptes d'irrégularités qui empêcheraient la réalisation d'un assemblage durablement étanche.

Le faïencage de la couche riche en ciment, les microfissures dues au retrait ou à la température, jusqu'à une ouverture maximale en surface de 0,15 mm et, pour les éléments en béton armé, les fissures résiduelles dues aux essais, avec une même ouverture maximale en surface, sont admis. À la discrétion du fabricant, il est permis, avant de mesurer l'ouverture des fissures, d'humidifier l'élément pendant une durée allant au maximum jusqu'à 28 h.

Les éléments présentant des fissures autres que celles décrites ci-dessus ne sont pas conformes à la présente Norme européenne.

Toutes les surfaces des éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé, doivent présenter une texture uniforme et dépourvue de trous, de manière à ce que ni les conditions d'emploi, ni les performances hydrauliques ne soient altérées.

La présence de quelques petits pores et d'irrégularités à la surface des éléments est permise. Le diamètre et la profondeur de ces pores ne doivent pas dépasser 10 mm. Sur les éléments en béton armé, un enrobage minimal de 10 mm, à l'emplacement de ces pores, doit être garanti.

Lorsque les valeurs relatives aux pores sont respectées, les éléments en béton à démoulage immédiat, présentent fondamentalement (même si leur surface apparaît plus rugueuse) une texture de surface équivalente à celle des tuyaux qui, pendant un temps donné, sont maintenus après façonnage, dans les coffrages intérieurs et extérieurs. Après traitement final, toutes les exigences de la présente Norme européenne doivent être satisfaites.

4.3.3. Caractéristiques géométriques

4.3.3.1. Longueur intérieure du fût

La longueur intérieure du fût doit être conforme à la longueur stipulée dans les documents de fabrication. À moins de satisfaire aux exigences de 4.3.6, la longueur intérieure du fût des tuyaux circulaires de diamètre nominal inférieur ou égal à DN 250 ne doit pas dépasser six fois le diamètre extérieur.

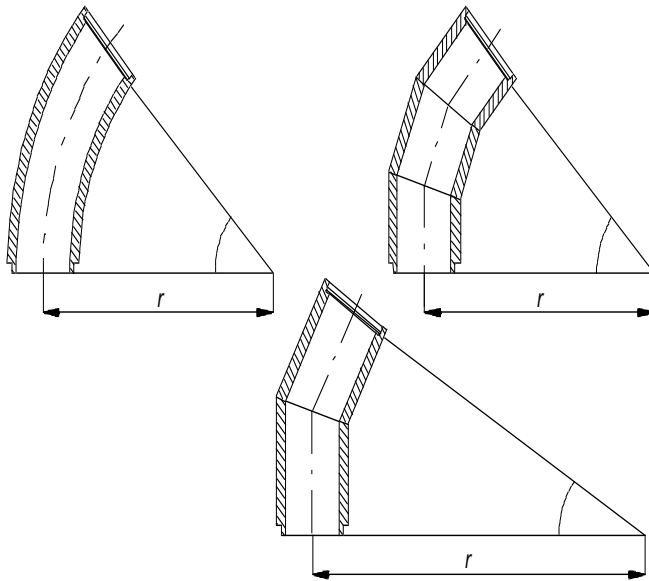
La longueur l des éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé, exprimée en millimètres, doit être un nombre entier divisible par 100. La tolérance dimensionnelle pour la longueur est de 1%. Des longueurs non standard peuvent être définies par convention.

4.3.3.2. Tolérances sur les assemblages

Le profil de l'assemblage doit être conforme aux dimensions théoriques, aux tolérances près, stipulées dans les documents de fabrication. Les tolérances déclarées pour chaque profil d'assemblage et les tolérances maximales admissibles sur la (les) garniture(s) d'étanchéité telles que déclarées dans les documents de fabrication (qui ne doivent pas être supérieures à celles stipulées par l'EN 681-1) doivent être prises en compte lors du calcul de la déformation relative de la (des) garniture(s) d'étanchéité comme indiqué en 4.3.4. L'effet de toute autre tolérance dimensionnelle affectant le fonctionnement de l'assemblage doit être pris en compte de manière adéquate.

4.3.3.3. Coudes

Les coudes doivent être réalisés comme illustré à titre d'exemple Figure 3, soit moulés d'une pièce ou constitués de tronçons de tuyaux conformes à la présente norme européenne et assemblés par du béton ou un mortier spécial.



NOTE Les illustrations montrent des assemblages à mi-épaisseur. Les coudes sont également disponibles avec collet et about mâle.

Figure 3 — Exemples de coudes

4.3.3.4. Caractéristiques géométriques, tolérances dimensionnelles et marquages

4.3.3.4.1. Généralités

Les tuyaux et pièces complémentaires présentent en principe une section circulaire. Si ces pièces ne doivent pas correspondre à l'illustration, les dimensions indiquées doivent néanmoins être respectées. Le tableau X1 indique la dénomination des éléments suivant leur modèle, leur forme et leurs assemblages.

Tableau X1 — Abréviations pour types de tuyaux et assemblages

| Abréviation | Dénomination | Dénomination selon |
|-------------|--------------------------------------|--------------------|
| B | Tuyau en béton | Modèle |
| Sb | Tuyau en béton armé | |
| Sfb | Tuyau en béton de fibres métalliques | |
| VT | Tuyau de fonçage | |
| GM | About femelle / manchon (collet) | Assemblage |
| FM | Manchon droit cannelé (assemblage) | |
| VM | Manchon de tuyaux de fonçage | |

4.3.3.4.2. Tuyaux en béton

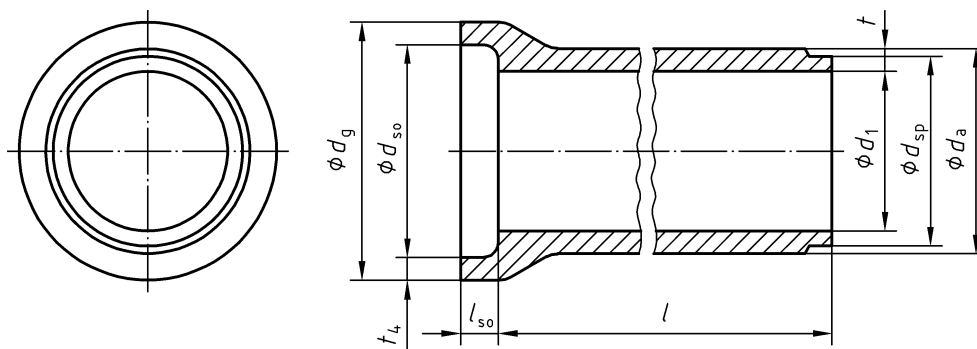


Figure X1 — Exemple de tuyau en béton de type 2, équipé d'un about femelle

Désignation d'un tuyau en béton (B) de type 2, équipé d'un about femelle (GM), diamètre DN 500, longueur $l = 2\,500\text{ mm}$

B - GM 500 × 2 500 - Type 2 - DNA EN 1916

Tableau X2 — Tuyaux en béton à section circulaire

Millimètres

| Diamètre nominal DN | Diamètre intérieur d_1 | | Ecart de parallélisme des tranches d'extrémité |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|
| | Dimension nominale | Tolérance dimensionnelle | |
| 100 | 100 | ± 2 | 3 |
| 150 | 150 | ± 2 | 3 |
| 200 | 200 | ± 3 | 4 |
| 250 | 250 | ± 3 | 4 |
| 300 | 300 | ± 4 | 5 |
| 400 | 400 | ± 4 | 6 |
| 500 | 500 | ± 5 | 6 |
| 600 | 600 | ± 6 | 8 |
| 700 | 700 | ± 6 | 8 |
| 800 | 800 | ± 7 | 9 |

4.3.3.4.3. Tuyaux en béton armé

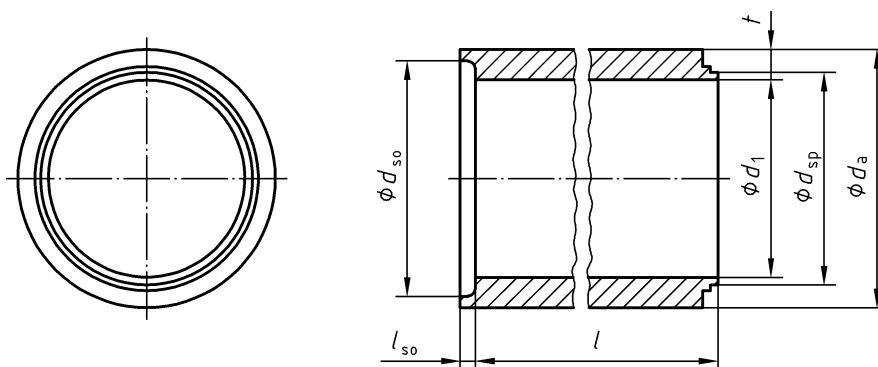


Figure X2 — Exemple de tuyau en béton armé de type 2, équipé d'un manchon droit cannelé

Marquage d'un tuyau en béton armé (Sb) de type 2, équipé d'un manchon droit cannelé (FM), diamètre nominal DN 1800, longueur $l = 3\ 000$ mm

Sb - FM 1800 × 3 000 - Type 2 - DNA EN 1916

Tableau X3 – Tuyaux en béton de fibres métalliques à section circulaire

Millimètres

| Diamètre nominal DN | Diamètre intérieur d_1 | | Ecart de parallélisme des sections d'extrémité |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|
| | Dimension nominale | Tolérance dimensionnelle | |
| 250 | 250 | ± 3 | 4 |
| 300 | 300 | ± 3 | 5 |
| 400 | 400 | ± 4 | 6 |
| 500 | 500 | ± 4 | 6 |
| 600 | 600 | ± 5 | 8 |
| 700 | 700 | ± 6 | 8 |
| 800 | 800 | ± 6 | 9 |
| 900 | 900 | ± 7 | 9 |
| 1 000 | 1 000 | ± 7 | 10 |
| 1 100 | 1 100 | ± 8 | 10 |
| 1 200 | 1 200 | ± 8 | 10 |
| 1 300 | 1 300 | ± 8 | 10 |
| 1 400 | 1 400 | ± 10 | 12 |
| 1 500 | 1 500 | ± 10 | 12 |
| 1 600 | 1 600 | ± 10 | 12 |

Tableau X4 — Tuyaux en béton armé à section circulaire

Millimètres

| Diamètre nominal DN | Diamètre intérieur d_1 | | Ecart de parallélisme des sections d'extrémité |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|
| | Dimension nominale | Tolérance dimensionnelle | |
| 250 | 250 | ± 3 | 4 |
| 300 | 300 | ± 3 | 5 |
| 400 | 400 | ± 4 | 6 |
| 500 | 500 | ± 4 | 6 |
| 600 | 600 | ± 5 | 8 |
| 700 | 700 | ± 6 | 8 |
| 800 | 800 | ± 6 | 9 |
| 900 | 900 | ± 7 | 9 |
| 1 000 | 1 000 | ± 7 | 10 |
| 1 100 | 1 100 | ± 8 | 10 |
| 1 200 | 1 200 | ± 8 | 10 |
| 1 300 | 1 300 | ± 8 | 10 |
| 1 400 | 1 400 | ± 10 | 12 |
| 1 500 | 1 500 | ± 10 | 12 |
| 1 600 | 1 600 | ± 10 | 12 |
| 1 800 | 1 800 | ± 12 | 12 |
| 2 000 | 2 000 | ± 12 | 14 |
| 2 200 | 2 200 | ± 14 | 14 |
| 2 400 | 2 400 | ± 14 | 14 |
| 2 500 | 2 500 | ± 14 | 16 |
| 2 800 | 2 800 | ± 15 | 16 |
| 3 000 | 3 000 | ± 15 | 18 |
| 3 200 | 3 200 | ± 15 | 18 |
| 3 500 | 3 500 | ± 15 | 20 |
| 4 000 | 4 000 | ± 15 | 20 |

4.3.3.5. Dimensions intérieures

Les dimensions des éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé doivent correspondre aux valeurs indiquées dans les tableaux X3 à X4 (voir Figures X1 à X4, ainsi que X6 & X7). Dans la mesure où aucune dimension intérieure n'est indiquée dans la présente norme, ces valeurs doivent être définies dans les documents de fabrication.

Pour les éléments de forme différente, les dimensions et tolérances dimensionnelles sont appliquées de façon analogue.

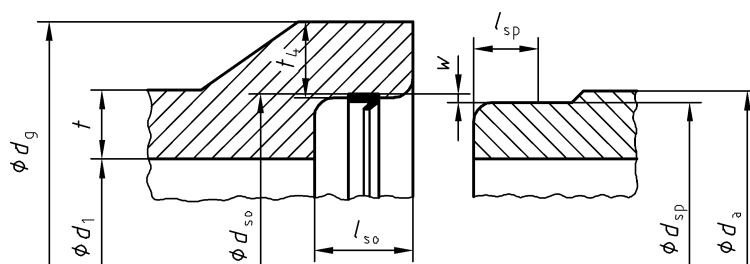


Figure X3 — Joint glissant intégré et fixé dans le manchon (collet) (Exemple)

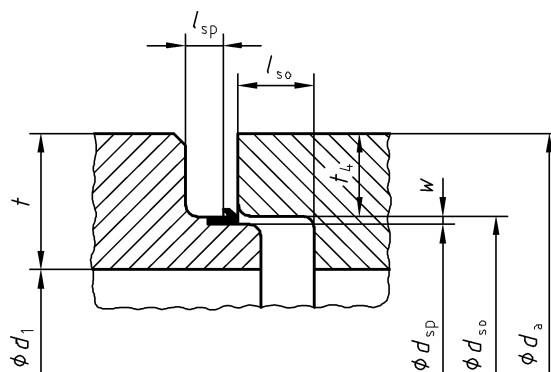


Figure X4 — Joint glissant pour emboîtement progressif du manchon droit (Exemple)

4.3.3.6. Epaisseur de paroi

Les valeurs relatives à l'épaisseur de paroi des éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé sont reprises dans l'annexe K. Pour les tuyaux en béton non armé, ces caractéristiques géométriques sont à considérer comme valeurs minimales. Pour les tuyaux en béton armé, la tolérance minimale correspond à 6% de l'épaisseur de paroi indiquée.

Dans le cas des abouts femelles des tuyaux en béton non armé, les épaisseurs de paroi recommandées sont reprises dans le tableau K2.

4.3.3.7. Ecart d'emboîtement

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

Pour les tuyaux en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé équipés d'un joint intégré et fixé dans l'élément, les valeurs minimales relatives à l'écartement moyen w , ainsi que les tolérances dimensionnelles indiquées dans le tableau X5 sont à appliquer.

Les tolérances dimensionnelles reprises dans le tableau X6 s'appliquent pour les éléments présentant d'autres valeurs d'écartement entre les manchons, ceux ayant des diamètres différents ou nécessitant d'autres systèmes d'assemblage.

Tableau X5 — Ecart d'emboîtement et tolérances dimensionnelles des tuyaux en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé

| Millimètres | |
|--------------|----------------------------|
| Ecart w | Tolérances dimensionnelles |
| 8 | $\pm 1,3$ |
| 10 | $\pm 1,6$ |
| 12 | $\pm 1,9$ |
| 14 | $\pm 2,2$ |
| 16 | $\pm 2,5$ |
| 18 | $\pm 2,8$ |
| 20 | $\pm 3,1$ |
| 22 | $\pm 3,4$ |
| 24 | $\pm 3,7$ |
| 26 | $\pm 4,0$ |

Tableau X6 — Caractéristiques géométriques des tuyaux en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé, équipés d'une joint intégré et fixé dans le manchon

| Millimètres | | | | |
|--|--|----------------|--|----------------------------------|
| Diamètre nominal | Diamètre d'about recommandé ^b | Ecartement | Longueur entre l'about mâle et l'emplacement de la bague d'étanchéité ^d | Longueur du manchon ^b |
| DN | Dimension nominale d_{sp} | w^a min. | l_{sp} min. | l_{so} min. |
| 300 | 386 | $7,8 \pm 1,2$ | 39 | 80 |
| 300 | 426 ^c | $7,8 \pm 1,2$ | 39 | 80 |
| 400 | 496 | $9,1 \pm 1,4$ | 43 | 85 |
| 400 | 526 ^c | $9,1 \pm 1,4$ | 43 | 85 |
| 500 | 610 | $9,1 \pm 1,4$ | 43 | 90 |
| 500 | 626 ^c | $9,1 \pm 1,4$ | 43 | 90 |
| 600 | 726 | $9,1 \pm 1,4$ | 43 | 90 |
| 700 | 844 | $11,7 \pm 1,8$ | 47 | 100 |
| 800 | 962 | $11,7 \pm 1,8$ | 47 | 100 |
| 900 | 1 080 | $11,7 \pm 1,8$ | 47 | 100 |
| 1 000 | 1 198 | $11,7 \pm 1,8$ | 47 | 100 |
| 1 100 | 1 316 | $11,7 \pm 1,8$ | 47 | 100 |
| 1 200 | 1 434 | $11,7 \pm 1,8$ | 47 | 100 |
| <p>a $w = \frac{\bar{d}_{so} - \bar{d}_{sp}}{2}$, \bar{d}_{so} et \bar{d}_{sp} étant, en l'occurrence, des valeurs moyennes qui résultent des valeurs d_{so} et d_{sp}, mesurées lors du relevé des valeurs minimales et maximales au niveau du tuyau.</p> <p>b Les tolérances dimensionnelles résultent des valeurs correspondantes du diamètre intérieur du manchon et des valeurs et tolérances dimensionnelles relatives à l'écart d'emboîtement.</p> <p>c Valeurs minimales pour les éléments en béton armé. Les tuyaux en béton non armé peuvent également être fabriqués sur base de ces valeurs.</p> <p>d L'about mâle devrait être confectionné afin d'être au minimum 5mm plus long que le manchon.</p> | | | | |

4.3.3.8. Ecart de rectitude

La paroi interne des éléments rectilignes ne peut s'écarter de l'alignement au-delà d'une valeur de 0,5% de sa longueur.

4.3.3.9. Ecart de parallélisme des sections des abouts

Les valeurs énumérées aux tableaux X3 & X4 s'appliquent à l'écart de parallélisme des sections des abouts

4.3.4. Assemblages et garnitures d'étanchéité

4.3.4.1. Généralités

Un assemblage doit comprendre un about mâle, un about femelle (dans l'épaisseur de la paroi, comme décrit en 5.3.1, ou non) et une (des) garniture(s) d'étanchéité comme décrit dans les documents de fabrication; il doit être étanche à l'eau conformément à 4.3.7 et il doit avoir été démontré qu'il satisfait, selon le cas, aux critères ci-après pour la combinaison la plus défavorable de tolérances possibles.

Une fois emboîté, un assemblage doit résister aux forces résultant de la compression de la (des) garniture(s) d'étanchéité ainsi qu'à une pression hydrostatique interne telle qu'indiquée en E.5.

Les branchements ou les orifices d'entrée doivent comporter des garnitures d'étanchéité satisfaisant à la spécification relative à l'élément raccordé.

Il convient d'utiliser des joints d'étanchéité en élastomère, avec section pleine sans cavité, conformément à la norme EN 681-1.

4.3.4.2. Durabilité des assemblages

Conforme DNA EN 1916 en Application : Méthode 3

4.3.4.2.1. Généralités

Un assemblage doit s'avérer conforme aux critères de l'une des méthodes suivantes, en prenant en compte la combinaison la plus défavorable des tolérances admises.

Méthode 3

En sus de l'essai de l'assemblage indiqué en E.5, un essai conforme à E.5.3 doit être réalisé, puis, immédiatement après :

- la pression hydrostatique interne doit être réduite à zéro ;
- à la discrétion du fabricant, l'eau de remplissage doit être vidée ;
- la charge de cisaillement F_S doit continuer à être appliquée durant une période de trois mois après avoir, en premier lieu, effectué tous les réglages du dispositif de charge, conformément à la Figure E.1, consécutifs à la vidange de l'eau de remplissage ;
- une pression hydrostatique interne doit être appliquée à nouveau conformément à E.5.3 (après remplissage de l'élément si nécessaire et en veillant à ce que les dispositifs de charge soient conformes à la Figure E.1) et maintenue pendant une période de 15 min au cours de laquelle la conformité de l'assemblage à 4.3.7 doit être vérifiée avant que la pression interne ne soit ramenée à zéro ;
- un enregistrement doit être effectué indiquant si l'assemblage était conforme à l'exigence spécifiée.

Lorsque des tuyaux sont de dimensions nominales différentes mais ont des profils d'assemblage identiques, un essai complémentaire comme ci-dessus pour la dimension la plus grande doit être accepté comme représentatif de toutes les dimensions.

4.3.4.2. Critères limites

4.3.5. Résistance à l'écrasement

Lors de l'essai défini en 6.4, un tuyau doit résister à la charge minimale à l'essai d'écrasement F_n correspondant à sa dimension nominale et à sa classe de résistance. Pour les tuyaux en béton fibré acier ou en béton armé, voir aussi respectivement 5.1.2 et 5.2.3.

Les éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé doivent résister une charge minimale d'écrasement correspondant à leur diamètre nominal et à leur classe de résistance. La pression d'écrasement minimale équivaut à la valeur instantanée de la charge d'épreuve. Elle n'est pas directement utilisable pour l'évaluation de la charge admissible après pose.

La charge d'écrasement minimale F_n exprimée en kN/m correspond au produit de la classe de résistance x diamètre nominal/1000.

La charge minimale d'écrasement minimal des éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé doit être conforme aux valeurs indiquées au tableau 7.

Pour les tuyaux en béton armé et les éléments en béton de fibres métalliques, il faut respecter la charge de fissuration F_c , qui équivaut soit à $0,67 F_n$ soit une force F_1 calculée sur base de la contrainte à la traction par flexion annulaire soit une force de comparaison des tuyaux.

$$F_1 = \frac{l}{0,3} \left(\frac{\sigma_{BZR} W_i}{\alpha_K r_m} - 0,07 G_p \right) \text{ pour les éléments en béton de fibres métalliques}$$

$$F_2 = \frac{l}{0,3} \left(\frac{\sigma_{VR} W_i}{f_R r_m} - 0,07 G_p \right) \text{ pour les éléments en béton armé}$$

En l'occurrence :

σ_{BZR} résistance à la traction par flexion annulaire exprimée en N/mm^2

σ_{VR} la contrainte de comparaison des tuyaux

W_i le moment de résistance idéal de la paroi du tube, sachant que les aires de section de l'armature s'expriment par rapport au module d'élasticité par $n = E_s/E_c = 15$

f_R le facteur de correction selon illustration 7

$$\alpha_K = (3 d_1 + 5 t) / (3 d_1 + 3 t)$$

r_m le rayon moyen du tuyau

G_p le poids du tuyau

d_1 le diamètre intérieur de l'assemblage

t l'épaisseur de paroi

Pour une charge de fissuration F_c , une fissure de surface stabilisée sur une longueur continue de 300 mm ou plus n'est autorisée que si son ouverture ne dépasse pas 0,3 mm.

Tableau X7 — Charge d'écrasement F_n pour les tuyaux à section circulaire en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé

| DN | Classe de Charge LC | | | | | | |
|-------|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | LC 60 | LC 90 | LC 110 | LC 135 | LC 165 | LC 200 | LC 250 |
| | Charge minimale d'écrasement F_n kN/m | | | | | | |
| 100 | - | - | - | - | - | 20 | - |
| 150 | - | - | - | - | 24,75 | - | - |
| 200 | - | - | - | 27 | 33 | 40 | 50 |
| 250 | - | - | - | 34 | 41,25 | 50 | 62,5 |
| 300 | - | - | 33 | 40,5 | 49,5 | 60 | 75 |
| 400 | - | - | 44 | 54 | 66 | 80 | + |
| 500 | - | - | 55 | 67,5 | 82,5 | 100 | + |
| 600 | - | - | 66 | 81 | 99 | 120 | + |
| 700 | - | - | 77 | 94,5 | 115,5 | + | + |
| 800 | - | - | 88 | 108 | 132 | + | + |
| 900 | - | - | 99 | 121,5 | 148,5 | + | + |
| 1 000 | - | 90 | 110 | 135 | + | + | + |
| 1 100 | - | 99 | 121 | 148,5 | + | + | + |
| 1 200 | - | 108 | 132 | 162 | + | + | + |
| 1 300 | - | 117 | 143 | 175,5 | + | + | + |
| 1 400 | - | 126 | 154 | 189 | + | + | + |
| 1 500 | - | 135 | 165 | + | + | + | + |
| 1 600 | - | 144 | 176 | + | + | + | + |
| 1 800 | - | 162 | 243 | + | + | + | + |
| 2 000 | + | 180 | 270 | + | + | + | + |
| 2 200 | + | 198 | 297 | + | + | + | + |
| 2 400 | + | 216 | 324 | + | + | + | + |
| 2 500 | + | 225 | 337,5 | + | + | + | + |
| 2 800 | + | 252 | 378 | + | + | + | + |
| 3 000 | + | 270 | 405 | + | + | + | + |
| 3 200 | + | 288 | 432 | + | + | + | + |
| 3 500 | + | 315 | 472,5 | + | + | + | + |
| 4 000 | + | 360 | 540 | + | + | + | + |

REMARQUE: Les champs marqués d'une croix indiquent que, dans certains cas exceptionnels, des éléments appartenant à ces classes de résistance de tuyaux peuvent également être fabriqués. Les champs marqués d'un tiret indiquent que les éléments de ces classes de résistance ne sont, en règle générale, pas fabriqués.

4.3.6. Résistance à la flexion longitudinale

4.3.6.1. Généralités

La résistance à la flexion longitudinale d'un tuyau circulaire de diamètre inférieur ou égal à DN 250 dont la longueur intérieure du fût est supérieure à six fois le diamètre extérieur doit faire l'objet d'un essai conformément à 6.5.

4.3.6.2. Evaluation

La résistance à la flexion longitudinale d'un tuyau ne doit pas être inférieure, lorsqu'elle est mesurée comme indiqué en 4.3.6.1, à celle donnée par la formule suivante :

$$M = C \times DN \times l^2$$

où

- M est le moment fléchissant longitudinal résistant, en kilo newton mètre ;
- C est une constante égale à 0,013 kilo newton par mètre carré ;
- DN est la dimension nominale, en mètre ;
- l est la longueur intérieure du fût, en mètre.

NOTE Il convient d'effectuer un calcul de résistance mécanique lorsque la canalisation nécessite une résistance supplémentaire de type poutre (canalisation sur poteaux, par exemple).

4.3.7. Étanchéité à l'eau

Lors de l'essai selon 6.6, un tuyau seul ou un assemblage ne doit pas présenter de fuite ou d'autre défaut visible au cours de la période d'essai; de l'humidité adhérent à la surface ne constitue pas une fuite. Les éléments ayant une épaisseur de paroi théorique supérieure à 125 mm ne doivent pas être soumis à l'essai hydrostatique.

Lorsque la conception des assemblages est la même pour les tuyaux et les pièces complémentaires, les essais avec déviation angulaire et cisaillement (effectués séparément ou de façon combinée) peuvent, à la discrétion du fabricant, être effectués uniquement sur les tuyaux.

4.3.7.1. Tuyaux de type 1 pour environnement chimique faiblement agressif

Voir EN 1916, § 4.3.7

4.3.7.2. Tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif

Conjointement aux exigences imposées de la norme EN 1916, §4.3.7, les tuyaux de type 2 doivent satisfaire aux critères des paragraphes 4.3.7.2.1 et 4.3.7.2.2 ci-dessous.

4.3.7.2.1. Essais en séries (Tuyaux de type 2)

Chaque tuyau en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé de type 2 ≤ DN 800, doit subir des contrôles de courte durée réalisés en usine, conformément au § 6.6.2.1 et doit s'avérer parfaitement étanche.

4.3.7.2.2. Essais sur assemblage (tuyaux de type 2)

Lors des essais d'étanchéité à l'eau, les tuyaux en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé de type 2 doivent être étanches et résister à une pression interne de 1,0 bar. Lors des essais menés conformément au § 6.6.2.2, les quantités d'eau ajoutée énumérées au tableau X8 ne doivent pas être dépassées. La formation de gouttelettes sur la surface externe du tuyau n'est pas autorisée.

Tableau X8 — Valeur d'ajoute maximale

| Diamètre nominal DN | Quantité d'eau ajoutée maximale l/m ² |
|------------------------|--|
| ≤ 1000 | 0,07 |
| > 1000 | 0,04 |

4.3.8. Conditions d'emploi

Les éléments conformes à la présente norme européenne conviennent pour une utilisation dans les environnements humides ou les environnements chimiques légèrement agressifs (soit les conditions normales dans le cas d'eaux usées d'origine domestique ou d'effluents industriels traités, et pour la grande majorité des sols et eaux souterraines). Une attention particulière doit être portée si des conditions plus sévères sont prévues, principalement au ciment et à toute addition pouzzolanique ou hydraulique dans le béton.

NOTE La définition d'un « environnement chimique légèrement agressif » est donnée dans les normes nationales relatives au béton.

4.3.9. Durabilité

La durabilité des éléments en place et de leurs assemblages est assurée de manière spécifique par le respect des prescriptions ci-après :

- une valeur maximale du rapport eau/ciment (voir 4.2.3) ;
- une valeur maximale de la teneur en chlorures du béton (voir 4.2.5) ;
- une valeur maximale de l'absorption d'eau du béton (voir 4.2.6) ;
- conformité aux exigences de l'une des quatre méthodes de démonstration de la durabilité des garnitures d'étanchéité (voir 4.3.4.2) ;
- une valeur minimale de l'enrobage dans le cas des éléments en béton armé (voir 5.2.2) ;
- des exigences particulières dans le cas des tuyaux de fonçage (voir 5.3.1.2 et 5.3.3).

4.3.10. Résistance à un environnement chimique modérément agressif (Tuyaux de type 2)

Les tuyaux en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé de type 2 qui sont fabriqués dans le respect des exigences associées à la classe d'exposition XA2 et énoncées au tableau 1 de la norme EN 206-1 :2001 et du DNA EN 206 et qui sont testés et contrôlés conformément aux dispositions stipulées par la présente norme doivent pouvoir résister à un environnement chimique modérément agressif.

4.3.11. Rugosité des parois (Tuyaux de type 1 & 2)

Les tuyaux en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé conformes à la présente norme présentent une faible rugosité de paroi et permettent une application de la rugosité opérationnelle k_b selon les

spécifications de la fiche de travail ATV-DVWK-A 110. Cette disposition s'applique tant aux produits à démoulage immédiat qu'à ceux à démoulage différé.

4.3.12. Résistance à l'abrasion (Tuyaux de type 2)

Dans le cas de vitesses d'écoulement élevées > 10 m/s et de transport excessif de matières solides, des certifications complémentaires ainsi que des méthodes d'essai appropriées doivent être convenues.

4.3.13. Résistance au curage sous haute pression (Tuyaux de type 2)

La résistance des éléments en béton non armé, béton fibré acier et béton armé contre le nettoyage sous haute pression doit être testée selon la norme DIN V 19517 et dans le respect des conditions d'essai suivantes :

— Méthode d'essai avec tuyère mobile : Pression d'essai 12 MPa (120 bar), Débit 46 l/min à 50 l/min

— Méthode d'essai avec tuyère fixe : Pression d'essai 34 MPa (340 bar), Débit 6,15 l/min à 8,25 l/min.

4.3.14. Résistance à la rupture sous charge permanente, résistance aux efforts alternés (Tuyaux de type 1 & 2)

Les éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé conformes à la présente norme doivent résister aux efforts alternés. En guise de valeur caractéristique utile pour la certification de la résistance à la fatigue pour les efforts alternés (pour des phases oscillantes de 2×10^6), il est possible d'utiliser 40% de la résistance caractéristique à la traction par flexion annulaire. Pour des valeurs supérieures, une certification par un organisme de contrôle agréé est exigée, de même qu'une surveillance continue assortie d'une validation par un organisme de contrôle externe.

Dans le cas des éléments en béton armé, la preuve de l'amplitude des phases oscillantes en cas de sollicitation qui ne serait pas principalement constante peut se substituer (pour l'acier d'armature) à la certification (requis pour le béton) de résistance à la fatigue, dans le respect des règles de dimensionnement de constructions en béton armé.

4.3.15. Comportement à la température (Tuyaux de type 1 & 2)

Les éléments en béton non armé, béton fibre acier et béton armé conformes à la présente norme sont adaptés à un écoulement permanent constant à une température d'eau

45° C pour les tuyaux d'un diamètre maximal de DN 200;

35° C pour les tuyaux d'un diamètre supérieur à DN 200.

Au point d'entrée du système de canalisations, la température des eaux usées peut, durant une courte période, atteindre 95°C.

4.3.16. Résistance aux racines (Tuyaux de type 1 & 2)

Les assemblages en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé résistent aux racines s'ils subissent, avec succès, l'essai sous cisaillement prévu par la norme EN 1916, annexe E.

4.3.17. Résistance aux sulfates (Tuyaux de type 1 & 2)

En raison de l'utilisation généralisée de ciments à haute résistance aux sulfates, les éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé conformes à la présente norme présentent une haute résistance aux sulfates.

4.4. Usines de fabrication des tuyaux

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

Dans les ateliers de fabrication, un laboratoire d'essai permanent doit être installé et équipée de tous les appareils et dispositifs nécessaires à la gestion de la production et à l'accomplissement des contrôles de la production en usine (CPU). Ce laboratoire de contrôle doit disposer d'un appareil d'essai pour la résistance à l'écrasement qui permette une analyse objective (à savoir, indépendamment des conditions atmosphériques) des charges appliquées sur le génératrices supérieur des tuyaux. Il convient de garantir que les épreuves d'étanchéité se dérouleront dans des conditions atmosphériques neutres lors des contrôles de la production en usine (CPU).

Le paragraphe 6 de la norme DIN 4099 :1998-02 s'applique au personnel et équipements des entreprises mettant en oeuvre leurs propre cages d'armature.

5. Exigences particulières

Les éléments doivent, à la date de la livraison, satisfaire aux prescriptions particulières indiquées ci-après.

5.1. Éléments en béton fibré acier

5.1.1. Teneur en fibres d'acier

La quantité de fibres d'acier introduites dans le béton ne doit pas être inférieure à celle spécifiée dans les documents de fabrication.

Les éléments en béton de fibres métalliques doivent être dimensionnés et conçus, pour les charges instantanées suivantes, sur base des charges d'écrasement F_n définies dans cette norme et conformément à la DBV-Merkblatt Stahlfaserbeton. La dimension minimale d'enrobage du béton de fibres métalliques correspond à celle indiquée dans le tableau 10 (au lieu de l'épaisseur des parements indiquée dans la fiche technique DBV relative au béton de fibres métalliques).

$$M = (0,3 F_n + 0,07 G_p) r_m \text{ pour les tuyaux à section circulaire}$$

Sachant que

$$G_p = \text{Poids du tuyau exprimé en kN/m}$$

Le choix du type de fibre métalliques et leur quantité doivent être définis dans les documents de fabrication.

5.1.2. Résistance à l'écrasement

Un tuyau en béton fibré acier doit satisfaire la série de prescriptions ci-après :

- il doit, pendant une minute et sans laisser apparaître de fissure, résister à une charge d'épreuve de $0,67 F_n$, fonction de sa dimension nominale et de sa classe de résistance ;
- la charge doit être portée à la charge ultime (rupture) F_u , valeur qui doit être supérieure à F_n ;
- une fois la charge redescendue à 95 % ou moins de la charge ultime (rupture), l'élément doit être déchargé, puis la charge appliquée une nouvelle fois à $0,67 F_n$ et supportée pendant une minute.

Pour le dimensionnement, les prescriptions énoncées ci-dessus en matière d'essai doivent être conforme à la fiche technique DBV consacrée au béton de fibres métalliques

5.2. Eléments en béton armé

5.2.1. Armatures

Les armatures doivent être conformes à 4.1.1 et aux documents de fabrication.

Les armatures des tuyaux doivent correspondre à la charge minimale à l'essai d'écrasement correspondant à leur dimension nominale et à leur classe de résistance. Le pourcentage minimal d'armature, rapporté à la section longitudinale du fût doit être de 0,4 % pour les aciers lisses et de 0,25 % pour les aciers à empreintes, profilés ou à verrous.

On peut utiliser une ou plusieurs cages d'armatures, constituées par des enroulements hélicoïdaux (spires), des cerces concentriques ou fabriquées à partir de treillis soudé, dans tous les cas solidement assemblées.

Les cages d'armatures elliptiques ou d'autres formes non circulaires sont permises. Dans ce cas, un marquage durable indiquant la clé de l'élément et comportant des indications pour localiser l'armature doit être réalisé au moins à l'intérieur de celui-ci.

Les armatures périphériques, de même que les armatures longitudinales (le cas échéant) doivent être assemblées par soudure ou par ligature afin de maîtriser l'espacement entre barres ainsi que la forme de la (des) cage(s) d'armatures. Les armatures périphériques doivent être réparties le long de l'élément, à des intervalles réguliers. La (les) cage(s) d'armatures doit (doivent) être maintenue(s) dans la forme prévue.

L'armature circulaire dimensionnée selon les règles de dimensionnement du béton armé est positionnée, sans interruption, à intervalles réguliers de 100 mm maximum, en continu sur toute la longueur de l'élément. Elle est maintenue, sur toute la longueur, par des barres longitudinales. Ces tiges sont assemblées à l'armature circulaire aux points de jonction.

Sur chaque anneau, un minimum de 12 tiges sont positionnées de façon uniforme sur toute la circonférence. L'écart entre les barres adjacentes ne peut dépasser 300 mm. La cage d'armature doit être solidement assemblée et maintenue par des écarteurs.

La pose d'étriers à l'intérieur de la cage d'armature n'est pas nécessaire (voir 5.2.7).

Lors de la fabrication de cages d'armature soudées par exemple, grâce à la technique du soudage par points, les pièces constitutives de l'armature sont assemblées et assurées contre la dislocation par le biais de liaisons soudées qui n'ont pas fait l'objet d'un calcul statique, mais qui demeurent toutefois efficaces au niveau de la définition de résistance au cisaillement définie.

Lorsque l'épaisseur de paroi théorique dépasse 100 mm, une armature intérieure et extérieure doit être mise en place. Toutefois l'écart nominal entre les deux armatures nominales doit être au minimum 40 mm.

Lors de la confection de la cage d'armature, il convient de vérifier les caractéristiques de l'acier énumérées ci-dessous :

- Configuration de la surface (état et structure);
- Résistance à la traction, limite d'élasticité et allongement à la rupture;
- Qualité des soudures lors de l'épreuve de pliage.

Les prescriptions afférentes définies au tableau 1 de la norme DIN 488-1:1984-09 sont à appliquer.

Les cages d'armature non soudées ne doivent pas être utilisées dans la fabrication des tuyaux en béton armé.

5.2.2. Enrobage

L'enrobage minimal doit être compatible avec les conditions d'emploi définies en 4.3.8.

Les épaisseurs de recouvrement de l'armature des tuyaux en béton armé sont définies au tableau X9 et dépendent des classes d'expositions.

Afin de garantir le recouvrement minimal, les dimensions nominales c_{nom} indiquées dans la colonne 3 doivent servir de base à la conception et la réalisation de l'armature. Elles se composent des mesures minimales c_{min} et d'une valeur dérivée, qui équivaut, en règle générale, à 10 mm.

Le recouvrement nominal doit être indiqué dans les notes des calculs statiques ou dans les plans ferrailage et sert de preuve de stabilité.

Si lors de la confection, des mesures spécifiques sont prises pour protéger l'enrobage, les valeurs nominales indiquées peuvent être réduites de 5 mm.

Tableau X9 — Recouvrement

| Classes d'exposition selon la norme EN 206-1:2001 et le DNA EN 206 | Conditions ambiantes d'agression chimique | Enrobage en mm | |
|--|--|------------------------------|------------------------------|
| | | Dimension minimale c_{min} | Dimension nominale c_{nom} |
| XC2 | Tuyaux en béton armé posés sous eau ou sous terre. | 15 | 25 |
| XC4 ou XA1 | Tuyaux en béton armé exposés à une pénétration variable d'humidité ou à un environnement chimique faiblement agressif. | 20 | 30 |
| XA2 | Tuyaux en béton armé exposés à un environnement chimique modérément agressif. | 25 | 35 |

5.2.3. Résistance à l'écrasement

En complément aux exigences du 4.3.5, un tuyau en béton armé, dans les conditions d'essai définies en 6.4, doit également résister à une charge d'épreuve (fissuration) F_C de $0,67 F_n$ sans laisser apparaître, à la surface du béton tendu, de fissure stabilisée de plus de 0,3 mm sur une longueur continue de 300 mm ou plus.

La résistance à la traction par la traction par flexion annulaire (Ringbiegezugfestigkeit), sur base de la charge d'essai (fissuration), sous la forme d'une moyenne ou de quantiles de 5% ne peut, compte tenu du facteur f_R/α_K , être inférieure à la contrainte de comparaison des tuyaux (Rohrvergleichsspannung)(voir § 5.2.5).

$$\sigma_{VR} = \sigma_{BZR} f_R/\alpha_K$$

Sachant que

$$\sigma_{VR} = \text{contrainte de comparaison des tuyaux (Rohrvergleichsspannung)}$$

$$f_R = \text{facteur de correction selon l'illustration X5}$$

$$\sigma_{BZR} = \text{résistance à la traction par flexion annulaire exprimée en N/mm}^2$$

$$\alpha_K = (3 d_1 + 5 t)/(3 d_1 + 3 t)$$

d_1 = diamètre intérieur du tuyau

t = épaisseur de paroi

5.2.4. Conformité des tuyaux soumis à une charge d'épreuve (fissuration)

Les tuyaux en béton armé soumis uniquement à la charge d'épreuve (charge de fissuration) selon 6.4 et satisfaisant aux spécifications de 5.2.3 sont conformes à la présente norme européenne.

NOTE En raison des conditions précises de mise en œuvre, l'entrepreneur peut décider d'utiliser un tuyau de fonçage en béton armé (voir 5.3) soumis avec succès à un essai d'écrasement à la charge d'épreuve (fissuration) afin de compléter une canalisation réalisée par fonçage.

5.2.5. Attestation de limitation de l'ouverture des fissures

Une attestation de limitation de l'ouverture d'une fissure apparue sur un élément en béton armé, conformément à la norme ENV 1992-1-1, n'est pas requise lorsque l'atténuation de la formation de la fissure est certifiée à l'état I (à savoir, dans l'hypothèse du participation du béton dans la zone de traction, lorsque le tuyau est soumise à la charge utile).

La contrainte de comparaison des tuyaux est calculée selon l'équation

$$\sigma_{VR} = f_R (\sigma_N + \sigma_M)$$

sous charge utile, à l'état I, ne peut dépasser la contrainte maximale de comparaison des tuyaux

$$\max. \sigma_{VR} = 6 \text{ N/mm}^2$$

pour les classes de résistance du béton égales ou supérieures à C40/50 en vertu de la norme EN 206-1 et du DNA EN 206, à moins que l'essai de résistance à l'écrasement ne produise une valeur supérieure à des quantiles de 5%.

Sachant que

σ_{VR} contrainte de comparaison des tuyaux (Rohrvergleichsspannung)

σ_N contrainte issue des efforts normaux (N), sous forme de contrainte de compression négative ($\sigma_N = N/A_i$);

σ_M contrainte de traction par flexion issue des moments de flexion (M). Il s'agit uniquement d'appliquer la contrainte positive de traction ($\sigma_M = M/W_i$);

f_R facteur de correction, dépend du rapport σ_n/σ_m et de l'épaisseur des parois t , selon l'illustration 5 ;

A_i Section de coupe droite idéale;

W_i moment idéal de résistance de la paroi du tuyau, sachant que les aires de section de l'armature sont à considérer, dans le cadre du module d'élasticité, avec $n = 15$.

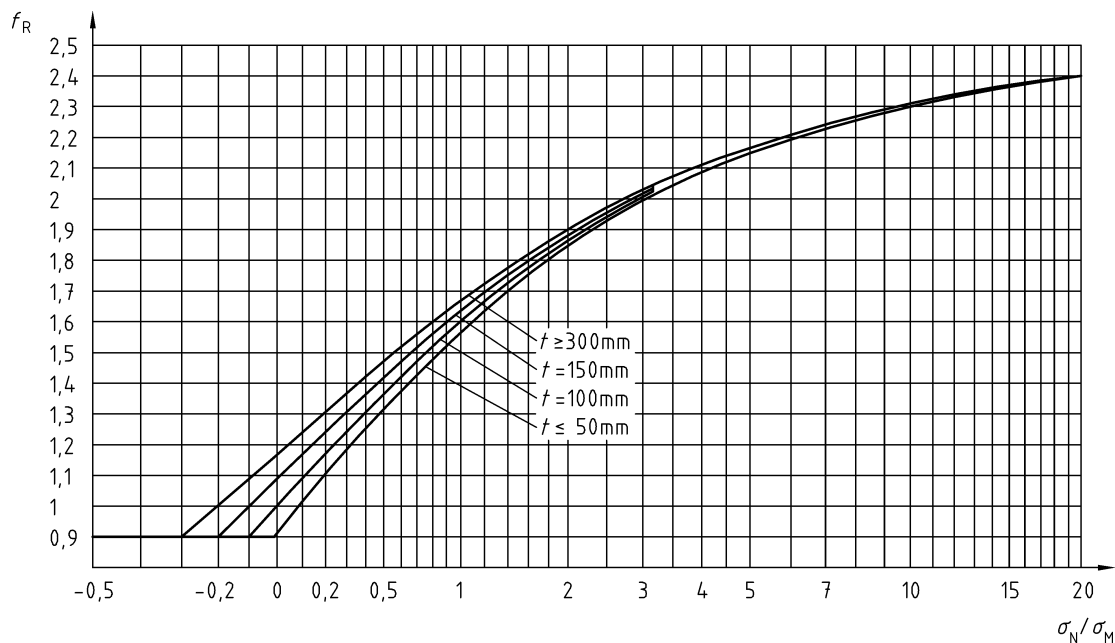


Figure X5 — Facteur de correction F_r

5.2.6. Dimensionnement des armatures

A l'état II, à savoir sans tenir compte de la participation du béton dans la zone de traction, l'armature est dimensionnée sur base de la valeur de la résistance minimale à l'écrasement F_n (Voir classe de résistance au tableau 7), conformément aux règles applicables aux dimensionnement en béton armé et portant sur le moment lors de l'essai de résistance à l'écrasement.

$$M = (0,30 F_n + 0,07 G_p) r_m \text{ pour les éléments à section circulaire}$$

Sachant que

$$G_p \quad \text{poids du tuyau exprimé en kN/m}$$

5.2.7. Attestations des forces de déviations (Umlenkkraft)

En parallèle des prescriptions de la norme ENV 1992-1-1 si le dimensionnement est réalisé conformément au paragraphe 5.2.6 et qu'aucune transposition des charges (rotations) ne se produit lors de l'essai de rupture, tant pour les tuyaux en béton armé de forme circulaire que pour les éléments de section ovoïde et à mors ainsi que les pièces complémentaires, aucune certification des forces de déviation n'est requise.

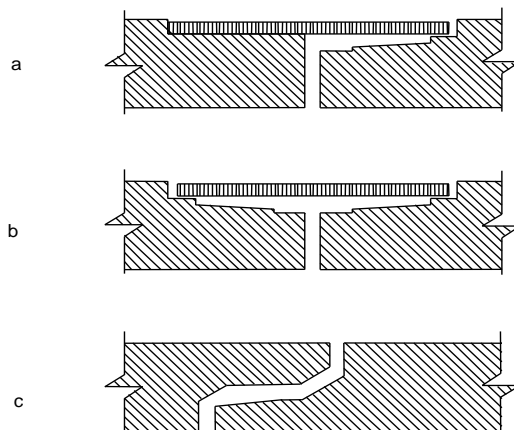
5.3. Tuyaux de fonçage

5.3.1. Assemblages

5.3.1.1. Généralités

Les assemblages des tuyaux de fonçage doivent être souples et contenus dans l'épaisseur de la paroi, du type à mi-épaisseur ou à emboîtement sous manchette (voir en Figure 4). Ils doivent être conçus de manière à comporter une ou plusieurs garnitures d'étanchéité. Toutes les surfaces de l'assemblage qui transmettront la charge durant la mise en œuvre doivent être planes et exemptes d'irrégularités qui pourraient provoquer des concentrations de contraintes locales élevées.

NOTE L'angle calculé à partir de la déviation angulaire (voir E.5.2) n'est pas nécessairement celui qui peut être accepté lors des opérations de fonçage. Une consultation entre poseur et fabricant est recommandée.



Légende

- a) Manchette scellée
- b) Manchette libre
- c) Assemblage à mi-épaisseur

NOTE Les garnitures d'étanchéité ont été omises pour plus de clarté.

Figure 4 — Exemples d'assemblages dans l'épaisseur de la paroi

Lors des travaux de fonçage exécutés dans les règles de l'art, les assemblages des tuyaux de fonçage doivent pouvoir subir les contraintes longitudinales liées au fonçage et aux forces transversales provenant des mouvements de commande, et servent simultanément, en cas de besoin, à l'étanchéité contre l'infiltration des agents de stabilisation et de lubrification. En outre, les assemblages doivent être étanches à long terme et plus particulièrement,

— En phase de construction, le cas échéant, aux eaux de la nappe phréatique et à l'air comprimé ;

— En service, sur toute la durée d'utilisation prévue, à la pression hydrostatique exercée de l'intérieur et le cas échéant, de l'extérieur.

Les tuyaux de fonçage en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé peuvent être décoffrés immédiatement après fabrication ou être conservés en coffrage. Ces deux procédés de fabrication des éléments sont équivalents. En matière de rugosité des parois et de résistance à l'abrasion, les dispositions aux paragraphes 4.3.11 et 4.3.12 sont à appliquer.

5.3.1.2. Manchettes

Les manchettes doivent être fabriquées à partir de tôles d'acier de construction soudable, d'acier inoxydable ou de plastique armé.

NOTE Les manchettes en acier de construction soudable peuvent être sujettes à corrosion sous l'action du sol, de la nappe phréatique ou des effluents transportés. Dans le cas d'un risque de corrosion prévu par le prescripteur, il convient que l'assemblage comportant ce type de manchette soit conçu pour permettre la mise en œuvre d'une garniture d'étanchéité secondaire, à installer sur le chantier par le poseur, par exemple un matériau d'étanchéité approprié.

Les instructions d'exécution et les caractéristiques géométriques (y compris les tolérances dimensionnelles) des assemblages doivent impérativement figurer dans les documents de fabrication.

L'illustration X6 livre un exemple de réalisation d'un assemblage pour élément de fonçage en béton ou béton armé.

5.3.2. Résistance du béton

Les tuyaux de fonçage de type 1 & 2 doivent, au minimum, appartenir à la classe de résistance C40/50.

5.3.2.1. Généralités

La valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton, f_{ck} des tuyaux de fonçage doit être vérifiée par des essais conformément à 6.8. La valeur vérifiée ne doit pas être inférieure à la valeur caractéristique déclarée par le fabricant pour le calcul, telle qu'elle figure sur les documents de fabrication.

5.3.2.2. Valeur prescrite de la résistance

La résistance caractéristique déclarée par le fabricant dans les documents de fabrication ne doit pas être inférieure à 40 MPa (N/mm²).

5.3.3. Enrobage

L'enrobage minimal des tuyaux de fonçage en béton armé, tel qu'il est requis par 5.2.2, doit être augmenté de 5 mm sur les parements extérieurs destinés à être en contact permanent avec le sol.

Il ne doit pas y avoir d'acier dans la couverture béton des tranches d'assemblage transmettant la charge pendant la mise en œuvre.

Les données indiquées au paragraphe 5.2.2 s'appliquent à l'enrobage, sachant que les valeurs données pour la surface extérieure doivent être relevées de 5 mm dans le cas de tuyaux de fonçage.

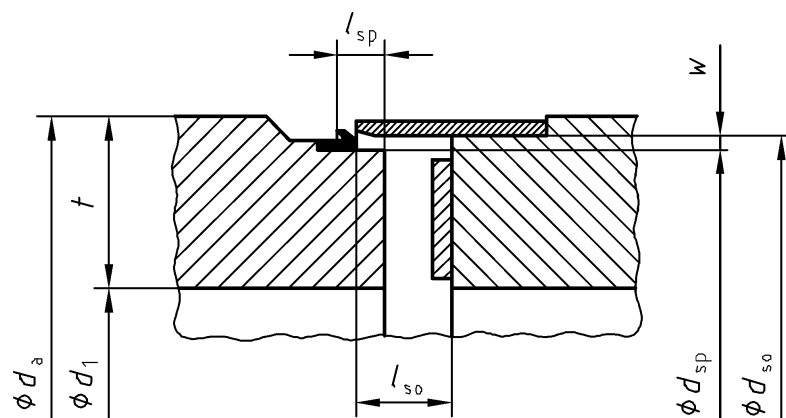


Illustration X6 — Exemple d'assemblage équipé d'une manchette scellée pour tuyaux en béton armé, béton de fibres métalliques acier et béton non armé

5.3.4. Force de poussée

La force de poussée pour laquelle chaque tuyau de fonçage a été conçu (force de poussée théorique admissible F_j) doit être déclarée et tenue à disposition par le fabricant. Cette force ne doit pas être supérieure à la force maximale déterminée par un calcul de résistance mécanique conformément à l'annexe B.

La contrainte maximale résultant des paramètres de mise en œuvre adoptés par le fabricant ne doit pas dépasser 60 % de la résistance caractéristique du béton déclarée par lui (voir annexe B).

NOTE La force de poussée théorique admissible déclarée par le fabricant ou calculée conformément à l'annexe B ne tient compte d'aucun des coefficients de sécurité utilisés par le poseur pour tenir compte de la méthode de fonçage, de la déviation des tuyaux, de la nature du sol, des aléas éventuels et de la distribution des contraintes sur la face de poussée (voir Figure B.1).

5.3.5. Caractéristiques géométriques, tolérances dimensionnelles et marquage

5.3.5.1. Généralités

Les tolérances dimensionnelles pour les tuyaux de fonçage doivent être conformes aux valeurs énumérées aux tableaux X10 à X12. Si aucune tolérance n'est définie dans la présente norme, les documents de fabrication doivent préciser ces valeurs. Le marquage et l'illustration sont repris au paragraphe 4.3.3.4.1.

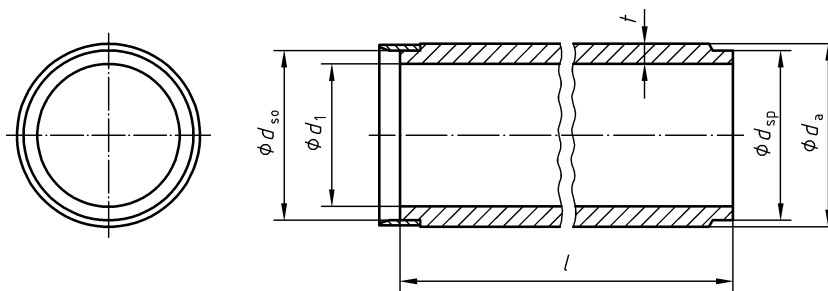


Illustration X7 — Exemple de tuyau de fonçage en béton armé à section circulaire équipé d'un manchon

Marquage d'un tuyau de fonçage (VT) en béton armé (Sb) de type 2, à section circulaire, équipé d'un manchon (VM), diamètre nominal DN 1 200, longueur $l = 2\,500$ mm

Sb-VT-VM 1200 × 2 500 - Typ 2 - DNA EN 1916

Tableau X10 — Tolérances dimensionnelles des tuyaux de fonçage

Millimètres

| Diamètre nominal DN | Tolérances dimensionnelles | |
|------------------------|---|--|
| | Diamètre extérieur du tuyau d_a | Ecart de parallélisme des sections d'extrémité |
| ≤ 300 | $\begin{matrix} +0 \\ -8 \end{matrix}$ | 4 |
| 400 ... 1 000 | $\begin{matrix} +0 \\ -8 \end{matrix}$ | 6 |
| 1 100 ... 2 800 | $\begin{matrix} +0 \\ -14 \end{matrix}$ | 8 |
| $\geq 3 000$ | $\begin{matrix} +0 \\ -20 \end{matrix}$ | 10 |

5.3.5.2. Longueur

La longueur des éléments de fonçage exprimée en millimètres doit correspondre à un nombre entier divisible par 100. L'acheteur et le fabricant peuvent convenir de longueurs exceptionnelles. Les tolérances dimensionnelles pour la longueur figurent au tableau X11.

Tableau X11 — Tolérances dimensionnelles pour la longueur

Millimètres

| Diamètre nominal DN | Tolérances dimensionnelles |
|------------------------|--|
| ≤ 800 | ± 5 |
| > 800 bis 1 200 | ± 8 |
| > 1 200 | $\begin{matrix} +25 \\ -10 \end{matrix}$ |

5.3.5.3. Ecart de rectitude

Indépendamment de la longueur de l'élément, l'écart de rectitude de la génératrice extérieure ne peut dépasser les valeurs indiquées au tableau X12.

L'écart est mesuré sur l'ensemble de la longueur.

Tableau X12 — Tolérances dimensionnelles pour l'écart de rectitude

Millimètres

| Diamètre nominal DN | Tolérances dimensionnelles |
|------------------------|----------------------------|
| ≤ 1000 | ± 5 |
| > 1 000 bis 2 000 | ± 10 |
| ≥ 2 000 | ± 15 |

5.3.5.4. Ecart de perpendicularité des faces frontales

L'écart de se compose de la somme de l'écart de perpendicularité de l'ensemble du niveau de l'about mâle (mesuré au niveau des génératrices opposées) et de l'écart de perpendicularité dans l'épaisseur de paroi. Les tolérances énumérées au tableau X12 sont à appliquer.

5.3.6. Résistance à l'écrasement (Scheiteldruckfestigkeit)

Les valeurs minimales de résistance à l'écrasement (classe de résistance) se calculent pour les tuyaux de fonçage, sur base du dimensionnement minimal détaillé dans le document ATV-DVWK-A 161.

Les épaisseurs minimales des parois des éléments de fonçage en béton armé figurent à l'annexe L et sont également définies dans les documents de fabrication.

5.3.7. Armatures

Les tuyaux de fonçage en béton armé dont l'épaisseur des parois > 100 mm doivent être équipés d'une armature à deux couches.

Les anneaux de l'armature interne et externe aux deux extrémités du tube doivent être séparés par un écart de 50 mm sur une longueur de 400 mm. La pose d'étriers aux extrémités du tube n'est, par conséquent, pas nécessaire.

Dans des conditions normales, l'écart entre les barres longitudinales adjacentes ne peut dépasser 250 mm.

Par ailleurs, les données énoncées au § 5.2.1 sont à appliquer.

5.3.8. Essais d'étanchéité

En complément des instructions du § 4.3.7, l'essai est effectué de façon à tester l'étanchéité entre le tuyau de fonçage et le manchon en acier en même temps.

5.4. Tuyaux avec orifice d'entrée

L'assemblage pour le raccordement à un tuyau avec orifice d'entrée doit être conçu de manière à assurer la conformité à 4.3.7. La surface intérieure de l'orifice d'entrée ne doit pas comporter de bavures.

6. Méthodes d'essai des produits finis

6.1. Généralités

6.2 à 6.8 inclus s'appliquent à l'évaluation de la conformité pour tous les éléments, sauf mention contraire dans le Tableau 5.

Tableau 5 — Récapitulation des prescriptions concernant les essais

| Paragraphe | Exigences | Tuyaux | | Pièces complémentaires | | | | |
|-----------------------|---|------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------|
| | | Tuyau | Tuyau de fonçage | Tuyau de raccordement | Tuyau avec orifice d'entrée | Tuyau avec branchement | Élément de réduction, adaptateur | Coude |
| 4.2.6.1 | Absorption d'eau | T/R | T/R | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a |
| 4.3.2 | Contrôle visuel de l'aspect de surface | T/R | T/R | T/R | T/R | T/R | T/R | T/R |
| 4.3.3 | Caractéristiques géométriques | | | | | | | |
| | – éléments | T/R | T/R | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a |
| | – profils des assemblages | T/R | T/R | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a |
| 4.3.4 | Assemblages et garnitures d'étanchéité ^b | T | T | T ^c | T ^c | T ^c | T ^c | T ^c |
| 4.3.5 | Résistance à l'écrasement | T/R | T/R | T/R ^a | T/R | - | - | - |
| 4.3.6.1 | Résistance à la flexion longitudinale | T ^d | T ^d | - | T ^d | - | - | - |
| 4.3.7 | Étanchéité à l'eau : | | | | | | | |
| | – essai hydrostatique | T/R ^e | T/R ^e | T/R ^e | T/R ^f | T/R ^f | T/R | T/R ^g |
| | – essai sur assemblage | T/R | T/R | T/R ^g | T/R ^h | T/R ^h | T/R ^h | T/R ^h |
| 5.2.1, 5.2.2 et 5.3.3 | Armatures et enrobage | T/R | T/R | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a | T/R ^a |
| 5.3.2.1 | Résistance des carottes | - | T/R | - | - | - | - | |

T signifie essai de type initial ;

R signifie essai dans le cadre de la surveillance continue ;

^a non applicable aux pièces complémentaires fabriquées à partir de tuyaux ou de parties de tuyaux conformes à la présente norme européenne ;

^b Annexe A non applicable lorsque la méthode 3 en 4.3.4.2 est adoptée ;

^c non applicable aux pièces complémentaires ayant la même conception de l'assemblage que les tuyaux ;

^d non applicable aux tuyaux > DN 250, ni aux tuyaux □ DN 250 dont la longueur intérieure du fût ne dépasse pas six fois le diamètre extérieur ;

^e non applicable aux éléments ayant une épaisseur de paroi théorique > 125 mm ;

^f pour des raisons de sécurité, non applicable aux éléments pour lesquels le tuyau principal a une dimension nominale > DN 800 ou les branchements une dimension nominale > DN 300 ;

^g pour des raisons de sécurité, non applicable aux coudes > DN 300 ;

^h au choix du fabricant, non applicable aux pièces complémentaires ayant la même conception de l'assemblage que les tuyaux.

6.2. Profils des assemblages

La conformité des dimensions critiques des profils des assemblages et de leurs tolérances doit être évaluée par rapport aux documents de fabrication.

6.3. Armatures

Découper un morceau d'une partie intacte d'un tuyau en béton armé ayant été soumis à un essai à la rupture, tel qu'il est requis dans le cadre d'un essai de type initial ou d'un essai régulier, de manière à pouvoir examiner à la fois les armatures périphériques et les armatures longitudinales et à évaluer la conformité de l'enrobage aux exigences de 5.2.1, 5.2.2 ou 5.3.3 selon le cas.

6.3.1. Position et pourcentage d'armatures

L'espacement et le pourcentage d'armatures périphériques doivent être mesurés sur une longueur d'au moins 1 m, la conformité aux documents de fabrication et à 5.2.1 devant ensuite être vérifiée. La conformité à 5.2.1 de la distance entre les armatures périphériques et l'extrémité de l'about mâle ou de l'about femelle doit également être vérifiée.

La conformité des armatures longitudinales aux documents de fabrication (lorsqu'elles existent) doit elle aussi être vérifiée.

6.3.2. Enrobage

L'armature doit être dégagée, l'enrobage mesuré et la valeur minimale notée au millimètre près. La conformité de l'enrobage à 5.2.2 ou à 5.3.3 selon le cas, doit alors être vérifiée.

6.3.3. Essais sur les cages d'armature

La conformité de la cage d'armature aux documents de fabrication est attestée par le biais d'une inspection visuelle et de mesures de contrôle sur base d'un échantillonnage aléatoire avant le bétonnage.

Dans le cadre des inspections, des échantillons sont prélevés sur les cages d'armature. Un seul échantillon est prélevé par cage d'armature. Toutefois, en aucun cas, le prélèvement ne peut être réalisé sur l'extrémité d'un élément, afin de ne pas nuire à ses propriétés d'emploi.

Le nombre des essais et le choix de tiges à utiliser sont détaillés au chapitre 7.

6.3.4. Essais de la configuration de la surface (Etat et structure)

L'examen de la configuration de la surface doit respectivement satisfaire aux normes EN ISO 15630-1:2002-09 et EN ISO 15630-2:2002-09.

6.3.5. Essais de traction

L'essai de traction doit être réalisé sur des échantillons contenant au moins une tige transversale soudée, sachant que la section déterminée respectivement selon les normes EN ISO 15630-1:2002-09 & EN ISO 15630-2:2002-09 sert de base de calcul. La longueur des barres soumises à l'essai entre les mordaches doit être au moins équivalente à $20 d_s$, mais ne peut être inférieure à 180 mm.

La limite d'élasticité, la résistance à la traction et l'allongement à la rupture A_{10} doivent être déterminés selon les normes EN 10002-1 & EN 10002-5. Si la barre d'armature ne présente aucune limite d'élasticité caractéristique, il convient d'utiliser la limite d'allongement 0,2%.

Avant examen, l'acier d'armature formé à froid est chauffé et maintenu à une température de 250° durant 30 minutes pour ensuite être refroidi à l'air, à température ambiante (maturation artificielle).

6.3.6. Essais des soudures

Pour les barres plus épaisses, un essai de pliage doit être réalisé dans le sens des normes EN ISO 15630-1:2002-09 ou EN ISO 15630-2:2002-09, le point de soudure doit se situer dans la zone de traction. L'angle de pliage équivaut au minimum à 60°. Des amorces de fissuration ou un décollement partiel sont admis.

6.4. Résistance à l'écrasement

La (les) résistance(s) à l'écrasement doit (doivent) être déterminée(s) selon la (les) méthode(s) appropriée(s) spécifiée(s) à l'annexe C.

Les essais de résistance à l'écrasement doivent toujours être pratiqués sur un tuyau; y substituer un examen distinct de chaque segment du tube n'est pas autorisé.

6.5. Résistance à la flexion longitudinale

La résistance à la flexion longitudinale doit être déterminée conformément à l'une des méthodes spécifiées à l'annexe D, au choix du fabricant.

6.6. Etanchéité à l'eau

L'étanchéité à l'eau des éléments individuels et des assemblages doit être déterminée selon les méthodes spécifiées à l'annexe E.

6.6.1. Tuyaux de type 1 pour environnement chimique faiblement agressif

Voir EN 1916.

6.6.2. Tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

6.6.2.1. Essais sur séries

L'étanchéité à l'eau (essais sur séries avec l'eau) de chaque tuyau en béton non armé, béton fibré acier et béton armé de type 2 \leq DN 800 doit être effectuée. La durée de l'essai, les modifications autorisées de pression et le temps de stabilisation éventuel sont définis dans les documents de fabrication.

En accord avec le contrôle externe, l'usine retient d'une méthode d'essai appropriée.

6.6.2.2. Essais sur assemblage

L'essai par humidification des lignes de tubes se déroule selon les schémas d'épreuve suivants :

— Un contrôle sur trois éléments et deux raccords;

— Deux essais sur une combinaison de deux éléments et un raccord. Des tuyaux différents sont impérativement utilisés pour chaque essai.

Le dispositif de contrôle doit être, au moins, équipé d'une tubulure d'alimentation et d'un évent verrouillables ainsi que d'un branchement pour la mesure de la pression.

Avant essai, les éléments sont remplis d'eau et entreposés pendant au moins 24 heures. De même les surfaces externes doivent être maintenues humides.

Cinq minutes après le réglage de la pression d'essai à $1,0 \pm 0,01$ bar de surpression, exercée sur l'axe tubulaire, le chronométrage de l'essai débute. Au début de la période d'essai, la pression d'essai est à nouveau ajustée. Durant toute la durée de l'épreuve, la pression d'essai est maintenue constante.

La période d'essai dure 15 min. La quantité d'eau ajoutée est mesurée (voir tableau X8).

L'examen des éléments > DN 2200 peut, dans le cadre des contrôles de production pratiqués en usine, être réalisé sous la forme alternative d'un essai de manchon. La quantité d'eau ajoutée est calculée en fonction de surface de mouillage interne.

6.7. Absorption d'eau

L'absorption d'eau du béton doit être déterminée selon la méthode spécifiée à l'annexe F.

6.8. Résistance du béton des tuyaux de fonçage

6.8.1. Tuyaux posés en tranchée ouverte

L'essai de résistance à la compression effectué lors des contrôles de la production en usine (CPU) est pratiqué sur des éprouvettes conformément à la norme EN 12390-1, à condition qu'on ait démontré que les résultats soient corrélés et comparables à ceux obtenus sur des échantillons de béton prélevés sur les parois des produits (carottes). L'essai de résistance à la compression est réalisé par contrôle externe sur les carottes, en vertu des normes EN 12504-1 et prEN 13791.

6.8.2. Tuyaux posés par fonçage

La résistance à la compression du béton des tuyaux de fonçage doit être déterminée selon l'ISO 4012 et l'essai réalisé sur deux éprouvettes prélevées par carottage aux tiers de la longueur intérieure du fût; on calcule ensuite la valeur moyenne des deux résultats.

La hauteur des carottes doit être égale à leur diamètre ± 10 mm :

- lorsqu'on utilise des carottes d'un diamètre de $100 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, le résultat doit être exploité sans coefficient de conversion ;
- lorsqu'on utilise des carottes d'un diamètre de $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, on doit appliquer un coefficient de conversion égal à 0,9.

L'interpolation linéaire est admise pour les diamètres intermédiaires.

6.9. Etat de surface

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

L'état de surface tel que défini au § 4.3.2 doit être contrôlé par le biais d'une inspection visuelle et, le cas échéant, en effectuant des mesures.

L'examen est pratiqué sur un échantillon d'une surface de 500 x 500 mm délimitée sur la partie externe de l'élément de structure. Le choix de la surface la plus défavorable peut s'opérer par inspection visuelle. La mesure des dimensions des pores au diamètre le plus important se fait au moyen d'un réglet, tandis que la mesure des pores plus profonds exige l'emploi d'une aiguille rectiligne de 2 mm de diamètre.

Le diamètre et la profondeur sont mesurés avec un réglet et une aiguille de 2 mm de diamètre.

Sur toute la surface examinée, les dimensions des plus grands pores (étendue~longueur+profondeur) sont mesurées. Les résultats de ces mesures sont arrondis au millimètre entier.

6.10. Caractéristiques géométriques et tolérances dimensionnelles

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

Les différentes dimensions sont mesurées et arrondies au millimètre lors du relevé des valeurs minimales et maximales selon la méthode suivante :

- Diamètre intérieur d_1 du tuyau, sur la surface intérieure du tube, à environ 200 mm de son extrémité ;
- Epaisseur de la paroi t sur le tube, à environ 200 mm de l'extrémité du tube;
- Diamètre intérieur du manchon d_{SO} au niveau du emplacement du joint;
- Diamètre externe de l'extrémité du tuyau d_{sp} au niveau du logement pour la garniture d'étanchéité ou au milieu de la surface portante ;
- Ecart de rectitude de la surface interne par mesure de l'échantillon par rapport à une règle placée parallèlement à la génératrice;
- Longueur l sur la partie intérieure du tuyau;
- Ecart de parallélisme des sections d'extrémité à savoir différence de longueur de deux génératrices opposées;
- Diamètre externe des tuyaux de fonçage, par calcul fondé sur la mesure du diamètre du tuyau relevée à environ 50 mm de la zone d'assemblage et au milieu de la longueur.

7. Evaluation de la conformité

7.1. Généralités

Le système d'assurance de la qualité du fabricant doit être conforme aux spécifications de l'annexe G.

NOTE 1 Il est recommandé de démontrer la conformité à la présente norme européenne par une certification de produits réalisée par un organisme de certification agréé, conforme à l'EN 45011. Cependant, on attire l'attention sur le Tableau ZA.2 qui indique les paragraphes concernés par la décision de la Commission Européenne définissant le système d'attestation de la conformité à appliquer pour le marquage CE dans le contexte de la directive Produits de construction (89/106). Afin de ne pas soumettre le fabricant à une double procédure, la Commission a déclaré que si la plus sévère des deux était appliquée, l'autre, qui s'applique comme décrit en ZA.2, pouvait être considérée comme satisfaite.

NOTE 2 Lorsque les éléments sont certifiés par un organisme de certification agréé (et conforme à la norme EN 45011), aucun contrôle de réception par ou pour le compte du client n'est nécessaire, sauf en ce qui concerne le marquage.

7.2. Modes opératoires d'évaluation des produits

7.2.1. Généralités

Les modes opératoires sont les suivants :

- 1) essai de type initial du produit ;
- 2) contrôle de la production en usine ;
- 3) essais complémentaires d'échantillons en conformité avec le plan d'échantillonnage prescrit dans la présente norme européenne.

7.2.2. Essais de type initiaux

Les essais de type initiaux doivent être effectués pour démontrer la conformité des éléments à la présente Norme européenne : Les essais effectués antérieurement selon les prescriptions de la présente norme (même produit ou groupe spécifié de produits, mêmes caractéristiques, même méthode d'échantillonnage et essai identique ou plus exigeants) peuvent être pris en compte. Des essais de type initiaux doivent aussi être effectués :

- au démarrage d'une nouvelle fabrication ;
- chaque fois qu'il y a modification significative dans la conception, le type de matériau ou la méthode de fabrication.

L'essai de type initial consiste à prélever des échantillons dans la chaîne de fabrication (comme indiqué aux Tableaux H.1 et H.2) et à les soumettre à l'essai ou aux essais concernés. Pour que les exigences de l'essai de type initial soient satisfaites, il faut que l'ensemble des échantillons satisfasse aux exigences de la présente norme européenne.

Les résultats des essais de type initiaux ne peuvent pas être utilisés pour la surveillance continue.

Lorsque le matériel d'essai du fabricant a fait l'objet d'un étalonnage officiel, l'essai de type initial est normalement effectué avec ce matériel.

7.2.3. Contrôle de la production en usine

Le contrôle de la production en usine doit être basé sur un système d'assurance de la qualité tel que décrit à l'annexe G.

7.2.4. Essais complémentaires d'échantillons prélevés en usine

La conformité à la présente norme européenne doit être prouvée par prélèvement d'échantillons lors des essais de type initiaux et de la surveillance continue ultérieure, comme décrit ci-après. Les essais doivent être réalisés sur les échantillons à l'âge minimum déclaré par le fabricant pour la conformité à la présente norme. Pour les essais réguliers d'écrasement et d'étanchéité à l'eau (sur tuyau seul), le fabricant doit appliquer le contrôle régulier pour chaque type, dimension nominale et classe de résistance du tuyau, conformément aux spécifications de l'annexe I.

NOTE En plus de l'essai d'étanchéité à l'eau (sur tuyau seul) spécifié, le fabricant peut choisir de réaliser des essais réguliers à l'air ou au vide pour renforcer le contrôle de la production en usine.

7.2.5. Tâches relevant de l'organisme de certification

Lorsque la conformité à la présente norme européenne doit être démontrée par une certification de produits réalisée par un organisme de certification agréé, les tâches de celui-ci sont celles spécifiées à l'annexe J.

7.3. Supervision de la qualité des tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif

Paragraphe inséré en complément de la norme EN 1916 :

Afin de recevoir l'attestation de conformité des composants exigée au Grand Duché de Luxembourg, les tuyaux de type 2 conçus pour un « environnement chimique modérément agressif » doivent être fabriqués, inspectés et leur qualité supervisée dans le respect de la présente document et le EN 1916.

Chaque atelier de fabrication de tuyaux doit surveiller les propriétés des tuyaux et des pièces complémentaires. La portée et la fréquence de ces essais figurent au tableau X13.

Toute modification de la portée et de la fréquence des essais telles que définies au tableau 15 fait l'objet d'un accord avec l'organisme de inspection et n'est admise que si, lors de la supervision générale des relevés effectués lors des contrôles de la production en usine (CPU), aucune réclamation n'est formulée et si est prouvé que ces contrôles en usine sont suffisants pour l'atelier concerné.

En cas de résultat non satisfaisant, les mesures nécessaires doivent être prises sans attendre afin de remédier aux défauts constatés. Après avoir corrigé les défauts, il faut répéter les essais.

Les résultats des contrôles de la production en usine (CPU) doivent être enregistrés et exploités sous forme de calculs statistiques. Ils doivent être conservés durant une période minimale de cinq années.

Tableau X13 — Portée et fréquence des contrôles de la production en usine (CPU) pour les tuyaux de type 2

| Essai | Critères au § | Méthode au § | Fréquence | |
|--------------------------------------|--|-----------------|--|---|
| Résistance du béton à la compression | 4.2.2 | 6.8 | 3 cubes par semaine de mélanges différents | |
| Aspect de surface des éléments | 4.3.2 | 6.9 | Examen visuel d'un tuyau par semaine, mesure des pores sur échantillon choisi de façon aléatoire | |
| Caractéristiques géométriques : | Tuyaux | 4.3.3 | 6.10 | Un tuyau par semaine pour chaque groupe de diamètre nominal produit |
| | Tuyaux de fonçage | 5.3.5 | 6.10 | |
| Etanchéité à l'eau : | Essais sur séries avec l'eau | 4.3.7.2.1 | 6.6.2.1 | Tout tuyau fini \leq DN 800 |
| | Calibrage de l'équipement d'essai sur séries | 6.6.2.1 | 6.6.2.2 | Un essai d'assemblages par mois et par type pour des diamètres nominaux différents |
| | Tuyaux pour environnement chimique modérément agressif | 4.3.10 5.3.8 | 6.6.2.2 | Groupe de diamètre nominal 1 & 2 : Un essai d'assemblages par semaine avec variation des diamètres produits Groupe de diamètre nominal 3 : Un essai d'assemblages par semaine lors d'une fabrication de produits faisant partie de ce groupe de diamètre nominal |
| Armature : | Cage d'armature | 5.2.1 5.3.7 | 6.3.3 | Deux cages d'armature par journée de production |
| | Configuration de surface | 5.2.1 | 6.3.4 | Sur échantillon aléatoire |
| | Essai de traction | 5.2.1 | 6.3.5 | Pour chaque poste de soudure, prélèvement de cinq échantillons, répartis sur une période d'un mois |
| | Essai des soudures | 5.2.1 | 6.3.6 | Pour chaque poste de soudure, prélèvement de dix échantillons, répartis sur une période d'un mois |

Les essais sont réalisés chez le fabricant dans la mesure où les équipements de contrôle calibrés et étalonnés indispensables sont présents sur le site.

Lorsqu'un échantillon prélevé sur une série d'essais ne répond pas aux exigences posées, l'essai est répété. En l'occurrence, le nombre d'échantillons prélevés est doublé et chacun doit remplir tous les critères définis.

8. Marquage

Chaque élément ou, lorsque cela n'est pas possible, chaque unité de colisage, doit être marqué de façon durable et claire, l'identification de l'élément (des éléments) devant être réalisée de telle sorte qu'aucun doute ne soit possible.

Le marquage doit comporter au minimum les informations suivantes :

- nom du fabricant, marque commerciale ou marque distinctive, ainsi que lieu de fabrication
- numéro de la présente norme européenne, EN 1916 ;
- date de fabrication ;

- d) identification du matériau constituant l'élément ;
- e) identification de tout organisme de certification tiers concerné ;
- f) classe de résistance (telle que confirmée selon annexe I) ;
- g) identification des conditions d'emploi autres que les conditions normales ;
- h) identification de l'utilisation particulière prévue, le cas échéant.
- i) la mention « CISAILLEMENT RÉDUIT » si la méthode 4 a été utilisée pour démontrer la durabilité de l'assemblage.

NOTE Lorsque les exigences de ZA.3, en matière de marquage, demandant les mêmes informations que celles du présent chapitre, les exigences du présent chapitre sont remplies.

En plus des données prescrites par la norme EN 1916, les informations suivantes doivent figurer de façon lisible et durable sur les tuyaux et pièces complémentaires répondant aux normes EN 1916 et DNA EN 1916

j) DNA EN 1916,

k) respectivement la dénomination type 1 (pour environnement chimique faiblement agressif) ou type 2 (pour environnement chimique modérément agressif),

l) HS

m) les abréviations de type, section et assemblage énumérées au tableau 2.

Par l'apposition de ce marquage, le fabricant certifie que les tuyaux et pièces complémentaires satisfont à la norme EN 1916 et au DNA EN 1916 apparenté.

9 Bordereaux de livraison

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

Tous les bordereaux de livraison indiquent, aux côtés des données prescrites par la norme EN 1916 (a à i) et celles énumérées ci-dessus (k à n), les informations suivantes :

n) Jour de livraison.

Annexe A (normative)

Méthodes d'essai et de calcul pour les garnitures d'étanchéité

A.1. Symboles

Les symboles utilisés dans la présente annexe ont la signification suivante :

- b_t largeur comprimée effective, en millimètres ;
- d_{SO} diamètre intérieur nominal de l'about femelle, en millimètres ;
- d_{SP} diamètre extérieur nominal de l'about mâle, en millimètres ;
- d_{SOS} diamètre intérieur nominal de l'about femelle au niveau du dispositif mécanique limitant la déformation (est égal à d_{SO} en l'absence d'un tel dispositif dans l'about femelle), en millimètres ;
- d_{SPS} diamètre extérieur nominal de l'about mâle au niveau du dispositif mécanique limitant la déformation (est égal à d_{SP} en l'absence d'un tel dispositif sur l'about mâle), en millimètres ;
- E module d'élasticité du caoutchouc de la garniture d'étanchéité, en méga pascals ;
- F effort de serrage, en newtons ;
- F_d charge unitaire répartie supposée résulter de l'application de la charge de cisaillement spécifiée, en newtons par millimètre ;
- F_e effort de serrage par unité de longueur, en newtons par millimètres ;
- F_s charge de cisaillement spécifiée, en kilo newtons ;
- f pression moyenne appliquée à l'éprouvette, en méga pascals (newtons par millimètres carrés) ;
- h_m hauteur de la garniture d'étanchéité en place, égale à $h_j/\sqrt{1+\varepsilon}$, en millimètres,
où
 - h_j est la hauteur nominale de la garniture d'étanchéité, en millimètres ;
 - H est l'allongement relatif de la garniture d'étanchéité en place, égal à $(l_2 - l_1)/l_1$;
 - l_1 est la longueur de la garniture d'étanchéité avant mise en place, en millimètres ;
 - l_2 est la longueur de la garniture d'étanchéité après mise en place, égale à $\square\pi(d_{SP} + h_j)$, en millimètres ;
- K est le facteur combiné de tolérance
- l_t longueur de l'éprouvette, en millimètres ;
- R_a écart arithmétique moyen de l'état de surface, en micromètres ;
- δ_{max} déformation maximale, en pour cent ;
- δ_{min} déformation minimale, en pour cent ;
- δ_1 déformation minimale, abstraction faite de la charge de cisaillement, en pour cent ;
- δ_2 déformation maximale, abstraction faite de la charge de cisaillement, en pour cent ;
- $\Delta\delta_{max}$ variation de la déformation maximale δ_2 causée par la charge de cisaillement, en pour cent.

$\Delta\delta_{\min}$ variation de la déformation minimale δ_1 causée par la charge de cisaillement, en pour cent.

A.2. Méthodes d'essai

A.2.1. Conditions d'application

Dans la présente annexe, l'indication « méthode 1 » et « méthode 2 » renvoie aux méthodes décrites en 4.3.4.2. Elle est applicable comme spécifié à toutes les garnitures d'étanchéité dont la durabilité de l'assemblage est à démontrer par la méthode 1 ou par la méthode 2. Dans le cas des garnitures intégrées au béton, l'essai est réalisé par rapport à la face opposée du profil de l'assemblage tandis que pour toutes les autres garnitures d'étanchéité, les deux faces doivent être prises en considération.

A.2.2. Principe

L'objet de cet essai est d'évaluer si la largeur comprimée effective et la pression moyenne sur une partie quelconque de la garniture intervenant dans la fonction d'étanchéité sur une section de la garniture d'étanchéité (méthode 1), ou sa déformation maximale (méthode 2) sont dans les limites spécifiées en 4.3.4.2. Avant de commencer l'essai spécifique de la garniture d'étanchéité et du profil de l'assemblage considéré, il est nécessaire de disposer du diagramme effort - déformation propre à cet assemblage.

Pour les besoins de l'essai, on admet que la charge de cisaillement spécifiée est répartie sur une longueur de garniture égale au diamètre ou à la largeur – selon la forme de la section intérieure – de l'assemblage au centre de l'espace annulaire nominal.

A.2.3. Appareillage

L'appareillage doit être conforme aux spécifications de la norme ISO 3384 ; cependant, les plaques du dispositif de compression doivent être constituées d'un matériau solide approprié et leur planéité et leur rugosité, mesurées lorsque le dispositif est démonté, doivent être précises respectivement à 0,05 mm et à 1,6 μm R_a près, tel que défini dans l'EN ISO 4287, appliqué en utilisant les règles de l'EN ISO 4288. Lorsque l'appareillage est assemblé, l'écartement entre les plaques doit être précis à $\pm 0,05$ mm près. De plus, le dispositif de compression doit avoir une forme telle que l'essai reproduise le fonctionnement de la garniture d'étanchéité dans l'assemblage correspondant, avec toute butée d'arrêt de cisaillement éventuelle, que la garniture soit intégrée ou non à l'élément.

Lorsque le profil de l'assemblage au droit de la garniture d'étanchéité ne comporte pas deux droites parallèles, il doit être reproduit en utilisant des profilés du même matériau que les plaques du dispositif de compression et en contact avec celles-ci. Les critères de planéité et de rugosité de surface pour les profilés sont les mêmes que ceux des plaques.

L'appareillage doit comporter des butées pour éviter le déplacement longitudinal de l'éprouvette pendant l'essai. Il n'est pas nécessaire de tenir compte de la courbure de l'assemblage réel. Les butées doivent être lubrifiées avec un lubrifiant au silicone ou au fluorosilicone comme décrit dans l'ISO 3384.

A.2.4. Préparation

Quel que soit l'essai, l'éprouvette doit être constituée d'un morceau de la garniture d'étanchéité considérée, d'une longueur de 100 mm \pm 1 mm ou de deux fois la largeur nominale de la garniture d'étanchéité, si celle-ci est supérieure. Toute partie de la garniture hors de la zone impliquée dans la fonction d'étanchéité peut être retirée de l'éprouvette, en même temps que toutes les parties destinées à être intégrées au béton; l'éprouvette peut alors être calée si nécessaire.

A.2.5. Modes opératoires

A.2.5.1. Établissement du diagramme effort – déformation

Le diagramme effort/déformation de la garniture d'étanchéité doit être établi quel que soit l'essai à une température ambiante de $20 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$, en utilisant l'appareillage et une éprouvette conformes respectivement à A.2.3 et A.2.4. L'éprouvette doit tout d'abord être déformée de 5 % et l'effort de serrage nécessaire mesuré et noté, puis le mode opératoire doit être répété par incréments successifs de 5 % comme prévu dans la conception de l'assemblage, sans toutefois dépasser 65 %. Pendant cette étape du mode opératoire, la vitesse d'application de la déformation ne doit pas dépasser 25 mm par minute. L'effort de serrage doit être mesuré pour chaque incrément de 5 % après stabilisation de l'éprouvette pendant une durée de $10 \pm 2 \text{ s}$.

Lorsque l'appareillage permet d'évaluer simultanément la déformation et la largeur comprimée effective, ces prescriptions peuvent être appliquées conjointement aux prescriptions du A.2.5.2.2.

A.2.5.2. Mode opératoire propre à une garniture d'étanchéité et un profil d'assemblage

A.2.5.2.1. Étape préliminaire

Pour la méthode 1 les valeurs F_d , l_2 , ε , h_m et δ_1 doivent tout d'abord être calculées à partir des équations ci-après, en utilisant, dans le cas d'éléments ovoïdes, la largeur WN des éléments pour d_{so} et d_{sp} :

$$F_d = F_s \times 1\,000 / [(d_{so} + d_{sp}) / 2];$$

$$h_m = h_j / \sqrt{1+\varepsilon};$$

où

$$\varepsilon = (l_2 - l_1) / l_1, \text{ et}$$

$$l_2 = \pi (d_{sp} + h_j);$$

$$\delta_1 = \left[2h_m - d_{so} + d_{sp} - \sqrt{(2\Delta h_j)^2 + \Delta d_{so}^2 + \Delta d_{sp}^2} \right] \times 100 / (2 \times h_m)$$

Le diagramme effort/déformation spécifique doit alors être utilisé pour déterminer la variation de la déformation minimale $\vartheta \Gamma_{\min}$ engendrée par un effort unitaire F_d , on calcule ensuite la déformation minimale Γ_{\min} à l'aide de l'équation suivante :

$$\Gamma_{\min} = \Gamma_1 - \vartheta \Gamma_{\min}$$

Pour la méthode 2, le mode opératoire doit être le même que pour la méthode 1, sauf que Γ_2 doit être calculé au lieu de Γ_1 à l'aide de l'équation suivante :

$$\delta_2 = \left[2h_m - d_{so} + d_{sp} + \sqrt{(2\Delta h_j)^2 + \Delta d_{so}^2 + \Delta d_{sp}^2} \right] \times 100 / (2 \times h_m).$$

Le diagramme effort/déformation spécifique doit alors être utilisé pour déterminer la variation de la déformation maximale $\vartheta \Gamma_{\max}$ engendrée par un effort unitaire F_d et on calcule ensuite la déformation maximale Γ_{\max} à l'aide de l'équation suivante :

$$\Gamma_{\max} = \Gamma_2 - \vartheta \Gamma_{\max}$$

A.2.5.2.2. Évaluation de la largeur comprimée effective (Méthode 1)

L'éprouvette doit être placée dans l'appareillage à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ et comprimée pour atteindre une déformation égale à $\square\Gamma_{\min}$; on note l'effort de serrage F et la largeur comprimée effective b_t mesurés.

Dans le cas où il n'est pas possible de mesurer la largeur comprimée effective lorsque l'éprouvette est dans l'appareillage, on doit prévoir un système permettant de laisser les marques de l'éprouvette comprimée sur le dispositif de compression (en insérant un papier carbone par exemple). Une fois la déformation Γ_{\min} atteinte, l'effort de serrage correspondant doit être noté, puis l'éprouvette déchargée. L'éprouvette doit alors être retirée du dispositif et on note la largeur comprimée effective mesurée à partir des marques laissées sur le dispositif de compression.

A.2.6. Expression des résultats

A.2.6.1. Largeur comprimée effective (méthode 1)

La largeur comprimée effective b_t est la largeur de la surface de contact entre le caoutchouc et le dispositif de compression, telle que mesurée en A.2.5.2.2.

A.2.6.2. Pression moyenne (méthode 1)

La pression moyenne f sur la partie de la garniture intervenant dans la fonction d'étanchéité doit être calculée à l'aide de l'équation :

$$f = F / (l_t \times b_t)$$

où

- f est la pression moyenne, en mégapascals (newtons par millimètre carré) ;
- F est l'effort de serrage nécessaire pour produire une déformation Γ_{\min} , en newtons ;
- l_t est la longueur de l'éprouvette, en millimètres ;
- b_t est la largeur comprimée effective, en millimètres.

A.2.6.3. Déformation maximale (méthode 2)

La déformation maximale Γ_{\max} est la valeur calculée conformément à A.2.5.2.1.

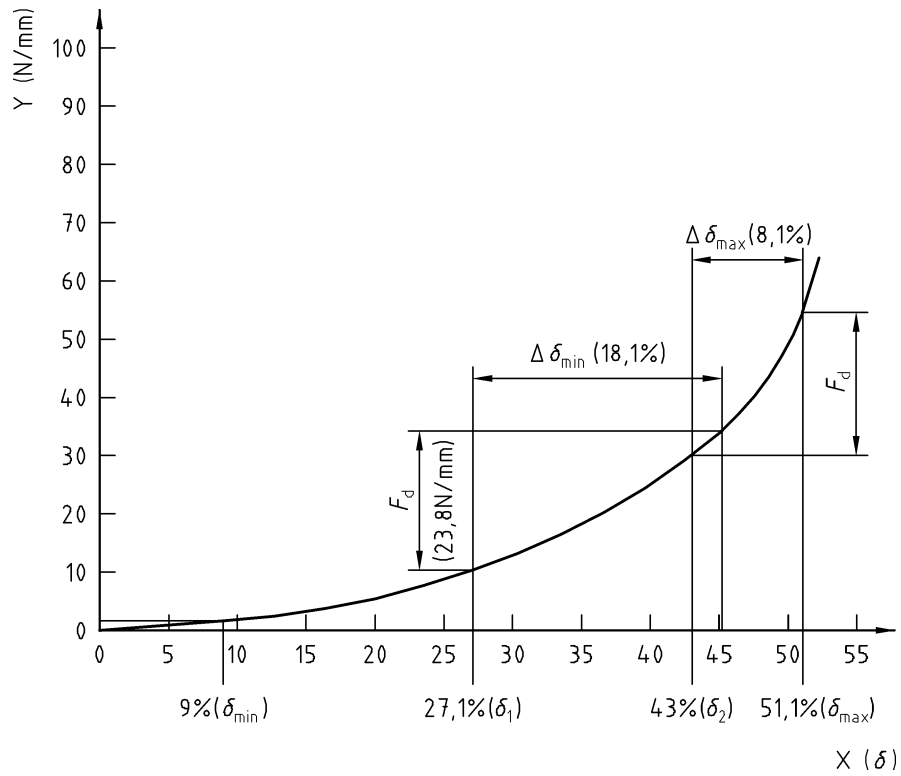
A.2.7. Exemples

A.2.7.1. Méthode 1

Le Tableau A.1 donne un exemple des modes opératoires à suivre pour évaluer la largeur comprimée effective ainsi que la pression moyenne sur la partie de la garniture intervenant dans la fonction d'étanchéité. Le diagramme effort/déformation associé, propre à la garniture d'étanchéité considérée, est donné par la Figure A.1 et n'est à utiliser que pour cet exemple.

A.2.7.2. Méthode 2

Le Tableau A.2 donne un exemple des modes opératoires à suivre pour évaluer la déformation maximale sur la partie de la garniture intervenant dans la fonction d'étanchéité. Le diagramme effort/déformation associé, propre à la garniture d'étanchéité considérée, est donné par la Figure A.1 et n'est à utiliser que pour cet exemple.



Légende

- 1 Force par unité de longueur de garniture
- 2 Déformation

Figure A.1 — Diagramme effort/déformation spécifique admis pour les exemples et pris en compte pour la détermination de $\Delta\delta_{\min}$ (méthode 1) ou $\Delta\delta_{\max}$ (méthode 2)

Tableau A.1 — Modes opératoires d'évaluations appliquées à l'exemple (méthode 1)

| 1) Hypothèses | | |
|----------------------------------|---|---|
| DN | dimension nominale | DN 1 000 |
| d_{so} | diamètre intérieur nominal de l'about femelle | 1 274,8 mm |
| d_{sp} | diamètre extérieur nominal de l'about mâle | 1 250,0 mm |
| Δd_{so} | tolérance sur le diamètre de l'about femelle | $\pm 1,2$ mm |
| Δd_{sp} | tolérance sur le diamètre de l'about mâle | $\pm 2,4$ mm |
| F_s | charge de cisaillement (0,03 x DN) kN | 30 kN |
| h_j | hauteur nominale de la garniture d'étanchéité | 20 mm |
| Δh_j | tolérance sur la hauteur de la garniture | $\pm 0,7$ mm |
| l_1 | longueur de la garniture d'étanchéité avant mise en place | 3 630 mm |
| 2) Formules et calculs | | |
| F_d | $F_s \times 1\,000 / [(d_{so} + d_{sp})/2]$ | $= 30 \times 1\,000 / [(1\,274,8 + 1\,250,0) / 2]$ 23,8 N/mm |
| l_2 | $\pi \square (d_{sp} + h_j)$ | $= \pi (1\,250 + 20)$ 3 990 mm |
| ε | $(l_2 - l_1) / l_1$ | $= (3\,990 - 3\,630) / 3\,630$ 0,10 |
| h_m | $h_j / (1 + \varepsilon \square)^{0,5}$ | $= 20 / (1 + 0,10)^{0,5}$ 19,1 mm |
| Γ_1 | $\{2h_m - d_{so} + d_{sp} - [(2\Delta h_j)^2 + \Delta d_{so}^2 + \Delta d_{sp}^2]^{0,5}\} \times 100 / 2h_m$ $= \{2 \times 19,1 - 1274,8 + 1250,0 - [(2 \times 0,7)^2 + 1,2^2 + 2,4^2]^{0,5}\} \times 100 / (2 \times 19,1)$ | 27,1 % |
| Γ_{min} | (i) déterminer $\vartheta \Gamma_{min}$ à partir du diagramme effort/déformation: (ii) $\Gamma_1 - \vartheta \Gamma_{min}$ | $= 27,1 - 18,1$ 18,1 % 9,0 % |
| b_t | min. 50 % de $(d_{so} - d_{sp}) / 2$ | $\geq 0,5 \times (1274,8 - 1250,0) / 2$ $\geq 6,2$ mm |
| 3) Mode opératoire et évaluation | | |
| Mode opératoire : | a) comprimer l'éprouvette (longueur $l_t = 100$ mm) pour obtenir une déformation minimale $\square \square \Gamma_{min}$ égale à 9,0% b) noter l'effort de serrage F ; c) mesurer la largeur comprimée effective b_t ; d) calculer $F / (l_t \times b_t)$ pour obtenir la pression moyenne f . | 200 N 10,5 mm 0,19 MPa (N/mm ²) |
| Prescriptions: | $b_t \geq 6,2$ mm; $f \geq 0,15$ MPa (N/mm ²). | Conforme Conforme |

Tableau A.2 — Modes opératoires d'évaluations appliquées à l'exemple (méthode 2)

| 1) Hypothèses | | | |
|--|---|--|-----------------|
| DN | dimension nominale | DN 1 000 | |
| D_{so} | diamètre intérieur nominal de l'about femelle | 1 274,8 mm | |
| D_{sp} | diamètre extérieur nominal de l'about mâle | 1 250,0 mm | |
| Δd_{so} | tolérance sur le diamètre de l'about femelle | $\pm 1,2$ mm | |
| Δd_{sp} | tolérance sur le diamètre de l'about mâle | $\pm 2,4$ mm | |
| F_s | charge de cisaillement (0,03 x DN) kN | 30 kN | |
| H_j | hauteur nominale de la garniture d'étanchéité | 20 mm | |
| Δh_j | tolérance sur la hauteur de la garniture | $\pm 0,7$ mm | |
| l_1 | longueur de la garniture d'étanchéité avant mise en place | 3 630 mm | |
| 2) Formules et calculs | | | |
| F_d | $F_s \times 1\ 000 / [(d_{so} + d_{sp}) / 2]$ | $= 30 \times 1\ 000 / [(1\ 274,8 + 1\ 250,0) / 2]$ | 23,8 N/mm |
| l_2 | $\square (d_{sp} + h_j)$ | $= \square (1\ 250 + 20)$ | 3 990 mm |
| ε | $(l_2 - l_1) / l_1$ | $= (3\ 990 - 3\ 630) / 3\ 630$ | 0,10 |
| H_m | $h_j / (1 + \varepsilon)^{0,5}$ | $= 20 / (1 + 0,10)^{0,5}$ | 19,1 mm |
| Γ_2 | $\{2h_m - d_{so} + d_{sp} + [(2\Delta h_j)^2 + \Delta d_{so}^2 + \Delta d_{sp}^2]^{0,5}\} \times 100 / 2h_m$ $= \{2 \times 19,1 - 1\ 274,8 + 1\ 250,0 + [(2 \times 0,7)^2 + 1,2^2 + 2,4^2]^{0,5}\} \times 100 / (2 \times 19,1)$ | | 43,0 % |
| Γ_{max} | (i) déterminer $\vartheta \Gamma_{max}$ à partir du diagramme spécifique effort/déformation : $= 43,0 + 8,1$ (ii) $\Gamma_2 + \vartheta \Gamma_{max}$ | | 8,1 % 51,1 % |
| 3) Évaluation | | | |
| Prescriptions: a) $\Gamma_{max} \leq 65\%$ | | Conforme | |

A.3. Méthode de calcul

A.3.1. Conditions d'application

La méthode de calcul ci-après n'est admise comme alternative à l'essai selon A.2 que lorsque la garniture d'étanchéité a une section transversale circulaire ou une section convexe autre, ne comporte pas d'alvéole (au moins dans la zone concernée par la fonction d'étanchéité) et est utilisée dans un assemblage comportant des dispositifs mécaniques limitant les déformations de la garniture à 65 % de sa hauteur initiale. Elle est toujours applicable lorsque la méthode 4 est utilisée pour démontrer la durabilité d'un assemblage.

A.3.2. Bases

Pour la méthode 1, la largeur comprimée effective b_l et la pression moyenne f sur une partie quelconque d'une garniture intervenant dans la fonction d'étanchéité doivent être calculées comme suit, en utilisant, dans le cas des tuyaux ovoïdes, la largeur correspondante WN pour les valeurs d_{so} , d_{sp} , d_{sos} et d_{sps} :

$$\delta_{min} = [2h_m - d_{so} + d_{sp} - d_{sos} + d_{sps} - K] \times 100 / (2h_m)$$

$$\delta_{max} = [2h_m - d_{so} + d_{sp} + d_{sos} - d_{sps} + K] \times 100 / (2h_m)$$

où

K est le facteur combiné de tolérance pour la méthode de calcul, en millimètres :

$$K = \sqrt{(2\Delta h_j)^2 + \Delta d_{so}^2 + \Delta d_{sp}^2 + \Delta d_{sos}^2 + \Delta d_{sps}^2}$$

avec

Δd_{so} tolérance sur le diamètre intérieur de l'about femelle, en millimètres ;

Δd_{sp} tolérance sur le diamètre extérieur de l'about mâle, en millimètres ;

Δd_{sos} tolérance sur le diamètre intérieur de l'about femelle au niveau du dispositif mécanique limitant la déformation (est égal à Δd_{so} en l'absence d'un tel dispositif dans l'about femelle), en millimètres ;

Δd_{sps} tolérance sur le diamètre extérieur de l'about mâle au niveau du dispositif mécanique limitant la déformation (est égal à Δd_{sp} en l'absence d'un tel dispositif sur l'about mâle), en millimètres ;

Δh_j tolérance sur la hauteur de la garniture, en millimètres ;

$$F_e = E \times h_m [1,25 (\delta_{\min}/100)^{3/2} + 50 (\delta_{\min} / 100)^6]$$

$$b_t = 0,5 h_m [\pi/2 - (1 - \delta_{\min}/100)^2] / [1 - \delta_{\min}/100]$$

$$f = F_e / b_t$$

NOTE La formule de calcul de la largeur comprimée effective b_t est empirique et n'est pas valable pour les déformations minimales Γ_{\min} inférieures à 5 % ; dans la pratique, cependant, ceci n'a pas d'importance.

Lorsqu'une garniture d'étanchéité est fabriquée sur la base d'un volume déterminé, Δh_j doit être supposé nul pour le calcul du facteur combiné de tolérance K .

Pour la méthode 2, Γ_{\max} doit être calculé à l'aide des indications correspondantes ci-dessus.

Pour la méthode 4, la déformation minimale Γ_1 , la déformation maximale Γ_2 et la largeur comprimée effective b_t doivent être calculées comme suit en utilisant, dans le cas des tuyaux ovoïdes, la largeur correspondante WN pour les valeurs d_{so} et d_{sp} :

$$\delta_1 = \left[2h_m - d_{so} + d_{sp} - \sqrt{(2\Delta h_j)^2 + \Delta d_{so}^2 + \Delta d_{sp}^2} \right] \times 100 / (2 \times h_m)$$

$$\delta_2 = \left[2h_m - d_{so} + d_{sp} + \sqrt{(2\Delta h_j)^2 + \Delta d_{so}^2 + \Delta d_{sp}^2} \right] \times 100 / (2 \times h_m)$$

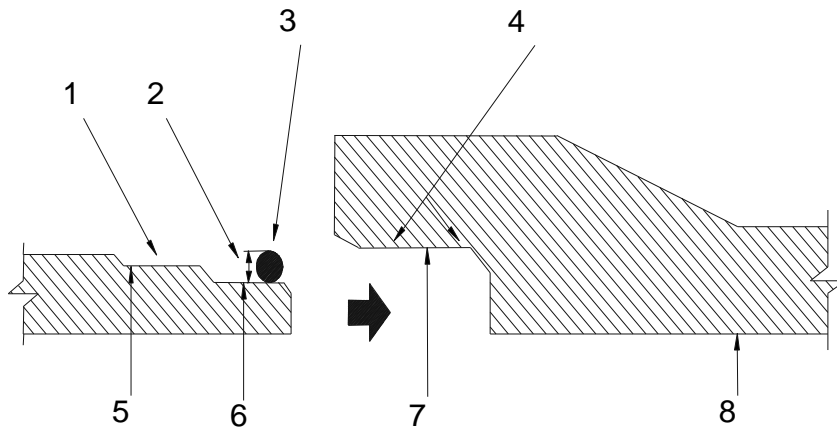
$$b_t = 0,5 h_m [\pi/2 - (1 - \delta_1 / 100)^2] / [1 - \delta_1 / 100]$$

A.3.3. Exemples

A.3.3.1. Méthode 1

Un exemple de la méthode de calcul de l'épaisseur comprimée effective et de la pression moyenne sur une zone quelconque de la garniture intervenant dans la fonction d'étanchéité est donné au Tableau A.3. Les hypothèses de base admises pour l'exemple apparaissent de manière schématique sur la Figure A.2.

NOTE Bien que les hypothèses concernant les tuyaux soient analogues, il n'y a pas lieu de s'attendre à une corrélation entre les valeurs de l'épaisseur comprimée effective et de la pression moyenne déterminées dans les exemples des Tableaux A.1 et A.2; dans le premier cas, en effet, il est supposé qu'il n'y a pas de butée d'arrêt de cisaillement en béton.



Légende

- 1 Butée d'arrêt de cisaillement en béton intégrée à l'about mâle
- 2 Hauteur appliquée h_m (19,1 mm)
- 3 Bague d'étanchéité « O ring » $h_j \pm \vartheta h_j$ (20 mm \pm 0,7 mm)
- 4 About femelle parallèle au fût, donc $d_{sOS} = d_{sO}$ et $\vartheta d_{sOS} = \vartheta d_{sO}$
- 5 $d_{sPS} \pm \vartheta d_{sPS}$ (1 270,4 mm \pm 2,0 mm)
- 6 $d_{sP} \pm \vartheta d_{sP}$ (1 250,0 mm \pm 2,0 mm)
- 7 (tous les deux 1 274,8 mm \pm 1,0 mm)
- 8 DN 1 000

Figure A.2

A.3.3.2. Méthode 2

Un exemple de la méthode de calcul pour évaluer la déformation maximale de la garniture intervenant dans la fonction d'étanchéité est donné au Tableau A.4. Le diagramme effort/déformation spécifique associé, propre à la garniture d'étanchéité considérée, apparaît à la Figure A.1 et n'est applicable qu'au présent exemple.

A.3.3.3. Méthode 4

Un exemple de la méthode de calcul de la déformation minimale, de la déformation maximale et de la largeur comprimée effective de la garniture est donné au Tableau A.5. Les hypothèses de base admises pour l'exemple sont essentiellement celles présentées schématiquement à la Figure A.2, abstraction faite de ce que l'about mâle n'a pas de butée de cisaillement en béton et que les tolérances sont ajustées en conséquence.

Tableau A.3 — Modes opératoires d'évaluations appliquées à l'exemple (Méthode 1)

| 1) Hypothèses | | |
|------------------------------|--|----------------------------------|
| DN | dimension nominale | DN 1 000 |
| - | assemblage comportant une butée d'arrêt de cisaillement en béton moulée sur l'about mâle (c'est-à-dire $d_{\text{sos}} = d_{\text{so}}$ et Δd_{sos}) | - |
| d_{so} | diamètre intérieur nominal de l'about femelle | 1 274,8 mm |
| D_{sp} | diamètre extérieur nominal de l'about mâle | 1 250,0 mm |
| d_{sps} | diamètre extérieur nominal de l'about mâle au niveau de la butée d'arrêt de cisaillement en béton | 1 270,4 mm |
| ∂d_{so} | tolérance sur le diamètre de l'about femelle | ± 1,0 mm |
| ∂d_{sp} | tolérance sur le diamètre de l'about mâle | ± 2,0 mm |
| ∂d_{sps} | tolérance sur le diamètre de la butée d'arrêt de cisaillement | ± 2,0 mm |
| h_j | hauteur nominale de la garniture d'étanchéité | 20 mm |
| ∂h_j | tolérance sur la hauteur de la garniture | ± 0,7 mm |
| l_1 | longueur de la garniture d'étanchéité avant mise en place | 3 630 mm |
| E | module d'élasticité du caoutchouc de la garniture (40 DIDC) | 1,50 MPa (N/mm ²) |
| 2) Formules et calculs | | |
| l_2 | $\pi(d_{\text{sp}} + h_j)$ = $\pi(1\,250 + 20)$ | 3 990 mm |
| ε | $(l_2 - l_1) / l_1$ = $(3\,990 - 3\,630) / 3\,630$ | 0,10 |
| h_m | $h_j / (1 + \varepsilon)^{0,5}$ = $20 / (1 + 0,10)^{0,5}$ | 19,1 mm |
| K | $[(2\partial h_j)^2 + \partial d_{\text{so}}^2 + \partial d_{\text{sp}}^2 + \partial d_{\text{sos}}^2 + \partial d_{\text{sps}}^2]^{0,5}$ = $[(2 \times 0,7)^2 + 1,0^2 + 2,0^2 + 1,0^2 + 2,0^2]^{0,5}$ | 3,46 mm |
| δ_{min} | $[2h_m - d_{\text{so}} + d_{\text{sp}} - d_{\text{sos}} + d_{\text{sps}} - K] \times 100 / 2h_m$ = $[2 \times 19,1 - 1\,274,8 + 1\,250,0 - 1\,274,8 + 1\,270,4 - 3,46] \times 100 / (2 \times 19,1)$ | 14,5 % |
| δ_{max} | $[2h_m - d_{\text{so}} + d_{\text{sp}} + d_{\text{sos}} - d_{\text{sps}} + K] \times 100 / 2h_m$ = $[2 \times 19,1 - 1\,274,8 + 1\,250,0 + 1\,274,8 - 1\,270,4 + 3,46] \times 100 / (2 \times 19,1)$ | 55,7 % |
| F_e | $E \times h_m [1,25 (\delta_{\text{min}}/100)^{1,5} + 50 (\delta_{\text{min}}/100)^6]$ = $1,50 \times 19,1 [1,25 \times (14,5/100)^{1,5} + 50 \times (14,5/100)^6]$ | 1,99 N/mm |
| b_t | $0,5 h_m [\pi/2 - (1 - \delta_{\text{min}}/100)^2] / [1 - \delta_{\text{min}}/100]$ = $0,5 \times 19,1 [\pi/2 - (1 - 14,5/100)^2] / [1 - 14,5/100]$ | 9,4 mm |
| f | F_e / b_t = $1,99 / 9,4$ | 0,21 MPa (N/mm ²) |
| b_t | min. 50 % of $(d_{\text{so}} - d_{\text{sp}}) / 2$ $\tau \leq 0,50 \times (1\,274,8 - 1\,250,0) / 2$ | $\tau \leq 6,2$ mm |
| 3) Évaluation | | |
| Prescriptions à satisfaire : | a) $b_t \leq \tau \leq 6,2$ mm ; b) $f \leq 0,15$ MPa (N/mm ²) c) $\delta_{\text{max}} \leq 65$ % | conforme conforme conforme |

Tableau A.4 — Modes opératoires de calculs appliqués à l'exemple (méthode 2)

| 1) Hypothèses | | |
|--|---|------------|
| DN | dimension nominale | DN 1 000 |
| - | assemblage comportant une butée d'arrêt de cisaillement en béton moulée sur l'about mâle (c'est-à-dire $d_{\text{sos}} = d_{\text{so}}$ et $\Delta d_{\text{sos}} = \Delta d_{\text{so}}$) | - |
| d_{so} | diamètre intérieur nominal de l'about femelle | 1 274,8 mm |
| d_{sp} | diamètre extérieur nominal de l'about mâle | 1 250,0 mm |
| d_{sps} | diamètre extérieur nominal de l'about mâle au niveau de la butée d'arrêt de cisaillement en béton | 1 270,4 mm |
| ϑd_{so} | tolérance sur le diamètre de l'about femelle | ± 1,0 mm |
| ϑd_{sp} | tolérance sur le diamètre de l'about mâle | ± 2,0 mm |
| ϑd_{sps} | tolérance sur le diamètre de la butée d'arrêt de cisaillement | ± 2,0 mm |
| h_j | hauteur nominale de la garniture d'étanchéité | 20 mm |
| ϑh_j | tolérance sur la hauteur de la garniture | ± 0,7 mm |
| l_1 | longueur de la garniture d'étanchéité avant mise en place | 3 630 mm |
| 2) Formules et calculs | | |
| l_2 | $\pi(d_{\text{sp}} + h_j)$ = $\Sigma(1\ 250 + 20)$ | 3 990 mm |
| ε | $(l_2 - l_1) / l_1$ = $(3\ 990 - 3\ 630) / 3\ 630$ | 0,10 |
| h_m | $h_j / (1 + \varepsilon)^{0,5}$ = $20 / (1 + 0,10)^{0,5}$ | 19,1 mm |
| K | $[(2\vartheta h_j)^2 + \vartheta d_{\text{so}}^2 + \vartheta d_{\text{sp}}^2 + \vartheta d_{\text{sos}}^2 + \vartheta d_{\text{sps}}^2]^{0,5}$ = $[(2 \cdot 0,7)^2 + 1,0^2 + 2,0^2 + 1,0^2 + 2,0^2]^{0,5}$ | 3,46 mm |
| Γ_{max} | $[2h_m - d_{\text{so}} + d_{\text{sp}} + d_{\text{sos}} - d_{\text{sps}} + K] \times 100 / 2h_m$ = $[2 \cdot 19,1 - 1\ 274,8 + 1\ 250,0 + 1274,8 - 1270,4 + 3,46] \cdot 100 / (2 \cdot 19,1)$ | 55,7 % |
| 3) Évaluation | | |
| Prescriptions à satisfaire : a) $\Gamma_{\text{max}} \leq 65 \%$ | | conforme |

Tableau A.5 — Modes opératoires de calculs appliqués à l'exemple (méthode 4)

| 1) Hypothèses | | |
|------------------------------|--|------------|
| DN | dimension nominale | DN 1 000 |
| d_{so} | diamètre nominal de l'about femelle | 1 274,8 mm |
| d_{sp} | diamètre nominal de l'about mâle | 1 250,0 mm |
| ϑd_{so} | Tolérance sur le diamètre de l'about femelle | ± 0,8 mm |
| ϑd_{sp} | Tolérance sur le diamètre de l'about mâle | ± 1,6 mm |
| h_j | hauteur nominale de la garniture d'étanchéité | 20 mm |
| ϑh_j | Tolérance sur la hauteur de la garniture | ± 0,7 mm |
| l_1 | Longueur de la garniture d'étanchéité avant mise en place | 3 630 mm |
| 2) Formules et calculs | | |
| l_2 | $\Sigma(d_{sp} + h_j)$ = $\Sigma(1\ 250 + 20)$ | 3 990 mm |
| H | $(l_2 - l_1) / l_1$ = $(3\ 990 - 3\ 630) / 3\ 630$ | 0,10 |
| h_m | $h_j / (1 + \varepsilon)^{0,5}$ = $20 / (1 + 0,10)^{0,5}$ | 19,1 mm |
| Γ_1 | $\{2h_m - d_{so} + d_{sp} - [(2\vartheta h_j)^2 + \vartheta d_{so}^2 + \vartheta d_{sp}^2]^{0,5}\} \times 100 / 2h_m$ = $\{2 \times 19,1 - 1\ 274,8 + 1\ 250,0 - [(2 \times 0,7)^2 + 0,8^2 + 1,6^2]^{0,5}\} \times 100 / (2 \times 19,1)$ | 29,1 % |
| Γ_2 | $\{2h_m - d_{so} + d_{sp} + [(2\vartheta h_j)^2 + \vartheta d_{so}^2 + \vartheta d_{sp}^2]^{0,5}\} \times 100 / 2h_m$ = $\{2 \times 19,1 - 1\ 274,8 + 1\ 250,0 + [(2 \times 0,7)^2 + 0,8^2 + 1,6^2]^{0,5}\} \times 100 / (2 \times 19,1)$ | 41,0 % |
| b_t | $0,5 h_m [\pi/2 - (1 - \Gamma_{\min} / 100)^2] / [1 - \Gamma_{\min} / 100]$ = $0,5 \times 19,1 [\pi/2 - (1 - 29,1 / 100)^2] / [1 - 29,1 / 100]$ | 14,4 mm |
| 3) Évaluation | | |
| Prescriptions à satisfaire : | | |
| | a) $b_t \geq 5$ mm | Conforme |
| | b) $\Gamma_1 \geq 25$ % | Conforme |
| | c) $\Gamma_2 \leq 50$ % | Conforme |

Annexe B (normative)

Calculs de résistance mécanique pour le fonçage des tuyaux

B.1. Généralités

Pendant la mise en œuvre, la poussée est appliquée axialement sur le dernier tuyau ou sur un tuyau de fonçage intermédiaire et engendre des contraintes de compression dans la section transversale de chacun des tuyaux. Normalement, la force de compression axiale est transmise d'un tuyau à l'autre par un matériau répartiteur de poussée, disposé entre les tranches d'extrémité.

Dans la situation idéale conduisant à la force de poussée théorique admissible maximale - c'est-à-dire si les axes longitudinaux de deux tuyaux emboîtés étaient parfaitement alignés et si les tuyaux comportaient des faces de poussée parfaitement d'équerre -, la force de poussée transmise d'un tuyau à l'autre et les contraintes dans les parois des tuyaux seraient uniformément réparties.

Toutefois, bien que dans la pratique une canalisation soit normalement prévue rectiligne, il est toujours nécessaire de procéder à des ajustements d'alignement et de niveau et les faces de poussée des tuyaux sont rarement parfaitement d'équerre; ceci entraîne par conséquent un excentrement de la poussée d'un tuyau à l'autre. L'excentrement se produit également lorsque la canalisation prévue est courbe.

En pratique, l'application de la poussée sur la section transversale maximale peut se faire avec un défaut d'alignement limité, à condition que le matériau répartiteur de poussée reste en contact avec les deux tranches d'extrémité (cas de l'angulation fermée).

Les paragraphes qui suivent spécifient le mode de calcul de la force de poussée théorique admissible maximale ainsi que de la force de poussée maximale admissible dans le cas d'une angulation fermée et donnent les formules permettant d'estimer la force de poussée dans le cas où le matériau répartiteur ne reste pas en contact avec les deux tranches d'extrémité des tuyaux (cas de l'angulation ouverte).

B.2. Symboles

Les symboles utilisés dans la présente annexe ont la signification suivante (voir aussi Figures B.1 et B.2) :

- A_c surface(s) comprimée(s) de la (des) tranche(s) d'assemblage, en mètres carrés ;
- d_e diamètre extérieur à l'assemblage, en mètres ;
- d_i diamètre intérieur à l'assemblage, en mètres ;
- e coefficient de réduction de la charge (excentricité), égal à F_{Oj} / F_{Cj} ;
- F' force de poussée appliquée sur le chantier, en méga newtons ;

- F_{cj} force de poussée maximale admissible dans le cas d'une angulation fermée, en méga newtons ;
- F_j force de poussée théorique admissible déclarée par le fabricant, en méga newtons ;
- $F_{j \max}$ force de poussée théorique admissible maximale, en méga newtons ;
- F_{Oj} force de poussée maximale admissible dans le cas d'une angulation ouverte, en méga newtons ;
- f_{ck} valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton, en méga pascals (newtons par millimètre carré) ;
- z partie du diamètre où il y a compression dans le plan de l'assemblage, en mètres.

B.3. Critères de calcul

B.3.1. Principes

Le calcul de la force de poussée relatif à un tuyau particulier dépend de la valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton, f_{ck} , déclarée par le fabricant pour le calcul et vérifiée sur la base d'essais sur éprouvettes carottées selon 6.8 (voir 5.3.2.1), ainsi que de la surface comprimée des tranches d'assemblage, A_c .

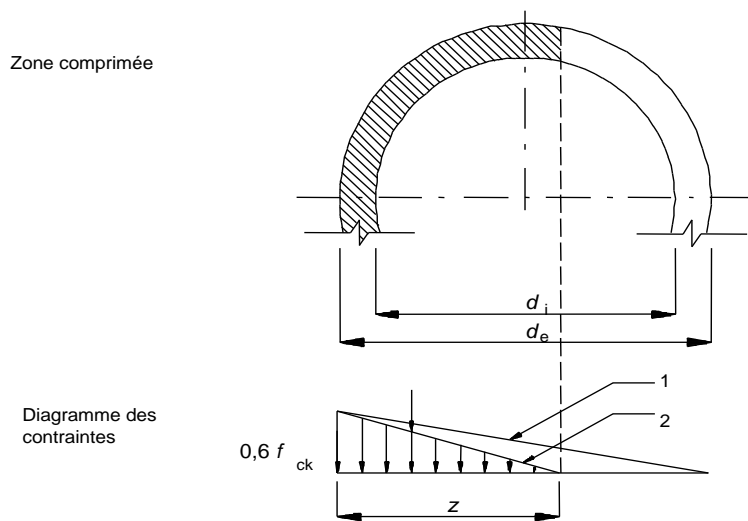
La force de poussée théorique admissible maximale $F_{j \max}$ doit être calculée par le fabricant en supposant qu'elle est perpendiculaire aux tranches d'extrémité (absence de déviation et toutes faces de poussée parfaitement d'équerre) et en appliquant à f_{ck} un coefficient de sécurité (matériau) de $1,67 f_{ck} / 1,67 = 0,6 f_{ck}$:

$$F_{j \max} = 0,6 f_{ck} \times A_c \quad (F_j \leq F_{j \max})$$

Dans le cas d'une angulation fermée, la force de poussée maximale admissible F_{cj} ne doit pas dépasser la valeur maximale calculée en supposant une contrainte nulle à une extrémité du diamètre et croissant de façon uniforme jusqu'à atteindre 60 % de f_{ck} à l'extrémité opposée :

$$F_{cj} = 0,5 F_{j \max} \text{ lorsque } F_{cj} = 0,5 F_j$$

Dans le cas d'une angulation ouverte et la poussée s'appliquant de façon plus excentrée, la contrainte de compression maximale s'exerçant au bord de la face de poussée ne doit pas dépasser 60 % de f_{ck} . La répartition correspondante des contraintes dans l'assemblage est représentée à la Figure B.1. Dans ce cas, la force de poussée maximale admissible F_{Oj} sera plus faible que dans le cas d'une angulation fermée.



Légende

- 1 Angulation fermée (assemblage au contact sur toute la surface)
- 2 Angulation ouverte (assemblage partiellement au contact)

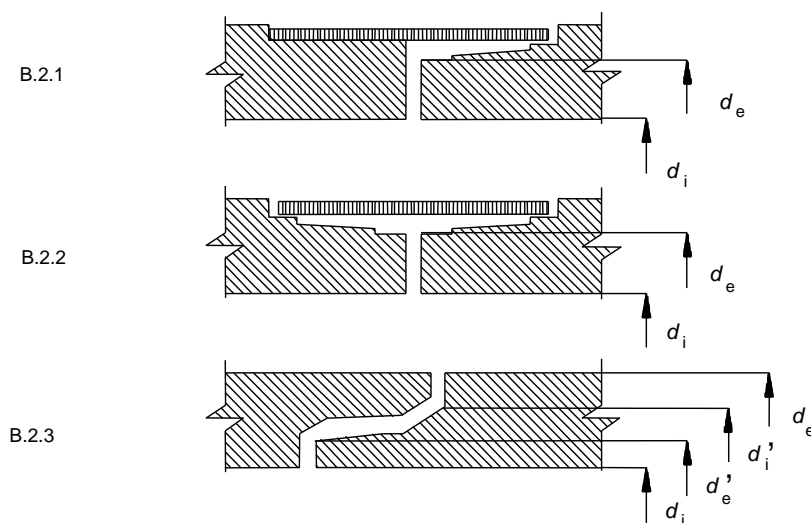
Figure B.1 — Zone comprimée et diagramme des contraintes en cas de déviation angulaire

La surface comprimée des tranches d'assemblage doit être calculée en considérant les épaisseurs minimales de paroi à l'assemblage (voir Figure B.2.) :

$$A_c = (d_e^2 - d_i^2) \times \pi/4 \quad \text{dans le cas des assemblages à manchette}$$

$$A_c = \left[(d_e^2 - d_i'^2) + (d_e'^2 - d_i^2) \right] \times \pi/4 \quad \text{dans le cas des assemblages à mi-épaisseur}$$

NOTE La surface A_c est la surface comprimée de la tranche d'assemblage telle qu'indiquée sur la Figure B.2 et non celle du matériau répartiteur de poussée éventuel, qui ne devrait pas réduire la largeur de contact, mesurée depuis chacun des bords, de plus de 20 %.



Légende

B.2.1 Assemblage à manchette scellée

B.2.2 Assemblage à manchette libre

B.2.3 Assemblage à mi-épaisseur

Figure B.2 — Définition des diamètres pour différents types d'assemblages contenus dans l'épaisseur de la paroi

B.3.2. Cas de l'angulation fermée

Dans le cas de l'angulation fermée, il n'y a pas de jeu entre deux tuyaux adjacents, le matériau répartiteur de poussée absorbant toute déviation; en conséquence, la formule à appliquer pour le calcul de la force de poussée maximale admissible F_{cj} est la suivante :

$$F_{cj} \leq 0,5 F_j \max \quad \text{où } F_{cj} = 0,5 F_i \\ \text{et } 0,5 F_j \max = 0,3 f_{ck} \times A_c$$

B.3.3. Cas de l'angulation ouverte

Dans le cas de l'angulation ouverte, deux tuyaux adjacents présentent un jeu variable entre le matériau répartiteur de poussée et la tranche de l'assemblage ; en conséquence, la formule à appliquer pour le calcul de la force de poussée maximale admissible est la suivante :

$$F_{oj} \leq 0,3 e \times f_{ck} \times A_c \quad \text{où } F_{oj} = e \times F_{cj} \\ \text{et } e \leq 1.$$

La valeur de e en fonction des diamètres à l'assemblage est donnée par le diagramme de la Figure B.3.

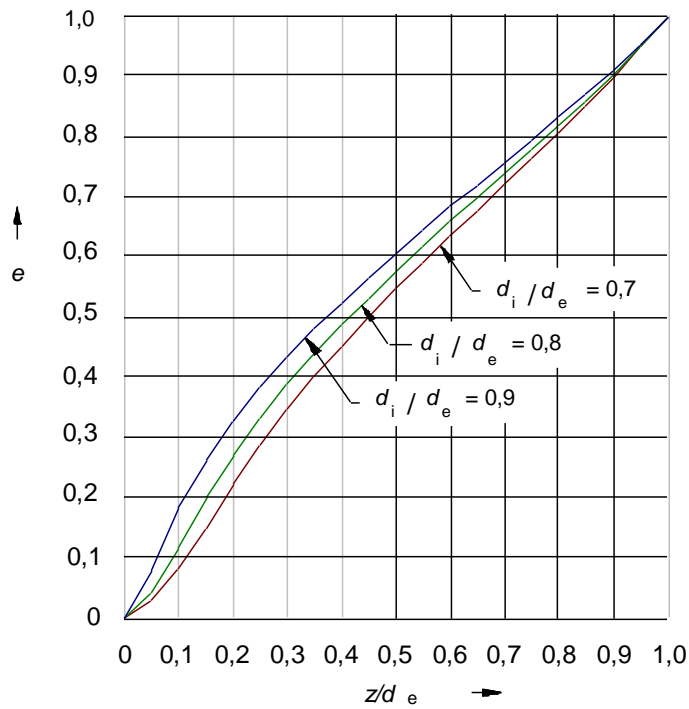


Figure B.3 — Coefficient de réduction de la charge (excentricité) $e = F_{oj} / F_{cj}$ en fonction des diamètres à l'assemblage

NOTE Les valeurs de la Figure B.3 ont été calculées par la formule suivante :

$$e = e' / (\sum v(1 - [^2] v z/d_e))$$

avec (angles exprimés en radians) :

$$[= d_i / d_e$$

$$e' = Kv[\cos^{-1}(-K) - [^2 v \cos^{-1}(-K/O)] + [(2+\eta^2) \times \sqrt{1-\eta^2} - (2\zeta^2+\eta^2) \times \sqrt{\lambda^2-\eta^2}] / 3$$

où

$$K = 2(z/d_e) - 1$$

et

$$O = [\text{ si } [\sim K \sim ;$$

$$O = \sim K \sim \text{ si } [< \sim K \sim$$

B.4. Exemple

B.4.1. Hypothèses de calcul

Tuyau :

$$d_i = 1,500 \text{ m}$$

$$d_e = 1,735 \text{ m}$$

$$d_i / d_e = 0,865$$

Résistance du béton :

Valeur déclarée de la résistance caractéristique à la compression $f_{ck} = 40$ MPa (N/mm²)

Force de poussée :

Force de poussée théorique admissible déclarée $F_j = 14,3$ MN.

NOTE F_j doit être inférieure ou égale à $F_{j \max}$. Dans cet exemple, le fabricant a choisi de déclarer F_j égale à $F_{j \max}$ (voir B.4.2).

B.4.2. Calculs

$$A_c = (d_e^2 - d_i^2) \cdot \pi / 4 = (1,735^2 - 1,500^2) \cdot \pi / 4 = 0,597 \text{ m}^2;$$

$$F_{j \max} = 0,6 f_{ck} \times A_c = 0,6 \cdot 40 \cdot 0,597 = 14,3 \text{ MN.}$$

Cas de l'angulation fermée :

$$F_{cj} = 0,5 F_j = 0,5 \cdot 14,3 = 7,2 \text{ MN.}$$

Cas de l'angulation ouverte :

On suppose ici, compte tenu de la déviation attendue (du fait du fonçage), que la partie effective du diamètre où il y a compression dans le plan de l'assemblage vaut :

$$z = 0,5 d_e$$

Le coefficient de réduction de la charge (excentricité) e peut être déterminé à partir de la Figure B.1, sur laquelle on doit considérer une courbe intermédiaire entre $d_i / d_e = 0,8$ et $d_i / d_e = 0,9$:

$$e = 0,595.$$

Dans le cas supposé d'une angulation ouverte, la force de poussée maximale admissible vaut :

$$F_{oj} = e \cdot F_{cj} = 0,595 \cdot 7,2 = 4,3 \text{ MN.}$$

NOTE Cette force de poussée maximale admissible doit être supérieure à la force de poussée appliquée sur le chantier, F , qui devrait intégrer un coefficient de sécurité déterminé par l'entrepreneur, tenant compte de la méthode de fonçage qu'il applique, de la nature du sol et des aléas éventuels; soit $F < F_{oj}$.

Annexe C (normative)

Méthode d'essai pour la détermination de la résistance à l'écrasement

C.1. Principe

L'objectif de cet essai est d'évaluer la résistance à l'écrasement d'un tuyau. Pour les essais de type initiaux et les essais dans le cadre du contrôle régulier, voir le Tableau C.1. L'essai de référence pour la résistance à l'écrasement doit toujours être conforme à la présente annexe, qu'il s'agisse d'un tuyau en béton non armé contrôlé selon l'annexe K ou d'un tuyau en béton armé ayant fait l'objet d'un contrôle allégé (voir I.1.1).

Tableau C.1 — Essais de résistance à l'écrasement prescrits

| Résistance à l'écrasement | Tuyaux en béton non armé (conformément à l'annexe I) | | Tuyaux en béton fibré acier | Tuyaux en béton armé | |
|--|---|--|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | Sans utiliser l'option de l'annexe K | Utilisant l'option de l'annexe K | | Contrôle courant ^a | Contrôle allégé ^a |
| Épreuve, $F_C = 0,67 F_N$ | – | – | T/R | T/R | – |
| Épreuve, $F_C = 0,8 F_N$ | – | – | – | – | T/R |
| Ultime (rupture), F_U | T/R | T/R | T/R | T/R | – |
| $1,2 F_N$ | – | – | – | – | T/R |
| Charge minimale d'écrasement, F_N | – | T/R | – | – | – |
| $0,67 F_N$ ré appliqué | – | – | T/R | – | – |
| T signifie essai de type initial ; R signifie essai régulier dans le cadre du contrôle régulier | | | | | |
| a Voir I.1.1. | | | | | |

C.2. Appareillage

L'appareillage doit être constitué par une machine d'essai capable d'appliquer la totalité de la charge sans à-coups ni chocs, avec une précision de 3 % par rapport à la charge d'essai prescrite. La machine d'essai doit être équipée d'un dispositif d'enregistrement de la charge.

C.3. Préparation

À la discrétion du fabricant, il est permis d'humidifier le tuyau pendant un maximum de 28 h avant l'essai.

C.4. Mode opératoire

C.4.1. Généralités

Le tuyau doit être positionné dans la machine d'essai comme indiqué sur la Figure C.1 ou C.2 selon le cas et être supporté et chargé par des appuis rigides placés parallèlement à l'axe longitudinal du tuyau. Les appuis peuvent être continus ou segmentés.

La résultante de la charge appliquée doit passer par un point situé à une distance de $l / 2$ de la tranche extérieure de l'about femelle et la charge doit être uniformément répartie comme indiqué Figure C.1. A la discrétion du fabricant, la longueur chargée du tuyau utilisé dans l'essai peut être prolongée au droit de l'about femelle. Lorsqu'on utilise des appuis segmentés, la longueur chargée ne doit pas être inférieure à 40 % de la longueur intérieure du fût.

Pour les tuyaux circulaires, la charge doit être appliquée par l'intermédiaire d'un seul appui supérieur. L'appui inférieur doit être constitué par un support en forme de V avec un angle d'ouverture (E) de $150^\circ \pm 30$ (voir Figure C.2a) ou, au choix du fabricant, par deux supports d'entre axe tel qu'ils sous-tendent un angle de $30^\circ \pm 30$ au centre du tuyau (voir Figure C.2c). Pour les tuyaux de dimension supérieure à DN 1 200, il est permis, au choix du fabricant, d'utiliser un appui supérieur en V avec un angle d'ouverture (E) de $150^\circ \pm 30$ au lieu d'un appui supérieur unique (voir Figure C.2b).

Pour les tuyaux à embase, la charge doit être appliquée au moyen d'un appui supérieur et ils doivent être placés sur deux supports d'entre axe égal à 0,3 fois le diamètre intérieur, ou la largeur intérieure, selon la forme de la section intérieure (voir Figure C.3). Pour les tuyaux de dimension nominale supérieure à DN 1 200, il est permis, au choix du fabricant, d'appliquer la charge, soit au moyen d'un appui supérieur en V avec un angle d'ouverture (E) de $150^\circ \pm 30$ soit au moyen de deux appuis supérieurs entre axe égal à la distance séparant les points d'application de la charge dans le cas d'un support en forme de V, calculée pour les dimensions réelles du tuyau.

La bande de matériau élastomère des faces d'appui doit avoir une dureté moyenne de $50 \text{ DIDC} \pm 5 \text{ DIDC}$ et une épaisseur de $20 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.

Chacune des bandes d'appui doit avoir une largeur maximale fixée par le fabricant et conforme au Tableau C.2, excepté pour les supports en forme de V pour lesquels il n'y a pas de limite.

À la discrétion du fabricant, les bandes d'appui en élastomère peuvent être remplacées par du plâtre ou du soufre, à condition que la largeur ne dépasse pas les valeurs indiquées au Tableau C.2.

Tableau C.2 — Largeur maximale des bandes d'appui

| Diamètre / largeur du tuyau DN ou WN | Largeur maximale mm |
|---|------------------------|
| DN/WN δ 400 | 50 |
| $400 < \text{DN/WN} \delta$ 1 200 | 100 |
| $1\ 200 < \text{DN} \delta$ 1 750 | 150 |

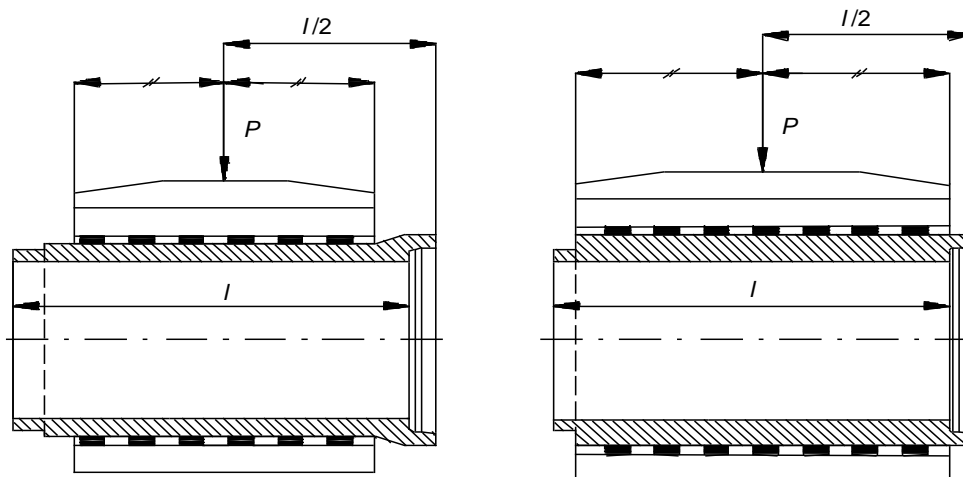


Figure C.1 — Appuis inférieur et supérieur pour l'essai d'écrasement

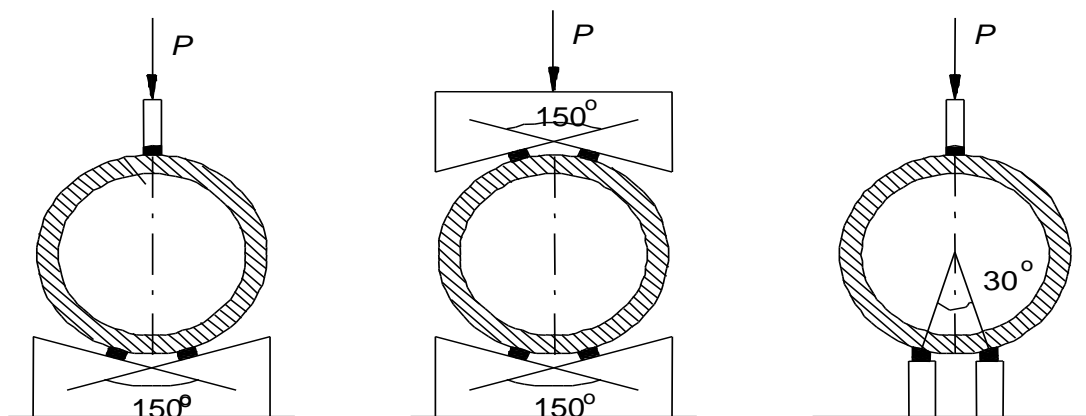


Figure C.2a

Figure C.2b

Figure C.2c

(ne s'applique pas aux tuyaux de $DN \leq 1\,200$)

Figure C.2 — Dispositions types pour l'essai d'écrasement des tuyaux circulaires

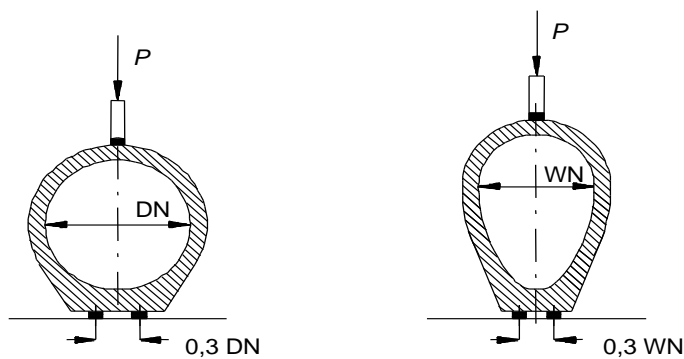


Figure C.3a

Figure C.3b

Figure C.3 — Dispositions pour l'essai d'écrasement des tuyaux à embase dans le cas où la charge est appliquée au moyen d'un appui supérieur unique

La charge doit être appliquée de sorte que la mise en charge soit continue jusqu'à la charge d'essai spécifiée en C.4.2, C.4.3 ou C.4.4, selon le cas. La vitesse de montée en charge doit être comprise entre 20 kN/m et 25 kN/m par minute, mais aucun ajustement dans les réglages de la machine d'essai ne doit être réalisé tandis que le tuyau commence à se déformer rapidement avant rupture.

C.4.2. Tuyaux en béton non armé

Lorsque le fabricant choisit de ne pas contrôler la résistance à l'écrasement conformément à l'annexe K, la charge doit être portée à la charge ultime (rupture) et enregistrée. Lorsque le contrôle est effectué conformément à l'annexe K pour un procédé spécifique, la charge doit être portée à la charge minimale d'écrasement ou à la charge ultime (rupture), selon le cas, et il doit être noté si l'élément a résisté à la première ou à cette dernière charge, selon le cas.

C.4.3. Tuyaux en béton fibré acier

La charge doit être portée à la charge d'épreuve spécifiée, maintenue pendant une minute et le tuyau examiné pour déterminer la présence de fissures. Le résultat de ce contrôle doit être enregistré. Dans le cas où aucune fissure n'est mise en évidence, la charge doit alors être augmentée jusqu'à la charge ultime (rupture), et celle-ci doit être enregistrée. Une fois la charge redescendue à 95 % (ou moins) de la charge enregistrée alors que la pression continue à être appliquée, l'élément doit être déchargé, puis la charge à nouveau appliquée jusqu'à 0,67 fois la charge minimale d'écrasement spécifiée, et maintenue pendant une minute; on note si le tuyau a résisté ou non à cette charge pendant le temps fixé.

C.4.4. Tuyaux en béton armé

La charge doit être portée à la charge d'épreuve (fissuration) et maintenue. Toute fissure éventuelle doit être mesurée en surface, optiquement, avec un compte-fils ou un instrument équivalent, au bout de trois à cinq minutes puis à intervalles de une à deux minutes, la charge étant maintenue à la charge d'épreuve (fissuration) spécifiée de manière à s'assurer que la fissure est stabilisée. Une fissure est considérée comme stabilisée lorsque deux mesures consécutives sont identiques. Les résultats de chaque contrôle doivent être enregistrés. Pour l'essai de type initial, et si spécifié dans le Tableau I.1, la charge doit ensuite être augmentée jusqu'à atteindre la charge ultime (rupture) F_U et cette valeur enregistrée.

Lorsque le fabricant opte pour le contrôle allégé de la résistance à l'écrasement pour un procédé particulier (voir I.1.1), la charge ne doit être augmentée que de 1,2 fois la charge minimale d'écrasement F_N au lieu de la charge ultime (de rupture) F_U et la charge d'épreuve (fissure) F_C doit être augmentée de 0,67 F_N (voir 5.2.3) à 0,8 F_N .

C.5. Expression des résultats

Le résultat de l'essai doit être exprimé par la charge totale divisée par la longueur intérieure du fût et doit être corrigé selon le dispositif d'essai retenu et enregistré par le fabricant de manière à obtenir le résultat d'essai effectif.

Le résultat d'essai effectif F_a s'obtient à partir de la formule suivante :

$$F_a = k_b v (P + P^*)/l$$

où

- F_a est le résultat d'essai effectif, en kilo newtons par mètre ;
- k_b est un coefficient de conversion dépendant du dispositif d'essai (voir Tableau C.3) ;
- P est la charge d'essai mesurée, en kilo newtons ;
- P^* est le poids propre effectif de l'appui (des appuis) de chargement, en kilo newtons ;
- l est la longueur intérieure du fût, en mètre.

Tableau C.3 — Coefficient de conversion k_b

| Section transversale du tuyau | Dispositif d'essai | | Coefficient de conversion k_b |
|-------------------------------|----------------------|--|---|
| | DN/WN \leq 1 200 | DN/WN $>$ 1 200 | |
| Circulaire | Figures C.2a et C.2c | Figures C.2a et C.2c | 1,00 |
| | | Figure C.2b | 0,64 |
| Circulaire avec embase | Figure C.3a | Figure C.3a | 1,00 |
| | | Figure C.3a avec un appui en forme de V à 150° (voir NOTE 1) | à calculer par le fabricant (voir NOTE 2) |
| Ovoïde | Figure C.3b | – | 1,00 |

NOTE 1 Au choix du fabricant, il est admis, au lieu de l'appui supérieur en forme de V à 150°, d'utiliser deux appuis avec un entre axe égal à la distance séparant les points d'application de la charge dans le cas de l'appui en forme de V.

NOTE 2 Le coefficient de conversion k_b pour les tuyaux circulaires avec embase chargés au moyen d'un appui en forme de V (ou de deux appuis) dépend de la distance entre les points d'application; parce que la structure comporte trois degrés de liberté, un calcul de résistance mécanique doit être réalisé par le fabricant dans chaque cas.

NOTE 3 Une valeur de 1,00 pour le coefficient de conversion k_b n'est correcte que si l'épaisseur de l'embase est la même que l'épaisseur de paroi autour du reste du tuyau. Si l'épaisseur de l'embase est supérieure à l'épaisseur de paroi restante, la structure comporte trois degrés de liberté et un calcul de résistance mécanique effectué par le fabricant sera nécessaire dans chaque cas.

Annexe D (normative)

Méthode d'essai pour la détermination de la résistance à la flexion longitudinale

D.1. Principe

L'objet de cet essai est d'évaluer la résistance à la flexion longitudinale des tuyaux circulaires de diamètre inférieur ou égal à DN 250, dont la longueur intérieure du fût est supérieure à six fois le diamètre extérieur.

D.2. Appareillage

L'appareillage doit être globalement rigide et massif de telle sorte que la distribution de la charge ne soit pas affectée de façon appréciable par une déformation ou un déplacement quelconques. Le mode d'appui et de chargement doit être tel que décrit en D.3.2 ou D.3.3. L'appareillage doit être convenablement étalonné et contrôlé de façon à être apte à appliquer la charge d'essai voulue.

D.3. Mode opératoire

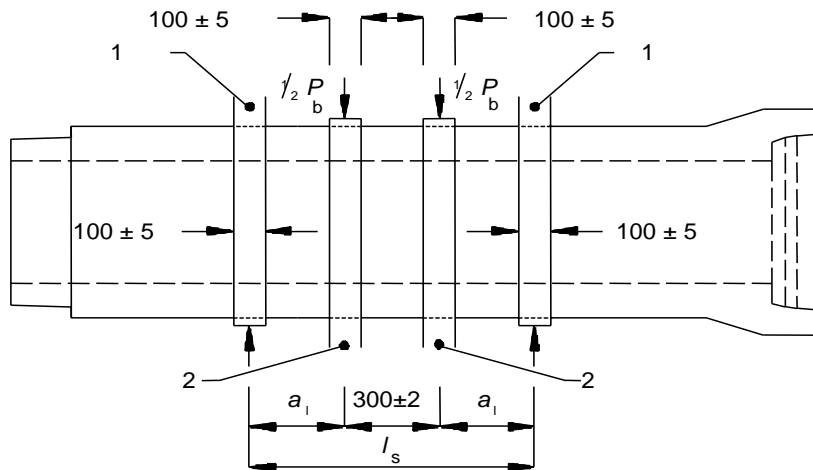
D.3.1. Généralités

L'éprouvette doit être constituée par un tuyau circulaire entier ou un tronçon de tuyau circulaire, avec ou sans about femelle; la longueur intérieure du fût doit être supérieure à 1,25 m. À la discrétion du fabricant, il est permis d'humidifier l'éprouvette pendant un maximum de 28 h avant de réaliser l'essai.

La charge doit être appliquée au tuyau sans vibration soudaine ni choc, à une vitesse uniforme comprise entre 6 kN par minute et 9 kN par minute.

D.3.2. Chargement en quatre points

Le tuyau doit être placé en position horizontale avec un bras de levier supérieur ou égal à 300 mm dans un dispositif tel que celui de la Figure D.1 et chargé en conséquence. Chaque élingue doit être conçue de façon à ce que le contact soit assuré sur un arc d'au moins 120° sur la circonférence de l'échantillon.



Légende

- 1 Élingue support
 - 2 Élingue de chargement
- Le bras de levier a_1 doit être τ 300 mm

Figure D.1 — Dispositif de chargement et d'appui (quatre points)

D.3.3. Chargement en trois points

NOTE Cette méthode convient uniquement lorsque le mode de rupture correspond manifestement à celui d'une poutre. S'il y a doute (s'il y a écrasement des bouts, par exemple), il convient d'utiliser la méthode décrite en D.3.2.

Le tuyau doit être placé en position horizontale dans un dispositif tel que celui de la Figure D.2 et chargé en conséquence. Les trois blocs d'appui doivent être revêtus d'un matériau élastomère d'une dureté moyenne de 50 DIDC \pm 5 DIDC, d'une épaisseur de 20 mm \pm 5 mm et d'une largeur de 100 mm \pm 5 mm, sur un arc de 120°, adapté au fût du tuyau.

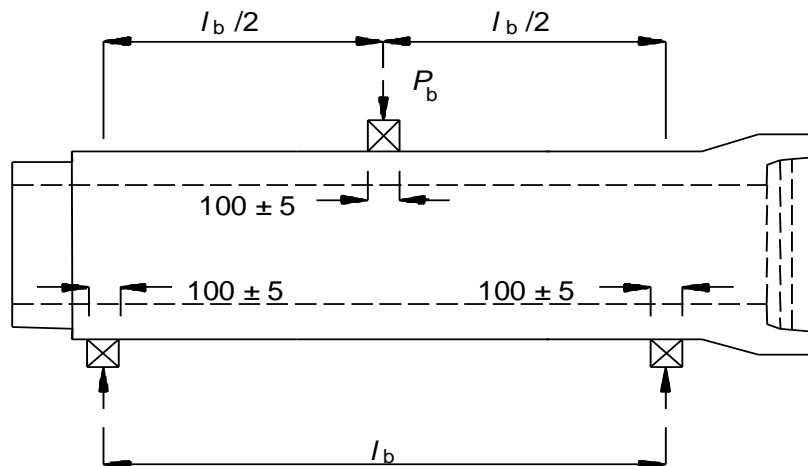


Figure D.2 — Dispositif de chargement et d'appui (trois points)

D.4. Expression des résultats

D.4.1. Chargement en quatre points

La résistance à la flexion longitudinale est calculée comme étant égale à :

$$M = P_b \times a_1 / 2$$

où

M est le moment fléchissant longitudinal résistant, en kilo newton mètre ;

P_b est la charge totale appliquée, en kilo newton ;

a_1 est la longueur du bras de levier = $0,5 \times (l_s - 0,3)$, en mètre ;

l_s est la portée entre axes des appuis, en mètre.

D.4.2. Chargement en trois points

La résistance à la flexion longitudinale est calculée comme étant égale à :

$$M = P_b \times l_b / 4$$

où

M est le moment fléchissant résistant, en kilo newton mètre ;

P_b est la charge totale appliquée, en kilo newton ;

l_b est l'entre axe des bandes d'appui inférieures, en mètre, et doit être aussi grande que l'éprouvette le permet.

Annexe E (normative)

Méthodes d'essai pour la détermination de l'étanchéité à l'eau

E.1. Principe

L'objet de cet essai est d'évaluer si un élément seul ou un assemblage demeurent étanches sous la pression hydrostatique interne spécifiée; dans le cas de l'assemblage, l'évaluation se fait alors qu'il est soumis à une déviation angulaire et/ou une charge de cisaillement. L'essai hydrostatique n'est pas applicable aux éléments ayant une épaisseur de paroi théorique supérieure à 125 mm.

E.2. Appareillage

L'appareillage utilisé pour chacun de ces essais doit permettre de fixer solidement l'élément (les éléments), d'obturer les extrémités par des dispositifs appropriés et d'appliquer la pression hydrostatique interne spécifiée pendant la durée requise. La pression ne doit pas dépasser la valeur spécifiée de plus de 10 % et ne doit en aucun cas lui être inférieure. Pour l'essai de l'assemblage, l'appareillage doit pouvoir loger deux éléments, montés avec un assemblage souple et supportés de telle manière qu'ils puissent se déplacer l'un par rapport à l'autre dans les limites spécifiées.

E.3. Préparation

À la discrétion du fabricant, il est permis d'humidifier les éléments pendant un maximum de 28 h avant l'essai ; le fabricant doit, avant d'effectuer l'essai, noter s'il a opté ou non pour l'humidification. La surface extérieure des éléments doit être suffisamment sèche pour permettre la mise en évidence de tout défaut d'étanchéité éventuel.

E.4. Mode opératoire (essai hydrostatique – essais réguliers et essais de type initiaux)

Lorsque la durabilité des assemblages est démontrée par la méthode 1 ou la méthode 3 en 4.3.4.2, un élément seul doit être solidement fixé dans l'appareillage, ses extrémités obturées, puis il doit être rempli d'eau en veillant à éliminer tout l'air. La pression hydrostatique interne doit alors être augmentée graduellement jusqu'à 50 kPa (0,5 bar ou environ 5 m de colonne d'eau), mesurée depuis l'axe de l'élément, et maintenue pendant une durée de 15 min, au cours de laquelle la conformité à 4.3.7 doit être vérifiée avant que la pression interne ne soit ramenée à zéro.

E.5. Mode opératoire (essai sur un assemblage)

E.5.1. Généralités

Deux éléments doivent être emboîtés dans l'appareillage avec leur(s) garniture(s) d'étanchéité, et obturés à leurs extrémités ou à l'intérieur en isolant l'assemblage à essayer. Lorsque le fabricant se propose de réaliser des mesurages réguliers des assemblages (voir Tableau H.2), l'essai de type initial doit être effectué en assemblant les éléments de telle sorte que la combinaison de tolérances admises soit la plus défavorable. Dans tous les autres cas l'about mâle et l'about femelle à assembler doivent être choisis au hasard parmi les deux éléments échantillonnés. Lors du remplissage des éléments, on doit veiller à ce que tout l'air soit éliminé.

E.5.2. Étanchéité sous déviation angulaire

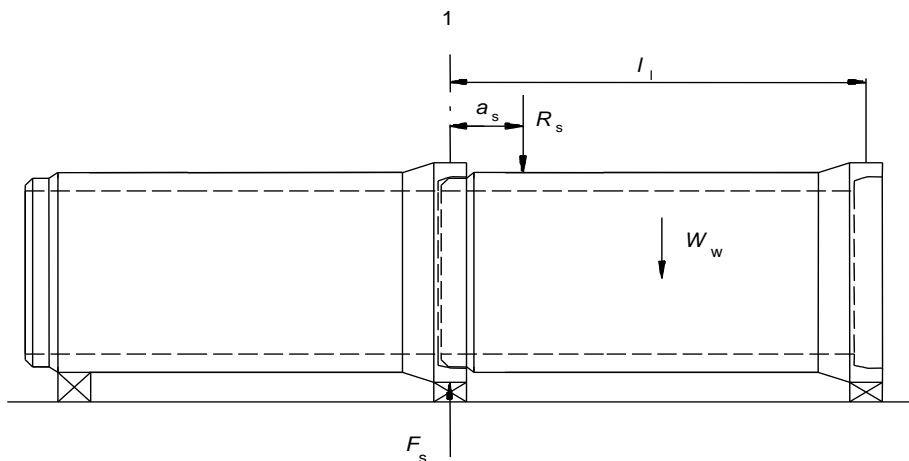
Les éléments doivent être déviés d'un angle de $12\ 500/DN$ en millimètres par mètre (ou $12\ 500/WN$, selon la géométrie de la section intérieure) ou d'un angle de 50 mm/m, si cette valeur est inférieure, en veillant à ce que cela n'entraîne aucun désordre structurel. Dans le cas d'éléments ovoïdes, la déviation doit se faire dans le plan vertical. On doit empêcher, pendant cette opération, que le jeu de pose ne se referme en un point quelconque de l'assemblage; pour cela, on peut par exemple interposer au point approprié une cale d'épaisseur égale à la valeur moyenne du jeu déclaré dans les documents de fabrication.

NOTE L'angle calculé à partir de la déviation angulaire n'est pas nécessairement celui qui peut être accepté pendant la pose, notamment pendant les opérations de fonçage. Une consultation entre poseur et fabricant est recommandée.

Une pression hydrostatique interne de 50 kPa (0,5 bar ou environ 5 m de colonne d'eau), mesurée à l'axe des éléments, doit alors être appliquée et maintenue pendant une période de 15 min au cours de laquelle la conformité de l'assemblage à 4.3.7 doit être vérifiée avant que la pression interne ne soit ramenée à zéro.

E.5.3. Étanchéité à l'eau sous cisaillement

L'assemblage doit être supporté comme indiqué à la Figure E.1.



Légende

1 Axe de la garniture d'étanchéité

Figure E.1 — Essai sous cisaillement

Si une charge complémentaire R_S est requise afin d'obtenir une réaction égale à la charge de cisaillement F_S (voir Figure E.1), elle doit être appliquée verticalement aussi près que possible de la tranche extérieure de l'about femelle avec une vitesse de chargement d'environ 10 kN par minute. La valeur de R_S doit être calculée selon la formule suivante :

$$R_S = (F_S - W_W / 2) \times l_1 / (l_1 - a_S) \tau 0, \text{ en kilo newtons}$$

où

W_W est le poids d'un élément rempli d'eau, en kilo newtons.

La charge doit être transmise au moyen d'un appui en forme de V présentant un angle d'ouverture minimal de 120°, d'une longueur de 100 mm. À la discrétion du fabricant, l'appui peut être garni d'une bande de matériau élastomère d'une épaisseur maximale de 20 mm et d'une dureté moyenne supérieure ou égale à 45 DIDC.

Une pression hydrostatique interne de 50 kPa (0,5 bar ou environ 5 m de colonne d'eau), mesurée à l'axe des éléments, et une charge de cisaillement F_S égale, en kilo newtons, à 0,03 fois DN ou WN selon la géométrie de la section intérieure, doivent ensuite être appliquées et maintenues pendant une période de 15 min au cours de laquelle la conformité de l'assemblage à 4.3.7 doit être vérifiée avant que la pression interne ne soit ramenée à zéro.

E.5.4. Étanchéité sous déviation angulaire et cisaillement

Au lieu d'effectuer séparément les essais d'étanchéité sous déviation angulaire et d'étanchéité sous cisaillement conformément à E.5.2 et E.5.3 respectivement, le fabricant peut choisir de combiner les deux essais.

L'essai combiné consiste, simultanément, en un essai d'étanchéité à l'eau sous déviation angulaire conformément à E.5.2 et en un essai de cisaillement conformément à E.5.3, sauf que la charge de cisaillement F_S en kilo newtons doit être égale à 0,01 fois DN ou WN selon la forme de la section intérieure. La déviation angulaire et le cisaillement doivent être appliqués dans le même plan et dans la même direction.

Lorsque la déviation angulaire prescrite est atteinte, on doit commencer à procéder au cisaillement et ensuite à appliquer la pression hydrostatique interne conformément à E.5.2 et E.5.3.

Cette disposition doit être maintenue pendant la durée prescrite, au cours de laquelle la conformité de l'assemblage à 4.3.7 doit être vérifiée avant que la pression interne ne soit ramenée à zéro.

E.6. Expression des résultats

Il doit être consigné si l'élément individuel ou l'assemblage a satisfait ou non les prescriptions fixées.

Annexe F (normative)

Méthode d'essai pour la mesure de l'absorption d'eau

F.1. Principe

L'objet de cet essai est d'évaluer l'absorption d'eau par immersion du béton durci, définie comme la différence entre la masse d'une éprouvette immergée dans l'eau et la masse de cette même éprouvette une fois séchée, rapportée à la masse à l'état sec.

F.2. Éprouvettes

La masse de l'éprouvette, lorsqu'elle est découpée dans un élément durci, ne doit pas être inférieure à 2 kg ni supérieure à 4 kg.

F.3. Appareillage

L'appareillage consiste en une étuve ventilée réglée à $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ et en une balance de sensibilité égale à 0,05 % de la masse de l'éprouvette.

F.4. Mode opératoire

F.4.1. Détermination de la masse de l'éprouvette immergée m_1

L'éprouvette doit être portée à une température de $20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, puis immergée dans de l'eau du robinet à la même température jusqu'à atteindre une masse constante. Cette opération doit être réalisée par étapes, en immergeant l'éprouvette successivement, à intervalles de une heure, d'environ 1/3 de la hauteur, puis d'environ 2/3 et enfin de la totalité de sa hauteur, avec un recouvrement final de 20 mm.

La masse constante m_1 doit être considérée atteinte lorsque la différence de masse entre deux pesées effectuées à 24 ± 1 h d'intervalle est inférieure à 0,1 % de la valeur moyenne de la masse de l'éprouvette immergée.

Avant toute pesée, la surface de l'éprouvette doit être séchée, par exemple avec une éponge (mouillée et essorée) de façon à éliminer toute eau superficielle.

F.4.2. Détermination de la masse de l'éprouvette à l'état sec m_2

L'éprouvette doit être séchée jusqu'à masse constante dans une étuve ventilée dont la température est de $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

NOTE Il est recommandé de vérifier que la capacité et la ventilation de l'étuve sont suffisantes pour sécher le nombre d'éprouvettes introduites. Il convient de ne pas introduire d'éprouvettes humides avant que les précédentes ne soient complètement sèches.

La masse m_2 doit être déterminée après refroidissement de l'éprouvette à une température de $20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. La masse constante m_2 doit être considérée atteinte lorsque la différence de masse entre deux pesées effectuées à au moins 24 h d'intervalle est inférieure à 0,1% de la valeur moyenne de la masse de l'éprouvette sèche.

F.5. Expression des résultats

Le coefficient d'absorption d'eau par immersion, A_w , exprimé en pour cent, avec deux décimales, doit être déduit de la formule suivante et noté :

$$A_w = 100 \times (m_1 - m_2) / m_2$$

où

m_1 est l'augmentation de masse due à l'immersion ;

m_2 est la masse à l'état sec.

Annexe G (normative)

Système d'assurance de la qualité du fabricant

G.1. Organisation

G.1.1. Responsabilité et autorité

La responsabilité, l'autorité et les relations de toutes les personnes qui dirigent, effectuent et vérifient les tâches qui ont une incidence sur la qualité doivent être définies; cela concerne en particulier les personnes qui ont besoin de la liberté et de l'autorité organisationnelles pour :

- déclencher des actions permettant de prévenir l'apparition répétée de défectueux ;
- identifier et enregistrer tout problème de qualité relatif au produit.

G.1.2. Représentant de la direction pour le contrôle de la production en usine

Le fabricant doit désigner une personne qui, nonobstant d'autres responsabilités, doit avoir l'autorité, la connaissance et l'expérience de la fabrication des éléments qui sont nécessaires pour assumer la responsabilité de la conduite et de la supervision des modes opératoires de contrôle de la production en usine et assurer que les prescriptions imposées sont mises en œuvre de manière permanente.

G.1.3. Revue de direction

Le système de contrôle de la production adopté pour satisfaire aux prescriptions de la présente annexe doit être examiné à la fréquence spécifiée dans les documents de fabrication afin d'assurer qu'il demeure constamment approprié et efficace. Des enregistrements de telles revues doivent être tenus en permanence.

G.1.4. Documents de fabrication

Les documents de fabrication doivent, selon le cas, comporter les informations ci-après :

- la longueur intérieure du fût des tuyaux (4.3.3) ;
- la description, les dimensions, les tolérances des assemblages et des garnitures d'étanchéité, et des parties de la garniture assurant la fonction d'étanchéité (4.3.3/4.3.4/6.2/H) ;
- la teneur en fibres d'acier (5.11) ;
- les armatures (5.2.1/6.3.1/G.9) ;
- la valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton (5.3.2) ;
- le jeu de pose (E.5.2) ;
- la fréquence d'examen du système de contrôle de la production (G.1.3) ;

- s'il a été procédé au contrôle courant ou au contrôle allégé pour la résistance à l'écrasement des tuyaux en béton armé (I.1.1) ;
- la résistance à la traction et à la flexion du béton (K) ;
- la géométrie de la section transversale du fut (K).

G.2. Système de contrôle de la production en usine

Le fabricant doit établir et tenir à jour un système documenté de contrôle de la production en usine qui permette d'assurer que les éléments sont conformes aux prescriptions spécifiées. Une attention particulière doit être apportée aux aspects suivants :

- la préparation des modes opératoires et instructions documentés relatifs au système de contrôle de la production en usine, en conformité aux prescriptions de la présente norme européenne ;
- la mise en œuvre effective des modes opératoires et instructions documentés relatifs au système de contrôle de la production en usine.

G.3. Contrôles et essais

G.3.1. Généralités

L'ensemble des installations, équipements et personnel nécessaires pour réaliser les contrôles et essais requis doit être disponible. Cette prescription peut aussi être satisfaite si, par contrat, le fabricant ou son représentant fait intervenir un sous-traitant (tout en conservant la responsabilité première) ayant les installations, équipements et personnel nécessaires. L'ensemble du matériel d'essai et de mesurage doit être étalonné, contrôlé et maintenu en état de manière à pouvoir prouver la conformité des éléments aux prescriptions imposées. La documentation et les certificats de ce matériel doivent être tenus à disposition. Les équipements doivent être utilisés de façon à assurer que l'incertitude de mesure est connue et compatible avec l'aptitude requise en matière de mesurage pour la prescription spécifiée.

G.3.2. État des contrôles et des essais

Le cas échéant, l'état des contrôles et des essais doit être identifié par des moyens indiquant la conformité ou la non-conformité des éléments mise en évidence par les contrôles et essais effectués.

Le marquage des éléments peut être réalisé en cours de production, à condition que toute marque de certification et le numéro de la norme EN soient effacés sur les éléments défectueux.

G.3.3. Essais

Les essais doivent être réalisés conformément aux méthodes spécifiées dans la présente norme européenne.

G.3.4. Enregistrement des contrôles et des essais

Les résultats du contrôle de la production en usine doivent être correctement enregistrés. Le(s) registre(s) doit (doivent) comporter la description des éléments, la date de fabrication, la méthode d'essai utilisée, les résultats de l'essai, les limites utilisées ainsi que la signature de la personne ayant réalisé le contrôle.

Lorsque les éléments contrôlés ne satisfont pas à la présente norme européenne ou si quelque indice montre qu'ils n'y satisfont pas, le(s) registre(s) du fabricant doit (doivent) comporter une note indiquant les dispositions prises pour faire face à la situation (réalisation d'un nouvel essai et/ou actions correctives au niveau du procédé spécifique considéré).

Le(s) registre(s) du fabricant doit (doivent) être conservés pendant au moins cinq ans.

G.3.5. Réclamations

Les détails de toutes les réclamations reçues quant à la qualité des éléments doivent être enregistrés de manière correcte. Le(s) registre(s) doit (doivent) comporter la description du produit, l'identification du chantier, la date de fabrication, la nature de la plainte et l'action entreprise en conséquence.

G.4. Action requise dans le cas de défectueux

G.4.1. Résultats non satisfaisants

Si le résultat d'un essai ou d'un contrôle relatif à un élément n'est pas satisfaisant, le fabricant doit prendre aussitôt les dispositions nécessaires pour pallier le défaut. Une fois le défaut rectifié, l'essai ou le contrôle concerné doit être répété sans retard, à condition que cela soit techniquement possible et nécessaire pour prouver que les défauts ont été corrigés.

G.4.2. Défectueux

Les défectueux (c'est-à-dire les éléments non conformes à une ou plusieurs prescriptions de la présente norme européenne) doivent être isolés et marqués en conséquence.

G.4.3. Information du client

Si nécessaire, dans le cas où les éléments ont été livrés avant que les résultats des essais aient été connus, notification doit être faite aux clients en vue d'éviter tout dommage qui en résulterait. Si les éléments ont été livrés et que leur production est rejetée lors de l'évaluation ultérieure de l'acceptabilité, le fabricant doit notifier à chacun des acquéreurs des éléments fabriqués et livrés depuis la précédente évaluation que la conformité de ces éléments ne peut être assurée.

G.5. Manutention, stockage, conditionnement et livraison

G.5.1. Généralités

Le fabricant doit établir, documenter et tenir à jour des modes opératoires de manutention, de stockage, de conditionnement et de livraison du produit.

G.5.2. Manutention

Le fabricant doit utiliser des méthodes et des moyens de manutention qui empêchent l'endommagement ou la détérioration.

G.5.3. Stockage

Le fabricant doit disposer d'aires de stockage sûres, afin d'empêcher l'endommagement ou la détérioration des éléments en attendant la livraison.

G.5.4. Conditionnement et marquage

Le fabricant doit maîtriser les procédés d'emballage, de conservation et de marquage (y compris les matériaux utilisés) autant que de nécessaire pour assurer la conformité à la présente norme européenne.

G.5.5. Traçabilité

Les éléments ou groupes d'éléments livrés doivent être définitivement identifiables et leur traçabilité doit être assurée quant aux données de fabrication. Pour cela, le fabricant doit établir et tenir à jour les enregistrements

prescrits par la spécification technique applicable et marquer les éléments ou les documents de livraison en conséquence.

G.6. Formation et personnel

Le fabricant doit établir et tenir à jour des modes opératoires pour la formation de tout le personnel chargé d'une activité ayant une incidence sur la qualité. Les personnes chargées d'accomplir des tâches particulières doivent être qualifiées sur la base d'une formation initiale, d'une formation complémentaire et/ou d'une expérience appropriée selon le cas. Des enregistrements appropriés relatifs à la formation doivent être tenus à jour.

G.7. Contrôle des matériaux

Les résultats numériques, et ceux nécessitant une action suite aux contrôles et aux essais spécifiés dans les Tableaux G.1 à G.8 inclus, doivent être notés.

Le Tableau F.1 s'applique à tous les matériaux.

Le Tableau F.2 s'applique aussi à tous matériaux :

- non certifiés par une tierce partie qui se conforme à la norme EN 45011 ;
- non produits dans le cadre d'un système d'assurance de la qualité conforme à EN ISO 9001 et certifiés par une tierce partie qui se conforme à la norme EN 45012 ;
- non produits par un fournisseur pratiquant un système d'assurance de la qualité conforme au présent article et audité par le fabricant de produits en béton.

Tableau G.1 — Contrôle de tous les matériaux

| Matériaux | Contrôles / essais | Objectif | Fréquence minimale |
|----------------|---|---|--------------------|
| Tous matériaux | Contrôle du bordereau de livraison (et, le cas échéant, de l'étiquette sur le conteneur) montrant la conformité à la commande (la commande doit mentionner la (les) spécification(s)) | S'assurer de la conformité de la fourniture à la commande ainsi que de la bonne origine | A chaque livraison |

Tableau G.2 — Contrôle de certains matériaux

| Matériaux | Contrôles / essais | Objectif | Fréquence minimale |
|----------------------------|---|---|--|
| 1 Ciments | La fabricant doit vérifier la conformité à la (aux) spécification(s) | S'assurer de la conformité | Un contrôle toutes les 1 000 t, avec un minimum de deux par mois |
| 2 Granulats | Contrôle visuel de la fourniture | Comparaison avec l'aspect normal pour ce qui est de la granularité, de la forme, des impuretés ou de la pollution | À chaque livraison Pour chaque origine et chaque granularité |
| 3 | Analyse granulométrique par tamisage | Évaluer la conformité à la norme ou à la granularité convenue | 1. À la première livraison d'une nouvelle origine 2. En cas de doute après un contrôle visuel 3. Une fois par semaine, plus souvent si les conditions locales ou de livraison l'exigent |
| 4 Granulats | Essais pour déterminer la présence d'impuretés organiques ou la teneur en coquillages | Évaluer la présence et la quantité d'impuretés ou de polluants | 1. À la première livraison d'une nouvelle origine 2. En cas de doute après un contrôle visuel |
| 5 Adjuvants | Contrôle visuel de l'adjuvant | Comparaison avec l'aspect normal | À chaque livraison |
| 6 | Mesure de la densité | Comparaison avec la densité normale | À chaque livraison |
| 7 Additions | Contrôle visuel de l'addition | Comparaison avec l'aspect normal | À chaque livraison |
| 8 Eau de gâchage | Analyse chimique ou essai conformément à la spécification de référence | S'assurer que l'eau ne contient pas de composés néfastes | Uniquement si l'eau ne provient pas d'un réseau de distribution public : 1. À la première utilisation d'une nouvelle origine 2. En cas de doute, quel qu'il soit 3. Une fois par an 4. Trois fois par an lorsque l'eau provient d'un cours d'eau |
| 9 Fibres d'acier | La fabricant doit vérifier la conformité à la (aux) spécification(s) | S'assurer de la conformité | À chaque livraison mais pas plus d'une fois par mois |
| 10 Acier pour armatures | La fabricant doit vérifier la conformité à la (aux) spécification(s) | S'assurer de la conformité | À chaque livraison mais pas plus d'une fois par mois |
| 11 Garnitures d'étanchéité | La fabricant doit vérifier la conformité à la (aux) spécification(s) | S'assurer de la conformité | À chaque livraison mais pas plus d'une fois par mois |

G.8. Contrôle du matériel

Le Tableau G.3 s'applique au contrôle du matériel.

Tableau G.3 — Contrôle du matériel

| Matériel | Contrôles / essais | Objectif | Fréquence minimale |
|-------------------------------------|---|---|---|
| 1 Stockage | Selon nécessités | Éviter les risques de pollution | Une fois par semaine |
| 2 Matériel de pesage | Contrôle visuel du fonctionnement | S'assurer du bon fonctionnement du matériel | Une fois par jour |
| 3 | Vérification de la précision des pesées | Éviter l'imprécision des pesées | 1. Lors de l'installation 2. Deux fois par an 3. En cas de doute quel qu'il soit |
| 4 Doseurs à adjuvants | Contrôle visuel du fonctionnement | S'assurer que le doseur est propre et fonctionne correctement | Première gâchée de la journée pour chaque adjuvant |
| 5 | Vérification de la précision | Éviter l'imprécision du dosage | 1. Lors de l'installation 2. Deux fois par an 3. En cas de doute quel qu'il soit |
| 6 Doseurs d'eau | Comparaison de la quantité réellement dosée à l'indication du compteur | Éviter l'imprécision du dosage | 1. Lors de l'installation 2. Deux fois par an 3. En cas de doute quel qu'il soit |
| 7 Dispositif de dosage volumétrique | Contrôle visuel | S'assurer que le dispositif de dosage fonctionne correctement | Une fois par jour |
| 8 | Comparaison de la masse réelle des constituants de la gâchée avec la masse prévue, par une méthode appropriée aux dispositifs volumétriques | S'assurer de la précision du dosage | 1. Lors de l'installation 2. Tous les trois mois 3. En cas de doute quel qu'il soit |
| 9 Malaxeurs | Contrôle visuel | Vérifier l'usure du matériel de malaxage | Une fois par semaine |
| 10 Moules et rondelles de base | Contrôle visuel | Vérifier la propreté des moules et des rondelles de base | Une fois par jour |
| 11. | Contrôles dimensionnels | Contrôler l'usure | Lors de l'installation ou de la réinstallation du moule ou lors du renouvellement de l'équipement |

G.9. Maîtrise des procédés

Le Tableau G.4 s'applique à la maîtrise de la composition du béton par rapport à celle prévue.

Le Tableau G.5 s'applique au contrôle de la production.

Le Tableau G.6 s'applique à la maîtrise du marquage et du stockage.

Le Tableau G.7 s'applique à la maîtrise de la livraison.

Tableau G.4 — Maîtrise de la composition du béton

| Élément du procédé | Contrôles / essais | Méthode | Fréquence minimale |
|--------------------------|---------------------|--|---|
| 1 Béton | Teneur en chlorures | Calcul de la teneur en chlorures | Au démarrage et à chaque changement de fourniture |
| 2 | Malaxage correct | Contrôle visuel | Une fois par jour pour chaque malaxeur |
| 3 Composition du mélange | Dosages corrects | Vérifier que la formulation du béton utilisée est correcte | Une fois par jour pour chaque malaxeur |

Tableau G.5 — Contrôle de la production en usine

| Élément du procédé | Contrôles / essais | Méthode | Fréquence minimale |
|--------------------|--|---|-----------------------------------|
| 4 Fabrication | Procédé de fabrication correct | Vérification de la conformité aux documents de fabrication | Une fois par jour |
| 5 Armatures | Espacement moyen et pourcentage d'armatures périphériques sur la longueur intérieure du fût et distance aux extrémités des bouts mâles et femelles | Vérification de la conformité aux documents de fabrication, à la présente norme et aux spécifications de calcul | Une fois par jour |
| 6 Produit | Dimension(s) significative(s) selon le procédé spécifique | Mesure | Au démarrage et une fois par jour |

Tableau G.6 — Maîtrise du marquage et du stockage

| Élément du procédé | Contrôles / essais | Méthode | Fréquence minimale |
|--------------------|------------------------------------|-----------------|--------------------|
| 7 Marquage | Marquage des produits | Contrôle visuel | Une fois par jour |
| 8 Stockage | Séparation des produits défectueux | Contrôle visuel | Une fois par jour |

Tableau G.7 — Maîtrise de la livraison

| Élément du procédé | Contrôles / essais | Méthode | Fréquence minimale |
|--------------------|---|-----------------|--------------------|
| 9 Marquage | Marquage correct des produits/ documents | Contrôle visuel | Une fois par jour |
| 10 Chargement | Chargement correct | Contrôle visuel | Une fois par jour |

G.10. Contrôle du matériel de laboratoire

Le Tableau G.8 s'applique au contrôle du matériel de laboratoire.

Tableau G.8 — Contrôle du matériel de laboratoire

| Matériel | Contrôles / essais | Méthode | Fréquence minimale |
|--|---------------------------------|---|--------------------|
| 1 Matériel de mesurage | Détermination des dimensions | Étalonnage raccordé à l'étalon officiel | Une fois par an |
| 2 Matériel de pesage | Détermination de la masse | Étalonnage raccordé à l'étalon officiel | Une fois par an |
| 3 Dispositif de mesure de la température | Détermination de la température | Étalonnage raccordé à l'étalon officiel | Une fois par an |
| 4 Matériel d'essai de résistance mécanique | Détermination de la charge | Étalonnage raccordé à l'étalon officiel | Une fois par an |
| 5 Dispositif d'essai d'étanchéité | Détermination de la pression | Étalonnage raccordé à l'étalon officiel | Une fois par an |

Annexe H (normative)

Méthodes d'échantillonnage pour le contrôle des produits finis

Le Tableau H.1 s'applique au contrôle des produits finis lorsqu'il est requis conformément à 6.1.

Tableau H.1 — Méthodes d'échantillonnage

| Paragraphe | Essai | Essai de type initial | Surveillance continue |
|----------------|--|---|--|
| 4.2.6.1 | Absorption d'eau | 3 S | 1 G /mois |
| 4.3.2 | Contrôle visuel de l'aspect de surface | Tous les éléments essayés | Tous les éléments essayés |
| 4.3.3 | Caractéristiques géométriques - éléments - profils des assemblages | 3 N Voir Tableau H.2 | 3 Y Voir Tableau H.2 |
| 4.3.4 | Assemblages et garnitures d'étanchéité | Essai ou calcul dans certains cas particuliers | - |
| 4.3.5 | Résistance à l'écrasement | 3 S dans le cas du béton non armé et du béton fibré acier 1 S dans le cas du béton armé | Voir Tableau I.2 |
| 4.3.6.1 | Résistance à la flexion longitudinale | 2 S | - |
| 4.3.7 | Étanchéité à l'eau : Méthodes 1, 3 et 4 en 4.3.4.2 - élément seul ($t \leq 125$ mm) - chaque type d'assemblage Méthode 2 en 4.3.4.2 - chaque type d'assemblage | 3 W Voir Tableau H.2 Voir Tableau H.2 | Voir Tableau I.2 Voir Tableau H.2 Voir Tableau I.2 |
| 5.2.1 | Armatures | 1 N | Tous les tuyaux en béton armé qui ont été essayés à la rupture |
| 5.2.2 et 5.3.3 | Enrobage | 1 N sur chaque tuyau ayant été soumis à l'essai de type selon 5.2.3, ou appareil de mesure de l'enrobage pour les autres éléments | Tous les tuyaux qui ont été essayés selon 5.2.3 et, dans le cas de l'utilisation d'un appareil de mesure de l'enrobage, 2 N/jour |
| 5.3.2.1 | Résistance des carottes | 1 N | J *) |

G est l'essai par groupe ;

J est l'essai pour 500 éléments produits par groupe, avec un minimum de un par mois ;

N est l'essai par type et dimension nominale ;

S est l'essai par type, dimension nominale et classe de résistance ;

W est l'essai par type, dimension nominale et épaisseur de paroi ;

Y est l'essai par type, dimension nominale et classe de résistance, pour 1000 éléments produits, avec un minimum de un par type et année.

*) J concerne deux carottes du même élément (voir 6.8).

Tableau H.2 — Méthodes d'échantillonnage pour les essais des assemblages

| Essais | |
|---|--|
| 1) Déviation angulaire ; et 2) charge de cisaillement , ou 3) déviation et cisaillement combinés. | |
| Essais de type initiaux | Surveillance continue (si les méthodes 1, 3 ou 4 ont été utilisées selon 4.3.4.2 pour démontrer la durabilité des assemblages) |
| Deux paires d'éléments du même groupe : – avec le même profil de garniture ; – avec la même portée effective de l'assemblage une fois l'assemblage réalisé. | Une paire d'éléments du même groupe pour 1 000 produits, avec un minimum de un essai par an : – avec le même profil de garniture ; – avec la même portée effective de l'assemblage une fois l'assemblage réalisé ; ou bien, à la discrétion du fabricant, si l'essai de type initial a été réalisé avec succès pour les tolérances les plus défavorables, il est admis de ne vérifier que les dimensions de l'assemblage et des garnitures d'étanchéité à la fréquence déclarée dans les documents de fabrication, avec un minimum de : – un élément pour 25 éléments produits, pour chaque dimension nominale et chaque type ; – un élément par jour pour chaque dimension nominale et type. |

Annexe I (normative)

Méthodes d'échantillonnage pour le contrôle régulier de l'étanchéité à l'eau (élément seul) et de la résistance à l'écrasement

I.1. Fréquence des contrôles et interprétation des résultats

I.1.1. Fréquence des contrôles

Lorsque le contrôle se fait sur la base d'évaluations individuelles (voir I.4.1), le contrôle renforcé doit toujours être appliqué lors de l'évaluation des résultats d'essais d'écrasement des tuyaux en béton non armé ou fibré acier. Lors de l'évaluation de tous les autres résultats d'essais, les fréquences des contrôles correspondent à trois types de contrôle, de sévérité décroissante comme suit :

- **contrôle renforcé** : il doit être appliqué, prescription par prescription, à l'occasion d'une nouvelle production ou d'un changement de procédé de fabrication ou encore lorsque les règles de passage d'un niveau de contrôle à un autre de l'annexe I.2 s'appliquent ;
- **contrôle normal** : il doit être appliqué, prescription par prescription, aux fréquences prévues, lorsque le procédé spécifique est sous maîtrise ou lorsque les règles de passage de l'annexe I.2 s'appliquent ;
- **contrôle réduit** : une fréquence d'échantillonnage réduite peut être appliquée, prescription par prescription, lorsque les règles de passage de l'annexe I.2 l'autorisent.

Le contrôle de la résistance à l'écrasement des tuyaux en béton non armé se fait normalement à la charge ultime (rupture), F_u . Toutefois, pour un procédé spécifique et à la discrétion du fabricant, ce contrôle peut se faire essentiellement par rapport à la charge d'écrasement minimale, F_n , conformément à l'annexe K.

A la discrétion du fabricant, le contrôle de la résistance à l'écrasement des tuyaux en béton armé doit être soit du niveau « courant », soit du niveau « allégé » spécifié dans le Tableau I.1, et la valeur retenue doit être stipulée dans les documents de fabrication.

I.1.2. Interprétation des résultats

L'acceptabilité des essais réguliers et de la surveillance continue doit être déterminée individuellement ou statistiquement conformément aux dispositions de I.4.

I.2. Mise en œuvre des règles de passage d'un niveau de contrôle à un autre

I.2.1. Passage du contrôle renforcé au contrôle normal

Le contrôle renforcé doit continuer jusqu'à ce que cinq échantillons consécutifs satisfassent les prescriptions concernées, après quoi le contrôle normal peut être mis en œuvre ou repris.

I.2.2. Interruption du contrôle

Si 10 échantillons consécutifs restent soumis au contrôle renforcé, le plan d'échantillonnage doit être suspendu en attendant que des mesures soient prises afin d'améliorer la qualité des produits contrôlés.

I.2.3. Passage du contrôle normal au contrôle réduit

Le contrôle réduit peut être appliqué lorsque le contrôle normal est en vigueur, dans la mesure où les conditions suivantes sont remplies :

- les 10 derniers échantillons se sont avérés conformes à la prescription considérée ; et
- la production est sous maîtrise.

I.2.4. Passage du contrôle réduit au contrôle normal

Lorsque le contrôle réduit est en vigueur, le contrôle normal doit être repris si l'une quelconque des situations suivantes se produit au premier contrôle (c'est-à-dire avant toute non acceptation éventuelle) :

- la production devient irrégulière ou est retardée ;
- d'autres conditions demandent que le contrôle normal soit repris.

I.2.5. Passage du contrôle normal au contrôle renforcé

Lorsque le contrôle normal est en vigueur, le contrôle renforcé doit être repris si deux échantillons ou plus se sont avérés ne pas être conformes à la prescription considérée, pour cinq essais consécutifs du contrôle normal.

I.3. Contrôle renforcé, normal et réduit

I.3.1. Contrôle renforcé

Le contrôle renforcé correspond à une fréquence d'échantillonnage deux fois plus élevée que celle du contrôle normal.

I.3.2. Contrôle normal

Les échantillons doivent être prélevés et essayés conformément à ce qui suit :

- résistance à l'écrasement :
comme défini dans le Tableau I.1 ;
- étanchéité à l'eau (hydrostatique) :
comme défini dans le Tableau I.2, selon la méthode utilisée en 4.3.4.2 pour démontrer la durabilité des assemblages.

I.3.3. Contrôle réduit

Le contrôle réduit correspond à une fréquence d'échantillonnage deux fois moins élevée que celle du contrôle normal.

Tableau I.1 — Contrôle de la résistance à l'écrasement

| Matériau du tuyau | Symbole(s) | Fréquence d'échantillonnage pour l'essai de tuyaux ^a de mêmes dimensions et valeurs de résistance nominales, produites par une machine ou une unité de production spécifiques (contrôle normal) | | |
|---|---|--|---|--|
| | | Initialement ou après une interruption de 18 mois ou plus | Globalement ^b | |
| | | | Production par semaine ^c | Fréquence d'échantillonnage |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Béton non armé (sans utiliser l'option de l'annexe K) | F_u | Un au démarrage ^d de la production | < 750 tuyaux | Un tuyau pour 500 tuyaux produits, mais au minimum quatre par an |
| | | | ≥ 750 tuyaux | Un tuyau pour 750 tuyaux produits |
| Béton non armé (utilisant l'option de l'annexe K) | F_n | – | < 750 tuyaux | Un tuyau pour 500 tuyaux produits, mais au minimum quatre par an |
| | | | ≥ 750 tuyaux | Un tuyau pour 750 tuyaux produits |
| | F_u | Un au démarrage ^d de la production | Un tuyau tous les 5 parmi ceux choisis pour F_n mais au minimum un toutes les quatre semaines | |
| Béton fibré acier | $0,67 F_n + F_u + 0,67 F_n$ | Un au démarrage ^d de la production | < 750 tuyaux | Un tuyau pour 500 tuyaux produits, mais au minimum quatre par an |
| | | | ≥ 750 tuyaux | Un tuyau pour 750 tuyaux produits |
| Béton armé (contrôle courant) | $F_c = 0,67 F_n$ | Un au démarrage ^d de la production | < 250 tuyaux | Un tuyau pour 250 tuyaux produits, mais au minimum deux par an |
| | | | $250 \leq \text{tuyaux} < 750$ | Un par semaine ^c |
| | | | ≥ 750 tuyaux | Un tuyau pour 750 tuyaux produits |
| F_u | Un au démarrage ^d de la production | Un tuyau tous les 10 parmi ceux choisis pour F_c mais au minimum un par an | | |
| Béton armé (contrôle allégé) | $F_c = 0,8 F_n$ | Un au démarrage ^d de la production | < 250 tuyaux | Un tuyau pour 500 tuyaux produits, mais au minimum deux par an |
| | | | $250 \leq \text{tuyaux} < 750$ | Un tuyau toutes les deux semaines |
| | | | ≥ 750 tuyaux | Un tuyau pour 1500 tuyaux produits |
| $1,2 F_n$ | Un au démarrage ^d de la production | Un tuyau tous les 10 parmi ceux choisis pour F_c mais au minimum un par an | | |

^a Un échantillon signifie un tuyau.

^b Y compris l'échantillon prévu à la colonne 3.

^c Signifie cinq jours consécutifs de production de tuyaux ayant les mêmes dimensions et valeurs de résistance nominales.

^d Signifie à l'exclusion des essais de type initiaux (voir 7.2.2), mais, du fait que tous les échantillons doivent être prélevés de façon aléatoire, (voir 3.1.28), ne s'agit pas nécessairement du premier tuyau en production normale.

NOTE Le résultat d'essai effectif F_a doit être utilisé pour F_c , F_n et F_u selon le cas (voir C.5).

Tableau I.2 — Contrôle de l'étanchéité à l'eau : hydrostatique (Méthodes 1, 2 3 et 5), assemblage (Méthode 2)

| Épaisseur théorique de la paroi (<i>t</i>) mm | Production maximale au cours des jours de production consécutifs précédant l'échantillonnage – cas du contrôle normal pour chaque type, dimension nominale et épaisseur de paroi ^a |
|---|---|
| $t \leq 40$ | ≤ 250 |
| $40 < t \leq 100$ | ≤ 500 |
| $100 < t$ | ≤ 1000 |

^a Si une dimension nominale, un type ou une épaisseur de paroi particuliers n'ont pas été fabriqués au cours d'une période de 60 jours de production consécutifs, il doit être procédé à un échantillonnage lors du redémarrage de la production, sous réserve d'au moins un échantillonnage par an.

I.3.4. Exemples

Des exemples de la fréquence d'échantillonnage pour le contrôle courant de la résistance à l'écrasement conformément au Tableau I.1 sont donnés dans le Tableau I.3.

Tableau I.3 — Exemples de fréquences d'échantillonnage pour le contrôle de la résistance à l'écrasement (contrôle courant)

| Machine ou unité de production spécifique | Matériau du tuyau | Dimension nominale et classe de résistance | Action | Jours de production du nombre cumulé de tuyaux | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|----------------------------------|--|-----|-----|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|------|------|---------------------|---------------------|------|---------------------|------|------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Machine "A" | Béton non armé | DN 300 classe de résistance 165 | Tuyaux produits: | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 | 2250 | 2500 | 2750 | 3000 | 3250 | 3500 | 3750 |
| | | | Échantillons prélevés: | 1 ¹⁾ >> | | | < 1 ²⁾ > | | | < 1 ²⁾ > | | | < 1 ²⁾ > | | | < 1 ²⁾ > | | |
| Machine "B" | Béton non armé | DN 600 classe de résistance 135 | Tuyaux produits: | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 |
| | | | Échantillons prélevés: | 1 ¹⁾ >> | | | | | < 1 ³⁾ > | | | | | < 1 ³⁾ > | | | | |
| Machine "C" | Béton non armé | WN/HN 400/600 classe de résistance 135 | Tuyaux produits : | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 ⁴⁾ | | | | | | 600 ⁴⁾ | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| | | | Échantillons prélevés : | 1 ¹⁾ >> | | | | | < 1 ³⁾ > | | | | | | | | | |
| | Béton fibré acier | DN 800 classe de résistance 110 | Tuyaux produits : | | | | | | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 ⁵⁾ | | | | | |
| | | | Échantillons prélevés : | | | | | | 1 ¹⁾ >> | | | | | | | | | |
| Machine "D" | Béton armé | DN 600 classe de résistance 135 | Tuyaux produits : | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 1750 | 2000 | 2250 | 2500 | 2750 | 3000 | 3250 | 3500 | 3750 |
| | | | Échantillons prélevés (F_c): | 1 ¹⁾ >> | | | < 1 ⁶⁾ > | | | < 1 ⁶⁾ > | | | < 1 ⁶⁾ > | | | < 1 ⁶⁾ > | | |
| | | | Échantillons prélevés (F_u): | 1 ¹⁾ >> | | | | | | | | | | | | | | |
| Machine "E" | Béton armé | DN 1200 classe de résistance 110 | Tuyaux produits : | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 |
| | | | Échantillons prélevés (F_p): | 1 ¹⁾ >> | | | | | < 1 ⁷⁾ > | | | | | < 1 ⁷⁾ > | | | | |
| | | | Échantillons prélevés (F_u): | 1 ¹⁾ >> | | | | | | | | | | | | | | |
| Unité de production "F" | Béton armé | DN 1500 classe de résistance 110 | Tuyaux produits : | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 ⁴⁾ | | | | | | 300 ⁴⁾ | 350 | 400 | 450 | 500 |
| | | | Échantillons prélevés (F_p): | 1 ¹⁾ >> | | | | | < 1 ⁸⁾ > | | | | | | | | | |
| | | | Échantillons prélevés (F_u): | 1 ¹⁾ >> | | | | | | | | | | | | | | |
| | | DN 1600 classe de résistance 90 | Tuyaux produits : | | | | | | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 ⁹⁾ | | | | | |
| | | | Échantillons prélevés (F_p): | | | | | | 1 ¹⁾ >> | | | | | | | | | |
| | | | Échantillons prélevés (F_u): | | | | | | 1 ¹⁾ >> | | | | | | | | | |
| Unité de production "G" | Fonçage en béton armé | DN 1600 classe de résistance 90 | Tuyaux produits : | 10 | 20 | 30 | | | | | | | | | | | | |
| | | | Échantillons prélevés (F_p): | 1 ¹⁾ >> | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Échantillons prélevés (F_u): | 1 ¹⁾ >> | | | | | | | | | | | | | | |

1) voir colonne 3 du Tableau I.1;
 2) voir colonnes 4 et 5 du Tableau I.1 pour plus de 750 tuyaux en béton non armé produits par semaine ;
 3) voir colonnes 4 et 5 du Tableau I.1 pour moins de 750 tuyaux en béton non armé produits par semaine;
 4) production de jours consécutifs ;
 5) moins de 750 tuyaux en béton fibré acier produits par semaine, de sorte que l'échantillon prélevé au démarrage de la production constitue celui prescrit (voir colonnes 4 et 5 du Tableau I.1) ;
 6) voir colonnes 4 et 5 du Tableau I.1 pour plus de 750 tuyaux en béton armé produits par semaine ;
 7) voir colonnes 4 et 5 du Tableau I.1 pour entre 250 et 750 tuyaux en béton armé produits par semaine ;
 8) 250 tuyaux en béton armé produits durant la semaine, de sorte que l'échantillon prélevé au démarrage de la production constitue celui prescrit (voir colonnes 4 et 5 du Tableau I.1);
 9) voir colonnes 4 et 5 du Tableau I.1 pour moins de 250 tuyaux en béton armé produits par semaine.

I.4. Détermination de l'acceptation

I.4.1. Contrôle sur la base d'évaluations individuelles

I.4.1.1. Application

Le contrôle sur la base d'évaluations individuelles doit être appliqué, pour tous les échantillons, aux résultats des essais hydrostatique et de résistance à l'écrasement, à l'exception des résultats des essais à la charge ultime (rupture) sur les tuyaux en béton non armé et en béton fibré acier satisfaisant aux conditions requises pour une évaluation statistique (voir I.4.2.2).

I.4.1.2. Mode opératoire

Chaque résultat d'essai (F_a , F_C , F_n , F_u selon ce qui convient pour la résistance à l'écrasement) est comparé à la prescription correspondante de la présente norme européenne.

La prescription relative à la charge ultime (rupture) F_u est :

$$F_u > F_n$$

où

F_n est la charge minimale à l'essai d'écrasement.

Le mode opératoire pour la charge ultime (rupture) F_u (à l'exclusion du contrôle des tuyaux non armés utilisant l'option de l'annexe K et du contrôle allégé des tuyaux armés) est visualisé par le diagramme de la Figure I.1.

Le mode opératoire pour le contrôle allégé des tuyaux armés est visualisé par le diagramme de la Figure I.2.

I.4.1.3. Critères d'acceptation

Si le résultat est conforme à la prescription de I.4.1.2, la production correspondante doit être acceptée.

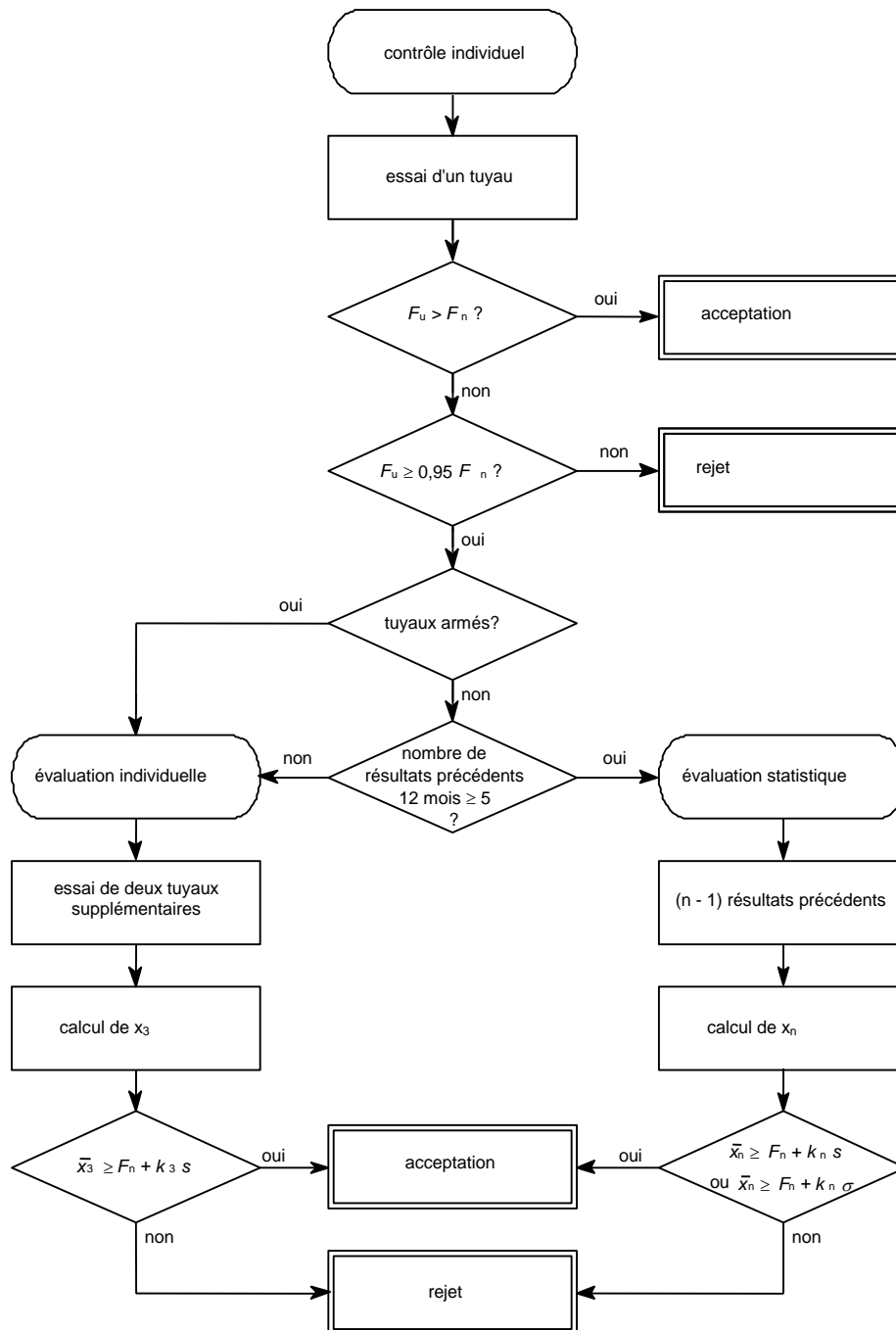
Si le résultat d'un essai hydrostatique ou d'un essai de résistance à l'écrasement autre qu'un essai à la charge ultime (rupture) n'est pas conforme à la prescription, un échantillon constitué de deux tuyaux supplémentaires de la même production doit être à son tour soumis à l'essai. Si les deux résultats de ce second échantillon sont conformes, la production correspondante doit être acceptée, à l'exception des défectueux. Si l'un des résultats ou les deux résultats de ce second échantillon ne sont pas conformes, on doit déterminer la part de la production correspondante concernée et cette part doit être rejetée.

Si un résultat d'essai à la charge ultime (rupture) n'est pas conforme à la prescription, les clauses ci-après s'appliquent :

- si $F_u \geq 0,95 F_n$, un échantillon constitué de deux tuyaux supplémentaires de la même production doit être soumis à l'essai et l'acceptation déterminée sur la base d'une évaluation statistique (voir I.4.2.4) de l'ensemble des résultats de ce second échantillon et du résultat non conforme ;
- si $F_u < 0,95 F_n$, la production correspondante doit être rejetée.

Si le résultat d'un essai sur un tuyau armé essayé par rapport à $1,2 F_n$ dans le cadre d'un contrôle allégé n'est pas conforme à l'exigence (c'est à dire qu'il y a rupture du tuyau), la détermination de l'acceptabilité doit être comme indiqué ci-dessus, sauf que le résultat d'essai F_a doit être comparé à $1,14 F_n$ (au lieu de $0,95 F_n$) et $1,2 F_n$ doit être utilisé (au lieu de F_n) pour déterminer la limite inférieure de la statistique de qualité, Q (voir I.4.2.4.2).

Figure I.1 — Logigramme du contrôle de la charge ultime (rupture) sur la base d'évaluations individuelles (à l'exclusion du contrôle des tuyaux non armés selon l'option de l'annexe K et du contrôle allégé des tuyaux armés)



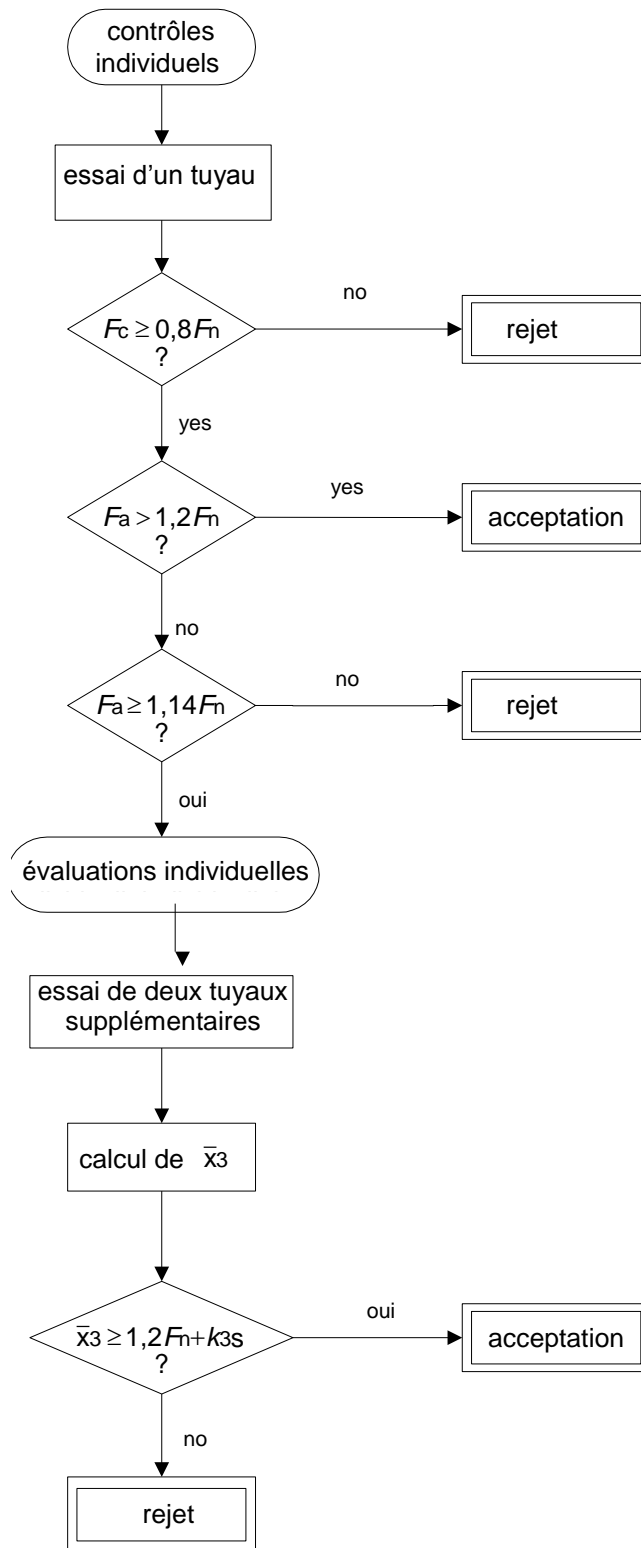


Figure I.2 — Logigramme du contrôle allégé des tuyaux armés sur la base d'évaluations individuelles

I.4.2. Contrôle de la résistance à l'écrasement sur la base d'une évaluation statistique

I.4.2.1. Application

Le contrôle de la résistance à l'écrasement sur la base d'une évaluation statistique doit être appliqué aux résultats d'essai à la charge ultime (rupture) F_u concernant les tuyaux en béton non armé ou en béton fibré acier satisfaisant aux conditions indiquées ci-après et, tandis qu'il est appliqué, il doit être établi que le procédé spécifique de fabrication des échantillons a atteint et demeure dans un état de maîtrise statistique.

I.4.2.2. Conditions nécessaires

Le contrôle sur la base d'une évaluation statistique doit être appliqué lorsque cinq résultats d'essai d'écrasement consécutifs sur des échantillons issus du même procédé spécifique sont conformes aux prescriptions de la présente norme européenne et qu'ils peuvent être considérés comme suivant une loi normale.

Le contrôle sur la base d'évaluations individuelles (voir I.4.1) doit être appliqué si le nombre de résultats d'essais réguliers d'écrasement obtenus sur des échantillons issus du même procédé spécifique est inférieur à cinq par an ou si les résultats de l'essai sont considérés ne pas suivre une loi normale.

I.4.2.3. Mode opératoire

Effectuer le contrôle sur un ensemble de n résultats consécutifs d'essais réguliers d'écrasement obtenus sur des échantillons issus du même procédé spécifique, n étant un nombre fixé choisi par le fabricant et tel que $3 \leq n \leq 15$. Le premier ensemble doit être composé des trois derniers résultats conformes aux prescriptions de la présente norme européenne.

Tant que le nombre de résultats d'essai est inférieur à n , le contrôle doit être poursuivi sur la base d'ensembles successifs, obtenus en ajoutant les nouveaux résultats à l'ensemble existant.

Lorsque le nombre de résultats d'essai disponibles dépasse n , les ensembles utilisés par la suite doivent être des ensembles successifs de n résultats, obtenus en substituant aux plus anciens les résultats les plus récents.

Après chaque modification des paramètres de production ou d'essai susceptible de perturber le caractère normal de la distribution des résultats, un nouvel ensemble doit être constitué à partir des résultats obtenus après la modification.

I.4.2.4. Critères d'acceptation

I.4.2.4.1. Généralités

La production doit être acceptée si les résultats d'essai satisfont :

— individuellement $F_u \geq 0,95 F_n$

où

F_u est la charge ultime (rupture) ; et

F_n est la charge minimale à l'essai d'écrasement ;

et

— statistiquement : I.4.2.4.2 ou I.4.2.4.3.

Si l'une ou l'autre condition n'est pas satisfaite, on doit établir la part de la production correspondante concernée et cette part doit être rejetée.

I.4.2.4.2. Détermination de l'acceptation lorsque l'écart type n'est pas connu

On considère la valeur mesurée x de la charge ultime (rupture) F_u des n derniers échantillons consécutifs.

On calcule la valeur moyenne \bar{x} et l'écart type s correspondant à ces n valeurs.

On calcule la limite inférieure de statistique de qualité Q correspondant à la limite inférieure spécifiée :

$$Q = (\bar{x} - F_n)/s$$

où

F_n est la limite inférieure de spécification pour la charge minimale à l'essai d'écrasement.

On compare ensuite la statistique de qualité à la constante d'acceptabilité k obtenue dans la colonne appropriée du Tableau I.4. L'interpolation pour les valeurs intermédiaires de n est admise.

Tableau I.4 — Constante d'acceptabilité ¹⁾, écart-type inconnu

| Nombre d'échantillons N | Constante d'acceptabilité k | | |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Contrôle renforcé | Contrôle normal | Contrôle réduit |
| 3 | 1,12 | 0,958 | 0,765 |
| 4 | 1,17 | 1,01 | 0,814 |
| 5 | 1,24 | 1,07 | 0,874 |
| 7 | 1,33 | 1,15 | 0,955 |
| 10 | 1,41 | 1,23 | 1,03 |
| 15 | 1,47 | 1,30 | 1,09 |

Pour qu'il y ait acceptation, la statistique de qualité correspondant à la limite inférieure spécifiée doit être supérieure ou égale à la constante d'acceptabilité.

I.4.2.4.3. Détermination de l'acceptation lorsque écart type est connu

La façon de procéder est la même qu'indiqué en I.4.2.4.2 lorsque écart type n'est pas connu, mais écart type utilisé ζ est déterminé sur la base de valeurs de la charge ultime (rupture) F_u mesurées pour au moins 15 échantillons consécutifs obtenus au cours des 12 derniers mois maximum; écart type doit en outre être régulièrement vérifié. La constante d'acceptabilité k est obtenue de la colonne appropriée du Tableau I.5. L'interpolation pour les valeurs intermédiaires de n est admise.

1) Adapté de l'ISO 3951.

Tableau I.5 — Constante d'acceptabilité ¹⁾, écart-type connu

| Nombre d'échantillons <i>n</i> | Constante d'acceptabilité <i>k</i> | | |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Contrôle renforcé | Contrôle normal | Contrôle réduit |
| 3 | 1,17 | 1,01 | 0,76 |
| 4 | 1,23 | 1,11 | 0,83 |
| 5 | 1,39 | 1,20 | 0,92 |
| 7 | 1,45 | 1,25 | 1,02 |
| 10 | 1,50 | 1,31 | 1,08 |
| 15 | 1,56 | 1,36 | 1,13 |

Annexe J (normative)

Tâches relevant de l'organisme de certification de produits

J.1. Inspection initiale de l'usine et du contrôle de la production en usine

L'inspection initiale de l'usine doit établir si les conditions requises par l'annexe G – en termes de personnel et d'équipement – afin d'assurer une fabrication continue et méthodique des éléments et le contrôle de la production en usine sont bien satisfaites.

Tous les faits importants de l'inspection initiale, notamment le système de contrôle de la production pratiqué par le fabricant et l'évaluation du caractère satisfaisant du système doivent être consignés dans un rapport.

J.2. Évaluation et acceptation des essais de type initiaux

Lorsque la production d'une usine n'a pas encore été certifiée conforme à la présente norme européenne, et lorsqu'il s'agit d'évaluer et d'accepter les essais de type initiaux, l'organisme de certification doit assister aux essais relatifs à chacune des spécifications de la présente norme pour chaque groupe de dimensions nominales.

Lorsque la production d'une usine est déjà certifiée conforme à la présente norme européenne, et lorsqu'il s'agit d'évaluer et d'approuver les essais de type initiaux pour un nouveau produit ou des produits provenant d'une nouvelle installation de production, l'organisme de certification doit être informé par le fabricant au moins sept jours avant que ces produits ne soient fournis.

J.3. Surveillance périodique, évaluation et acceptation du contrôle de la production en usine

L'objectif principal de l'organisme de certification est de vérifier si les conditions de l'annexe G prescrites pour la fabrication et le système de contrôle de la production en usine sont bien maintenues.

L'organisme de certification doit mettre en œuvre un programme de contrôle tel que toutes les prescriptions applicables de l'annexe G soient contrôlées périodiquement, avec une fréquence d'au moins deux fois par an.

L'organisme de certification doit, dans le cadre du contrôle périodique, examiner les résultats du contrôle de la production opéré par le fabricant afin de s'assurer que les essais réguliers requis ont été effectués à la fréquence spécifiée et que les actions adéquates, y compris l'étalonnage et la maintenance du matériel d'essai, ont été entreprises. La conformité aux prescriptions relatives au marquage doit également être vérifiée.

Les résultats des contrôles périodiques doivent être consignés dans les enregistrements des contrôles.

J.4. Essais par sondages d'échantillons prélevés en usine

Le contrôle de la production en usine étant la base de la certification de produits, l'objectif des essais par sondages d'échantillons doit être de vérifier la fiabilité des résultats de ce contrôle et non de décider de la conformité ou de la non-conformité des éléments fabriqués.

Les essais par sondages d'échantillons doivent être effectués sur des éléments déclarés conformes à la présente norme européenne. Là où le matériel d'essai du fabricant est étalonné ou vérifié, les essais doivent normalement être effectués en utilisant ce matériel.

Les essais par sondage doivent être effectués de façon à assurer qu'une gamme représentative de dimensions nominales et de classes de résistance des éléments soit essayée au cours de chaque période de trois ans.

J.5. Système qualité

Lorsque le fabricant se propose d'établir un système de qualité certifié (par exemple conforme à l'EN ISO 9001), celui-ci, avant d'être appliqué, doit avoir été vérifié et accepté par l'organisme agréé de certification de produits.

Annexe K (normative)

Mode opératoire pour les tuyaux en béton non armé lorsque la surveillance continue (contrôle régulier) de la résistance à l'écrasement se rapporte essentiellement à la charge minimale d'écrasement

A la discrétion du fabricant, il est admis de procéder à la surveillance continue (contrôle régulier) de la résistance à l'écrasement des tuyaux en béton non armé pour un procédé particulier en effectuant essentiellement les essais par rapport à la charge d'écrasement minimale, F_n , conformément au mode opératoire suivant à condition que :

- les tuyaux soient circulaires ou circulaires avec une base dont l'épaisseur théorique au niveau du radier soit identique à l'épaisseur théorique de la paroi à la clé du tuyau
- l'essai soit réalisé conformément aux dispositions représentées aux Figures C.2a, C.2c ou C.3a ;
- un mode opératoire séparé soit appliqué pour les éléments de même dimension nominale, de même section et de même classe de résistance, produits avec une machine particulière ou par une unité de production spécifique ;
- tous les aspects du mode opératoire soient consignés dans les documents de fabrication.

NOTE Pour le contrôle de la résistance à l'écrasement sur la base d'évaluations individuelles, voir I.4.1.

Étape 1 : Dès le début de la production, contrôler la résistance à l'écrasement dans des conditions de contrôle renforcé (voir I.1.1) en appliquant la charge ultime (rupture) F_u conformément au Tableau I.1 pour les « Tuyaux en béton non armé (sans utiliser l'option de l'annexe K) ».

Étape 2 : Poursuivre le contrôle jusqu'à ce qu'un ensemble de n résultats consécutifs d'essais réguliers d'écrasement soit obtenu sur des échantillons, n étant un nombre fixe choisi par le fabricant et s'appliquant à des résultats vieux de moins de 12 mois et tel que $5 \leq n \leq 15$.

Étape 3 : Calculer la contrainte à la traction par flexion, f_{bt} , pour chacun des n tuyaux à l'aide de la formule suivante :

$$f_{bt} = (6 \times F_u \times r_m) / (\Sigma \times t_{act}^2)$$

où

f_{bt} est la contrainte à la traction par flexion, en méga pascals (newtons par millimètre carré) ;

F_u est la charge ultime (rupture), en kilo newtons par mètre ;

r_m est le rayon moyen du tuyau, en millimètres ;

t_{act} est l'épaisseur de paroi moyenne mesurée à la clé du tuyau, en millimètres.

Étape 4 : Calculer la valeur caractéristique de la contrainte à la traction par flexion, f_{ch} , à partir de n résultats, puis choisir une contrainte à la traction par flexion théorique f_{des} inférieure ou égale à la valeur caractéristique f_{ch} .

Étape 5 : Calculer la contrainte à la traction par flexion f_{bt} dans la section transversale de l'élément en utilisant la formule suivante :

$$f_{bt} = (6 \times F_n \times r_m) / (\Sigma \times t_{min}^2)$$

où

f_{bt} est la contrainte à la traction par flexion en mégapascals (newtons par millimètre carré) ;

F_n est la charge d'écrasement minimale, en kilo newtons par mètre ;

r_m est le rayon moyen du tuyau théorique, en millimètres ;

t_{min} est l'épaisseur de paroi minimale admise sur la clé du tuyau, en millimètres.

Si la contrainte à la traction par flexion, f_{bt} , ne dépasse pas la contrainte à la traction par flexion théorique, f_{des} , vérifier la section théorique du tuyau.

Étape 6 : Après vérification de la section théorique du tuyau, démarrer la surveillance continue (contrôle régulier) conformément au Tableau I.1 pour les « Tuyaux en béton non armé (utilisant l'option de l'annexe K) ».

Étape 7 : A l'aide de la formule de l'étape 3, calculer la contrainte à la traction par flexion, f_{bt} , dans le béton du tuyau suivant soumis à la charge ultime (rupture) F_u et substituer ce résultat au plus ancien des n résultats.

Étape 8 : Déterminer l'acceptabilité comme suit :

Prendre en compte la valeur mesurée x de la contrainte à la traction par flexion à la charge ultime (rupture) F_u obtenue pour les n derniers échantillons consécutifs.

Calculer la valeur moyenne \bar{x} et écart type s correspondant à ces n valeurs.

Calculer la statistique de qualité pour la limite inférieure, Q , correspondant à la limite inférieure spécifiée :

$$Q = (\bar{x} - f_{des}) / s$$

où

f_{des} est la limite inférieure de spécification pour la contrainte à la traction par flexion, puis comparer la statistique de qualité à la constante d'acceptabilité k obtenue dans la colonne appropriée du Tableau I.3. Pour les valeurs intermédiaires de n , l'interpolation est admise.

Pour qu'il y ait acceptation, la statistique de qualité correspondant à la limite inférieure spécifiée doit être supérieure ou égale à la constante d'acceptabilité.

Étape 9 : Si l'acceptabilité se vérifie, répéter les Étapes 7 et 8 pour chaque essai consécutif à la charge ultime (rupture) F_u , sinon retourner à l'étape 1.

Annexe L (normative)

Règles de conception, de vérification de l'aptitude porteuse, des possibilités d'utilisation et d'exécution des travaux de réalisation des canalisations, de tuyaux en béton armé, béton non armé et béton de fibres métalliques

L.1. Généralités

L'annexe L règle les questions relatives à l'utilisation des tuyaux et au calcul de la résistance aux charges ainsi que celles liées à l'emploi des tuyaux et pièces de raccordement et regards en béton armé, béton non armé et béton de fibres métalliques, en vertu des normes européennes EN 1916 & EN 1917.

Dans la norme EN 1295-1 et, par conséquent, dans la méthode de calcul énoncée dans les fiches techniques ATV-DVWK-A 127 & ATV-DVWK-A 161, sont indiquées les instructions de calcul des contraintes (Tragwiderstand) et des forces exercées sur les canalisations et regards réalisés à partir de tuyaux préfabriqués, de pièces de raccordement et regards en béton non armé, et de pièces en béton coulé sur place. Dans le souci de préserver le niveau de sécurité actuel, les coefficients de sécurité correspondants (Teilsicherheitsbeiwerte) sont définis afin de vérifier l'aptitude porteuse (Tragfähigkeit) à la possibilité d'utilisation (Gebrauchstauglichkeit). Le calcul et le dimensionnement respectent les règles de dimensionnement des produits en béton non armé, béton armé et béton de fibres métalliques et la charge admissible a été contrôlée par un essai d'écrasement effectué suivant le modèle des normes EN 1916 ou EN 1917.

L.2. Modes d'exécution

En règle générale, les conduites, canalisations, regards et pièces de raccordement sont réalisés à partir de composants préfabriqués, assemblés sur le chantier. Les structures plus imposantes peuvent également être fabriquées, sur chantier, en béton armé ou béton non armé.

Les tuyaux, les pièces de raccordement et les regards sont assemblés de manière flexible à l'aide de raccords conformes à la norme DNA EN 1916. Le cas échéant, les pièces doivent être raccordées selon les prescriptions énoncées par le fabricant dans les fiches techniques des produits. Les joints en élastomère décrits dans la EN 681-1 doivent être, soit intégrés à l'élément d'assemblage du composant, soit livrés séparément par le fabricant de tuyaux et de regards.

L.3. Contrainte et aptitude porteuse des éléments constituant la canalisation

L.3.1. Actions exercées (Contraintes)

Les actions exercées (contraintes) sur les conduites et canalisations sont calculées selon la norme EN 1295-1 et, temporairement, selon les fiches techniques ATV-DVWK-A 127 (pour les tranchées ouvertes) ou ATV-DVWK-A 161 (pour les travaux de fonçage).

Pour calculer les contraintes selon les normes DIN 1054 et DIN 1055-100, il faut utiliser les variables suivantes (charges propres, nature du sol et coefficients de sécurité des composants) :

Tableau L.1 : Charges propres

| Colonne | 1 | 2 | |
|---------|--------------------------------------|---|---|
| Ligne | Charges propres en kN/m ² | | |
| | Matériau ou matière première | Limite de l'aptitude porteuse et des possibilités d'utilisation | Limite de perte de stabilité du sol (poussée verticale) |
| 1 | Béton non armé | 24 | 23 |
| | Béton de fibres métalliques | 25 | 24 |
| | Béton armé | 25 | 24 |
| 2 | Remplissage (eau) | 10 | 10 |
| 3 | Sol, bien tassé | 20 | 18 ¹⁾ |
| | Sol soumis à poussée verticale | 11 | 8 ¹⁾⁸ |

¹⁾ Les sols bien tassés présentent une densité Proctor d'au moins 95% ; dans le cas de terrains non tassés ou peu compacts, il est recommandé d'utiliser la valeur caractéristique inférieure indiquée dans les normes DIN 1055-1 ou -2

En attendant l'introduction de normes européennes, les véhicules standards répertoriés sous la norme DIN 1072 servent, provisoirement, de référence pour les charges roulantes. Puisqu'il n'est pas tenu compte des charges roulantes latérales qui permettent de compenser les contraintes, les véhicules individuels sont utilisés dans les calculs (Tableau L.2).

Tableau L.2 : Charges roulantes

| Colonne | 1 | 2 |
|---------|--|---|
| Ligne | Charges roulantes | |
| | Sous les chaussées & trottoirs | Sous les pistes cyclables et les chemins ruraux |
| 1 | Poids lourd 60 (SLW 60), comme véhicule individuel ou Poids lourd 30 (SLW 30), comme véhicule individuel | Poids lourd 12 (LKW 12), véhicule individuel (=charge de référence principalement constante) |

Afin de permettre le calcul de l'interaction tuyau/sol selon la méthode recommandée dans la norme EN 1295-1 (à savoir, jusqu'à la publication d'une méthode de calcul harmonisée au niveau européen, selon les indications de la fiche ATV-DVWK-A 127 pour la pose en tranchée ouverte de tuyaux et ATV-DVWK-A 161 pour la pose par fonçage), les efforts exercés par les actions (Schnittgrößen der Einwirkungen) accompagnés des coefficients de sécurité répertoriés dans le tableau L.3 (en appliquant la norme DIN 1054), et non les contraintes tel que le prévoit la norme DIN 1055-100) sont à appliquer. Grâce à cette méthode, les forces de réaction du ballast et du sol qui s'exercent latéralement et jouent un rôle porteur ne sont pas clairement placées dans la catégorie des actions exercées ou de la résistance.

Tableau L.3 : Coefficients de sécurité pour les efforts exercés par les actions

| Ligne | Colonne | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|-------|---|---|--|---|-------------------------------------|---|------------------|
| | Efforts comme actions (Schnittkräfte aus Einwirkungen) | Coefficients de sécurité pour les limites de | | | | Possibilité d'utilisation | Stabilité du sol |
| | | Aptitude porteuse | | | Poussée verticale ¹⁰⁾ | | |
| | | Dimension- nement pour configuration continue et de longue durée (ex. : fonçage) Cas de charge 1 ¹⁾ Cas de charge P ²⁾ | Dimensionnement pour configuration passagère (Durant construction, ex. : retrait du soutènement) Cas de charge 2 ¹⁾ Cas de charge T ²⁾ | Dimensionnement pour configuration passagère (Pression interne due au reflux) Cas de charge 2 ¹⁾ Cas de charge T ²⁾ | | | |
| 1 | Actions constantes, indépendantes γ_G : - Poids propre (Composant) - Remplissage (eau) - Surcharge (Reflux) ³⁾ - Nappe phréatique - Charge du sol - Pression latérale du sol | + + néant + + | + néant néant + + | + + + + + | + + néant + + | 0,90 ⁷⁾ néant néant 1,00 ⁸⁾ 0,90 ⁷⁾ - | |
| 2 | Actions variables, indépendantes γ_Q : - Charge roulante ⁴⁾ poids lourd 60, poids lourd 30, poids lourd 12 - Charge mobile ferroviaire ⁴⁾ UIC 71 | + + | + + | + + | + + | 1,50 ⁹⁾ 1,50 ⁹⁾ | |
| 3 | Somme des efforts par effet des actions indiquées aux lignes 1 & 2 | 1,35 | 1,20 | 1,20 | 1,00 | - | |
| 4 | Pose ⁵⁾ - - Poids propre à la grue - Force de fonçage | Néant néant | $\geq 2,0$ 1,15 ⁶⁾ ou 1,30 | néant néant | néant néant | néant néant | |

+ les actions marquées d'un + sont à prendre en compte dans la somme des efforts en ligne 3

¹⁾ DIN 1054:2003-01, § 6.3.3

²⁾ DIN 1055-100:2001-03, § 9.3

³⁾ pour les conduites à écoulement libre

⁴⁾ la pression latérale exercée par le sol et résultant de la charge roulante n'entre pas dans le calcul de dimensionnement des tuyaux

⁵⁾ Conditions de construction liées à la pose des canalisations, par exemple : contraintes temporaires dues au chantier, enlèvement des planches de soutènement, forces de fonçage et contraintes exercées lors du fonçage

⁶⁾ est utilisable lorsque les forces de fonçage effectives sont enregistrées en permanence et que les forces de pression maximales exercées sont limitées aux forces de fonçage autorisées.

⁷⁾ Coefficient de sécurité $\gamma_{G,stab} = 0,90$ pour les actions continues effectives, en vertu de la norme DIN 1054, tableau 2, Cas de charge 1

⁸⁾ Coefficient de sécurité $\gamma_{G,dst} = 1,00$ pour les actions continues non effectives, en vertu de la norme DIN 1054, tableau 2, Cas de charge 1

⁹⁾ Coefficient de sécurité $\gamma_{Q,dst} = 1,50$ pour les actions variables non effectives, exercées vers le haut en vertu de la norme DIN 1054, tableau 8, Cas de charge 1

¹⁰⁾ en vertu de la norme DIN 1054, § 11.3:
 $A_k \cdot \gamma_{G,dst} + Q_k \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{k,stab} \cdot \gamma_{G,stab}$
 Sachant que :
 A_k poussée verticale hydrostatique exercée à la base de l'ensemble de la structure
 Q_k valeur caractéristique des actions variables non effectives, perpendiculaires et dirigées vers le haut
 $G_{k,stab}$ valeur caractéristique inférieure des actions continues effectives, tenant compte des charges propres présentées au tableau 1, colonne 3

L.3.2. Résistance aux charges dans la limite de l'aptitude porteuse (aptitude porteuse des éléments)

Lors du calcul et du dimensionnement effectués selon les règles de fabrication du béton armé et du béton non armé, les coefficients de sécurité utiles à la détermination de l'aptitude porteuse sont conformes aux prescriptions relevées dans la ENV 1992-1-1, tableau 2.3 ou dans la norme DIN 1045-1:2001-07, tableau 2. Pour les tuyaux et pièces de raccordement et regards préfabriqués et certifiés, l'utilisation des coefficients de sécurité énoncés dans le tableau L.4 est autorisée.

Tableau L. 4 — Coefficients de sécurité pour la détermination de la résistance aux charges limite de l'aptitude porteuse

| Dimensionnement | Béton non armé $\gamma_{c,B}$ | Béton de fibres métalliques $\gamma_{c,Ffb}$ | Béton armé $\gamma_{c,Sb}$ | Acier d'armature γ_s |
|---|----------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|
| Dimensionnement pour configuration stable et temporaire | 1,80 | 1,80 | 1,50 | 1,15 |
| Dimensionnement pour configuration exceptionnelle | 1,55 | 1,55 | 1,30 | 1,00 |
| Dimensionnement pour configuration de pose (ex. : enlèvement des planches soutènement) ou configuration de fçage ^a | 1,25 | 1,25 | 1,15 | 1,00 |

^a Lors de la détermination de la résistance aux charges et de la force de fçage exercée lors des travaux de fçage, veillez à distinguer la contrainte instantanée exercée sur l'échantillon cylindrique ou cube, celle exercée de façon répétée sur le composant sur une longue durée combinée aux coefficients de sécurité et du facteur $\Delta = 0,85$ pour le béton non armé tel que le prévoit la norme ENV 1992-1-1, § 4.2.1.3.3 !

L.3.3. Vérification aux conditions limites d'aptitude d'emploi

La vérification des conditions limites d'aptitude d'emploi des tuyaux et pièces de raccordement s'effectue par détermination des efforts limites que peuvent supporter le béton non armé, le béton armé et le béton de fibres métalliques, plus particulièrement de la contrainte de traction par flexion annulaire (Ringbiegezugspannung) ζ_{BZR} . Dans le cas des tuyaux en béton armé, la démonstration repose, tel qu'indiqué au paragraphe 5.2.5, sur la détermination de la contrainte de comparaison des tuyaux déduite de la contrainte de traction par flexion annulaire.

En dépit de ces vérifications, des canalisations et des pièces de raccordement et regards en béton non armé, béton armé et béton de fibres métalliques peuvent présenter de fines fissures superficielles, réticulaires et au tracé irrégulier. Ces fissures n'ont pas d'incidence sur la possibilité d'utilisation des canalisations. Des fissures superficielles dans le béton armé peuvent apparaître lorsque sont appliquées des contraintes de traction par flexion annulaire. Le béton armé peut ainsi se fissurer transversalement et montrer des fissures allant jusqu'à 0,2 mm de largeur (valeur moyenne). Sur béton jeune, il est possible d'obturer ces fissures par mouillage (phénomène d'auto cicatrisation du béton). Ce type de fissures n'a aucune influence sur la possibilité d'emploi et la durabilité des canalisations. Des fissures clairement formées autour du collet ou dans l'axe longitudinal de tuyaux en béton non armé ou béton de fibres métalliques ainsi que les fissures de plus de 0,3 mm de largeur dans des tuyaux en béton armé sont révélatrices d'une contrainte excessive exercée sur les canalisations.

Une surface interne granuleuse, de petites stries, des entailles ou de minuscules pores sur la surface externe ne nuisent ni à l'utilisation, ni aux performances hydrauliques des tuyaux ou des canalisations.

L.3.4. Résistance aux charges dans la limite de l'aptitude porteuse par essais de résistance des éléments

Si la vérification de la résistance aux charges est effectuée par le biais d'un contrôle de la résistance à l'écrasement effectué selon le modèle de la norme DIN EN 1916, annexe C, les coefficients de sécurité de l'aptitude porteuse sont à appliquer tels qu'énoncés ci-dessous.

| | | |
|---|--------------|------|
| Eléments de structure en béton non armé | $\gamma_R =$ | 1,80 |
| Béton de fibres métalliques | $\gamma_R =$ | 1,75 |
| Béton armé | $\gamma_R =$ | 1,70 |

Remarque : Le seul contrôle de la résistance à l'écrasement ne suffit pas à garantir la ductilité des pièces de raccordement, regards et tuyaux conçus et dimensionnés dans les règles de fabrication du béton armé et du béton de fibres métalliques.

L.4. Dimensionnement et construction

L.4.1. Dimensionnement selon la norme ENV 1992-1-1 et le document DNA EN 1916

En matière de dimensionnement et de construction, il convient de se référer, pour le béton non armé et le béton armé, à la norme ENV 1992-1-1, tandis que pour le béton de fibres métalliques, il est recommandé de se fier à la fiche technique DBV-Merkblatt „Stahlfaserbeton“, à condition que le document DNA EN 1916 ne stipule aucune instruction divergente.

Si la vérification de la résistance aux charges des tuyaux et des anneaux de regard en béton s'appuie sur une valeur minimale de $\zeta_{BZR} = 6,0 \text{ N/mm}^2$ correspondant à la contrainte de traction par flexion annulaire (béton non armé C35/45 ou béton non armé C40/50), il est conseillé d'appliquer les coefficients de sécurité indiqués au paragraphe L.3.2 pour le béton non armé.

La classe de résistance des tuyaux en béton non armé (résistance à l'écrasement cfr. tableau 8) est calculée, tout en vérifiant la valeur minimale de la contrainte de traction par flexion annulaire ζ_{BZR} , sans coefficient de sécurité pour les résistances à l'écrasement effectué selon trois axes.

En vertu de la norme ENV 1992-1-1, les tuyaux en béton armé sont pourvus d'une armature et dimensionnés pour résister à des forces d'écrasement F_n (cfr. tableau 8), sans tenir compte du déplacement des moments consécutif à la formation d'une fissure.

L.4.2. Détermination de la résistance aux charges par essai d'écrasement

La formation d'une fissure par détermination du déplacement des moments transversaux des tuyaux en béton armé et béton de fibres métalliques ne peut être utilisée lors de la vérification de la force portante limite de la résistance à l'écrasement.

La résistance à l'écrasement des pièces de raccordement, des regards ou des tuyaux ne peut être déterminée par essai sous contraintes de charges qui, après formation d'une fissure, demanderait de plus importants déplacements que les déplacements susceptibles de se produire sur un élément enfoui sous terre. Si la résistance à l'écrasement d'un élément de structure est vérifiée au moyen d'essais d'écrasement sous contraintes exercées sur trois axes tel que le prévoient les normes EN 1916, annexe C, illustrations C2a et C2c ou EN 1917, la part utile du déplacement après la formation d'une fissure ne doit pas être retenue pour le composant en béton armé ou béton de fibres métalliques.

Puisque lors de la détermination des actions exercées, il n'est en général, pas tenu compte des déplacements des moments, les résistances aux charges déterminées par des valeurs limites d'essais de résistance à l'écrasement doivent être appliquées sans augmentation de la charge consécutive à un déplacement des moments. S'il n'est procédé à aucune vérification spécifique, les valeurs des résistances à l'écrasement doivent être divisées par un facteur 1,3. Celui-ci correspond au facteur d'augmentation de la résistance à l'écrasement dans le cas d'une sollicitation extrême de l'armature minimale (EN 1916, § 5.2.1) après formation et déplacement concomitant des moments.

Pour la vérification de la résistance aux charges limite, la résistance à l'écrasement se calcule comme suit :

Pour les tuyaux en béton armé et béton de fibres métalliques

$$R_{k,F} = F_n / 1,3$$

$$R_{d,F} = \Delta_{c,F} \cdot R_{k,F} / \gamma_R$$

Pour les tuyaux en béton non armé

$$R_{k,F} = F_n$$

$$R_{d,F} = \Delta_{c,F} \cdot R_{k,F} / \gamma_R$$

Sachant que

$R_{k,F}$ valeur caractéristique de la résistance à l'écrasement, exprimée en kN/m

$R_{d,F}$ valeur mesurée de la résistance à l'écrasement pour la vérification de la résistance aux charges limite, exprimée en kN/m

F_n résistance d'écrasement minimale exprimée en kN/m

$\Delta_{c,F}$ coefficient de perte afin de considérer l'action sur une longue durée

γ_R coefficient de sécurité pour la résistance aux charges (Tuyau)

Le coefficient $\Delta_{c,F} = 0,9$ prend en compte la perte liée à la sollicitation de longue durée provoquée par les contraintes du terrain en situation de service, par rapport à la résistance instantanée déterminée lors de l'essai à l'écrasement. Le coefficient $\Delta_{c,F}$ tient déjà compte du fait qu'une part des contraintes est occasionnée par les sollicitations passagères provoquées par des véhicules qui, en conditions normales, génèrent des contraintes instantanées.

L.5. Exigences relatives au béton non armé

Le béton non armé utilisé pour la fabrication de collecteurs et de canalisations d'évacuation des eaux usées doit être conçu afin de répondre aux exigences d'exploitation des canalisations. Les tuyaux, pièces de raccordement et regards sont définis selon deux types d'éléments (1 & 2) selon les sollicitations chimiques auxquels ils sont confrontés.

Type 1:

Les tuyaux, pièces de raccordement et regards de type 1 résistent à un environnement chimique faiblement agressif (XA1) ; ils se prêtent dès lors avant tout au transport des eaux pluviales et aux canaux.

Type 2:

Les tuyaux, pièces de raccordement et regards de type 2 résistent à un environnement chimique modérément agressif (XA2) ; ils se prêtent dès lors avant tout au transport des eaux usées et eaux

pluviales. Ils sont équivalents aux tuyaux en béton non armés, béton de fibres métalliques et béton armé.

L.6. Exigences relatives aux assemblages des tuyaux, regards et pièces spéciales

Les assemblages des tuyaux et regards pour collecteurs et canalisations d'évacuation des eaux usées sont réalisés par l'intermédiaire de joints en élastomère à section pleine. Les recommandations de pose énoncées par le fabricant doivent être respectées lors de la réalisation des assemblages.

Les raccords doivent pouvoir être effectués aux regards avec des tuyaux courts à deux abouts mâles et à abouts mâles femelles pour un diamètre nominal inférieur ou égal à DN 1200 selon la fiche technique ATV-DVWK A 157 et pouvoir résister à l'effort de cisaillement. Par ailleurs, il est recommandé d'utiliser des tuyaux courts dans les longueurs suivantes :

Tableau L.5 — Longueur des tuyaux courts

| Diamètre nominal des tuyaux courts | Longueur |
|------------------------------------|-------------------|
| DN 300 à DN 1200 | Environ 1,25 m |
| A partir de DN 1300 | Longueur standard |

Légende

- 1 Tuyau court à deux abouts mâles
- 2 Tuyau court avec manchon et about mâle
- 3 Raccord permettant le mouvement du tuyau court et résistant à l'effort de cisaillement, situé à la base du regard

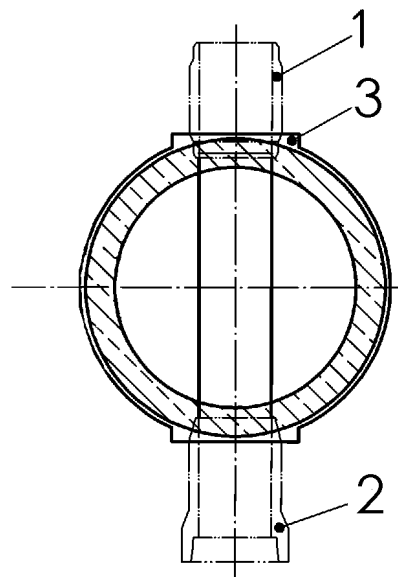


Illustration L.1 — Base de regard équipée de deux raccords pour les tuyaux

S'il existe une importante différence de hauteur entre le radier du tuyau et la base de la structure du regard, veillez à ce que le tuyau soit posé et stabilisé de façon à éviter tout affaissement !

Il est essentiel de prendre les mesures nécessaires pour garantir entre les regards une transmission de charges qui soit en grande partie stable et non élastique.

Les instructions de pose livrées par le fabricant doivent être suivies.

L.7 Pose et contrôle

La pose et le contrôle de collecteurs et de canalisations d'évacuation des eaux usées posés en tranchée ouverte et recouverts de terre doivent être conformes aux règles prescrites dans la norme EN 1610 et dans la fiche technique ATV-DVWK-A 139. Sous les chaussées et voies de circulation, il convient d'entreprendre un tassement du sol entourant de la canalisation, à savoir le ballast, le remblai latéral et le recouvrement. Une densité Proctor minimale de 95% est exigée.

La pose sans excavation et le contrôle des collecteurs et canalisations d'évacuation des eaux usées s'effectuent selon les règles énoncées dans la norme EN 12889 et la fiche technique ATV-DVWK-A 125. Il est essentiel de conserver le tracé donné de la canalisation et de respecter les prescriptions relatives aux forces de fonçage.

Annexe M (normative)

Classes de charge requises et épaisseurs minimales des parois pour les tuyaux en béton armé dans diverses conditions de pose et sous diverses contraintes

M.1. Généralités

L'annexe M prévoit, pour diverses conditions de pose et sous diverses contraintes, des valeurs de dimensionnement des actions exercées et dresse la liste des classes de charge correspondantes pour :

- Les tuyaux en béton armé pourvus d'armatures en acier, dimensionnés suivant les normes EN 1992-1-1, EN 1916 et le document DNA EN 1916,
- Les tuyaux en béton armé pourvus de 0,25% d'armatures au minimum, dimensionnés par un essai d'écrasement, conformément à la EN 1916

M.2. Conditions de pose et contrainte

Les types de contraintes (types d'action exercée) lourd (LRD), moyen (M), léger (L) et F (pour fonçage) correspondent aux conditions de pose et aux contraintes observées et vérifiées sur un chantier normal :

M.2.1. Construction ouverte (pose en tranchée ou sous remblai)

Types de contraintes (actions exercées) – tranché ouverte

- **Type d'action exercée lourd (LRD)**

Recouvrement de terre $h = 0,5 \text{ m}$ jusqu'à max. h (*max. h voir Tab. M.1*)

Charge roulante Poids lourd 60 (SLW 60)

Remplissage (eau) sans surcharge

Environnement chimique faiblement à modérément agressif (Classes d'exposition XA1 et/ou XA2)

Attaque sulfates >600 et $\leq 3000 \text{ mg/l}$; > 3000 et $\leq 12000 \text{ mg/kg}$

- **Type d'action exercée moyen (M)**

Recouvrement de terre $h = 0,5$ jusqu'à $5,0 \text{ m}$

Charge mobile Poids lourd 60 (SLW 60)

Remplissage (eau) sans surcharge

Environnement chimique faiblement à modérément agressif (Classes d'exposition XA1 et/ou XA2)

Attaque sulfates >600 et $\leq 3000 \text{ mg/l}$; > 3000 et $\leq 12000 \text{ mg/kg}$

- **Type d'action exercée léger (L)**

Recouvrement de terre h = 1,0 jusqu'à 3,0 m

Charge mobile Poids lourd 60 (SLW 60)

Remplissage (eau) sans surcharge

Environnement chimique faiblement à modérément agressif (Classes d'exposition XA1 et/ou XA2)

Attaque sulfates >600 et <=3000 mg/l ; > 3000 et <= 12000 mg/kg)

Conditions de pose

Pour ces types de contrainte (types d'action exercée), les conditions de pose indiquées dans la norme EN 1610 et la fiche technique ATV-DVWK-A 139 sont à appliquer :

- Sous remblai ou en tranchée
- Tranchée talutée ou verticale
- Etais horizontaux ou soutènement avec panneaux
- Terrains fermes, stables, se prêtant à des fondations
- Terres de remblai :

Dans la zone entourant le tracé de la canalisation (lit de pose, remblai latéral et recouvrement) :

Matériau non cohésif à faiblement cohésif, facile à compacter et présentant une bonne répartition des grains

Remblai principal recouvrent les tuyaux :

Toutes les terres compactables. Toutefois, il convient, soit de conserver la même proportion de matériau cohésif que dans l'espace entourant de la canalisation, soit d'opter pour un mélange moins cohésif.

- Compactage par couches dont l'épaisseur correspondra aux performances de l'engin de compactage (cfr. fiche ATV-DVWK-A 139, tableau 4)

Dans la zone entourant le tracé de la canalisation :

Densité Proctor minimale de 95% pour les sols meubles

Densité Proctor minimale de 92% pour les sols cohésifs

Remblai principal au-dessus des tuyaux dans un espace équivalent au double du diamètre du tuyau

Densité Proctor maximale de 95% pour les sols meubles

Densité Proctor maximale de 92% pour sols cohésifs

Après la pose et avant les travaux de compactage successifs, veillez à démonter progressivement les éléments de soutènement afin que les terres compactées viennent reposer contre le terrain naturel.

- Canalisation hors des eaux souterraines

Si d'autres conditions de pose ou de contrainte devaient apparaître, la fiche ATV-DVWK-A 127 servira de référence pour le calcul des actions exercées et la détermination des classes de charge.

M.2.2. Installation sous terre (Fonçage)

Types de contraintes (actions exercées) – installation sous terre (fonçage)

- **Type d'action exercée F**

Recouvrement de terre min. h = d_i ou 1,5 m, max. h = 10 m

Charge mobile Poids lourd 60 (SLW 60)

Remplissage (eau) sans surcharge

Tracé de fonçage rectiligne, transfert de pression sans entrebâillement des joints

Environnement chimique faiblement à modérément agressif (Classes d'exposition XA1 et/ou XA2)

Attaque sulfates >600 et <=3000 mg/l ; > 3000 et <= 12000 mg/kg)

Conditions de pose

Dans le cadre de travaux exécutés selon divers procédés de fonçage, la fiche technique ATV-DVWK-A 125 fait office de référence pour les conditions de pose :

- Travaux d'enlèvement du sol au bouclier ou procédé mécanique
- Transport des terres dégagées le tuyau de fonçage ou le tuyau pilote
- Marge supplémentaire de 1 à 4 cm selon le diamètre
- Transfert de la force de fonçage via cales en bois placées entre les abouts des tuyaux
- Cales placées entre les joints des tuyaux sur l'ensemble de la surface de poussée d'une épaisseur de 1 à 2 cm
- Pilotage précis des travaux de fonçage afin d'éviter tout entrebâillement des joints (Relevé des forces de fonçage et des mouvements de guidage)
- Canalisation positionnée à l'abri de la nappe phréatique

Si d'autres conditions de pose ou de contrainte devaient apparaître, la fiche ATV-A 161 servira de référence pour le calcul des actions exercées et la détermination des classes de charge.

M.3. Détermination des classes de charge (Classes de résistance)

Les contraintes ou actions exercées (E) sont calculées suivant les fiches techniques ATV-DVWK-A 127 ou ATV-A 161.). Les forces d'écrasement $F_{n,Ek}$ sont déduites des efforts provoqués par les actions (E_k) prédominantes (caractéristiques), qui génèrent les mêmes efforts dans le tuyau.

$$\sigma_{VR} = f_R (\sigma_M + \sigma_N)$$

$$F_{Ek} = [\sigma_{VR} \cdot W_i / (f_{R,F} \cdot r_m) - 0,07 \cdot G] / 0,30$$

$$F_{Ed} = \gamma_E \cdot F_{Ek}$$

$$LC_{Ed} = F_{Ed} / [\alpha_{c,F} \cdot (DN/1000)]$$

$$F_{Rk} = \alpha_{c,F} \cdot F_n$$

$$F_{Rd} = \alpha_{c,F} \cdot F_n / \gamma_R$$

$$F_{Rd} = \alpha_{c,F} \cdot F_n / (1,3 \cdot \gamma_R)$$

$$F_{Ed} \leq F_{Rd}$$

$$F_n = \gamma_E \cdot \gamma_R \cdot F_{Ek} / \alpha_{c,F}$$

$$F_n = 1,3 \cdot \gamma_E \cdot \gamma_R \cdot F_{Ek} / \alpha_{c,F}$$

La conversion des forces d'écrasement en classes de charge résulte de la division de 1000 fois la valeur numérique de la force par le diamètre nominal.

$LC = F_n \cdot 1000 / DN$ Classe de charge (Classe de résistance) du tuyau

$LC_{Ed} = F_{n,Ed} \cdot 1000 / DN$ Valeur de dimensionnement de la classe de charge (classe de résistance)

M.4. Actions exercées (contraintes) et classes de charge des tuyaux

**Tableau M.1 — Classes de charge et épaisseur minimale des parois
pour le type d'action exercée LRD
Recouvrement de terre $h = 0,5 \text{ m} - \text{max. } h$, Charge mobile poids lourd 60 (SLW 60)**

| Colonne | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | 6 |
|------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|--|---|---|---|
| Diamètre nominal | Epaisseur minimale des parois | Type d'action exercée | Recouvrement de terre | Correspondant à la valeur de dimensionnement de l'action exercée | Tuyau en béton armé EN 1916 & DNA EN 1916 avec armature acier déterminée par calcul statique et dimensionnée | | | Tuyau en béton armé EN 1916 avec armature minimale non dimensionnée |
| DN | s [mm] | | h [m] | Classe de charge LC_{Ed} (kN/m) | Classe de charge LC (kN/m) | Armature Circul. Minimale dimensionnée (cm ² /m) (int./ext.) | Armature Longét. Minimale dimensionnée (cm ² /sect.tuy.) (int./ext.) | Série (kN/m) |
| DN 300 | 70 | lourd | 0,5 – 10,0 | 309 | 460 | 3,7 | 2,9 | S 700 A |
| DN 400 | 70 | lourd | 0,5 – 9,0 | 261 | 400 | 6,3 | 2,9 | S 600 A |
| DN 500 | 75 | lourd | 0,5 – 7,5 | 202 | 300 | 6,0 | 2,9 | S 450 A |
| DN 600 | 80 | lourd | 0,5 – 6,3 | 161 | 240 | 6,3 | 2,9 | S 350 A |
| DN 700 | 90 | lourd | 0,5 – 6,0 | 148 | 220 | 6,7 | 2,9 | S 350 A |
| DN 800 | 100 | lourd | 0,5 – 5,7 | 135 | 200 | 7,1 | 2,9 | S 300 A |
| DN 900 | 115 | lourd | 0,5 – 5,9 | 136 | 200 | 7,8 | 4,0 | S 300 A |
| DN 1000 | 120 | lourd | 0,5 – 5,5 | 124 | 190 | 6,7 / 3,9 | 4,0 / 4,0 | S 300 A |
| DN 1100 | 130 | lourd | 0,5 – 5,1 | 111 | 165 | 6,3 / 3,7 | 4,0 / 4,0 | S 250 A |
| DN 1200 | 135 | lourd | 0,5 – 5,1 | 107 | 165 | 6,7 / 3,9 | 4,0 / 4,0 | S 250 A |
| DN 1300 | 150 | lourd | 0,5 - 5,4 | 114 | 165 | 6,7 / 3,9 | 4,0 / 4,0 | S 250 A |
| DN 1400 | 160 | lourd | 0,5 – 6,4 | 111 | 165 | 7,1 / 4,2 | 4,0 / 4,0 | S 250 A |
| DN 1500 | 170 | lourd | 0,5 – 6,4 | 107 | 165 | 7,6 / 4,4 | 4,0 / 4,0 | S 250 A |
| DN 1600 | 170 | lourd | 0,5 – 5,8 | 93 | 135 | 7,1 / 4,2 | 4,0 / 4,0 | S 200 A |
| DN 1800 | 180 | lourd | 0,5 – 5,4 | 83 | 120 | 7,6 / 4,4 | 6,0 / 6,0 | S 180 A |
| DN 2000 | 200 | lourd | 0,5 – 5,5 | 82 | 120 | 8,1 / 4,9 | 6,0 / 6,0 | S 180 A |
| DN 2200 | 220 | lourd | 0,5 – 5,6 | 82 | 120 | 8,7 / 5,1 | 6,0 / 6,0 | S 180 A |
| DN 2400 | 240 | lourd | 0,5 – 5,7 | 81 | 120 | 9,1 / 5,3 | 12,0 / 12,0 | S 180 A |
| DN 2500 | 250 | lourd | 0,5 – 5,8 | 81 | 120 | 9,5 / 5,5 | 12,0 / 12,0 | S 180 A |
| DN 2600 | 260 | lourd | 0,5 – 5,8 | 80 | 120 | 9,5 / 5,5 | 12,0 / 12,0 | S 180 A |
| DN 2800 | 280 | lourd | 0,5 – 5,9 | 80 | 120 | 10,5 / 6,3 | 12,0 / 12,0 | S 180 A |
| DN 3000 | 300 | lourd | 0,5 – 6,0 | 80 | 120 | 11,2 / 6,7 | 12,0 / 12,0 | S 180 A |

**Tableau M.2 — Classes de charge et épaisseur minimale des parois
pour le type d'action exercée M
Recouvrement de terre h = 0,5 m – 5,0 m, Charge mobile poids lourd 60 (SLW 60)**

| Colonne | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | 6 |
|------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|--|---|---|---|
| Diamètre nominal | Epaisseur minimale des parois | Type d'action exercée | Recouvrement de terre | Correspondant à la valeur de dimensionnement de l'action exercée | Tuyau en béton armé EN 1916 & DNA EN 1916 avec armature acier déterminée par calcul statique et dimensionnée | | | Tuyau en béton armé EN 1916 avec armature minimale non dimensionnée |
| DN | s [mm] | | h [m] | Classe de charge LC _{Ed} (kN/m) | Classe de charge LC (kN/m) | Armature Circul. Minimale dimensionnée (cm ² /m) | Armature Longét. Minimale dimensionnée (cm ² /sect.tuy.) | Série (kN/m) |
| DN 300 | 70 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 187 | 300 | 2,4 | 2,9 | S 400 A |
| DN 400 | 70 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 137 | 200 | 2,6 | 2,9 | S 300 A |
| DN 500 | 75 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 129 | 200 | 3,7 | 2,9 | S 300 A |
| DN 600 | 80 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 126 | 200 | 4,7 | 2,9 | S 300 A |
| DN 700 | 90 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 122 | 200 | 6,0 | 2,9 | S 300 A |
| DN 800 | 100 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 118 | 200 | 7,1 | 2,9 | S 300 A |
| DN 900 | 115 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 114 | 200 | 7,8 | 4,0 | S 250 A |
| DN 1000 | 120 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 112 | 165 | 5,7 / 3,3 | 4,0 / 4,0 | S 250 A |
| DN 1100 | 125 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 108 | 165 | 6,3 / 3,7 | 4,0 / 4,0 | S 250 A |
| DN 1200 | 135 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 105 | 165 | 6,7 / 4,9 | 4,0 / 4,0 | S 250 A |
| DN 1300 | 150 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 105 | 165 | 6,7 / 3,9 | 4,0 / 4,0 | S 250 A |
| DN 1400 | 160 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 84 | 135 | 5,7 / 3,4 | 4,0 / 4,0 | S 200 A |
| DN 1500 | 170 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 83 | 135 | 6,0 / 3,6 | 4,0 / 4,0 | S 200 A |
| DN 1600 | 170 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 81 | 135 | 7,1 / 4,2 | 4,0 / 4,0 | S 200 A |
| DN 1800 | 180 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 78 | 120 | 7,1 / 4,2 | 6,0 / 6,0 | S 175 A |
| DN 2000 | 200 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 75 | 110 | 7,1 / 4,2 | 6,0 / 6,0 | S 165 A |
| DN 2200 | 220 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 73 | 110 | 7,6 / 4,4 | 6,0 / 6,0 | S 165 A |
| DN 2400 | 240 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 72 | 110 | 8,1 / 4,7 | 12,0 / 12,0 | S 165 A |
| DN 2500 | 250 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 71 | 110 | 8,7 / 5,1 | 12,0 / 12,0 | S 165 A |
| DN 2600 | 260 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 70 | 110 | 8,7 / 5,1 | 12,0 / 12,0 | S 165 A |
| DN 2800 | 280 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 69 | 110 | 9,3 / 5,6 | 12,0 / 12,0 | S 165 A |
| DN 3000 | 300 | <u>moyen</u> | 0,5 – 5,0 | 68 | 100 | 9,2 / 6,3 | 12,0 / 12,0 | S 150 A |

**Tableau M.3 — Classes de charge et épaisseur minimale des parois
pour le type d'action exercée L
Recouvrement de terre h = 1,0 – 3,0 m, Charge mobile poids lourd 60 (SLW 60)**

| Colonne | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | 6 |
|------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|--|---|---|---|
| Diamètre nominal | Epaisseur minimale des parois | Type d'action exercée | Recouvrement de terre | Correspondant à la valeur de dimensionnement de l'action exercée | Tuyau en béton armé EN 1916 & DNA EN 1916 avec armature acier déterminée par calcul statique et dimensionnée | | | Tuyau en béton armé EN 1916 avec armature minimale non dimensionnée |
| DN | s [mm] | | h [m] | Classe de charge LC _{Ed} (kN/m) | Classe de charge LC (kN/m) | Armature Circul. Minimale dimensionnée (cm ² /m) | Armature Longét. Minimale dimensionnée (cm ² /sect.tuy.) | Série (kN/m) |
| DN 300 | 70 | léger | 1,0 - 3,0 | 94 | 165 | 2,4 | 2,4 | S 250 A |
| DN 400 | 70 | léger | 1,0 - 3,0 | 87 | 135 | 2,4 | 2,9 | S 200 A |
| DN 500 | 75 | léger | 1,0 - 3,0 | 81 | 135 | 2,4 | 2,9 | S 200 A |
| DN 600 | 80 | léger | 1,0 - 3,0 | 79 | 135 | 3,2 | 2,9 | S 200 A |
| DN 700 | 90 | léger | 1,0 - 3,0 | 76 | 135 | 3,7 | 2,9 | S 165 A |
| DN 800 | 100 | léger | 1,0 - 3,0 | 75 | 110 | 3,5 | 2,9 | S 165 A |
| DN 900 | 115 | léger | 1,0 - 3,0 | 73 | 110 | 3,9 | 4,0 | S 165 A |
| DN 1000 | 120 | léger | 1,0 - 3,0 | 73 | 110 | 3,7 / 2,4 | 4,0 / 4,0 | S 165 A |
| DN 1100 | 125 | léger | 1,0 – 3,0 | 70 | 110 | 4,2 / 2,5 | 4,0 / 4,0 | S 165 A |
| DN 1200 | 135 | léger | 1,0 - 3,0 | 72 | 110 | 4,4 / 2,6 | 4,0 / 4,0 | S 165 A |
| DN 1300 | 150 | léger | 1,0 – 3,0 | 69 | 110 | 4,4 / 2,6 | 4,0 / 4,0 | S 165 A |
| DN 1400 | 160 | léger | 1,0 - 3,0 | 55 | 90 | 3,9 / 2,4 | 4,0 / 4,0 | S 135 A |
| DN 1500 | 170 | léger | 1,0 - 3,0 | 54 | 90 | 4,8 / 2,4 | 4,0 / 4,0 | S 135 A |
| DN 1600 | 170 | léger | 1,0 - 3,0 | 53 | 90 | 4,7 / 2,7 | 4,0 / 4,0 | S 135 A |
| DN 1800 | 180 | léger | 1,0 - 3,0 | 52 | 75 | 4,6 / 2,8 | 6,0 / 6,0 | S 110 A |
| DN 2000 | 200 | léger | 1,0 - 3,0 | 50 | 75 | 4,9 / 3,3 | 6,0 / 6,0 | S 110 A |
| DN 2200 | 220 | léger | 1,0 - 3,0 | 50 | 75 | 5,7 / 3,3 | 6,0 / 6,0 | S 110 A |
| DN 2400 | 240 | léger | 1,0 - 3,0 | 48 | 75 | 5,8 / 3,4 | 12,0 / 12,0 | S 110 A |
| DN 2500 | 250 | léger | 1,0 - 3,0 | 48 | 75 | 6,0 / 3,5 | 12,0 / 12,0 | S 110 A |
| DN 2600 | 260 | léger | 1,0 - 3,0 | 48 | 70 | 6,3 / 3,5 | 12,0 / 12,0 | S 110 A |
| DN 2800 | 280 | léger | 1,0 - 3,0 | 47 | 70 | 6,3 / 3,7 | 12,0 / 12,0 | S 110 A |
| DN 3000 | 300 | léger | 1,0 - 3,0 | 47 | 70 | 6,7 / 3,9 | 12,0 / 12,0 | S 110 A |

**Tableau M.4 — Pression de fonçage Max. (droit, admise symétrique) pour les tuyaux de fonçage (F)
Recouvrement de terre jusqu'à 10 m, charge mobile poids lourd 60 (SLW 60)**

| Spalte | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------|--|-----------------------|---------------------------------------|---|---|---|
| Diamètre nominal | Epaisseur minimale des paro s [mm] | Type d'action exercée | Recouvrement de terre h [m] | Armature | | Pression de fonçage Max. (droit, admise symétrique) max V kN |
| | | | | Armature Circul. Minimale dimensionnée (cm ² /m) | Armature Longét. Minimale dimensionnée (cm ² /sect.tuy.) | |
| DN 300 | 70 | V | 1,0 – 10,0 | 2,4 | 2,9 | 660 |
| DN 400 | 70 | V | 1,0 – 10,0 | 2,6 | 2,9 | 850 |
| DN 500 | 75 | V | 1,0 – 10,0 | 3,2 | 2,9 | 1.150 |
| DN 600 | 80 | V | 1,2 – 10,0 | 3,9 | 2,9 | 1.490 |
| DN 700 | 90 | V | 1,4 – 10,0 | 4,6 | 4,0 | 2.030 |
| DN 800 | 100 | V | 1,5 – 10,0 | 5,1 | 4,0 | 2 650 |
| DN 900 | 115 | V | 1,5 – 10,0 | 6,0 | 4,0 | 3.360 |
| DN 1000 | 120 | V | 1,5 – 10,0 | 3,7 / 2,8 | 4,3 / 4,3 | 3.920 |
| DN 1100 | 140 | V | 1,5 – 10,0 | 4,2 / 3,2 | 4,3 / 4,3 | 4.280 |
| DN 1200 | 135 | V | 1,5 – 10,0 | 4,4 / 3,3 | 6,0 / 6,0 | 5.160 |
| DN 1300 | 150 | V | 1,5 – 10,0 | 5,1 / 3,7 | 6,0 / 6,0 | 6.420 |
| DN 1400 | 160 | V | 1,5 – 10,0 | 5,3 / 3,9 | 6,0 / 6,0 | 7.500 |
| DN 1500 | 170 | V | 1,5 – 10,0 | 5,6 / 4,1 | 12,0 / 12,0 | 8.650 |
| DN 1600 | 170 | V | 1,6 – 10,0 | 6,0 / 4,4 | 12,0 / 12,0 | 9.180 |
| DN 1800 | 180 | V | 1,8 – 10,0 | 6,7 / 5,0 | 12,0 / 12,0 | 11.020 |
| DN 2000 | 200 | V | 2,0 – 10,0 | 7,5 / 5,7 | 12,0 / 12,0 | 13.460 |
| DN 2200 | 220 | V | 2,2 – 10,0 | 8,1 / 6,1 | 12,0 / 12,0 | 16 630 |
| DN 2400 | 240 | V | 2,4 – 10,0 | 8,7 / 6,7 | 12,0 / 12,0 | 20.130 |
| DN 2500 | 250 | V | 2,5 – 10,0 | 9,3 / 7,1 | 12,0 / 12,0 | 22.000 |
| DN 2600 | 260 | V | 2,6– 10,0 | 9,8 / 7,5 | 12,0 / 12,0 | 23.960 |
| DN 2800 | 280 | V | 2,8– 10,0 | 10,4 / 7,7 | 12,0 / 12,0 | 28.120 |
| DN 3000 | 300 | V | 3,0– 10,0 | 11,2 / 8,5 | 16,0 / 16,0 | 32.610 |

Annexe N (informative)

Propositions relatives aux soumissions en vue de la fourniture des tuyaux en béton armé

N.1. Généralités

Les dossiers de soumission en vue de la construction de canalisations en béton armé, béton non armé ou béton de fibres métalliques conformes à la norme EN 1916 et aux prescriptions nationales (DNA EN 1916) doivent répondre aux exigences posées par ces mêmes normes européennes en termes de résistance aux charges des éléments de structure.

En règle générale, le concepteur détermine la résistance aux charges des canalisations grâce à un calcul statique effectué en vertu de la norme EN 1295-1, à savoir, en l'attente de la publication d'une méthode de calcul harmonisée en Europe, temporairement selon la fiche technique ATV-DVWK-A 127 pour les tranchées ouvertes respectivement la fiche ATV-DVWK-A 161 pour les installations souterraines (pose par procédé de fonçage) et indique les niveaux de résistance des tuyaux, des pièces de raccordement et regards (classes de charge ou de résistance) suivant les conditions de pose et les contraintes relevées sur chaque chantier.

L'annexe M indique les paramètres de dimensionnement des différents tuyaux prévus.

N.2. Tuyaux en béton armé conformes à la norme EN 1916 et au DNA EN 1916

Pos. Tuyaux en béton armé Type lourd (LRD)

Livraison de tuyaux en béton armé conformes à la norme EN 1916 et au DNA EN 1916. Fabriqués en béton dans le respect de la norme EN 206-1 et le DNA EN 206, équipés d'une armature en acier dimensionnée et façonnée selon les DNA EN 1916 & ENV 1992-1-1, résistants à une classe d'exposition XA2, ciment HS

Classe de Charge : LOURD

Équipement de tuyaux : about femelle avec collet extérieur ; joint conforme DIN 4060 à base de matériaux compact (joint roulant, joint glissant ou joint intégré (scellé en usine).

Le calcul statique certifié des caractéristiques de tuyaux, telle que décrit dans le document d'application DNA EN 1916, plus particulièrement dans le paragraphe 5.2.1 et dans les annexes K & M pour l'action de la force d'écrasement F_n suivant la classe de charge ou de résistance donnée, doit être présenté sur demande.

DN 300 Classe de charge LC 460

DN 400 Classe de charge LC 400

DN 500 Classe de charge LC 300

DN 600 Classe de charge LC 240

DN 700 Classe de charge LC 220

DN 800 Classe de charge LC 200

DN 900 Classe de charge LC 200

DN 1000 Classe de charge LC 190

DN 1200 Classe de charge LC 165

Classe de Charge : LOURD

Equipement de tuyaux : about femelle avec joint mis épaisseur ; joint conforme DIN 4060 a base de matériaux compact (joint roulant, joint glissant ou joint intégré (scellé en usine)).

Le calcul statique certifié des caractéristiques de tuyaux, telle que décrit dans le document d'application DNA EN 1916, plus particulièrement dans le paragraphe 5.2.1 et dans les annexes K & M pour l'action de la force d'écrasement F_n suivant la classe de charge ou de résistance donnée, doit présenté sur demande.

DN 1400 Classe de charge LC 165

DN 1500 Classe de charge LC 165

DN 1600 Classe de charge LC 135

DN 1800 Classe de charge LC 120

DN 2000 Classe de charge LC 120

DN 2200 Classe de charge LC 120

DN 2400 Classe de charge LC 120

DN 2500 Classe de charge LC 120

DN 2600 Classe de charge LC 120

DN 2800 Classe de charge LC 120

DN 3000 Classe de charge LC 120

Pos. Tuyaux en béton armé Type moyen (M)

Livraison de tuyaux en béton armé conformes à la norme EN 1916 et au DNA EN 1916. Fabriqués en béton dans le respect de la norme EN 206-1 et le DNA EN 206, équipés d'une armature en acier dimensionnée et façonnée selon les DNA EN 1916 & ENV 1992-1-1, résistants à une classe d'exposition XA2, ciment HS

Classe de Charge : MOYEN

Equipement de tuyaux : about femelle avec collet extérieur ; joint conforme DIN 4060 a base de matériaux compact (joint roulant, joint glissant ou joint intégré (scellé en usine)).

Le calcul statique certifié des caractéristiques de tuyaux, telle que décrit dans le document d'application DNA EN 1916, plus particulièrement dans le paragraphe 5.2.1 et dans les annexes K & M pour l'action de la force d'écrasement F_n suivant la classe de charge ou de résistance donnée, doit présenté sur demande.

DN 300 Classe de charge LC 300

DN 400 Classe de charge LC 200

DN 500 Classe de charge LC 200

DN 600 Classe de charge LC 200

DN 700 Classe de charge LC 200

DN 800 Classe de charge LC 200

DN 900 Classe de charge LC 200

DN 1000 Classe de charge LC 165

DN 1200 Classe de charge LC 165

Classe de Charge : MOYEN

Equipement de tuyaux : about femelle avec joint mis épaisseur ; joint conforme DIN 4060 a base de matériaux compact (joint roulant, joint glissant ou joint intégré (scellé en usine)).

Le calcul statique certifié des caractéristiques de tuyaux, telle que décrit dans le document d'application DNA EN 1916, plus particulièrement dans le paragraphe 5.2.1 et dans les annexes K & M pour l'action de la force d'écrasement F_n suivant la classe de charge ou de résistance donnée, doit présenté sur demande.

DN 1400 Classe de charge LC 135

DN 1500 Classe de charge LC 135

DN 1600 Classe de charge LC 135

DN 1800 Classe de charge LC 120

DN 2000 Classe de charge LC 110

DN 2200 Classe de charge LC 110

DN 2400 Classe de charge LC 110

DN 2500 Classe de charge LC 110

DN 2600 Classe de charge LC 110

DN 2800 Classe de charge LC 110

DN 3000 Classe de charge LC 110

Pos. Tuyaux en béton armé Type léger (L)

Livraison de tuyaux en béton armé conformes à la norme EN 1916 et au DNA EN 1916. Fabriqués en béton dans le respect de la norme EN 206-1 et le DNA EN 206, équipés d'une armature en acier dimensionnée et façonnée selon les DNA EN 1916 & ENV 1992-1-1, résistants à une classe d'exposition XA2, ciment HS

Classe de Charge : LEGER

Equipement de tuyaux : about femelle avec collet extérieur ; joint conforme DIN 4060 a base de matériaux compact (joint roulant, joint glissant ou joint intégré (scellé en usine).

Le calcul statique certifié des caractéristiques de tuyaux, telle que décrit dans le document d'application DNA EN 1916, plus particulièrement dans le paragraphe 5.2.1 et dans les annexes K & M pour l'action de la force d'écrasement F_n suivant la classe de charge ou de résistance donnée, doit présenté sur demande.

DN 300 Classe de charge LC 165

DN 400 Classe de charge LC 135

DN 500 Classe de charge LC 135

DN 600 Classe de charge LC 135

DN 700 Classe de charge LC 135

DN 800 Classe de charge LC 110

DN 900 Classe de charge LC 110

DN 1000 Classe de charge LC 110

DN 1200 Classe de charge LC 110

Classe de Charge : LEGER

Equipement de tuyaux : about femelle avec joint mis épaisseur ; joint conforme DIN 4060 a base de matériaux compact (joint roulant, joint glissant ou joint intégré (scellé en usine).

Le calcul statique certifié des caractéristiques de tuyaux, telle que décrit dans le document d'application DNA EN 1916, plus particulièrement dans le paragraphe 5.2.1 et dans les annexes K & M pour l'action de la force d'écrasement F_n suivant la classe de charge ou de résistance donnée, doit présenté sur demande.

DN 1400 Classe de charge LC 90

DN 1500 Classe de charge LC 90

DN 1600 Classe de charge LC 90

DN 1800 Classe de charge LC 75

DN 2000 Classe de charge LC 75

DN 2200 Classe de charge LC 75

DN 2400 Classe de charge LC 75

DN 2500 Classe de charge LC 75

DN 2600 Classe de charge LC 70

DN 2800 Classe de charge LC 70

DN 3000 Classe de charge LC 70

Pos. Tuyaux en béton armé conformes à la norme EN 1916 et au document DNA EN 1916 Type F

Livraison de tuyaux de fonçage en béton armé conformes à la norme EN 1916 et au DNA EN 1916. Fabriqués en béton dans le respect de la norme EN 206-1 et le DNA EN 206, équipés d'une armature en acier dimensionnée et façonnée selon les DNA EN 1916 & ENV 1992-1-1, résistants à une classe d'exposition XA2, ciment HS

Type d'action exercée FONCAGE (F)

Equipement de tuyaux : manchette de guidage en acier intégrée; joint conforme DIN 4060 a base de matériaux compact (joint glissant).

Le calcul statique certifié des caractéristiques de tuyaux, telle que décrit dans le document d'application DNA EN 1916, plus particulièrement dans le paragraphe 5.2.1 et dans les annexes K & M pour l'action de la force d'écrasement F_n suivant la classe de charge ou de résistance donnée, doit présenté sur demande.

DN 300 Type F

DN 400 Type F

DN 500 Type F

DN 600 Type F

DN 700 Type F

DN 800 Type F

DN 900 Type F

DN 1000 Type F

DN 1200 Type F

DN 1400 Type F

DN 1500 Type F

DN 1600 Type F

DN 1800 Type F

DN 2000 Type F

DN 2200 Type F

DN 2400 Type F

DN 2500 Type F

DN 2600 Type F

DN 3000 Type F

Annexe ZA (informative)

Articles de la présente Norme européenne concernant les exigences essentielles ou d'autres dispositions des Directives de l'UE

ZA.1. Domaine d'application et caractéristiques concernées

La présente Norme européenne a été élaborée dans le cadre du Mandat M/131 « Tuyaux, réservoirs et accessoires n'entrant pas en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine » donné au CEN par la Commission Européenne et l'Association Européenne de Libre Echange.

Les articles de la Norme européenne indiquée dans cette annexe satisfont aux exigences du mandat donné dans le cadre de la Directive sur les produits de construction (89/106/CEE) de l'Union Européenne.

La conformité à ces articles confère une présomption d'aptitude à l'emploi visé pour le produit de construction couvert par cette Norme européenne; référence doit être faite aux informations accompagnant le marquage CE.

AVERTISSEMENT — D'autres exigences et d'autres Directives EU n'affectant pas l'aptitude à l'emploi visé peuvent être applicables aux produits de construction relevant du domaine d'application de la présente Norme européenne.

NOTE Outre les articles particuliers concernant les substances dangereuses contenues dans la présente norme, d'autres exigences peuvent être applicables aux produits entrant dans ce domaine d'application (par exemple législation européenne et lois nationales transposées, règlements et dispositions administratives). Afin de répondre aux dispositions de la Directive européenne sur les produits de construction, ces exigences doivent également être respectées lorsque et quand et s'ils sont applicables. *Note : une base de données informative des dispositions européennes et nationales sur les substances dangereuses est disponible sur le site Web EUROPA (CREATE, accessible à l'adresse <http://europa.eu.int/comm/enterprise/construction/internal/hygiene.htm>).*

Cette annexe a le même domaine d'application que l'article 1 de la présente Norme européenne en ce qui concerne les produits couverts. Elle établit les conditions du marquage CE pour les tuyaux et pièces complémentaires préfabriqués en béton pour l'usage indiqué ci-après et indique les articles correspondants applicables (voir Tableau ZA.1).

Produit(s) de construction : Tuyaux et pièces complémentaires préfabriqués en béton non armé, béton fibré acier et béton armé, à assemblages souples.

Usage(s) prévu(s) : Transport des eaux usées, des eaux pluviales et des eaux de surface par écoulement gravitaire ou occasionnellement sous faible pression, dans des canalisations généralement enterrées.

Tableau ZA.1 — Articles pertinents

| Caractéristique essentielle | Articles de la présente norme européenne | Niveau(x) ou classe(s) | Remarques |
|---|---|-------------------------------|--|
| Tolérances dimensionnelles concernant les assemblages | 4.3.3.2 et 4.3.4.1 | Aucun | Les tolérances maximales admissibles, exprimées en mm, doivent être prises en compte |
| Résistance à l'écrasement | 4.3.5, 5.3.2 et 5.3.4 | Aucun | Bien que la charge minimale à l'essai d'écrasement soit exprimée en kN/m, la résistance à l'écrasement est exprimée à l'aide de la classe de résistance correspondante; dans le cas des tuyaux de fonçage, la valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton est exprimée en MPa (N/mm ²) et la force de poussée théorique admissible en MN |
| Résistance à la flexion longitudinale | 4.3.6 | Aucun | Convient pour les tuyaux circulaires □□DN 250, avec une longueur intérieure de fût □ 6 fois leur diamètre extérieur; pour ces dimensions mais avec d'autres longueurs, résistance supérieure ou égale à une valeur prescrite du moment fléchissant résistant en kN.m |
| Étanchéité à l'eau | 4.3.7 | Aucun | La caractéristique est démontrée par l'absence de fuite ou d'autres défauts visibles au cours de l'essai |
| Durabilité | 4.3.9 et 5.3.1.2 | Aucun | Les exigences de durabilité sont détaillées en 4.3.9, qui comporte des renvois aux paragraphes concernés. |

ZA.2. Procédure(s) d'attestation de conformité des tuyaux et pièces complémentaires préfabriquées en béton

ZA.2.1. Système d'attestation de la conformité

Le système d'attestation de la conformité de tuyaux et pièces complémentaires préfabriquées en béton indiqué dans le Tableau ZA.1, conformément à l'annexe III du Mandat, est indiqué au Tableau ZA.2 pour les usages prévus et les niveaux et classes pertinents.

Tableau ZA.2 — Attestation de la conformité

| Produit(s) | Usage(s) prévu(s) | Niveau(x) ou classe(s) | Système(s) d'attestation de la conformité |
|---|--|-------------------------------|--|
| Tuyaux; pièces complémentaires et assemblages | Dans les installations destinées au transport / à l'évacuation / au stockage d'eau non destinée à la consommation humaine | - | 4 |

Système 4 : voir Directive 89/106/CEE (DPC) annexe III.2(ii), troisième possibilité.

L'attestation de la conformité des tuyaux préfabriqués en béton, pièces complémentaires et assemblages figurant dans le Tableau Z.A.1 doit être conforme aux procédures d'évaluation de la conformité

indiquées dans le Tableau ZA.3 résultant de l'application des articles de la présente Norme européenne qui y sont indiqués.

Tableau ZA.3 — Attribution des tâches d'évaluation de la conformité

| Tâches | | Contenu de la tâche | Articles à appliquer pour l'évaluation de la conformité |
|--------------------------|---|--|---|
| Tâches pour le fabricant | Contrôle de la production d'usine (CPU) | Paramètres relatifs à toutes les caractéristiques du Tableau ZA.1 pertinent pour l'usage prévu | 7.2.3 |
| | Essai de type initial | Toutes les caractéristiques du Tableau ZA.1 pertinentes pour l'utilisation prévue | 7.2.2 |

ZA.2.2. Déclaration de conformité

Lorsque la conformité à la présente annexe est réalisée, le fabricant ou son agent établi dans la Zone économique européenne (CEE), doit préparer et conserver une déclaration de conformité qui autorise le fabricant à apposer le marquage CE. Cette déclaration doit comprendre :

- le nom et l'adresse du fabricant ou de son représentant autorisé établi dans la CEE et l'emplacement de production ;
- la description du produit (type, identification, utilisation, ...), et un exemplaire de l'information accompagnant le marquage CE ;
- les dispositions auxquelles le produit est conforme (par exemple annexe ZA de la présente Norme européenne) ;
- les conditions particulières applicables à l'usage du produit (par exemple dispositions pour l'emploi dans certaines conditions, etc.) ;
- le nom ou la position détenue par la personne autorisée à signer la déclaration au nom du fabricant ou de son représentant autorisé.

La déclaration ci-dessus doit être présentée dans la ou les langues officielles de l'Etat membre dans lequel le produit est destiné à être utilisé.

ZA.3. Marquage CE

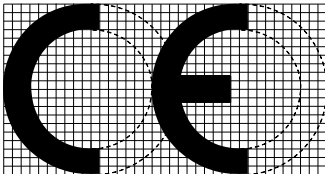
Le fabricant ou son représentant autorisé établi dans la CEE est responsable de l'apposition du marquage CE. Le symbole du marquage CE doit être conforme à la Directive 93/68/CEE et doit apparaître sur les documents commerciaux d'accompagnement (par exemple le bon de livraison). Il peut également apparaître sur une étiquette apposée sur au moins un élément de tout colisage ou sur tout emballage. Les informations suivantes doivent accompagner le symbole de marquage CE sur l'étiquette ou l'emballage :

- a) les deux derniers chiffres de l'année du marquage CE ;
- b) le numéro de la présente norme (EN 1916) ;
- c) l'information requise par l'article 8, à l'exclusion de c) et e).

Les caractéristiques suivantes doivent accompagner l'information ci-dessus sur les documents commerciaux :

- d) usage prévu ;
- e) la résistance à l'écrasement des tuyaux et pièces complémentaires sauf lorsque requis par l'article 8 classe de résistance ; pour les tuyaux de fonçage , également la résistance caractéristique à la compression du béton, en méga pascals (newtons par millimètres carrés) et la charge théorique de fonçage, en méga newtons ;
- f) la résistance à la flexion longitudinale, l'adéquation dimensionnelle ou la résistance, en kilo newtons mètre ;
- g) l'étanchéité des tuyaux, pièces complémentaires et assemblages - aucune fuite à une pression d'essai hydrostatique interne de 50 kPa (0,5 bar) ;
- h) durabilité- conditions d'emploi adaptées à l'usage prévu ; conditions normales ou plus sévères comme indiqué ;
- i) durabilité des assemblages – méthode selon 4.3.4.2.

La Figure ZA.1 donne des exemples de l'information à fournir sur les documents commerciaux.

| |
|---|
|  |
| AnyCo Ltd, P.O.Box 21, B-1050 00 |
| EN 1916:2002 Tuyau préfabriqué en béton non armé pour le transport des eaux usées, eaux pluviales et eaux de surface dans des canalisations généralement enterrées. Etanchéité à l'eau : pas de fuite de l'assemblage ou du tuyau pour une pression interne de 50 kPa (0,5 bar). Résistance à l'écrasement : classe de résistance 90. Résistance à la flexion longitudinale : adéquation dimensionnelle. Durabilité : adéquation pour des conditions normales de service. Durabilité des assemblages : démontrée selon la Méthode 1. |

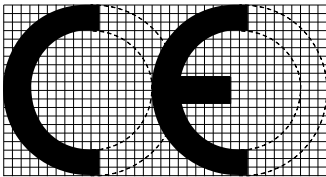
| |
|---|
|  |
| AnyCo Ltd, P.O.Box 21, B-1050 00 |
| <p>EN 1916:2002</p> <p>Tuyau de fonçage préfabriqué en béton armé pour le transport des eaux usées, eaux pluviales et eaux de surface, dans des canalisations généralement enterrées.</p> <p>Étanchéité à l'eau : pas de fuite de l'assemblage ou du tuyau pour une pression interne de 50 kPa (0,5 bar).</p> <p>Résistance à l'écrasement : classe de résistance 135, valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton ≥ 40 MPa (N/mm²) et force de poussée théorique admissible 15 MN.</p> <p>Résistance à la flexion longitudinale : adéquation dimensionnelle.</p> <p>Durabilité : adéquation pour des conditions normales de service.</p> <p>Durabilité des assemblages : démontrée selon la Méthode 2.</p> |

Figure ZA.1 — Exemples de marquage d'information CE

Outre toute information particulière relative aux substances dangereuses indiquées ci-dessus, il convient que le produit soit également accompagné si et lorsque nécessaire et dans la forme appropriée, par une documentation dressant la liste de toute autre législation sur les substances dangereuses pour laquelle une conformité est requise ainsi que toute information requise par ladite législation. *Note : la législation européenne sans dérogation nationale n'a pas besoin d'être mentionnée.*

Bibliographie

- [1] EN 45011, *Exigences générales relatives aux organismes procédant à la certification de produits* (Guide ISO/CEI 65:1996).
- [2] EN 45012, *Exigences générales relatives aux organismes gérant l'évaluation et la certification/enregistrement des systèmes qualité* (Guide ISO/CEI 62:1996).
- [3] EN ISO 9001, *Systemes de management de la qualité — Exigences (ISO 9001:2000)*.
- [4] ISO 3951, *Règles et tables d'échantillonnage pour les contrôles par mesures des pourcentages de non conformes*.
- [5] ISO 12491, *Méthodes statistiques de contrôle de la qualité des matériaux et éléments de construction*.