

**GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG  
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS**

# **PONTS ET CHAUSSEES**

## **CAHIER SPECIAL DES CHARGES CLAUSES TECHNIQUES (CSDC-CT)**

**applicable à la construction routière**

**version du 1<sup>er</sup> octobre 2004**

**approuvé par décision ministérielle du 15 février 2005**

# Sommaire

Chapitre 1 : **Généralités**

Chapitre 2 : **Terrassements, chaussées, réseaux divers**

Chapitre 3 : **Gros œuvre**

Chapitre 4 : **Équipements, étanchéités**

Chapitre 5 : **Annexes**

**Chapitre 1  
GENERALITES**

---

**SOMMAIRE DU CAHIER SPECIAL DES CHARGES, CLAUSES TECHNIQUES  
CHAPITRE 1**

---

|            |  |          |
|------------|--|----------|
| <b>1.1</b> | <b>LIMITES GEOGRAPHIQUES DES TRAVAUX.....</b>                | <b>3</b> |
| <b>1.2</b> | <b>PHASAGE DES TRAVAUX .....</b>                             | <b>3</b> |
| <b>1.3</b> | <b>NATURE DES TRAVAUX .....</b>                              | <b>3</b> |
| <b>1.4</b> | <b>DESCRIPTION DES TRAVAUX.....</b>                          | <b>3</b> |
| <b>1.5</b> | <b>NIVELLEMENT, PIQUETAGE ET BALISAGE .....</b>              | <b>3</b> |
| <b>1.6</b> | <b>CONTROLE .....</b>  | <b>4</b> |
| 1.6.1      | <i>Généralités.....</i>                                      | <i>4</i> |
| 1.6.2      | <i>Dépenses relatives aux essais .....</i>                   | <i>4</i> |
| 1.6.3      | <i>Méthode d'essais .....</i>                                | <i>4</i> |
| 1.6.4      | <i>Conditions de réalisation des essais .....</i>            | <i>5</i> |
| 1.6.5      | <i>Méthode de prélèvement – Fréquence des essais.....</i>    | <i>5</i> |
| 1.6.6      | <i>Contrôles réalisés par l'Entrepreneur .....</i>           | <i>6</i> |
| <b>1.7</b> | <b>FOURNITURES .....</b>                                     | <b>7</b> |
| <b>1.8</b> | <b>IMPERATIFS D'EXECUTION - SUJETIONS PARTICULIERES.....</b> | <b>7</b> |

---

## 1.1 LIMITES GEOGRAPHIQUES DES TRAVAUX

Les limites géographiques des travaux sont définies à l'article 1.1 du Cahier Particulier des Charges – Clauses Techniques (CPDC-CT).



## 1.2 PHASAGE DES TRAVAUX

Les travaux devront être conduits suivant les prescriptions de l'article 1.2 du Cahier Particulier des Charges – Clauses Techniques (CPDC-CT).



## 1.3 NATURE DES TRAVAUX

La nature des travaux est définie à l'article 1.3 du Cahier Particulier des Charges – Clauses Techniques (CPDC-CT).



## 1.4 DESCRIPTION DES TRAVAUX

La description des travaux fait l'objet de l'article 1.4 du Cahier Particulier des Charges – Clauses Techniques (CPDC-CT).



## 1.5 NIVELLEMENT, PIQUETAGE ET BALISAGE

Le nivellement est rattaché aux bornes et repères dont la liste et les implantations seront remises à l'Entrepreneur avant le début des travaux.

La bonne conservation des bornes et repères de la polygonale de référence établie par l'Administration est à la charge de l'Entrepreneur et comprise dans ses prix unitaires.

L'Administration se chargera de matérialiser sur le terrain les axes principaux.

Tous les autres travaux concernant le piquetage des routes, l'implantation des ouvrages ainsi que la détermination des niveaux devront être exécutés par un homme de l'art à charge de l'entreprise. L'entrepreneur est seul responsable de l'exactitude du piquetage. Chaque irrégularité éventuelle est à porter à la connaissance du commettant.

En cas de malfaçon due à des erreurs de piquetage, la direction des travaux peut ordonner la démolition des ouvrages en question. Tous les frais y relatifs sont à charge de l'entrepreneur. Le cas échéant, lors du décompte on fera valoir une moins-value.

L'entrepreneur est tenu de fournir les moyens de protection propres à garantir la conservation de tous les repères implantés par le commettant.

En cas de disparition, destruction ou déplacement des bornes et repères nécessitant l'intervention de l'Administration pour un nouveau piquetage, celle-ci facturera à l'Entrepreneur la remise en place des bornes ou repères au prix forfaitaire de 125,00 EUR

## **1.6 CONTROLE**

### **1.6.1 GENERALITES**

Les contrôles comportent plusieurs types d'opération :

- des vérifications visuelles de conformité (comparaison de bordereaux de commande et de livraison, examen de certificats de conformité ou d'agrément, contrôle du mode de manutention ou de stockage, etc.).
- des essais et des mesures.

Ils portent successivement sur les fournitures, sur le mode de réalisation des travaux et sur la qualité des ouvrages réalisés. On distingue ainsi :

- des essais de réception des fournitures
  - ✓ essais et études préliminaires d'agrément de matériaux ou de recherche de mélanges,
  - ✓ essais courants de réception des fournitures sur le chantier ou au laboratoire,
  - ✓ essais de réception des fournitures hors du chantier (en usine, etc...)
- des essais de contrôle de mise en oeuvre et de qualité des ouvrages
  - ✓ essais courants de contrôle sur le chantier,
  - ✓ essais de contrôle des travaux hors du chantier,
  - ✓ contrôle géométrique des travaux.

Les contrôles à réaliser sont détaillés dans le présent Cahier Spécial des Charges et en particulier les nombres d'essais, les processus retenus, les résultats exigés.

### **1.6.2 DEPENSES RELATIVES AUX ESSAIS**

Les dépenses relatives à l'ensemble des essais cités au présent Cahier Spécial des Charges, complété par le Cahier Particulier des Charges, sont à la charge de l'Entrepreneur, avec les fréquences et selon les modes de réalisation indiqués dans ces documents.

Les dépenses relatives aux essais complémentaires qui seront demandés par l'Administration seront à la charge de l'Entreprise, si leurs résultats ne satisfont pas aux exigences du présent Cahier Spécial des Charges complété par le Cahier Particulier des Charges et à la charge de l'Administration dans le cas contraire.

### **1.6.3 METHODE D'ESSAIS**

Les essais devront être exécutés dans les conditions et suivant les méthodes préconisées dans le présent Cahier Spécial des Charges complété par le Cahier Particulier des Charges.

#### **1.6.4 CONDITIONS DE REALISATION DES ESSAIS**

Les essais et études préliminaires de matériaux et de recherche de mélange, les essais de réception des matériaux hors du chantier, les essais relatifs au contrôle des travaux hors du chantier, ainsi que le contrôle continue de fabrication et de mise en œuvre des matériaux seront réalisés par l'Entrepreneur et à ses frais dans un laboratoire approuvé par l'Administration sous la surveillance du Laboratoire des Ponts et Chaussées (Luxembourg) et l'Administration.

Les essais d'agrément de réception des matériaux et de mise en œuvre seront exécutés par un laboratoire désigné par l'Administration à sa demande, lorsque celle-ci aura reçu la demande de réception des matériaux ou toutes les fois qu'elle le jugera utile. Le laboratoire établira 3 fiches de résultats pour chaque essai et les transmettra à l'Administration. Celle-ci en notifiera un exemplaire à l'Entrepreneur.

Les essais de réception des matériaux et de mise en œuvre sont indiqués dans le présent CSDC-CT ; on y trouvera également les processus retenus, les résultats exigés ainsi que le nombre minimum d'essais à réaliser.

Les provenances de tous les matériaux doivent être soumises à l'Administration par l'entrepreneur dans un délai de 15 jours calendaires, à compter de la notification de l'approbation du marché.

Les provenances de matériaux indiquées dans le dossier de soumission (annexe 8 du CAO) sont à respecter rigoureusement à moins que l'Administration n'en décide autrement.

Les essais de contrôle géométrique seront effectués contradictoirement sur le chantier à la demande écrite de l'Entrepreneur. Le présent CSDC-CT, complété par le CPDC-CT, renseigne sur les essais de contrôle géométrique à réaliser. On y trouvera également la nature de vérification et les résultats exigés. L'entrepreneur devra formuler sa demande de vérification suffisamment à l'avance, pour que l'Administration ait le temps de les faire effectuer sans perturber la bonne marche des travaux.

Lorsque des essais de contrôle de mise en œuvre ou de contrôle géométrique doivent précéder l'exécution d'un travail donné, l'Entrepreneur devra les provoquer. Il ne pourra commencer ce travail que lorsque les résultats des essais auront été satisfaisants. Sa demande de vérification devra être formulée suffisamment à l'avance pour que l'Administration ait le temps de les faire effectuer sans perturber la bonne marche des travaux.

L'administration peut procéder à des contrôles de pesage et de mesurage. S'il résulte du pesage un poids inférieur à celui indiqué sur le ticket de pesage ayant accompagné la fourniture, les frais occasionnés par le contrôle sont à charge de l'entrepreneur. Le décompte de l'ensemble des fournitures se base sur le résultat du contrôle effectué.

#### **1.6.5 METHODE DE PRELEVEMENT – FREQUENCE DES ESSAIS**

Les prélèvements relatifs aux essais seront faits contradictoirement. Si l'Entrepreneur ou son représentant dûment convoqué fait défaut, les prélèvements seront faits en son absence.

L'Administration est seul juge de la fréquence des essais à effectuer. Elle pourra toujours, si elle le juge nécessaire demander l'exécution d'essais supplémentaires ; dans ce cas ces essais supplémentaires seront rémunérés comme indiqué à l'article 1.6.2 ci-dessus.

### **1.6.6 CONTROLES REALISES PAR L'ENTREPRENEUR**

**L'Entrepreneur effectuera lui même de façon continue son propre contrôle de fabrication et de mise en œuvre des matériaux.**

## **1.7 FOURNITURES**

Les différents matériaux, composants ou équipements entrant dans la composition des ouvrages ou ayant une incidence sur leur aspect définitif sont proposés par l'Entrepreneur à l'agrément de l'Administration. Chaque demande d'agrément d'une fourniture est présentée accompagnée des modalités de contrôle.

Une liste indiquant la provenance des principales fournitures sera fournie par l'Entrepreneur à l'Administration dans un délai de 15 jours calendaires à compter de la notification du marché. Pour les autres fournitures, qui concernent les équipements, la demande d'agrément devra être présentée au plus tard 30 jours calendaires avant passation de la commande.

## **1.8 IMPERATIFS D'EXECUTION - SUJETIONS PARTICULIERES**

Les impératifs d'exécution et les sujétions particulières font l'objet d'un article spécifique du Cahier Particulier des Charges – Clauses Techniques (CPDC-CT).



**Chapitre 2**  
**TERRASSEMENTS, CHAUSSEES,**  
**RESEAUX DIVERS**

## SOMMAIRE DU CAHIER SPECIAL DES CHARGES, CLAUSES TECHNIQUES

## CHAPITRE 2

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>2.1</b> | <b>TRAVAUX PREALABLES AUX TERRASSEMENTS .....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1.1      | <i>Preparation initiale du terrain.....</i>   | 4         |
| 2.1.2      | <i>Enlèvement de constructions.....</i>   | 4         |
| 2.1.3      | <i>Démolition d'ouvrages de drainage et de réseaux.....</i>   | 5         |
| 2.1.4      | <i>Démolition de constructions .....</i>  | 5         |
| 2.1.5      | <i>Démolition de chaussées et de trottoirs.....</i>   | 5         |
| 2.1.6      | <i>L'emploi des explosifs .....</i>   | 6         |
| 2.1.7      | <i>Préparation du terrain avant les terrassements ou l'exécution des ouvrages d'art - décapages - purges .....</i>            | 8         |
| 2.1.8      | <i>Préparation du terrain sous les remblais .....</i>   | 9         |
| 2.1.9      | <i>Préparations complémentaires.....</i>  | 9         |
| 2.1.10     | <i>Géotextiles.....</i>   | 10        |
| <b>2.2</b> | <b>TERRASSEMENT: DEBLAIS, REMBLAIS, TALUS, FOND DE FORME.....</b>   | <b>14</b> |
| 2.2.1      | <i>Mouvement des terres.....</i>  | 14        |
| 2.2.2      | <i>Lieux d'emprunt et de dépôt.....</i>   | 14        |
| 2.2.3      | <i>Evacuation des eaux .....</i>  | 14        |
| 2.2.4      | <i>Exécution des déblais.....</i>   | 15        |
| 2.2.5      | <i>Exécution des remblais .....</i>   | 15        |
| 2.2.6      | <i>Compactage du terrain décape avant mise en place du remblai, des modelés de terrain ou des dépôts<br/>définitifs .....</i> | 17        |
| 2.2.7      | <i>Essais de contrôle géométrique .....</i>   | 18        |
| <b>2.3</b> | <b>CORPS DE CHAUSSEE .....</b>  | <b>19</b> |
| 2.3.0      | <i>Définitions.....</i>   | 19        |
| 2.3.1      | <i>Couche de forme.....</i>   | 19        |
| 2.3.2      | <i>Couche de fondation et couche de base .....</i>  | 22        |
| <b>2.4</b> | <b>ENROBES HYDROCARBONES.....</b>   | <b>30</b> |
| 2.4.1      | <i>Fabrication, transport et mise en œuvre.....</i>   | 30        |
| 2.4.2      | <i>Contrôle.....</i>  | 33        |
| 2.4.3      | <i>Essais de contrôle géométrique des travaux.....</i>  | 34        |
| 2.4.4      | <i>Directives.....</i>  | 35        |
| 2.4.5      | <i>Pénalités.....</i>   | 36        |
| 2.4.6      | <i>Enrobés drainants .....</i>  | 36        |
| 2.4.7      | <i>Couches de roulement en enrobés type Splittmastix ou enrobés denses EF2.....</i>   | 38        |
| 2.4.8      | <i>Graves-bitumes .....</i>   | 39        |
| 2.4.9      | <i>Couche de roulement en asphalte coulé .....</i>  | 40        |
| <b>2.5</b> | <b>ENDUITS SUPERFICIELS D'USURE (MONOCOUCHE, BICOUCHE,..) .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>2.6</b> | <b>TRAVAUX PARTICULIERS .....</b>   | <b>41</b> |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 2.6.1      | Travaux particuliers aux rétablissements .....   | 41        |
| 2.6.2      | Remise en état des routes dégradées.....   | 41        |
| <b>2.7</b> | <b>VEGETALISATION .....</b>  | <b>42</b> |
| 2.7.1      | Revêtements en terre végétale.....   | 42        |
| 2.7.2      | Engazonnement .....  | 42        |
| <b>2.8</b> | <b>RESEAUX DIVERS .....</b>  | <b>44</b> |
| 2.8.1      | Ouvrages de drainage – Généralités.....  | 44        |
| 2.8.2      | Drains .....   | 44        |
| 2.8.3      | Regards de visite – bouches d’égouts – boîtes de branchements.....   | 45        |
| 2.8.4      | Tuyaux en béton armé.....  | 45        |
| 2.8.5      | Tuyaux et raccords en polychlorure de vinyle (PVC).....  | 46        |
| 2.8.6      | Tuyaux et raccords en polyéthylène (PE).....   | 47        |
| 2.8.7      | Ouvrage de tête pour buse.....   | 47        |
| 2.8.8      | Fossés de garde ou d’interception.....   | 47        |
| 2.8.9      | Fossés revêtus, caniveaux rectangulaires en béton armé, caniveaux demi-buse, caniveaux à grille,<br>etc.....   | 48        |
| 2.8.10     | Ouvrages hydrauliques spéciaux.....  | 48        |
| 2.8.11     | Ouvrages annexes: Regards de visite, bouches d’égout, boîte de branchement y compris leurs<br>couvertures..... | 48        |
| 2.8.12     | Enrochements en 40/200 et perrés en pierre choisie .....   | 48        |
| 2.8.13     | Rétablissement des réseaux divers.....   | 48        |
| 2.8.14     | Drainage des eaux souterraines.....  | 49        |
| 2.8.15     | Chambres de tirage pour câbles.....  | 49        |
| 2.8.16     | Massifs de fondation pour candélabres .....  | 49        |
| 2.8.17.    | Conditions concernant les cablagés .....   | 49        |
| 2.8.18.    | Conditions concernant les conduites d'eau .....  | 51        |

## 2.1 TRAVAUX PREALABLES AUX TERRASSEMENTS

### 2.1.1 PREPARATION INITIALE DU TERRAIN

La préparation initiale du terrain (débroussaillage, abattages d'arbres, désouchage et réduction) sera réalisée conformément aux lois et règlements en vigueur et suivant les instructions de l'Administration. La rémunération se fait d'après les positions prévues dans le bordereau des prix.

Les arbres vivants ne doivent être coupés que selon les prescriptions et les directives de l'Administration, conformément à la RAS-LP 4 (édition 1999), Richtlinien für die Anlage von Strassen, Landschaftspflege, Abschnitt 4 : Schutz von Bäumen, Vegetationsbeständen und Tieren bei Baumassnahmen. (voir également affiche émise par le Ministère des Travaux Publics sur la protection des arbres sur chantiers).

Les arbres dont la conservation est prescrite seront repérés soigneusement et feront l'objet d'une protection particulière. Les arbres d'une circonférence supérieure à trente (30) centimètres à un mètre du sol, doivent être coupés, élagués et mis en tas avec soin conformément aux directives de l'Administration et restent propriété de l'Etat.

Les trous formés par l'enlèvement des souches et des racines doivent être rebouchés à l'aide de matériaux utilisables pour les remblais. Ces matériaux seront soigneusement compactés conformément aux spécifications relatives aux remblais.

### 2.1.2 ENLEVEMENT DE CONSTRUCTIONS

Les clôtures, murs, grilles et bâtiments ou constructions de toute sorte, à l'intérieur des limites de l'ouvrage et qui ne seront pas nécessaires pour des travaux, seront soigneusement démontés par l'Entrepreneur en totalité ou en partie selon les directives de l'Administration.

La démolition sera conduite de telle sorte que tous les matériaux récupérables ne soient pas endommagés.

Les matériaux ainsi récupérés seront mis en tas d'une manière correcte à l'intérieur des limites du chantier, en dehors des emprises des terrassements ou des ouvrages, en vue éventuellement d'un réemploi ultérieur ou bien évacués vers un centre de recyclage agréé.

Dans le cas où l'entrepreneur effectuant des démolitions partielles de clôtures ou de bâtiments, causerait des dégâts à des parties devant rester intactes, il sera tenu de réparer les dommages causés entièrement à ses frais.

Quand il est prescrit d'enlever les clôtures entourant un terrain, le propriétaire de celui-ci devra être averti quinze (15) jours auparavant.

L'entrepreneur devra également démonter et reporter les clôtures au-delà des limites d'emprise ou placer des clôtures dans le cas où celles-ci n'existeraient pas suivant les directives de l'Administration.

### **2.1.3 DEMOLITION D'OUVRAGES DE DRAINAGE ET DE RESEAUX**

Avant toute démolition totale ou partielle d'ouvrages de drainage ou de tout réseau, l'Entrepreneur devra fournir à l'Administration, un croquis établi par lui, montrant les dimensions de l'ouvrage, les parties à démolir et indiquant de quelle façon le fonctionnement du réseau continuera à être assuré et obtenir une approbation écrite de celle-ci. Les matériaux de démolition pourront être utilisés par l'Entrepreneur avec l'accord de l'Administration.

Dans le cas où le personnel ou les engins de l'entreprise causeraient un dommage à ces canalisations ou câbles, les travaux de réparation seront exécutés aux frais de l'entrepreneur comme cela est précisé à l'article 15.3 du CPDC-CA.

Ces dispositions ne diminuent en rien, pour l'Entrepreneur, sa responsabilité de dommages indirects susceptibles de résulter des dégâts causés à un câble ou une canalisation. En outre, l'Administration pourra exiger que le personnel appartenant à l'Entreprise et responsable de la dégradation soit exclu du chantier.

En outre, les sujétions résultant de la disposition des lieux (situation actuelle), de l'exploitation des réseaux routiers, de la protection des ouvrages existants (voies, constructions, réseaux ouvrages d'art, équipements divers, clôtures, candélabres, etc.) et de l'exécution simultanée d'autres travaux sont décrites dans les articles 13 à 16 du CPDC-CA.

### **2.1.4 DEMOLITION DE CONSTRUCTIONS**

L'Entrepreneur est tenu de se rendre compte de la présence éventuelle de constructions.

Les démolitions de constructions seront exécutées jusqu'à un (1) mètre au dessous du niveau de la plate forme des terrassements.

Les matériaux provenant des démolitions seront, suivant les ordres de l'Administration mis en remblai ou mis en dépôt définitif.

Tous les vides tels que caves, puits, etc., seront comblés dans les conditions qui seront prescrites par l'Administration.

### **2.1.5 DEMOLITION DE CHAUSSEES ET DE TROTTOIRS**

Avant tout début de travaux, l'entrepreneur repérera les câbles et canalisations souterraines dont l'existence aura été établie avec les services techniques compétents. Avant toute démolition les pavés, bordures, tampons,... seront soigneusement déposés et mis en dépôt dans l'emprise du chantier. Les produits de démolition seront évacués vers un centre de recyclage agréé ou réutilisés dans les conditions qui seront prescrites par l'Administration.

## 2.1.6 L'EMPLOI DES EXPLOSIFS

L'emploi des explosifs sera subordonné à l'agrément de l'Administration. Avant de procéder aux tirs de mines, l'entrepreneur doit également se procurer une autorisation en due forme auprès de l'Inspection du Travail et des Mines.

### 2.1.6.1 Plans de tir

L'entrepreneur doit soumettre à l'accord de l'Administration les plans de mines. Les plans contiendront les détails suivants :

- dimensions de la maille, c'est-à-dire l'espacement des trous et la largeur de la banquette,
- le diamètre des trous,
- le dispositif de mise à feu,
- la nature de l'explosif utilisé,
- la disposition et le nombre des micro-retards.

Sur le chantier, l'entreprise devra disposer d'un chef-mineur certifié et agréé par l'Administration, chaque fois qu'il sera fait usage d'explosifs.

Les talus des zones de déblais seront abattus par la méthode du pré-découpage, lorsque la pente de ces talus est égale à 2 : 1 (deux vertical pour un horizontal) ou plus raide. Dans les autres cas et sauf dispositions contraires dans le CPDC-CT, les talus peuvent être taillés par la méthode du post-découpage.

### 2.1.6.2 Restriction dans l'emploi de l'explosif à proximité de bâtiments ou d'ouvrages existants

Pour des travaux de minage à proximité de constructions, la vitesse de vibration, qui est la résultante des vitesses mesurées dans trois directions perpendiculaires ne doit pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous :

| Type de bâtiment  | Valeur Seuil de la Vitesse V |
|---|------------------------------|
| Bâtiments d'habitation, de bureaux ou analogues, construits selon les règles de l'art.            | 8 mm/s                       |
| Bâtiments rigides, avec parties lourdes et ossatures rendues rigides en bon état de conservation. | 30 mm/s                      |
| Autres bâtiments et constructions classés monuments historiques.                                  | 4 mm/s                       |

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} \quad \max$$

Les valeurs indiqués dans ce tableau sont valables pour des fréquences de quelques Hertz à 60 Hertz et pour maximum de trois tirs par jour de travail. Pour des tirs plus fréquents, il faut réduire les seuils limites au 2/3.

Pour des fréquences supérieures à 60 Hertz, on peut prendre des valeurs de référence plus fortes.

En plus la vitesse de vibration doit être telle que les limites de gênes "K" suivantes soient respectées.

$$K = V \frac{0,13f}{\sqrt{1+(f/f_0)^2}}$$

V = vitesse de vibration maximale

f = fréquence en Hertz

f<sub>0</sub> = fréquence de référence = 5,6 Hertz

Zone résidentielle K = 4

Centre Ville ou dans un village K = 8

Zone commerciale ou industrielle K = 12

La fréquence f de la vibration est à déterminer par un laboratoire spécialisé lors des premiers coups de mines à proximité des habitations.

L'entrepreneur doit prendre toutes les mesures possibles pour limiter au strict minimum l'impact sur l'environnement lors du travail à l'explosif à proximité de constructions. La mise à feu doit obligatoirement se faire à l'aide de micro-retardateurs, qui permettent de diviser la volée en une série de charges décalées.

Pour trouver une loi propre au site exprimant la propagation et l'amortissement des ondes sismiques dans le sol, l'entrepreneur effectuera régulièrement des enregistrements par l'intermédiaire d'un laboratoire spécialisé (p. ex. Le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Nancy). L'entrepreneur doit enregistrer à ses frais au moins chaque 30ième tir. Des essais intermédiaires sont à charge du maître d'oeuvre.

La nature générale de cette loi de propagation est la suivante:

V [cm/s] = vitesse de vibration

D [m] = distance entre le lieu de l'explosion et l'endroit des mesures

$$V = K \frac{\dots D \dots}{\sqrt{Q}}^{-1,8}$$

Q [kg] = quantité d'explosif mis à feu simultanément

Pour le chantier exécuté dans le grès du Luxembourg, on a trouvé la valeur K = 250.

### 2.1.6.3 Le bruit de détonation

A proximité de maisons habitées, il faut diminuer dans la mesure du possible le bruit de détonation. Pour ce faire, il faut faire un bourrage soigneux des trous de mines et il faut recouvrir les cordons détonnants sortant des trous par une couche de sable de 15 cm d'épaisseur combiné avec un géotextile.

Pour la mesure du possible, les coups de mines doivent être tirés toujours à la même heure et ils doivent être précédés d'un coup de sirène.

### 2.1.6.4 Les projections

Pour éviter les projections de matériaux lors des travaux de minages réalisés en pleine ville ou très près des bâtiments, les endroits de tir doivent être recouverts par un produit approprié comme des nattes de tir, réseaux de fils, géotextiles, etc.

## 2.1.7 PREPARATION DU TERRAIN AVANT LES TERRASSEMENTS OU L'EXECUTION DES OUVRAGES D'ART - DECAPAGES - PURGES

En plus du débroussaillage, dessouchage, arrachage des arbres, etc. l'entrepreneur décapera la terre végétale sur trente (30) cm d'épaisseur, dans l'emprise des terrassements en déblai ou en remblai (fondation des O.A., plate-forme autoroutière, déviations provisoires, voies de chantier, zone d'installation de chantier, rétablissements des communications, zones de mise en dépôt provisoire ou définitive de matériau de déblais ou de matériau d'apport pour remblais, zones des remblais contigus aux ouvrages).

La terre végétale sera terrassée au Motor Scraper, au chargeur ou au bulldozer et au chargeur. Elle sera stockée sur des épaisseurs de l'ordre de cinq (5) mètres maximum, les tas ou les cordons étant réglés au bulldozer. La terre végétale ne doit être ni compactée, ni serrée - la circulation des engins sur les dépôts de terre végétale doit être évitée. Les cordons de terre doivent être disposés de manière à ne pas bloquer le libre écoulement des eaux de surface.

La terre nécessaire au revêtement de talus sera mise en dépôt dans les emprises.

L'excédent sera mis en dépôt provisoire ou définitif. Le lieu des dépôts sera fixé par l'Administration.

Des purges seront à prévoir dans les zones où des matériaux impropres à supporter des remblais auront été découverts.

### 2.1.8 PREPARATION DU TERRAIN SOUS LES REMBLAIS

#### 2.1.8.1 Préparations initiales

Lorsque la plus grande pente du terrain est supérieure à 0,15 mètre par mètre et si aucune préparation complémentaire n'est prévue, l'entrepreneur devra exécuter, sur la surface d'appui des remblais, des redans présentant une profondeur minimale de cinquante (50) centimètres.

Les trous résultant de l'arrachage des souches seront remblayés avec du matériau de même qualité que le matériau constituant le sol environnant et compactés comme un remblai.

#### 2.1.8.2 Préparations complémentaires

Toutes les zones de terre végétale et de matériaux impropres seront décapées et purgées.

Le compactage après décapage et purge éventuelle sera exécuté de manière à satisfaire aux prescriptions figurant à l'article 2.2.9 du CSDC-CT complété par le CPDC-CT.

Le compactage du fond de forme sous les remblais sera mené à l'aide d'un compacteur adapté au sol, il sera terminé à l'aide du compacteur à pneus d'au moins 5 tonnes par roue.

### 2.1.9 PREPARATIONS COMPLEMENTAIRES

Essais : Identification du sol et classification du sol d'après le guide technique « Réalisation des remblais et des couches de forme » du SETRA et du LCPC. Ce document est disponible sous la référence D 9233-1.

• au bureau de vente des publications du SETRA  
40, avenue Aristide Briand  
BP 100 F-92223 Bagneux Cedex  
France  
Tél : +33 46 11 31 53  
Fax : +33 46 11 31 69

ou

• au service IST Publication du LCPC  
58, boulevard Lefebvre  
F-75732 Paris Cedex 15  
Tél : +33 1 40 43 52 26  
Fax : +33 1 40 43 54 98

|  |   |
|--|---|
| ESSAIS :   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• granulométrie NF P94-056 et NF P94-057 ou équivalent</li> <li>• valeur du bleu NF P94-068 ou EN 933-9</li> <li>• limites d'Atterberg NF P94-051 ou équivalent</li> <li>• teneur en eau NF P94-050</li> <li>• indice portant immédiat NF P94-078</li> <li>• essai Proctor modifié DIN 18127 ou NF P94-093, avec tracé de la courbe Proctor</li> <li>• teneur en eau (%) ; à déterminer suivant la densité optimale Proctor</li> </ul> |
| FREQUENCE D'ESSAI :<br>(à la charge de l'entrepreneur) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• identification : 1 fois type de matériau et chaque fois que les caractéristiques du matériau apparaissent différentes</li> <li>• teneur en eau : 1 fois par 10000 m<sup>2</sup> de type de matériau et chaque fois que les caractéristiques du matériau apparaissent différentes</li> </ul>  |

**2.1.9.1 Compactage du terrain décapé sous remblai**

|  |  |
|--|--|
| ESSAIS :   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• essai à la plaque NF 94-117-1</li> <li>• détermination de la masse volumique d'un matériau en place :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- méthode au gammadensimètre à pointe NF P94-061-1</li> <li>- méthode au densitomètre à membrane NF P94-061-2</li> </ul> </li> </ul> |
| VALEURS REQUISES :                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• essai à la plaque (Ø = 60 cm) : <math>EV2 \geq 30 \text{ MN/m}^2</math>    <math>k \leq 2.0</math></li> <li>• masse volumique en place: 95% de L'OPM</li> </ul>   |
| FREQUENCE D'ESSAI :<br>(à la charge de l'entrepreneur) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois par 1000 m<sup>2</sup> dans le même matériau et chaque fois que les caractéristiques du matériau apparaissent différentes</li> </ul>   |

**2.1.10 GEOTEXTILES**

**2.1.10.1 Généralités**

Les géotextiles seront soumis à l'acceptation du Maître d'œuvre.

Les géotextiles devront satisfaire aux exigences suivantes :

- disposer d'une certification.

Cependant, le Maître d'Oeuvre pourra donner son acceptation sur les produits ne disposant pas de certificat de qualification sous réserve de produire des résultats d'essais réalisés, conformément aux normes, par des laboratoires agréés.

- être marqués de manière régulière, au moins une fois tous les cinq mètres, selon le sens de production et de façon lisible afin que l'identification du produit soit possible jusqu'à sa mise en œuvre. Pour les produits certifiés, le marquage comportera obligatoirement l'appellation commerciale du produit certifié ainsi que la référence.

### *2.1.10.2 Spécifications*

Les valeurs exigées dans les positions standards du bordereau des prix, sont les valeurs nominales par le producteur (Vnap) et portées sur le certificat de qualification pour les géotextiles certifiés.

Dans le cas de produits non certifiés, le géotextile devra présenter des caractéristiques telles que 95% des échantillons testés aient des caractéristiques supérieures (ou inférieures suivant le sens de variation) aux valeurs spécifiées.

Dans le cas où le massif de remblai en contact avec le géotextile serait traité aux liants hydrauliques, la nature du polymère constitutif du géotextile devra être insensible au phénomène d'hydrolyse et en particulier le polyester sera proscrit.

### *2.1.10.3 Contrôles*

Les caractéristiques des géotextiles fournis doivent être conformes aux spécifications du bordereau des prix.

Les rouleaux (ou autre forme au conditionnement) des géotextiles livrés sur chantier seront soumis à l'acceptation du Maître d'Oeuvre.

Le contrôle des géotextiles livrés sur chantier comprendra :

- l'identification
  - pour les produits certifiés, l'acceptation sera prononcée après simple vérification de la concordance des spécifications du bordereau et des valeurs des caractéristiques portées sur le certificat de qualification
  - pour les produits non certifiés, l'acceptation ne sera prononcée qu'après vérification de l'étiquetage et le contrôle des caractéristiques descriptives de masse surfacique et d'épaisseur. Les essais d'identifications seront réalisés conformément aux méthodes d'essais normalisées.
- le contrôle des caractéristiques

Le Maître d'Oeuvre procédera au contrôle des caractéristiques des géotextiles non certifiés suivant la fréquence d'essais définie dans la note d'information du SETRA n°33 de janvier 88.

Les essais porteront sur les vérifications des spécifications. Les essais seront réalisés, aux frais de l'entrepreneur par un laboratoire agréé accepté par le Maître d'œuvre.

Si les résultats des contrôles des caractéristiques ne confirment pas les valeurs annoncées par le producteur sur la fiche technique du produit, les géotextiles seront refusés et évacués du chantier.

### *2.1.10.4 Stockage et manutention des géotextiles*

Les géotextiles seront conditionnés en éléments facilement manutentionables soit manuellement soit à l'aide d'engins de chantier courant.

Lorsqu'ils sont conditionnés en rouleaux, les géotextiles seront enroulés sur un mandrin suffisamment résistant pour assurer la manutention de la totalité du rouleau.

Lorsqu'ils sont conditionnés en rouleaux, les géotextiles seront enroulés sur un mandrin suffisamment résistant pour assurer la manutention de la totalité du rouleau.

Lorsqu'ils sont conditionnés sous une autre forme (palette, paquet, panneaux,...) les conditions de leur manutention seront précisées sur une fiche technique ou notice accompagnant le bon de livraison.

Les rouleaux de géotextiles seront stockés sur chantier sur une aire aplanie et parfaitement drainée relativement rigide pour ne pas entraîner des déformations importantes des rouleaux et devront être protégés du rayonnement solaire. Cette protection sera assurée par une enveloppe opaque.

L'entrepreneur s'assurera que les rouleaux de géotextiles sont stockés de manière à éviter toute imbibation prolongée qui rendrait leur manutention moins aisée et pourrait, en cas de gel conduire à un déroulement ou à une mise en place difficile.

Le Maître d'Oeuvre exigera en cas de stockage défectueux d'un rouleau, l'élimination des parties détériorées ou ne pouvant plus assurer la fonction recherchée, (en cas d'absence ou détérioration de la protection opaque par exemple, les 2 ou 3 premières spires du rouleau seront éliminées).

### *2.1.10.5 Préparation du sol support*

La surface du sol destinée à recevoir le géotextile devra être aplanie et débarrassée de tous les éléments contendants apparaissant en surface (souches, éléments rocaillieux de toutes natures avec arêtes vives, déchets solides...). Lorsque le géotextile sera posé directement sur le sol naturel, la végétation herbacée pourra être conservée à l'exception des arbres ou arbustes qui devront être sciés le plus près possible du sol.

### *2.1.10.6 Pose et assemblage*

Avant exécution des travaux, l'entrepreneur soumettra à l'acceptation du Maître d'Oeuvre un plan de pose (calepinage) des nappes définissant la disposition relative des bandes de géotextiles, leur implantation et orientation et leur ordre de mise en place fixant le sens de superposition en fonction du sens de déversement des matériaux de recouvrement.

Les géotextiles seront posés manuellement par déroulement dans le cas des rouleaux ou par dépliement dans le cas des autres formes de conditionnement (panneaux), la pose devant être conforme au plan de calepinage.

L'assemblage des géotextiles se fera par recouvrement d'une nappe sur l'autre sur une largeur minimale de 0,50 m pour un sol de portance moyenne. A la demande du Maître d'Oeuvre cette largeur de recouvrement pourra être augmentée en fonction de la déformabilité du sol support, de la fonction du géotextile et de l'importance des sollicitations qu'il subit.

D'une manière générale, la pose des nappes de géotextile sera réalisée avec le minimum d'avance sur la mise en œuvre du matériau de recouvrement afin de limiter les éventuels déplacements des nappes par l'action du vent. Des dispositions seront prises pour assurer un ancrage de chaque nappe sur le sol immédiatement après la pose (lestage avec blocs, matériaux divers) à l'exclusion de l'épinglage qui risque de provoquer des amorces de rupture du géotextile.

### *2.1.10.7 Circulation des engins*

Compte tenu de la portance des sols support, toute circulation d'engins ou camions directement sur le géotextile est interdite.

Toute détérioration de nappe due au non respect, de cette prescription entraînera son enlèvement et son remplacement à la charge de l'entrepreneur.

### *2.1.10.8 Mise en œuvre des matériaux de recouvrement*

Le matériau de recouvrement sera mis en œuvre à l'avancement : les engins d'approvisionnement circulant sur la couche mise en œuvre dont l'épaisseur minimale sera au moins égale à 0,40 m.

Dans tous les cas, le sens de déversement et de réglage du matériau de recouvrement devra être en accord avec celui de superposition des nappes défini dans le plan de pose.

## 2.2 TERRASSEMENT: DEBLAIS, REMBLAIS, TALUS, FOND DE FORME

Note relative aux essais et aux fréquences d'essai : Les essais de contrôle externe sur les matériaux non certifiés par le laboratoire des Ponts et Chaussées ou par un laboratoire agréé par celui-ci sont à la charge de l'entrepreneur.

### 2.2.1. MOUVEMENT DES TERRES

L'article 2.2.1 du CPDC-CT précise les pourcentages de réutilisation des déblais suivant leur nature.

CPDC-CT

Sur la base de ces hypothèses et en tenant compte des contraintes mentionnées aux articles 14, 15 et 16 du CPDC-CA et des impératifs d'exécution stipulés à l'article 1.8 du CPDC-CT, l'entrepreneur soumettra à l'agrément de l'Administration un projet d'épure de mouvement des terres.

L'entrepreneur devra procéder à la mise au point du mouvement des terres, en fonction des résultats obtenus sur le chantier toutes les fois que l'Administration le demandera.

### 2.2.2 LIEUX D'EMPRUNT ET DE DEPOT

Les zones d'emprunt et de dépôt de matériaux sont précisées à l'article 2.2.2 du CPDC-CT.

CPDC-CT

### 2.2.3 EVACUATION DES EAUX

Pendant l'exécution des déblais, l'entrepreneur est tenu de conduire les travaux de manière à éviter que la forme ou les matériaux de déblais à utiliser en remblais, ne soient détremés ou dégradés **par les eaux de pluie ou de ruissellement**. L'épuisement des eaux en provenance de sources, collecteurs, cours d'eau, ... est décrit dans le CPDC-CT et sera rémunéré par des positions spécialement prévu à ces fins dans le bordereau des prix.

CPDC-CT

Il doit à cet effet, maintenir en permanence une pente à la surface des déblais et exécuter en temps utile les saignées, rigoles, fossés et ouvrages provisoires nécessaires à l'évacuation des eaux hors des tranchées et vers un exutoire naturel. L'évacuation des eaux ne devra pas gêner les riverains.

L'exécution des déblais sera interrompue lorsqu'une hauteur de pluie supérieure à trente (30) mm sera tombée sans interruption. Cette hauteur sera contrôlée à l'aide d'un pluviomètre installé sur le chantier et rémunéré par la position « INSTALLATION DE CHANTIER ».

L'entrepreneur doit en particulier prévoir les fossés d'évacuation des eaux qui peuvent être nécessaires pour réaliser un assainissement convenable, et assurer la protection des ouvrages pour toute la durée des travaux. La réalisation de ces fossés et leur entretien, de façon à maintenir leur efficacité pendant la durée du contrat, sont compris dans les prix du bordereau et aucun paiement séparé ne sera effectué pour ces travaux.

---

L'entrepreneur doit fournir les moyens d'assèchement, d'évacuation ou de dérivation des eaux nécessaires à l'exécution et à la protection des travaux, ces moyens étant compris dans les prix unitaires du bordereau lors de la soumission.

En cas de non conformité aux prescriptions ci-dessus, l'exécution des travaux de terrassements pourra être interrompu par l'Administration jusqu'à ce que tous les systèmes d'évacuation des eaux jugés nécessaires soient réalisés. Le chômage éventuel du matériel et du personnel est à la seule charge de l'entreprise.

### 2.2.4 EXECUTION DES DEBLAIS

L'article 2.2.4 du CPDC-CT indique le mode de terrassement préconisé suivant la nature des terrains rencontrés ainsi que le mode de compactage.

Les conditions de mise en œuvre de matériau en déblai sont précisés dans le GTR depuis la classification du matériau.



Les tolérances d'exécution des profils et des talus sont indiquées à l'article 2.2.7 du CSDC-CT.

Pour les travaux à l'explosif, il faudra respecter les conditions de l'article 2.1.6 du présent Cahier des Charges CSDC-CT.

### 2.2.5 EXECUTION DES REMBLAIS

#### 2.2.5.1 Généralités

Tous les remblais seront méthodiquement compactés dans les conditions définies dans ce qui suit complété par les prescriptions stipulées à l'article 2.2.5 du CPDC-CT.



#### 2.2.5.2 Matériau d'emprunt laitier HF 0/250

Le matériau utilisé sera du laitier HF 0/250 calibré provenant de crassiers des usines sidérurgiques.

Il devra répondre aux spécifications du CDC-GRA (dernière version).

|  |   |
|--|---|
| ESSAIS :   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulométrie EN 933-1</li> <li>• Valeur en bleu EN 933-9</li> </ul> |
| VALEURS REQUISES :                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CDC-GRA</li> </ul>   |
| FREQUENCE D'ESSAI :<br>(à la charge de l'entrepreneur) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois par 10 000 m<sup>2</sup> dans le même matériau</li> </ul>     |

*2.2.5.3 Matériau d'emprunt concassé 0/250 carrière ou concassé 0/150 carrière*

Le matériau devra répondre aux spécifications du CDC-GRA.

Le matériau est obligatoirement concassé en carrière ou sur chantier.

|  |   |
|--|---|
| ESSAIS :   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulométrie EN 933-1</li> <li>• Valeur au bleu EN 933-9</li> </ul>   |
| VALEURS REQUISES :                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CDC-GRA</li> </ul>   |
| FREQUENCE D'ESSAI :<br>(à la charge de l'entrepreneur) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois par 10000 m<sup>2</sup> dans le même matériau et chaque fois que les caractéristiques du matériau apparaissent différentes</li> </ul> |

*2.2.5.4 Matériau provenant de déblais et mis en remblai*

|  |  |
|--|--|
| ESSAI :  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification du sol et classification du sol d'après le GTR (voir 2.1.9°</li> <li>• essai Proctor modifié DIN 18127 ou NF P 94-093 avec tracé de la courbe Proctor</li> </ul> |
| VALEURS REQUISES :                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conditions d'utilisation du GTR</li> </ul>  |
| FREQUENCE D'ESSAI :<br>(à la charge de l'entrepreneur) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1fois par 10000 m<sup>2</sup> dans le même matériau et chaque fois que les caractéristiques du matériau apparaissent différentes</li> </ul>                                     |

**2.2.5.5 Compactage des remblais exécutés en laitiers HF 0/250 ou en matériau d'emprunt concassé 0/250 ou 0/150 carrière ou en matériau provenant de déblais**

*(matériaux conformes aux articles 2.2.5.2 ou 2.2.5.3 ou 2.2.5.4 du présent CSDC-CT)*

|  |  |
|--|--|
| ESSAIS :   | <ul style="list-style-type: none"> <li>essai à la plaque NF P94-117-1</li> <li>Planche d'essai (si matériau provenant de déblai)</li> </ul>  |
| VALEURS REQUISES :<br><br>- matériau déblai (conforme à l'art 2.2.5.4 du présent CSDC-CT) resp. fond de forme (terrain en déblai)<br><br>- matériau 0/250 carrière ou 0/150 carrière (conforme à l'art 2.2.5.3 du présent CSDC-CT)<br><br>- matériau laitier HF 0/250 (conforme à l'art. 2.2.5.2 du présent CSDC-CT) | <ul style="list-style-type: none"> <li>essai à la plaque (Ø=60 cm) : EV2 : <math>\geq 45 \text{ MN/m}^2</math>    <math>k \leq 2.2</math></li> </ul> si hauteur : <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\geq 1.00 \text{ m}</math> : essai à la plaque (Ø = 60 cm)<br/>EV2 : <math>\geq 80 \text{ MN/m}^2</math> ; <math>k \leq 2.2</math></li> <li><math>&lt; 1.00 \text{ m}</math> : essai à la plaque (Ø = 60 cm)<br/>EV2 : <math>\geq 60 \text{ MN/m}^2</math> : <math>k \leq 2.2</math></li> </ul> si hauteur : <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\geq 1.00 \text{ m}</math> : essai à la plaque (Ø=60 cm)<br/>EV2 : <math>\geq 120 \text{ MN/m}^2</math> ; <math>k \leq 2.5</math></li> <li><math>&lt; 1.00 \text{ m}</math> : essai à la plaque (Ø = 60 cm)<br/>EV2 : <math>\geq 100 \text{ MN/m}^2</math> : <math>k \leq 2.5</math></li> <li><math>&lt; 0.50 \text{ m}</math> : essai à la plaque (Ø = 60 cm)<br/>EV2 : <math>\geq 60 \text{ MN/m}^2</math> : <math>k \leq 2.2</math></li> </ul> |
| FREQUENCE D'ESSAI :<br><br>(à la charge de l'entrepreneur)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1 fois par 10000 m<sup>2</sup> dans le même matériau et chaque fois que les caractéristiques du matériau apparaissent différentes</li> </ul>  |

**2.2.6 COMPACTAGE DU TERRAIN DECAPE AVANT MISE EN PLACE DU REMBLAI, DES MODELES DE TERRAIN OU DES DEPOTS DEFINITIFS**

|          |   |
|----------|---|
| ESSAIS : | <ul style="list-style-type: none"> <li>essai à la plaque NF P 94-117-1</li> <li>détermination de la masse volumique d'un matériau en place :</li> </ul> |
|----------|---|

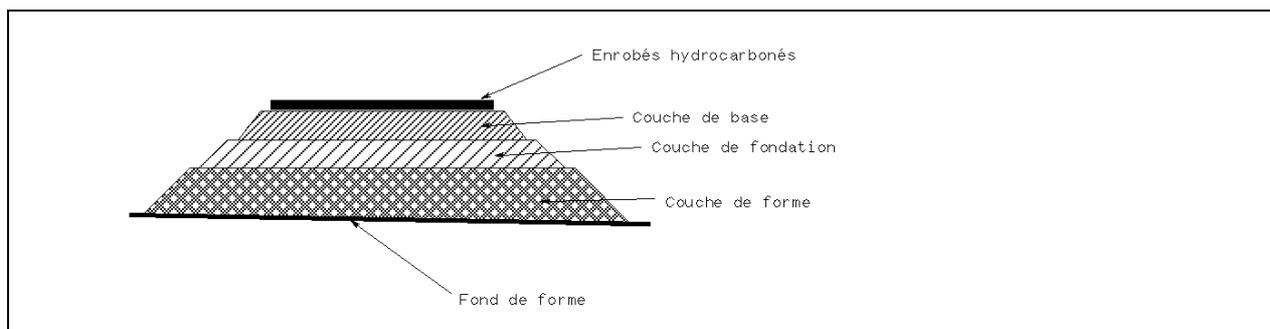
|   |  |
|---|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- méthode au gammadensimètre à pointe NF P94-061-1</li> <li>- méthode au densitomètre à membrane NF P94-061-2</li> <li>• planche d'essai (si matériau provenant de déblai)</li> <li>• essai Proctor modifié DIN 18127 ou NF P 94-093, avec tracé de la courbe Proctor</li> <li>• teneur en eau NF P-94-050</li> </ul> |
| VALEURS REQUISES :                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• essai à la plaque (Ø=60 cm)<br/>EV2 : <math>\geq 30 \text{ MN/m}^2</math> ; <math>k \leq 2.2</math></li> <li>• masse volumique en place: 95% OPM</li> </ul>   |
| FREQUENCE D'ESSAI :<br>(à charge de l'entrepreneur) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 fois par 10000 m<sup>2</sup> dans le même matériau et chaque fois que les caractéristiques du matériau apparaissent différentes</li> </ul>  |

**2.2.7 ESSAIS DE CONTROLE GEOMETRIQUE**

| <b>Nature des vérifications</b>          | <b>Résultats exigés</b>                 | <b>Nombre d'essais à la charge de l'entrepreneur</b>                                   |
|--|---|--|
| Profil sous couche de forme              | plus ou moins cinq (+/- 5) centimètres  | sur l'axe et sur chacune des rives au droit des profils en travers du dossier de plans |
| Profil de la couche de forme             | plus ou moins trois (+/- 3) centimètres |  |
| Talus avant revêtement de terre végétale | plus ou moins dix (+/- 10) centimètres  | au droit des profils en travers du dossier de plans                                    |
| Talus à ne pas revêtir de terre végétale | plus ou moins cinq (+/- 5) centimètres  |  |
| Revêtement des talus en terre végétale   | plus ou moins cinq (+/- 5) centimètres  |  |

## 2.3 CORPS DE CHAUSSEE

### 2.3.0 DEFINITIONS



### 2.3.1 COUCHE DE FORME

#### 2.3.1.1 *Matériau pour couche de forme*

Le matériau est conforme :

1. 0/45 type 1, dans le cas où la couche de fondation et la couche de base sont réalisées avec de la grave-laitier 0/32 (GL 0/32)

2. 0/45 type 2, dans le cas où la couche de fondation et la couche de base sont réalisées avec du 0/45 HF, type 1,

tels que définis dans le CDC-GRA

|                     |   |
|---------------------|---|
| ESSAIS :            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• granulométrie, selon EN 933-1</li> <li>• valeur au bleu, selon EN 933-9</li> <li>• Compression statique sur fraction 32/40, selon NBN 11-205</li> <li>• Los Angeles, selon EN 1097-2</li> </ul>  |
| VALEURS REQUISES :  | voir CDC-GRA  |
| FREQUENCE D'ESSAI : | <ul style="list-style-type: none"> <li>• matériau certifié,                             <ul style="list-style-type: none"> <li>granulométrie : 1 fois par semaine</li> <li>valeur au bleu : 1 fois par semaine</li> <li>compression statique : contrôle externe du Labo PCh</li> <li>Los Angeles : contrôle externe du Labo des PCh</li> </ul> </li> <li>• matériau non certifié :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>granulométrie : 2 fois par semaine</li> <li>valeur au bleu : 2 fois par semaine</li> <li>compression statique : 6 fois par an</li> <li>Los Angeles : 1 fois par an</li> </ul> </li> </ul> |

Note : Les essais sur matériau non certifié sont à effectuer à la charge de l'entrepreneur par l'entrepreneur même, le Laboratoire des Ponts et Chaussées (P&Ch) du Luxembourg ou un laboratoire agréé par le Laboratoire P&Ch.

**2.3.1.2 Mise en œuvre de la couche de forme**

## 2.3.1.2.1 Compactage

|   |  |
|---|--|
| ESSAIS :  | <ul style="list-style-type: none"><li>• essai à la plaque NF P 94-117-1</li><li>• planche d'essai (si matériau provenant de déblai)</li><li>• teneur en eau NF P 94-050</li></ul>  |
| VALEURS REQUISES :                                  | <ul style="list-style-type: none"><li>• essai à la plaque (<math>\varnothing=60</math> cm)<ul style="list-style-type: none"><li>→ pour couche de forme en matériaux type 1:<br/>EV2 : <math>\geq 120</math> MN/m<sup>2</sup> : <math>k \leq 2,0</math></li><li>→ pour couche de forme en matériaux type 2:<br/>EV2 : <math>\geq 90</math> MN/m<sup>2</sup> : <math>k \leq 2,2</math></li></ul></li></ul> |
| FREQUENCE D'ESSAI :<br>(à charge de l'entrepreneur) | 1 fois par 10000 m <sup>2</sup> dans le même matériau et chaque fois que les caractéristiques du matériau apparaissent différentes   |

**2.3.2 COUCHE DE FONDATION ET COUCHE DE BASE**

*2.3.2.1 Couche de fondation et couche de base en matériaux 0/45 type 1*

2.3.2.1.1 Nature et essais

Les matériaux seront conformes aux matériaux 0/45 type 1 tel qu'ils sont définis dans le CDC-GRA.

|                     |   |
|---------------------|---|
| ESSAIS :            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• granulométrie, selon EN 933-1</li> <li>• valeur au bleu, selon EN 933-9</li> <li>• Compression statique sur fraction 32/40, selon NBN 11-205</li> <li>• Los Angeles, selon EN 1097-2</li> </ul>  |
| VALEURS REQUISES :  | voir CDC-GRA  |
| FREQUENCE D'ESSAI : | <ul style="list-style-type: none"> <li>• matériau certifié :<br/>(essais faisant partie intégrante de la procédure de certification)<br/>granulométrie : 1 fois par semaine<br/>valeur au bleu : 1 fois par semaine<br/>teneur en eau : 1 essai par 10000 m<sup>2</sup></li> <li>• matériau non certifié<br/>granulométrie : 2 fois par semaine<br/>valeur au bleu : 2 fois par semaine<br/>teneur en eau : 2 essais par 10000 m<sup>2</sup></li> </ul> |

Note ; Les essais sur matériau non certifié sont à effectuer à la charge de l'entrepreneur par l'entrepreneur même, le Laboratoire des Ponts et Chaussées (P&Ch) du Luxembourg ou un laboratoire agréé par le Laboratoire P&Ch .

2.3.2.1.2 Compactage des matériaux 0/45 type 1

|                    |  |
|--------------------|--|
| ESSAIS :           | <ul style="list-style-type: none"> <li>essai à la plaque NF P 94-117-1 (<math>\varnothing=60</math> cm) :</li> <li>teneur en eau NF P 94-050</li> </ul>  |
| VALEURS REQUISES : | <ul style="list-style-type: none"> <li>essai à la plaque (<math>\varnothing=60</math> cm) :</li> </ul>   |
|                    | <p>Section courante d'autoroute :</p> <p>→ couche de fondation : <math>EV_2 \geq 140</math> MN/m<sup>2</sup> ; <math>k \leq 1.8</math></p> <p>→ couche de base : <math>EV_2 \geq 150</math> MN/m<sup>2</sup> ; <math>k \leq 1.8</math></p> |
|                    | <p>Autres catégories de routes :</p> <p>→ couche de fondation : <math>EV_2 \geq 100</math> MN/m<sup>2</sup> ; <math>k \leq 2.2</math></p> <p>→ couche de base : <math>EV_2 \geq 120</math> MN/m<sup>2</sup> ; <math>k \leq 2.2</math></p>  |

2.3.2.2. Couche de fondation et couche de base en grave-laitier 0/32

2.3.2.2.1 Nature et essais

Les matériaux seront conformes aux matériaux grave-laitier 0/32 tel qu'ils sont définis dans le CDC-GRA.

|                     |  |
|---------------------|--|
| ESSAIS :            | <ul style="list-style-type: none"> <li>granulométrie, selon EN 933-1</li> <li>Los Angeles, selon EN 1097-2</li> </ul>  |
| VALEURS REQUISES :  | voir CDC-GRA   |
| FREQUENCE D'ESSAI : | <ul style="list-style-type: none"> <li>matériau certifié :<br/>(essais faisant partie intégrante de la procédure de certification)<br/>granulométrie : 1 fois par semaine<br/>valeur au bleu : 1 fois par semaine<br/>teneur en eau : 1 essai par 10000 m<sup>2</sup></li> <li>matériau non certifié<br/>granulométrie : 2 fois par semaine</li> </ul> |

---

|  |   |
|--|---|
|  | valeur au bleu : 2 fois par semaine               |
|  | teneur en eau : 2 essais par 10000 m <sup>2</sup> |

Note ; Les essais sur matériau non certifié sont à effectuer à la charge de l'entrepreneur par l'entrepreneur même, le Laboratoire des Ponts et Chaussées (P&Ch) du Luxembourg ou un laboratoire agréé par le Laboratoire P&Ch .

#### 2.3.2.2.2 Fourniture et fabrication de la grave-laitier (GL 0/32)

La grave-laitier doit provenir d'une même centrale de fabrication pour un atelier de mise en œuvre bien délimité. Le mélange de grave-laitier provenant de différents centres de fabrication n'est pas autorisé.

#### 2.3.2.2.3 Transport de la grave-laitier (GL 0/32)

Le parc des engins de transport devra avoir une capacité suffisante pour assurer un débit compatible avec celui de la centrale.

L'Entrepreneur devra prendre toutes dispositions pour que la circulation de ses engins de transport s'effectue sur les assises en grave-laitier entre l'achèvement de leur compactage et le début de leur fin réglage, et que celle-ci balaie l'ensemble de l'assise.

Entre la centrale de malaxage et le chantier de mise en œuvre, les camions devront impérativement emprunter les itinéraires fixés par l'Administration.

Les camions utilisés pour le transport des graves-laitier devront, en toutes circonstances, satisfaire aux prescriptions du Code de la Route et en particulier à celles des articles concernant le poids des véhicules en charge. Il est expressément défendu de dépasser la charge utile autorisée pour chaque véhicule. Pour les transports donnant lieu à rémunération, aucun dépassement de la charge utile ne sera pris en compte par l'Administration.

#### 2.3.2.4 Mise en œuvre de la couche de fondation et de la couche de base en grave-laitier

##### 2.3.2.4.1 *Mise en œuvre*

La mise en œuvre des assises à durcissement hydraulique est interdite lorsque la température est inférieure à zéro (0 °C) degrés Celsius.

La couche sur laquelle sont répandus les matériaux devra être humidifiée.

Les engins tels que finisseur et niveleuse conviennent.

La couche de fondation et la couche de base seront répandues séparément et en une seule passe pour chaque couche. La couche de base ne sera pas mise en œuvre tant que la couche de fondation n'aura pas fait l'objet d'une réception de la part de l'Administration.

---

Le répandage de la couche de base s'effectuera en pleine largeur quel que soit le type d'engins utilisé. Dans le cas d'emploi d'engins du type finisseur, le répandage sera exécuté soit avec plusieurs engins travaillant côte à côte, soit avec un seul engin travaillant par bandes continues. Dans ce cas, le joint longitudinal sera abondamment arrosé avant la mise en œuvre de la bande contiguë, il sera recompacté avec celle-ci.

Le réglage sera assuré soit :

- par référence à des piquets repères, pour toutes les couches dans le cas d'emploi d'engins du type niveleuse ; uniquement pour les couches de fondation dans le cas d'emploi d'engins du type finisseur.
- par commande manuelle ou automatique, par référence à un cordeau avec réglage automatique en pente transversale ou par référence à deux cordeaux pour les couches de base dans le cas d'emploi d'engins du type finisseur.

La tolérance en nivellement admissible pour les piquets repères du guidage est fixée à  $\pm 5$  mm.

### 2.3.2.4.2 Compactage

L'atelier de compactage devra suivre immédiatement l'atelier de répandage et de réglage et être prévu en conséquence.

L'atelier de compactage devra comporter au moins :

- un compacteur à une seule jante vibrante d'un poids statique total supérieur à sept tonnes. Le rapport masse bille sur largeur de la bille doit être d'au moins 30 kg/cm.
- deux rouleaux automoteurs à pneus de 35 tonnes de poids total ayant une charge d'au moins 5 tonnes par roue. La pression des pneumatiques sera réglable en marche ; la pression pourra atteindre 0,7 MN/m<sup>2</sup>.

L'Entrepreneur conserve la faculté de présenter à l'Administration un atelier de compactage différent de celui défini ci-dessus. Dans ce cas cependant, il lui appartient de faire la preuve, dans le cadre des essais préalables du compactage prévus aux paragraphes ci-dessous, que la compacité minimale fixée est effectivement atteinte et que la composition de l'atelier est bien compatible avec la cadence de la centrale, étant entendu que les frais de ces essais préalables et ceux des essais de compacité in situ correspondants, à l'exécution de la fourniture des granulats, seront entièrement supportés par lui en cas de résultats insuffisants.

L'Entrepreneur devra fournir, en vue de l'agrément par l'Administration et préalablement à toute opération, les renseignements sur le matériel de compactage qu'il compte employer. Celui-ci sera également réceptionné sur chantier par l'Administration.

L'Entrepreneur procédera, pour chaque catégorie de grave-laitier, au début du chantier, à des essais de compactage avec l'atelier défini ci-dessus, destinés à fixer les modalités pratiques d'utilisation de cet atelier, en recherchant en particulier :

- le nombre de passes de chaque engin ;
- la vitesse de marche de chaque engin ;

- la charge de chaque engin ;
- la pression de gonflage des pneumatiques des compacteurs à pneus automoteurs ;
- les caractéristiques de vibration des rouleaux vibrants.

Le compacteur vibrant effectuera plusieurs passages avant le passage des rouleaux à pneus.

Après la fin de compactage, la compacité sera contrôlée par une série d'essais représentative, ceci sur la couche de base et sur la couche de fondation.

Si les résultats obtenus étaient inférieurs à ceux demandés, l'Administration pourrait demander d'autres engins de compactage.

L'Entrepreneur conserve la faculté de soumettre à l'agrément de l'Administration un atelier et des modalités de compactage différents, à charge par lui de faire la preuve que les résultats recherchés sont atteints.

|                    |  |
|--------------------|--|
| ESSAIS :           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• détermination de la masse volumique d'un matériau en place :                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- méthode au gammadensimètre à pointe NF P94-061-1</li> <li>- méthode au densitomètre à membrane NF P94-061-2</li> </ul> </li> <li>• essai Proctor modifié DIN 18127 ou NF P 94-093 avec tracé de la courbe Proctor</li> <li>• teneur en eau NF P 94-050</li> </ul> |
| VALEURS REQUISES : | <p>détermination de la masse volumique d'un matériau en place</p> <p>→ couche de fondation : <math>\geq 96</math> % OPM pour 98 % des essais</p> <p>→ couche de base : <math>\geq 98</math> % OPM pour 100 % des essais</p>  |

#### 2.3.2.4.3 *Maintien de la teneur en eau*

Pendant toute la période comprise entre la fin du compactage et la mise en œuvre de l'enduit de protection, l'Entrepreneur devra maintenir la teneur en eau des assises à une valeur qui ne devra pas être inférieure à celle de l'optimum Proctor modifié de plus de un pour cent (1 %) en valeur absolue.

Le matériel d'arrosage à rampe à jets fins sera soumis à l'agrément de l'Administration.

#### 2.3.2.4.4 *Fin réglage*

La circulation des engins de chantier devra avoir emprunté les assises pendant au moins trois (3) jours ouvrables entre la fin de leur compactage et le démarrage de leur fin réglage.

Le fin réglage qui devra être précédé d'un arrosage sera obligatoirement exécuté à la niveleuse par rabotage.

Les matériaux éliminés lors du fin réglage seront systématiquement évacués hors du chantier, au plus tard le lendemain du jour de leur rabotage.

Les flaches restant après grattage des parties hautes ne seront pas comblées, tout apport de matériaux supplémentaires en couche mince étant interdit. Cependant, si la circulation de chantier a créé des ornières ou des trous, ceux-ci pourront être comblés, après accord de l'Administration, par scarification à l'entour et sur une épaisseur minimale de quinze (15) cm.

Les frais afférents seront à la charge de l'Entrepreneur.

Les zones réglées seront recompactées suivant les conditions à soumettre à l'approbation de l'Administration.

Le fin réglage sera parfait par le passage d'un cylindre à jantes lisses sur toute la surface de l'assise.

**2.3.2.5. Contrôle géométrique**

| <b>Nature des vérifications et nombre d'essais à charge de l'entrepreneur</b>  | <b>Résultats exigés</b>  |
|--|--|
| <p><b><u>Couche de fondation</u></b></p> <p>Nivellement (cotes obtenues sur l'axe calculé de chaque chaussée et sur les bords)</p> <p>A droit de chaque profil en travers du dossier de plans</p> <p>Surfaçage (à la règle de 3 m ; pour la définition des flaches on utilisera une cale de 30 cm de longueur et d'épaisseur égale à la tolérance prescrite)</p> <p>Longitudinalement dans l'axe de chaque chaussée. Transversalement au droit de chaque profil en travers du dossier de plans</p> | <p>Plus ou moins trois centimètres (+/- 3 cm)</p> <p>Si 10% des mesures en dehors de ces tolérances correction par grattage et recontrôle. Si 10 % des mesures de contrôle sortent encore des tolérances : démolition – évacuation aux décharges et réfection</p> <p>Plus ou moins deux centimètres (+/- 2 cm)</p> <p>Si les flaches maximales sont comprises entre une fois et trois fois la tolérance : correction par scarification et pénalité par diminution de 20 % sur les prix pour les quantités impliquées. Si les flaches maximales sont supérieures au triple de la tolérance, toutes les zones impliquées ne seront pas payées.</p> |
| <p><b><u>Couche de base</u></b></p> <p>Nivellement (cotes obtenues sur l'axe calculé de chaque chaussée et sur les bords)</p> <p>A droit de chaque profil en travers du dossier de plans</p> <p>Surfaçage (à la règle de 3 m ; pour la définition des flaches on utilisera une cale de 30 cm de longueur et d'épaisseur égale à la tolérance prescrite)</p> <p>Longitudinalement dans l'axe de chaque chaussée. Transversalement au droit de chaque profil en travers du dossier de plans</p>      | <p>Plus ou moins deux centimètres (+/- 2 cm)</p> <p>Si 10% des mesures en dehors de ces tolérances correction par grattage et recontrôle. Si 10 % des mesures de contrôle sortent encore des tolérances : démolition – évacuation aux décharges et réfection</p> <p>Plus ou moins un centimètre (+/- 1 cm)</p> <p>Si les flaches maximales sont comprises entre une fois et trois fois la tolérance : correction par scarification et pénalité par diminution de 20 % sur les prix pour les quantités impliquées. Si les flaches maximales sont supérieures au triple de la tolérance, toutes les zones impliquées ne seront pas payées.</p>     |

**2.3.2.6 Enduit à l'émulsion sur couche de base**

Il sera exécuté une pulvérisation d'émulsion sur la couche de base destinée à être recouverte par un enduit bicouche.

La pulvérisation d'émulsion sera exécutée au plus tard le lendemain de la journée pendant laquelle le fin réglage aura été exécuté.

Un balayage de l'assise devra être exécuté immédiatement avant mise en oeuvre de cette émulsion.

Si, au moment du répandage, la surface de l'assise n'est plus humide, elle devra être humidifiée par arrosage.

Le dosage en bitume résiduel, après rupture de l'émulsion sera compris entre 0,3 et 0,4 kg/m<sup>2</sup>. La pulvérisation de l'émulsion sera suivie d'un sablage à raison de 5 à 8 litres de granulats 2/4 ou 4/6 par mètre carré.

---

## 2.4 ENROBES HYDROCARBONES

### 2.4.1 FABRICATION, TRANSPORT ET MISE EN ŒUVRE

#### 2.4.1.1 Matériaux

Les matériaux (granulats, fillers, liant, etc..), la granulométrie des granulats et la teneur en liant, les caractéristiques des enrobés, la fabrication, le chargement et le transport ainsi que la mise en oeuvre devront répondre aux prescriptions du **cahier des charges concernant les Liants, Enrobés hydrocarbonés, Revêtements minces coulés à froid et Enduits superficiels à mettre en œuvre sur les voies publique approuvé par décision ministérielle No.98.1888 du 5.1.1999 (CDC-ENR)**, complété par le présent CSDC-CT resp. CPDC-CT.

**Seront autorisées à fournir des enrobés hydrocarbonés uniquement les centrales reconnues et agréées par l'Administration des Ponts et Chaussées moyennant la procédure de certification décrite dans le règlement pour la certification de centrales d'enrobés.**

#### 2.4.1.2 Mise en œuvre

**L'article 13 « Mise en œuvre » du CDC-ENR est complété comme suit :**

##### 2.4.1.2.1 Vidange

Le vidange des bennes sera complète ; les reliquats éventuels de béton bitumineux refroidi seront éliminés avant tout nouveau chargement.

L'approche des camions contre le finisseur sera faite sans heurt ; en fait il conviendra que dans la dernière phase de la manœuvre ce soit le finisseur qui s'approche du camion arrêté et au point mort.

Il faut que la porte arrière des camions s'ouvre largement, de sorte que la benne de la finisseuse soit bien remplie avant le changement des camions. Les arrêts éventuels de la finisseuse lors du changement des camions ne doivent pas dépasser deux (2) minutes. Dans le cas contraire une pénalité sera appliquée conformément au bordereau des prix, article 1.4.4., Définition et consistance des prix.

##### 2.4.1.2.2 Préparation des surfaces à revêtir

###### **a) Balayage**

Immédiatement avant la mise en place du tapis, l'entrepreneur procédera au balayage et au nettoyage de la surface à revêtir qui devra être parfaitement propre et exempte de granulats roulants.

###### **b) Couche d'accrochage**

En principe, il n'est pas prévu de couche d'accrochage. Cependant l'Administration, pourra prescrire la pose d'une couche d'accrochage suivant les conditions atmosphériques prévisibles au moment de l'exécution du tapis de béton bitumineux.

Dans cette éventualité qui serait confirmée à l'Entrepreneur sur l'état d'indications préalables aux travaux, la couche d'accrochage sera constituée d'une couche d'émulsion cationique de bitume, à rupture rapide, à raison de 200 à 300 grammes par mètre carré de bitume résiduel, en avant du finisseur, mais une distance maximale n'excédant pas 100 mètres.

Les caractéristiques de l'émulsion seront telles que la rupture soit effective avant le répandage de l'enrobé, en aucun cas cette couche d'accrochage sera sablée et l'entrepreneur sera tenu de balayer et de nettoyer la surface de la chaussée avant de la répandre.

### 2.4.1.2.3 Application

Les couches seront mises en œuvre par guidage (optique, électrique ou autre) et calage en nivellement.

Le réglage de l'épaisseur moyenne sera fait sur des longueurs de bande de répandage correspondant à des groupes de trois camions successifs.

#### *Reprofilage*

En fonction du reprofilage exécuté par enlèvement et apport de grave-laitier sur la couche de base existante (revêtue ou non d'un enduit bicouche), il pourra être demandé à l'entrepreneur d'exécuter un reprofilage par rattrapage à zéro sur un profil qui lui sera donné. Ce rattrapage à zéro sera exécuté les finisseurs travaillant par guidage et contrôle du nivellement.

#### *Répandage*

Le réglage de l'épaisseur moyenne sera fait sur des longueurs de bande de répandage correspondant à des groupes de trois camions successifs.

La première couche sera répandue, les finisseurs travaillant par guidage et contrôlant le nivellement.

La deuxième couche sera répandue, les finisseurs travaillant à vis calées.

Le répandage sera effectué au moyen d'un ou plusieurs finisseurs selon les largeurs à revêtir.

Chaque couche sera répandue sur toute la largeur de la chaussée.

Sur les 2 pistes de roulement de l'autoroute proprement dite (2 x 3,50 m) on tolère seulement des joints longitudinaux du type « joint chaud », ceci aussi bien pour la confection de la couche de base que pour la couche de roulement. Entre les pistes de roulement et la bande d'arrêt d'urgence on tolère un joint longitudinal du type « joint froid ».

### *Vitesse du finisseur - arrêt de répandage*

La vitesse du finisseur - ou des finisseurs – doit être adaptée à la cadence d'arrivée du béton bitumineux et doit être aussi régulière que possible.

Le rapport de boîte de vitesse sera choisi telle sorte que les arrêts de répandage soient réduits au minimum.

En cas d'arrêt par défaut d'approvisionnement momentané, l'entrepreneur devra procéder au relevage de la table de réglage après avoir repéré sa position.

En cas d'arrêt de longue durée (incident mécanique, panne de la centrale, arrêt journalier) le finisseur doit être avancé pour permettre le compactage du béton bitumineux répandu et on utilisera des cales d'épaisseur au moment de la remise en route après avoir pris les précautions prévues au paragraphe concernant l'exécution du joint transversal.

### 2.4.1.2.4 Joints

#### **Joints transversaux**

Le bord de la bande ancienne devra être coupé sur toute son épaisseur de façon à exposer une surface verticale, cette coupure devra être pratiquée en suivant la ligne faisant un angle de 90 ° avec l'axe de la chaussée, en utilisant une scie à disque. Les matériaux coupés sont à enlever par les soins de l'entrepreneur. Jusqu'à concurrence d'une longueur de un (1) mètre les matériaux arrachés sont payés par le Maître-d'œuvre. Au-delà de un (1) mètre les matériaux enlevés sont à remplacer aux frais de l'entreprise.

La surface fraîche créée par cette coupure devra être badigeonnée à l'aide de bitume à chaud juste avant la mise en place de la nouvelle bande. Les joints transversaux des différentes couches seront décalés d'au moins un mètre.

Le réglage ancien de l'épaisseur sera respecté grâce à un calage approprié du finisseur.

#### **Joints longitudinaux**

##### Travail en « parallèle » (joint chaud)

*Sur chaque chaussée de l'autoroute l'entrepreneur devra faire travailler deux (ou trois) finisseurs en « parallèle », c.à.d. répandant sur la totalité de la largeur de la chaussée.*

Les finisseurs devront avancer de façon aussi simultanée que possible, leur distance moyenne devant être de l'ordre de 5 mètres, sans que jamais ils soient distants l'un de l'autre de plus de 20 mètres.

##### Travail par « bandes » (joint froid)

*Lorsque le travail en parallèle ne sera pas possible l'entrepreneur fera travailler son finisseur par bandes.*

Il devra soumettre à l'agrément du Maître-d'œuvre les largeurs des bandes et la position des joints longitudinaux qui ne devront pas se trouver sous le passage des roues des véhicules devant circuler sur chaussée, une fois celle-ci en service.

Le joint longitudinal d'une couche ne devra jamais se trouver superposé avec le joint longitudinal de la couche supérieure. On adoptera le plus grand décalage possible et jamais inférieur à 20 cm.

Avant l'exécution d'une nouvelle bande le flanc du joint longitudinal de la bande adjacente sera coupé à la scie et badigeonné à l'émulsion cationique de bitume.

### 2.4.1.2.5 Compactage

Ateliers de compactage

Pour la largeur totale de l'autoroute, l'atelier de compactage devra comporter au moins :

(exceptions faite pour l'enrobé drainant)

- trois (3) compacteurs automoteurs à pneumatique travaillant en tête ;
- trois (3) rouleaux tandem automoteur à jantes métalliques lisses, de 10 tonnes.

La charge par roue des compacteurs à pneumatique devra pouvoir varier de 1,5 à plus de 2,5 tonnes, et la pression de gonflage des pneumatiques de 3 à 9 bars.

Quelles que soient les conditions atmosphériques au moment du compactage, les compacteurs à pneumatiques seront équipés de jupes de protection des pneumatiques pour en limiter le refroidissement sous l'action du vent.

La distance entre la zone de circulation des compacteurs à pneumatiques et l'arrière du finisseurs sera toujours inférieure à 40 mètres.

#### **Mise au point des modalités de compactage**

Pendant les premiers jours de la mise en œuvre du béton bitumineux, l'entrepreneur procédera à la mise au point des modalités d'utilisation de l'atelier de compactage.

L'entrepreneur fera varier :

- la vitesse de marche des engins ;
- la charge et la pression de gonflage par roue des compacteurs à pneumatiques ;
- le nombre de passages.

Cette mise au point sera exécutée suivant un programme proposé par l'entrepreneur à l'agrément du Maître-d'œuvre et contrôlé par des mesures de densité en place effectuées par le laboratoire du Maître-d'œuvre.

L'atelier de compactage ainsi que les modalités pratiques de son utilisation seront jugés satisfaisants si 95 % des mesures faites font apparaître une compacité en place égale ou supérieure à 100 % de la compacité DURIEZ de référence.

## 2.4.2 CONTROLE

### 2.4.2.1 *Contrôle des matériaux*

Le contrôle sera assuré par la prise d'échantillons sur le chantier et dans la centrale de malaxage pour être examinés par le Laboratoire des Ponts et Chaussées ou par un laboratoire agréé par l'Administration.

Les essais devront être exécutés dans les conditions et suivant les méthodes énumérées dans les CDC-ENR et les clauses techniques applicables aux travaux de la grande voirie pour autant qu'ils ne sont pas contraires aux textes des CDC-ENR.

Les dépenses y relatives sont à la charge de l'Entrepreneur. Les dépenses relatives aux essais complémentaires qui seront demandés par l'Administration sont à la charge de l'entrepreneur, si leurs résultats ne satisfont pas aux exigences du cahier des charges et à la charge de l'Administration dans le cas contraire.

Des planches d'essais seront réalisées aux frais de l'entreprise et ceci pour chaque unité de production.

### 2.4.2.2 *Contrôle de mise en œuvre*

a./ Cadence de mise en œuvre

b./ vérification en permanence de la composition de l'atelier de compactage et des modalités de son fonctionnement

- plan de marche
- vitesse de circulation des engins
- charge par roue et charge totale
- pression de gonflage

c./ contrôle occasionnel des compacités. Mesures de compacité en place AASHO T 147.54, 20 mesures portant sur la dernière journée de compactage. Compacité égale ou supérieure à 100 % de la compacité DURIEZ de référence pour 95 % des mesures. Si la compacité est inférieure, une pénalité sera appliquée à la surface mise en œuvre pendant la période comprise entre deux contrôles occasionnels.

d./ contrôle de la quantité moyenne par unité de surface, métré de la surface convertie et totalisation des quantités portées sur la tickets de pesage.

## 2.4.3 **ESSAIS DE CONTROLE GEOMETRIQUE DES TRAVAUX**

Les essais de contrôle géométrique seront effectués suivant les prescriptions des cahier des charges énumérées ci-dessus et suivant les textes des clauses techniques particulières.

L'Entrepreneur devra formuler sa demande de vérification suffisamment à l'avance pour que l'Administration ait le temps de les faire effectuer sans perturber la bonne marche des travaux.

### 2.4.3.1 *Contrôle de l'uni longitudinal*

Le contrôle de l'uni longitudinal des différentes couches est réalisé à l'aide de l'analyseur de profil en long APL 25.

Les mesures sont exécutées dans l'axe de la voie de circulation pour chaque bande répandue et le contrôle de l'uni est effectué avant et après la mise en oeuvre de chaque couche conformément à la méthode d'essai du Laboratoire central des Ponts et Chaussées de France.

Lorsque la longueur du chantier est continue et supérieure à 1000 m, l'exploitation des résultats est faite par lots de 1000 m sur l'histogramme cumulé des valeurs des coefficients APL de chaque lot. La longueur du dernier lot peut être comprise entre 1000 et 2000 m. Lorsque la longueur du chantier est continue et comprise entre 200 et 1000 m, on étudie directement l'enregistrement graphique du signal APL.

Les seuils des valeurs des coefficients APL et les fréquences minimales d'apparition à satisfaire sont les suivantes:

- pour la couche de roulement et la couche de liaison en béton bitumineux:

75 % au moins des valeurs doivent être < 4

95 % au moins des valeurs doivent être < 8

100 % au moins des valeurs doivent être < 13

- pour la couche de reprofilage en béton bitumineux:

55 % au moins des valeurs doivent être < 4

90 % au moins des valeurs doivent être < 8

100 % au moins des valeurs doivent être < 13

### 2.4.4 **DIRECTIVES**

L'entrepreneur doit garantir:

- 1) Une mise en oeuvre continue de l'enrobé sur toute la largeur de la chaussée d'une façon continue et sans arrêt de la finisseuse.
- 2) L'Administration n'accepte pas la confection des joints froids.
- 3) Lors du déchargement des camions, il est défendu de heurter la finisseuse.
- 4) Les finisseuses doivent travailler avec une poutre de nivellement d'une longueur totale (avant et en arrière de la finisseuse) de 18 mètres.
- 5) La vitesse des finisseuses doit être adaptée à la cadence d'arrivée des enrobés et doit être inférieure à 2,5 m/min.

## 2.4.5 PENALITES

- 1) Chaque arrêt d'une finisseuse lors de la mise en oeuvre du béton bitumineux est pénalisé, à l'exception des arrêts prévus dans l'article 1.4.4. du B.P.-Définition et consistance des prix.

Cette pénalité sera de 15,00 EUR par minute d'arrêt (jusqu'à 125,00 EUR par arrêt) de la finisseuse.

- 2) Chaque heurt des camions contre la finisseuse sera pénalisé forfaitairement par 125,00 EUR. Les déformations dues à ces manoeuvres sont réparées aux frais de l'entrepreneur.

- 3) Les pénalités pour le non-respect du longitudinal sont les suivantes:

Si plus de 45% des mesures du coefficient APL ont des valeurs comprises entre 4 et 13, une pénalité de 10% sera appliquée sur chaque tonne mise en oeuvre sur la surface représentative du nombre de mesures excédant le pourcentage ci-dessus.

Si plus de 10% des mesures du coefficient APL ont des valeurs comprises entre 8 et 13, une pénalité de 20% sera appliquée sur chaque tonne mise en oeuvre sur la surface représentative.

Les pénalités seront appliquées par lots de 1000 mètres.

Un coefficient APL supérieur à 13 entraîne la réfection de 25 mètres de part et d'autre de cette imperfection.

Un lot de 1000 mètres qui comporte plus de 3 valeurs du coefficient APL supérieures à 13 sera refait aux frais de l'entrepreneur sur toute la longueur du lot et sur toute la largeur de la chaussée.

- 4) Il est strictement interdit aux camions, grues, pelles mécaniques et autres engins > 1,5 to de tourner sur le tapis drainant définitif. Les pénalités pour le non-respect s'élèvent à 620,00 EUR pour chaque infraction. Au cas où l'Administration le juge nécessaire, l'entrepreneur doit refaire à ses frais la zone endommagée.

## 2.4.6 ENROBES DRAINANTS

### 2.4.6.1 Matériaux

#### 2.4.6.1.1 Granulats et filler

Les pierrailles, sables et fillers répondent aux prescriptions du CDC-ENR

#### 2.4.6.1.2 Caractéristiques du liant

Il doit s'agir d'un liant modifié aux polymères, qui répond aux prescriptions du CDC-ENR

### 2.4.6.2 Composition théorique en masse

La composition théorique en masse répond aux prescriptions du CDC-ENR

**2.4.6.3 Fabrication**

Les enrobés drainants sont fabriqués suivant les directives du CDC-ENR

Type bitume-polymère : La température sera inférieure à 180 °C, ceci afin d'éviter la dégradation des polymères contenus dans le liant.

Il est rappelé que pendant l'exécution du "drainant" aucun autre client pourra être accepté par la centrale de malaxage. Le lieu de production est à indiquer dans l'annexe 1 du CAO.

**2.4.6.4 Transport**

La distance de transport de l'enrobé drainant entre le lieu de fabrication et le centre de gravité du chantier ne doit pas dépasser 35 km, trajet de route effectif. Le soumissionnaire doit indiquer l'itinéraire dans le tableau "Provenance des matériaux" du CAO.

**2.4.6.5 Mise en œuvre**

**2.4.6.5.1 Couche de collage et membrane d'étanchéité**

La couche de collage et la membrane d'étanchéité seront épanchées par pulvérisation à chaud. Le liant utilisé sera du même type que celui prévu pour la confection de l'enrobé.

Afin d'éviter l'adhésion des roues des engins de pose et d'approvisionnement, un gravillonnage sera réalisé avec un granulat dur préenrobé qui a les caractéristiques suivantes:

LA =< 15, compression statique < 16.

Le grenailage se fera à l'aide d'un compacteur à pneus. Après prise du liant, un brossage soigné est effectué pour éliminer les rejets de granulats. Le brossage ne peut endommager la surface traitée.

|                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
|                           | Type bitume polymère         |
| Température d'application | <b>150 – 160 °C</b>          |
| Dosage                    | <b>1,10 kg/m<sup>2</sup></b> |
| Dosage en pierrailles 4/8 | <b>8 l/m<sup>2</sup></b>     |

**2.4.6.5.2 Les enrobés drainants**

Les enrobés drainants sont mis en œuvre suivant les prescriptions du CDC-ENR complété par le présent CSDC-CT.

Contrairement à l'article 2.4.2.2.4 du présent CSDC-CT, **tous** les joints longitudinaux doivent être du type "joint chaud", même le joint avec la bande d'arrêt d'urgence.

La mise en oeuvre du tapis drainant sera réalisée par 1 atelier de mise en oeuvre desservi par une seule centrale de malaxage.

### 2.4.6.5.3 Pourcentage de vides du revêtement drainant

Le pourcentage de vides, mesuré sur des carottes extraites du revêtement répond aux critères suivantes:

Pourcentage des vides individuels  $V_i$  pour chaque carotte:  $V_i \geq 18 \%$

### 2.4.6.5.4 Coefficient de perméabilité

Le coefficient de perméabilité de chaque carotte est  $\geq 10^{-2}$  cm/sec.

La mesure d'écoulement doit être inférieure à 10 secondes suivant la méthode belge.

### 2.4.6.5.5 Assistance technique

Le fournisseur du liant assistera obligatoirement l'adjudicataire dans la formulation de l'enrobé, dans sa production ainsi que pour la mise en oeuvre.

En suivant scrupuleusement les indications du fournisseur du liant, l'adjudicataire est tenu de garantir la bonne tenue du revêtement pendant 5 ans

### 2.4.6.6 Contrôles

#### 2.4.6.6.1 Contrôle des liants

La teneur en liant indiquée dans le CDC-ENR est à respecter

#### 2.4.6.6.2 Contrôle des vides

Le paragraphe F.2.5.2 du circulaire A 169-86/04000 est d'application (norme belge)

### 2.4.6.7 Sanctions et pénalités

Les pénalités indiquées dans le CDC-ENR sont appliquées le cas échéant

## 2.4.7 COUCHES DE ROULEMENT EN ENROBES TYPE SPLITTMASTIX OU ENROBES DENSES EF2

#### *2.4.7.1 Matériaux*

##### 2.4.7.1.1 Granulats et filler

Les pierrailles, sables et fillers répondent aux prescriptions du CDC-ENR

##### 2.4.7.1.2 Caractéristiques du liant

Le liant répond aux prescriptions du CDC-ENR

#### *2.4.7.2 Composition théorique en masse*

La composition théorique en masse répond aux prescriptions du CDC-ENR

#### *2.4.7.3 Fabrication*

Les enrobés sont fabriqués suivant les directives du CDC-ENR

#### *2.4.7.4 Transport*

Le transport est à effectuer suivant les prescriptions du CDC-ENR

#### *2.4.7.5 Mise en œuvre*

La mise en œuvre se fera suivant les prescriptions du CDC-ENR et du présent CSDC-CT.

#### *2.4.7.6 Contrôles*

suivant CDC-ENR

#### *2.4.7.7 Sanctions et pénalités*

suivant CDC-ENR

## **2.4.8 GRAVES-BITUMES**

#### *2.4.8.1 Matériaux*

#### 2.4.8.1.1 Granulats et filler

Les pierrailles, sables et fillers répondent aux prescriptions du CDC-ENR

#### 2.4.8.1.2 Caractéristiques du liant

Le liant répond aux prescriptions du CDC-ENR

#### 2.4.8.2 *Composition théorique en masse*

La composition théorique en masse répond aux prescriptions du CDC-ENR

#### 2.4.8.3 *Fabrication*

Les enrobés sont fabriqués suivant les directives du CDC-ENR

#### 2.4.8.4 *Transport*

Le transport est à effectuer suivant les prescriptions du CDC-ENR

#### 2.4.8.5 *Mise en œuvre*

La mise en œuvre se fera suivant les prescriptions du CDC-ENR et du présent CSDC-CT.

#### 2.4.8.6 *Contrôles*

suivant CDC-ENR

#### 2.4.8.7 *Sanctions et pénalités*

suivant CDC-ENR

### 2.4.9 COUCHE DE ROULEMENT EN ASPHALTE COULE

voir CDC-ETA

---

## 2.5 ENDUITS SUPERFICIELS D'USURE (MONOCOUCHE, BICOUCHE,..)

voir Cahier des Charges "Enduits superficiels d'usure", CDC-ESU

## 2.6 TRAVAUX PARTICULIERS

### 2.6.1 TRAVAUX PARTICULIERS AUX RETABLISSEMENTS

L'article 2.6.1 du CPDC-CT précise les différents travaux concernant les rétablissements de communications.



CPDC-CT

### 2.6.2 REMISE EN ETAT DES ROUTES DEGRADEES

L'Entrepreneur aura à sa charge, la remise en état des routes dégradées par les engins, les matériels, les matériaux et le personnel de son entreprise pendant l'exécution des travaux de son marché.

Cette remise en état concerne les chaussées et fondations de chaussées, quelle que soit leur constitution.

Dès l'ordre de service de commencer les travaux, l'Entrepreneur établira contradictoirement avec l'Administration, un état des routes qui seront empruntées par l'entreprise pour l'exécution des travaux de son marché.

A la fin des travaux, un nouvel état des routes sera établi afin de juger des dégradations subies par celles-ci.

La remise en état des routes dégradées est rémunérée par application des positions spécialement prévues à cette fin dans le bordereau des prix ("REMISE EN ETAT DES ROUTES DEGRADEES").

L'article 2.6.2. du CPDC-CT précise sur les autres parties de route, dont leur construction sera rémunérée par les positions concernant la "REMISE EN ETAT DES ROUTES DEGRADEES"



CPDC-CT

---

## 2.7 VEGETALISATION

### 2.7.1 REVETEMENTS EN TERRE VEGETALE

Les revêtements en terre végétale seront exécutés dans les conditions suivantes sur une épaisseur de 0,20 mètre.

- la terre végétale devra être brisée très menue, purgée avec soin de pierres, racines et herbes et humectée avant son répannage,
- au fur et à mesure de ce répannage, elle sera fortement battue à la dame plate ou roulée avec un cylindre léger,
- l'exécution des revêtements sera suspendue pendant la pluie,
- l'engazonnement suivra sans délai au fur et à mesure de l'achèvement des revêtements en terre végétale.
- toutes mauvaises herbes qui auront pris racine avant l'engazonnement seront à arracher préalablement aux frais de l'Entrepreneur.

### 2.7.2 ENGAZONNEMENT

La composition du mélange de semences est donnée ci-dessous dans le cas de talus revêtus de terre végétale puis dans le cas de talus non revêtus.

#### a) Talus revêtus de terre végétale

Le mélange des graines utilisées pour les semis effectués sur les talus revêtus de terre végétale sera constitué de la façon suivante :

- 30% *Agrostis alba stolonifera* ou tenuis
- 25% *Festuca rubra genuina*
- 10% *Festuca ovina*
- 25% *Poa pratensis*
- 10% *Lolium perenne*

#### b) Talus non revêtus de terre végétale

Le mélange des graines utilisées pour les semis effectués sur les talus non revêtus de terre végétale sera constitué de la façon suivante :

- 20% *Agrostis alba stolonifera* ou tenuis
- 25% *Festuca rubra genuina*
- 20% *Festuca ovina*
- 20% *Poa pratensis*
- 5% *Trifolium repens*

- 10% Lolium perenne

Toutefois, d'autres mélanges de semences peuvent être proposés par l'entrepreneur à l'Administration, mais ils seront constitués de graminées à faible développement foliaire, choisies parmi les genres Festuca, Poa, Agrostis.

Des semences d'autre espèces et des semences de végétaux ligneux pourront également être incorporées au mélange.

L'entrepreneur est tenu de faire agréer la composition du ou des mélanges qu'il compte utiliser (espèces, variétés, pourcentages) par l'Administration.

Si le sol est recouvert d'une couche de terre végétale, l'engazonnement se fera normalement en une seule étape, à raison de 30g/m<sup>2</sup> et avec une dose relativement faible d'engrais évaluée à 1100 kg/ha.

Le non-emploi de la terre végétale doit se traduire par contre par un engazonnement en deux étapes, séparées par un intervalle de temps compris entre 6 et 12 mois. La dose totale d'engrais considérée comme normale sur un sol brut est de 1700 kg/ha.

- première étape : 850 kg/ha d'engrais – 30 g/m<sup>2</sup> de semences,
- deuxième étape : 850 kg/ha d'engrais – 15 g/m<sup>2</sup> de semences.

Les semis sont effectués du printemps à octobre par temps favorable et selon les décisions de l'Administration.

Les semis sur terre arable peuvent être exécutés à la main, au semoir ou par moyens hydrauliques alors que les surfaces non recouvertes de terre arable sont obligatoirement ensemencées par moyens hydrauliques.

Les semences doivent être conformes à la législation en vigueur en la matière.

Avant la mise en oeuvre, un échantillonnage peut être effectué par l'Administration, pour analyse par un laboratoire agréé, en vue de la détermination de l'authenticité, la conformité du mélange, de la faculté germinative et de la pureté.

En ce qui concerne les fertilisants, produits adhésifs et paillis, l'entrepreneur est tenu de faire connaître à l'Administration, la nature et les doses de produits qu'il emploie.

## 2.8 RESEAUX DIVERS

### 2.8.1 OUVRAGES DE DRAINAGE – GENERALITES

Tous les ouvrages de drainage, cunettes, collecteurs, drains, tuyaux, regards et couvercles sont repérés sur les plans.

Toutefois dans le cas où des différences altimétriques entre les relevés sur le terrain et les fonds de plan du dossier apparaîtraient, l'entrepreneur devra, à sa charge, adapter les plans de drainage aux relevés effectués sur le site.

Tous les frais supplémentaires d'études et de mise au point des plans sont compris dans les prix unitaires du bordereau remis par l'entrepreneur lors de sa soumission.

Les traversées sous remblais seront établies en principe sous le niveau du terrain naturel afin d'éviter des tassements ultérieurs. Les traversées sous chaussées seront établies dans tous les cas où cela est possible, sous la couche de forme .

L'entrepreneur est tenu de fournir une note de calcul statique de tous les tuyaux utilisés dans les traversées sous-chaussées et les traversées sous-remblai. Les dimensions des tuyaux et de leurs armatures doivent être telles que les tuyaux peuvent être posés sur un lit de sable et n'ont pas besoin d'être enrobés de béton. Si en cours d'exécution on constaterait que la charge de la rupture serait insuffisante, le renforcement à l'aide de béton d'enrobage reste à charge exclusive de l'entrepreneur.

### 2.8.2 DRAINS

#### 2.8.2.1 Tuyaux pour drains

Les tuyaux pour drains seront des tubes PVC (chlorure de polyvinyle) ou PE (polyéthylène) série drainage routier à fentes transversales.

L'Entrepreneur devra soumettre à l'agrément de l'Administration le type de tuyau pour drain qu'il compte mettre en oeuvre.

L'Administration pourra effectuer les essais aux chocs, à la flexion, à l'écrasement et les essais d'absorption qu'elle jugera utiles. Ces essais ne seront pas à la charge de l'Entrepreneur.

#### 2.8.2.2 Matériaux filtrants, de transition et de surface autour et au-dessus des drains PVC et PE

Le matériau filtrant recouvrant les tuyaux drainants PVC ou PE et les matériaux de transition et de surface seront conformes au CDC-GRA. Pas de matériaux HF ou à prise ultérieure dans la partie drainante.

### 2.8.2.3 Matériaux filtrants, de transition et de surface autour et au-dessus des drains PVC ou PE

Le matériau filtrant recouvrant les tuyaux drainant PVC ou PE et les matériaux de transition et de surface seront conformes au CDC-GRA

### 2.8.2.4 Pose des drains

Les drains en P.V.C., en P.E. ou en béton perforé seront posés conformément aux prescriptions de la norme européenne EN 1610. Ces drains reposeront sur une couche de matériaux imperméables. Ils seront recouverts de matériaux filtrants dont la courbe granulométrique sera conforme au CDC-GRA.

Le filtre sera entouré d'un textile, non tissé, anti-contaminant.

## 2.8.3 REGARDS DE VISITE – BOUCHES D'EGOUTS – BOITES DE BRANCHEMENTS

Ces ouvrages sont exécutés conformément aux dessins du projet.

Le radier des ouvrages est en béton, très soigneusement damé ou serré mécaniquement, armé (s'il y a lieu) auquel cas son épaisseur peut être diminuée sans être en aucun point inférieur à 12 centimètres.

Les cheminées ou murs sont en béton, armé ou non, coulé en place ou préfabriqué, soit en autre maçonnerie. S'ils sont en béton armé, leur épaisseur pourra être diminuée sans être en aucun cas inférieure à 12 centimètres.

Les faces intérieures des ouvrages sont lisses et étanches. Pour assurer l'étanchéité de la maçonnerie ou du béton lorsqu'il n'a pas été serré mécaniquement ou s'il s'est avéré qu'il n'était pas étanche, ces faces sont revêtues d'un enduit de 2 centimètres d'épaisseur.

Le raccordement des tuyaux aux ouvrages en béton ou maçonnerie est réalisé de façon à permettre aux parois conformément à la nature des matériaux qui le constituent ; en particulier, le raccordement des tuyaux en matière plastique exige la mise en place d'une pièce spéciale de raccordement.

## 2.8.4 TUYAUX EN BETON ARME

### 2.8.4.1 Fourniture des tuyaux

L'Entrepreneur doit obligatoirement fournir pour chaque tuyau un calcul statique, conformément à la EN 1916 et au DNA EN 1916. Au cas où ce calcul montrerait que la charge à la rupture est insuffisante, le béton d'enrobage ou de renforcement reste à la seule charge de l'Entrepreneur.

L'Entrepreneur s'assurera moyennant le contrôle interne du producteur que les tuyaux lui fournis sont conformes quant à :

- les tolérances de fabrication
- la résistance à l'écrasement
- l'étanchéité

- l'étanchéité des joints

#### 2.8.4.2 Matériaux pour lit de pose des tuyaux

Les matériaux sont conformes à la norme EN 1610 et au CDC-GRA

#### 2.8.4.3 Matériaux d'enrobage des tuyaux

Les matériaux sont conformes à la norme EN 1610 et au CDC-GRA

#### 2.8.4.4 Tuyaux en béton et béton armé

##### 2.8.4.4.1 Modèles de tuyaux en béton armé

Ils doivent être conformes aux tableaux M1 à M4 de la DNA EN 1916:

##### 2.8.4.4.2 Pose de tuyaux en béton

La pose des canalisations enterrées s'effectuera suivant les prescriptions de la norme EN 1610.

Après nivellement de la tranchée, le fond sera égalisé par une couche de 0/45 d'au moins 10 cm d'épaisseur sur laquelle les tuyaux sont posés.

##### 2.8.4.4.3 Coupe de tuyaux en béton

La coupe des tuyaux ne doit être faite qu'en cas de nécessité absolue.

Les coupes qui seraient jugées défectueuses entraîneront l'élimination du tuyau correspondant. La dépose et le remplacement de l'élément, ainsi que toutes les sujétions qui en découleraient, seraient à la charge de l'entrepreneur.

##### 2.8.4.4.4 Joints de tuyaux

Les joints en caoutchouc doivent être conformes à la norme DIN 4060. Le choix du joint (type glissant) et sa mise en œuvre se fait exclusivement suivant les recommandations du fournisseur des tuyaux en béton.

**La mise en œuvre d'un joint du type « roulant » est interdite !**

## 2.8.5 TUYAUX ET RACCORDS EN POLYCHLORURE DE VINYLE (PVC)

Les tuyaux et raccords en polychlorure de vinyle seront conformes :

- à la norme EN 1401 ; systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs d'assainissement enterrés sans pression – Polychlorure de vinyle non plastifié (PVC-U) – Partie 1 : Spécifications pour tubes, raccords et le système.

- à la norme EN 50086-2-4 ; Systèmes de conduits pour installations électriques, partie 2-4 : Règles particulières pour les systèmes de conduits enterrés dans le sol

Les tuyaux devront être protégés du soleil lors des transports, du stockage et de la pose de façon à éviter toute déformation.

Les tuyaux en PVC pour les traversées sous chaussées, devront être enrobés d'un béton de catégorie 0, C20/25 (conf. au DNA EN 206)

Les tuyaux proposés par l'entrepreneur devront être agréés par l'Administration.

### **2.8.6 TUYAUX ET RACCORDS EN POLYETHYLENE (PE)**

Les tuyaux et raccords en PE seront conformes :

- à la norme EN 12666-1 ; systèmes de canalisations en plastique pour les branchements et les collecteurs d'assainissement enterrés sans pression – Polyéthylène (PE) – Partie 1 : Spécifications pour tubes, raccords et le système
- à la norme EN 50086-2-4 ; Systèmes de conduits pour installations électriques, partie 2-4 : Règles particulières pour les systèmes de conduits enterrés dans le sol

Les tuyaux devront être protégés du soleil lors des transports, du stockage et de la pose de façon à éviter toute déformation.

Les tuyaux en PE pour les traversées sous chaussées, devront être enrobés d'un béton de catégorie 0, C20/25 (conf. au DNA EN 206)

Les tuyaux proposés par l'entrepreneur devront être agréés par la Direction des Travaux.

### **2.8.7 OUVRAGE DE TETE POUR BUSE**

Des ouvrages de tête seront exécutés à chaque extrémité des tuyaux assurant l'écoulement des eaux des fossés à travers les routes. Les ouvrages seront exécutés conformément aux plans types du Chapitre 5 du présent CSDC-CT (Annexes).

Ils seront construits en béton armé.

### **2.8.8 FOSSES DE GARDE OU D'INTERCEPTION**

Dans toutes les zones figurant sur les plans ou indiquées par l'Administration, des fossés d'interception et d'évacuation des eaux de ruissellement seront creusés par l'entrepreneur. Leur forme, triangulaire ou trapézoïdale, est définie par les plans joints en annexe (Chapitre 5 du présent CSDC-CT, Annexes)

Dans les parties en déblai, la pente de ces fossés sera parallèle à celle de la chaussée et au minimum égale à 0,5 %.

### **2.8.9 FOSSES REVETUS, CANIVEAUX RECTANGULAIRES EN BETON ARME, CANIVEAUX DEMI-BUSE, CANIVEAUX A GRILLE, ETC.**

Dans toutes les zones figurant sur les plans ou indiquées par l'Administration, des fossés revêtus de forme trapézoïdale et des caniveaux en béton armé seront réalisés.

Ces ouvrages sont construits à partir d'éléments préfabriqués en béton.

### **2.8.10 OUVRAGES HYDRAULIQUES SPECIAUX**

Les ouvrages hydrauliques spéciaux doivent être exécutés conformément aux plans joints en annexe. (voir également plans-types du présent CSDC-CT, Chapitre 5, Annexes)

Ces ouvrages sont construits en béton armé. Les surfaces exposées à l'eau seront protégées par un enduit hydrofuge.

Les joints entre les différents plats sont à mastiquer par un produit élastique, genre "Sikaflex" ou similaire.

### **2.8.11 OUVRAGES ANNEXES: REGARDS DE VISITE, BOUCHES D'EGOUT, BOITE DE BRANCHEMENT Y COMPRIS LEURS COUVERTURES**

Ces ouvrages seront exécutés sur des canalisations en béton armé, sur des drains ou sur des collecteurs drainants.

Ils seront exécutés conformément aux plans joints en annexe. (voir également plans-types du présent CSDC-CT, Chapitre 5, Annexes)

### **2.8.12 ENROCHEMENTS EN 40/200 ET PERRES EN PIERRE CHOISIE**

Les matériaux pour enrochements et perrés doivent avoir une dureté suffisante pour pouvoir être déversés en vrac et manipulés par les engins mécaniques, sans se casser ni se désagréger. Ils doivent être homogènes, non gélifs et ne doivent s'altérer ni à l'eau, ni à l'air. Ils ne doivent pas contenir d'éléments terreux, organiques, solubles ou évolutifs.

Ils seront jointoyés en surface à l'aide de mortier.

### **2.8.13 RETABLISSEMENT DES RESEAUX DIVERS**

2.8.13.1 Toutes les canalisations, conduites d'eau et de gaz, câbles électriques, éventuellement mis à nu par l'ouverture de fouilles, devront être protégés de toute cassure et brisure, ils devront être immédiatement suspendus par des câbles et des chaînes et être maintenus dans leur position initiale.

Pour prévenir après la pose des tuyaux à un tassement ultérieur, les conduites seront couchées sur la maçonnerie sèche dans une couche de sable. Tous les frais de réparation de conduites cassées seront à la charge entière de l'entrepreneur. Les bouches d'incendie devront être libres de tout dépôt et accessibles à tout moment: leur position est à signaler.

2.8.13.2 L'exécution des travaux se fera sous la surveillance du service technique compétent. Les tracés et nivellement seront surveillés par un employé de l'Administration des travaux en présence de l'entrepreneur ou de son délégué.

### 2.8.14 DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES

Les travaux de drainage d'eaux souterraines qui pourraient s'avérer nécessaires seront définis par ordre de service.

### 2.8.15 CHAMBRES DE TIRAGE POUR CABLES

Les chambres de tirage seront implantées et exécutées conformément au plan-type repris dans le chapitre 5 (Annexes) du présent CSDC-CT.

Les chambres de tirage peuvent être préfabriquées.

### 2.8.16 MASSIFS DE FONDATION POUR CANDELABRES

Pour chaque massif seront vérifiés :

- tolérances sur l'implantation en plan du centre du massif d'ancrage

Plus ou moins deux décimètres ( $\pm 0,2$  m) par rapport à la position théorique

- tolérance sur l'implantation altimétrique de la face supérieure du massif d'ancrage

Plus ou moins deux centimètres ( $\pm 0,02$ m) par rapport à la cote théorique.

### 2.8.17. CONDITIONS CONCERNANT LES CABLAGES

#### 2.8.17.1. Infrastructures électriques

L'ensemble des infrastructures électriques tant extérieurs qu'intérieurs doivent être conformes aux prescriptions de la Compagnie Grand-Ducale d'Electricité du Luxembourg (CEGEDEL), identiques avec les normes européennes. Sera d'application également le règlement ministériel du 12 mai 1993 portant publication du relevé SEE (mai 1993) des normes européennes du domaine électrotechnique

applicables au Grand-Duché de Luxembourg. En outre les installations doivent-elles correspondre aux réglementations du Gouvernement luxembourgeois en matière d'énergie électrique.

Pour les travaux électriques, les firmes devront jouir d'une concession émise par le Service d'Energie de l'Etat (SEE).

Sauf indications contraires des agents de la société CEGEDEL, la profondeur des tranchées devra être de 0,65 m dans les trottoirs, de 0,85 m dans la chaussée et les terrains vagues (à l'exception de la moyenne tension dont la profondeur en terrain vague devra être de 1,05 m) et de 1,20 m dans les traversées de rue.

Dans les traversées de rues, les gaines seront à enrober de béton de protection d'une épaisseur de 30 cm. La pose des câbles et gaines en attente et armoires de distribution se fera conformément aux directives de agents de la société CEGEDEL.

Les tuyaux de protection pour les traversées de chaussée, ainsi que les tuyaux de réserve de basse et moyenne tension devront être du type CEGEDEL.

Le déroulage des câbles ne pourra être effectué qu'après la pose des bordures de trottoir et des socles pour candélabres.

Afin d'éviter l'endommagement et le vol des câbles, les tranchées sont à remblayer immédiatement après leur pose.

### **2.8.17.3.                    *Infrastructures de télécommunication***

L'ensemble des infrastructures de télécommunications tant extérieures qu'intérieures doivent être conformes aux prescriptions de l'Entreprise des Postes et Télécommunications.

Dans les trottoirs, les câbles téléphoniques seront posés à une profondeur de 0,65 m, dans les accotements à 0,85 m, dans les traversées de rue à 1,20 m. Dans les traversées de rue les tuyaux sont à enrober de béton. Les câbles souterrains qui passent en dessous des arbres d'alignement seront posés à une profondeur de 0,85 m et dans des gaines de protection enrobées de béton de catégorie 0, C20/25, XO, Dmax=16.

En cas de pose en tranchée commune, un écart minimum de 30 cm est à garantir entre les installations téléphoniques et les câbles d'énergie à basse tension, de même un écart minimum de 50 cm est à garantir entre les installations téléphoniques et câbles d'énergie moyenne ou haute tension.

Les câbles téléphoniques ou gaines d'attente ne seront posés qu'après la pose des câbles d'énergie et la pose des bordures de trottoirs.

La pose des câbles et gaines en attente se fera conformément aux directives des agents de l'Entreprise des P&T.

### **2.8.17.3.                    *Infrastructures de l'éclairage public***

L'ensemble des infrastructures de l'éclairage public doit être conforme aux directives du Service Electro-Mécanique (SEM) de l'Administration des Ponts et Chaussées.

Pour les travaux électriques, les firmes devront jouir d'une concession émise par le Service de l'Energie de l'Etat (SEE).

Les câbles seront posés dans des tubes en polyéthylène D=60/72 mm, intérieur lisse, et les extrémités seront recourbées dans les socles d'ouvrage en béton des candélabres. La profondeur des tranchées sera de 80 cm par rapport au niveau du terrain fini.

L'entrepreneur utilisera des tuyaux fournis sur des rouleaux à 100 m pour réduire le nombre des manchons à un strict minimum. Les tuyaux posés sont à fermer à leurs extrémités moyennant un couvercle en matière synthétique, en utilisant une colle industrielle.

Les candélabres et autre accessoires seront montés et raccordés par un électricien détenteur d'une concession émise par le SEE.

La pose des câbles, gaines en attente, socles d'ouvrages et armoires de distribution, se fera conformément aux directives des agents du SEM.

### **2.8.17.4. Mesures de protection des câbles**

L'ensemble des câbles non posés en tuyaux de protection sont à enrober de sable jaune selon les directives du service exploitant.

Les gaines de protection sont à poser dans un enrobage soit de sable jaune, soit de béton selon les instruction du service responsable.

Des feuilles couvre-câble sont à poser sur les enrobages protecteurs avant le remblaiement des tranchées, le tout suivant les indications des exploitants de ces réseaux. De même, des rubans signalétiques sont à poser sur le tracé des câbles en-dessous de la superstructure ou de la terre arable, conformément aux prescriptions des agents du réseaux intéressé.

## **2.8.18. CONDITIONS CONCERNANT LES CONDUITES D'EAU**

### **2.8.18.1. Tuyaux pour conduites d'eau.**

Les tuyaux et pièces spéciales utilisés pour la construction des conduites d'eau doivent être agréés par la direction des travaux. L'entrepreneur indiquera au commettant la provenance des tuyaux et justifiera qu'il n'a commandé que du matériel de première qualité.

Les tuyaux et pièces spéciales doivent correspondre aux normes prescrites au bordereau ou à défaut être conformes à celles en vigueur dans leur pays de fabrication. Chaque tuyau devra porter la marque de fabrique, la date de fabrication et la pression nominale pour laquelle il a été construit.

La fourniture et la pose des tuyaux sera payée au m' effectivement posé. Tout tuyau coupé sera compté pour sa longueur utile.

Les pièces spéciales et de fontainerie seront payées au prix unitaire suivant le nombre utilisé. La fourniture et pose des joints, écrous, rondelles et boulons est à inclure dans les prix unitaires. Sauf spécification contraire du bordereau, les boulons d'assemblage, rondelles etc.... seront constitués en acier inoxydable.

### *2.8.18.2. Transport des tuyaux.*

Le chargement des tuyaux doit se faire avec un soin particulier et les différentes pièces sont à maintenir écartées, sur les camions, par de la paille ou toute autre matière tendre. La manutention des tuyaux se fera de même avec les plus grands soins. On les déposera sans brutalité sur le sol et on les descendra dans les tranchées à l'aide de cordes. Au moment de leur mise en place tous les tuyaux seront examinés à l'intérieur et débarrassés de tous les corps étrangers qui pourraient y avoir été introduite. L'entrepreneur aura l'entière responsabilité de cette vérification.

### *2.8.18.3. Pose des tuyaux*

Les tuyaux seront posés sur un lit de sable d'une épaisseur de 15 cm. On veillera, lors de la pose des tuyaux, à ce que les files soient bien rectilignes.

Après les avoir descendus dans la tranchée on les présentera bien dans le prolongement les uns des autres, et on assurera l'alignement au moyen de cales en bois. Le calage au moyen de pierres est rigoureusement prescrit. La pose des tuyaux sera complétée par un enrobage en sable recourant la conduite d'une épaisseur de 20 cm au-dessus de la génératrice supérieure. Lors de cette opération on effectuera un pilonnage efficace de flancs.

### *2.8.18.4. Précautions particulières*

Les extrémités des conduites seront tamponnées chaque fois que le chantier sera arrêté. La pose des tuyaux doit se faire sans arrêt prolongé et suivre aussi près que possible l'ouverture des tranchées.

Les bouches à clef dont les têtes devront être maintenues exactement au niveau du sol doivent reposer sur une chemise en maçonnerie sèche ou en briques de laitier. Il faudra réaliser un jeu de 10 cm entre la face inférieure des couvercles de ces bouches et l'extrémité des tiges de manœuvre.

### *2.8.18.5. Epreuve d'étanchéité des conduites*

Chaque fois qu'un tronçon de conduite de 300 m environ aura été posé, on le remplira d'eau 24 heures avant l'essai, prenant toutes les précautions pour qu'il soit complètement purgé d'air. Afin de maintenir en place la conduite on la lestera convenablement tout en maintenant les joints visibles. On butera les extrémités et les coudes. A l'aide d'une pompe de presse hydraulique, on fera éprouver à la conduite une pression de 5 bars supérieure à la pression nominale des tuyaux. Cette pression sera maintenue pendant 30 minutes au moins. On placera la pompe et le manomètre en un point bas de la section. L'épreuve aura été reconnue satisfaisante si la perte de pression constatée n'excède pas d'un centième la pression nominale. L'entrepreneur exécutera immédiatement sans supplément de prix tous les travaux de répartition, quel qu'ils soient, dont cette épreuve aura fait reconnaître la nécessité. Après répartition, il sera procédé à une nouvelle épreuve. Tous les frais que l'épreuve des conduites pourra entraîner, notamment la mise à disposition de la pompe, du manomètre, l'approvisionnement

en eau, la confection des bues, ainsi que tous la main-d'œuvre correspondante seront à la charge exclusive de l'entrepreneur.

### **2.8.18.6.                    *Branchements particuliers***

Les branchements particuliers doivent être exécutés avec soin par un homme de l'art et à l'aide d'un matériel approprié. La machine à percer et les colliers de prise en charge doivent être adaptés à la nature des tuyaux de la conduite principale.

Les tuyaux des branchements particuliers sont à poser dans des gaines de protection.

Les colliers de prise en charge ainsi que les robinets vannes sont à recouvrir après pose d'une bande de protection "DENSO" ou d'un produit analogue.

### **2.8.18.7.                    *Remblaiement des tranchées***

Le remblaiement des tranchées n'aura lieu que sur autorisation de la direction des travaux, après la mise à l'épreuve de la conduite et son enrobage au sable. On exclura la terre argileuse ou de mauvais odeur. On pilonnera avec soin les flancs des tuyaux et l'on continuera le remplissage de la tranchée avec des remblais ordinaires ou graves suivant les introduits par couches de 30 cm d'épaisseur au maximum, fortement damées au moyen d'une pilonneuse à explosion ou de tout autre engin approprié. Les terres autour des bouches à clef doivent être fortement damées pour éviter tout tassement.

La surface remblayée devra se raccorder parfaitement aux surfaces voisines, sans saillies ni flaches.

### **2.8.18.8.                    *Bandes de signalisation***

Une bande d'avertissement et de signalisation incorrodable avec l'inscription "= ACHTUNG WASSERLEITUNG = ATTENTION CONDUITE D'EAU =" sera posée obligatoirement à une profondeur de 60 cm sur le tracé de toutes les conduites.

### **2.8.18.9.                    *Dispositifs de repérage et de détection***

Un dispositif de repérage pour détection galvanique (fil ou bande métallique) incorrodable sera posé obligatoirement en supplément des bandes de signalisation sur le tracé de toutes les conduites (métalliques ou non), conformément aux stipulations du bordereau, respectivement suivant les indications de la direction des travaux.

### **2.8.18.10.                    *Travaux de rinçage et de désinfection***

L'entrepreneur est tenu de rincer et de désinfecter l'ensemble des installations avant leur mise en service conformément aux instructions de la direction des travaux.

Les conduites d'eau sont à nettoyer moyennant un racleur-éponge automatique de caractéristiques à déterminer par la direction des travaux. Ensuite les tuyauteries seront désinfectées suivant une méthodologie et un programme à fixer en accord avec le commentant.

Les ouvrages d'art en contact avec l'eau potable sont à rincer préalablement, puis é désinfecter suivant les instructions de la direction des travaux avant la mise en service.

L'entrepreneur utilisera exclusivement des produits de nettoyage et de désinfection acceptés ou prescrits par le maître d'ouvrage. Il ne pourra mettre en œuvre que des détergents et désinfectants solubles à l'eau, non toxiques pour les vertébrés et ne présentant aucun danger de dégradation ou de corrosion pour les ouvrages et tuyauteries à traiter. A cet effet les produits à utiliser devront être reconnus pour l'usage dans le domaine de l'eau potable par un laboratoire ou un institut d'hygiène et de santé officiels. En l'absence d'une telle agrégation, l'entrepreneur fera expertiser à ses frais le produit qu'il propose par un laboratoire spécialisé, à fixer en accord avec les services de la Division des Eaux de l'Administration de l'Environnement.

L'ensemble des produits chimiques à utiliser devra être facilement neutralisable de manière à ne présenter ni risque alimentaire, ni risque de pollution pour les stations d'épuration ou pour l'environnement. De même le désinfectant ne devra t'il présenter aucun risque de santé pour le personnel applicateur.

Pour les modalités d'application, les concentrations et les durées d'activation, on se conformera strictement aux indications du producteur en l'absence d'instructions spécifiques de la part de la direction des travaux.

A l'achèvement des opérations de rinçage et de désinfection, les solutions chimiques sont à neutraliser et à évacuer conformément aux prescriptions du producteur ou de la direction de travaux. Elles ne peuvent en aucun cas être mises en contact avec l'eau potable distribuée aux consommateurs.

L'entrepreneur reste seul responsable de la bonne exécution des opérations de rinçage et de désinfection, ainsi que de tous les risques et conséquences pouvant en résulter.

### **2.8.18.11. Travaux de mise en peinture**

Pour la mise en peinture des ouvrages et installations en contact direct ou indirect (air ambiant) avec de l'eau potable, l'entrepreneur utilisera exclusivement des produits acceptés ou prescrits par le maître d'ouvrage. Il ne pourra mettre en œuvre que des peintures et dérivés non toxiques et absolument stables après durcissement. Les produits à appliquer devront être reconnus pour l'usage dans le domaine de l'eau potable par un laboratoire ou un institut d'hygiène et de santé officiels. En l'absence d'une telle agrégation, l'entrepreneur fera expertiser à ses frais le produit qu'il propose par laboratoire spécialisé, à fixer en accord avec les services de la Division des Eaux de l'Administration de l'Environnement. De même les produits ne devront-ils présenter aucun risque de santé pour le personnel applicateur.

Lors des opérations de peinture se déroulant dans des locaux en contact par l'air ambiant avec des plans d'eau potables en service, il est impératif d'isoler et de ventiler ces derniers de manière à empêcher toute propagation des solvants de peinture vers cette eau. Les peintures à utiliser sous ces conditions ne doivent émettre des vapeurs ou contenir des solvants toxiques solubles à l'eau et susceptible d'avoir des influences gustatives et olfactives sur l'eau potable.

Pour les modalités d'application, la préparation du support, le nombre de couches et sous-couches, les durées de séchage etc, on se conformera strictement aux indications des fabricants en l'absence d'instructions spécifiques de la part de la direction des travaux.

L'entrepreneur reste seul responsable de la bonne exécution des opérations de peinture ainsi que de tous les risques et conséquences pouvant en résulter.

### *2.8.18.12. Règlement sur les conduites d'eau*

L'entrepreneur respectera les sujétions et prescriptions reprises dans le règlement sur les conduites d'eau de l'administration communale ressortissante.



**Chapitre 3**  
**GROS OEUVRE**

## SOMMAIRE DU CAHIER SPECIAL DES CHARGES, CLAUSES TECHNIQUES

## CHAPITRE 3

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>3.1</b> | <b>FOUILLES ET REMBLAIS POUR FONDATIONS, CULEES ET OUVRAGES DIVERS.....</b>  | <b>4</b>  |
| 3.1.1      | <i>Fouilles pour fondations.....</i>   | 4         |
| 3.1.2      | <i>Remblaiement des fouilles pour fondations.....</i>                        | 5         |
| 3.1.3      | <i>Préparation du terrain sous remblai contigu aux ouvrages.....</i>         | 7         |
| 3.1.4      | <i>Exécution des remblais contigus aux culées des ouvrages.....</i>          | 7         |
| <b>3.2</b> | <b>OUVRAGES EN BETON ET BETON ARME.....</b>                                  | <b>10</b> |
| 3.2.1      | <i>Ciments.....</i>  | 10        |
| 3.2.2      | <i>Sables pour mortiers et bétons.....</i>                                   | 10        |
| 3.2.3      | <i>Granulats pour mortiers et bétons.....</i>                                | 10        |
| 3.2.4      | <i>Nature et provenance des Aciers pour béton armé.....</i>                  | 10        |
| 3.2.5      | <i>Mise en oeuvre des armatures en acier.....</i>                            | 10        |
| 3.2.6      | <i>Bétons.....</i>   | 10        |
| 3.2.7      | <i>Construction des échafaudages porteurs.....</i>                           | 10        |
| 3.2.8      | <i>Circulation autour des parties d'ouvrage.....</i>                         | 15        |
| 3.2.9      | <i>Surfaçage des tabliers.....</i>   | 16        |
| 3.2.10     | <i>Dessins d'exécution des ouvrages - calculs justificatifs.....</i>         | 16        |
| 3.2.11     | <i>Epreuves des ouvrages d'art.....</i>                                      | 18        |
| <b>3.3</b> | <b>OUVRAGES EN BETON PRECONTRAIT.....</b>                                    | <b>19</b> |
| 3.3.1      | <i>Procédés de précontrainte.....</i>  | 19        |
| 3.3.2      | <i>Armatures de précontrainte.....</i>                                       | 19        |
| 3.3.3      | <i>Gaines des armatures de précontrainte.....</i>                            | 26        |
| 3.3.4      | <i>Lubrifiants pour câbles de précontrainte.....</i>                         | 26        |
| 3.3.5      | <i>Corps d'ancrage.....</i>  | 27        |
| 3.3.6      | <i>Mise en œuvre des armatures de précontrainte (armatures actives).....</i> | 27        |
| 3.3.7      | <i>Injection des gaines des ouvrages en béton précontraint.....</i>          | 33        |
| 3.3.8      | <i>Dessins d'exécution.....</i>  | 40        |
| <b>3.4</b> | <b>OUVRAGES METALLIQUES ET MIXTES.....</b>                                   | <b>44</b> |
| 3.4.1      | <i>Généralités.....</i>  | 44        |
| 3.4.2      | <i>Aciers pour ouvrages métalliques et mixtes.....</i>                       | 44        |
| 3.4.3      | <i>Produits consommables pour travaux de soudage.....</i>                    | 45        |
| 3.4.4      | <i>Boulons à serrage contrôlé.....</i>                                       | 46        |
| 3.4.5      | <i>Boulons ordinaires.....</i>   | 46        |
| 3.4.6      | <i>Boulons d'ancrage.....</i>  | 46        |
| 3.4.7      | <i>Goujons connecteurs.....</i>  | 46        |
| 3.4.8      | <i>Documents à fournir par l'Entrepreneur.....</i>                           | 46        |
| 3.4.9      | <i>Exécution des travaux de soudage.....</i>                                 | 48        |
| 3.4.10     | <i>Exécution des assemblages par boulons à serrage contrôlé.....</i>         | 50        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>3.5</b> | <b>PALPLANCHES .....</b>   | <b>51</b> |
| 3.5.1      | <i>Fourniture et transport .....</i>   | 51        |
| 3.5.2      | <i>Implantation.....</i>   | 51        |
| 3.5.3      | <i>Enfoncement des palplanches.....</i>  | 51        |
| 3.5.4      | <i>Rapport de mise en oeuvre.....</i>  | 52        |
| 3.5.5      | <i>Nature des matériaux (palplanches, soudures, etc) .....</i>                           | 52        |
| 3.5.6      | <i>Propositions techniques.....</i>  | 52        |
| 3.5.7      | <i>Prescriptions concernant le niveau de bruit dans les alentours des chantiers.....</i> | 53        |
| <b>3.6</b> | <b>TOLERANCES GEOMETRIQUES SUR LES OUVRAGES ACHEVES.....</b>                             | <b>58</b> |

## 3.1 FOUILLES ET REMBLAIS POUR FONDATIONS, CULEES ET OUVRAGES DIVERS

### 3.1.1 FOUILLES POUR FONDATIONS

#### 3.1.1.1 Généralités

Sont considérés comme fouilles tous les déblais exécutés au droit des ouvrages pour leur réalisation et qui n'entrent pas dans les travaux préparatoires et terrassements généraux au droit des ouvrages.

L'emploi éventuel d'explosifs sera subordonné à l'agrément de l'Administration à qui les plans de minage seront soumis.

Avant de procéder aux tirs de mines, l'entrepreneur doit se procurer une autorisation préalable auprès de l'Inspection du Travail et des Mines.

#### 3.1.1.2 Terrassements

Les fouilles pour fondations des ouvrages, radier, culées et murs, seront drainées et toutes les eaux évacuées par pompage, caniveaux ou buses vers les exutoires existants.

Dans le cas d'emploi d'un béton de blocage ou d'une substitution du sol naturel sous la semelle par un matériau d'apport (0/45 ou grave-laitier) une sur largeur périphérique supplémentaire est prise en compte. Cette sur largeur supplémentaire est égale à l'épaisseur moyenne mesurée aux quatre coins de la semelle de la couche de béton de blocage ou du matériau d'apport remplaçant le sol naturel.

Si pour des questions de commodité d'exécution, l'entrepreneur effectuait des terrassements complémentaires, ceux-ci ne seraient pas pris en compte dans le règlement, ces travaux étant considérés comme sujétions d'exécution et, comme tels, inclus dans les prix unitaires.

#### 3.1.1.3 Fouilles en bordure des voies routières, de construction et des voies CFL

Dans les zones où les fouilles sont à exécuter à proximité de voies routières et CFL en service ou en construction, l'entrepreneur prendra toutes précautions qu'il jugera utiles: étaitements, blindages, etc., lors des travaux pour que la circulation sur ces voies soit maintenue ou la pérennité des constructions assurée pendant toute la durée des travaux sans gêne ni risque pour les usagers.

L'entrepreneur soumettra à l'approbation de l'Administration les plans de disposition qu'il compte adopter. Ceci ne diminuera en rien sa responsabilité.

#### 3.1.1.4 Epaissements

Les épaissements font partie de l'entreprise et sont compris dans les prix unitaires du bordereau.

L'entrepreneur est responsable de l'évacuation des eaux de pluie. L'évacuation de toute autre eau (source, collecteurs...) sera rémunérée par des positions spéciales.

L'entrepreneur devra soumettre à l'agrément de l'Administration les marques, types, caractéristiques, âge et nombre de matériels qu'il se propose d'utiliser et les dispositions qu'il compte prendre pour assurer l'épuisement des eaux de ruissellement ou d'infiltration en fond de fouilles, l'étanchement de leurs parois ainsi que l'évacuation des eaux, qu'elle que puisse être l'importance des venues d'eau. Ces épaissements seront réalisés pour permettre la reconnaissance des fonds de fouille et le coulage à sec des bétons et pour permettre éventuellement l'assainissement des plate-formes de travail.

### *3.1.1.5 Cotes, préparation et reconnaissance des fouilles pour fondation*

Les cotes de fondation indiquées sur les plans ne sont données qu'à titre indicatif.

Avant coulage du béton de propreté des semelles, les fonds de fouilles seront reconnus par l'Administration qui pourra prescrire de descendre le niveau des fondations à une cote plus basse. Cette reconnaissance aura lieu sans délai après la fin des terrassements et toutes précautions devront être prises par l'entrepreneur pour éviter la détérioration du sol de fondation (par exemple: coulage du béton de propreté dès réception des fonds de fouilles).

La fouille sera alors soigneusement nettoyée de toute trace de végétation, mousse, lichen, de tout résidu de déroctage. Après réception de la fouille par l'Administration, la semelle sera coulée à fond de fouille après arrosage de ce dernier.

## **3.1.2 REMBLAIEMENT DES FOUILLES POUR FONDATIONS**

### *3.1.2.1 Matériaux*

Les fouilles pour fondations des ouvrages d'art seront remblayées avec les matériaux réutilisables extraits lors du terrassement des fouilles de fondation.

Ces matériaux seront réutilisables de façon à conserver le plus possible l'homogénéité des terrains sur la hauteur des fouilles à remblayer.

Dans le cas où les matériaux réutilisables seraient insuffisants le complément des remblais sera effectué avec des matériaux dont le lieu d'emprunt sera défini par l'Administration.

### *3.1.2.2 Mise en oeuvre des remblais de fouilles*

L'entrepreneur prendra toutes les précautions nécessaires lors de la mise en oeuvre des remblais de fouilles autour des culées et des murs, afin de ne pas créer des efforts anormaux dans les ouvrages pouvant conduire à des désordres graves et irrémédiables.

Les remblais devront être montés et compactés de façon régulière autour des ouvrages, chaque couche élémentaire devant recouvrir la totalité de la surface de chaque fouille.

L'épaisseur de chaque couche élémentaire de remblai ne devra pas excéder après compactage, vingt (20) centimètres.

Les remblais de fouilles seront exécutés selon le cas.

- jusqu'au niveau des plate-formes autoroutières,
- jusqu'au niveau du terrain naturel décapé.

#### *3.1.2.3 Compactage des remblais de fouilles*

Le compactage des couches de remblais des fouilles de fondation d'ouvrage sera exécuté à l'aide de dame vibrante de masse statique supérieure à 800 kg avec un patin de surface au plus égal à 0,50 m<sup>2</sup>.

Ces remblais devront obtenir les caractéristiques définies à l'article 3.1.2.4.

#### *3.1.2.4 Contrôles*

Les essais à effectuer sont les suivants:

- Essai Proctor modifié (processus LCPC S2)  
Tracé de la courbe teneur en eau, densité sèche  
Un essai par type de matériau mis en place
- Mesure de la compacité  
A l'aide du densitomètre à membrane ASTM D15 56 AA SH0 T147 54 ou du gammadensimètre DR 30.

Un essai pour 1000 m<sup>2</sup> avec un minimum de trois essais par couche.

Résultats exigés :

- 98% de la densité sèche de l'optimum Proctor modifié hors de l'emprise
- 100% de l'optimum Proctor modifié sur l'emprise de la plateforme derrière les murs de culée ou piédroits des portiques et cadres

Dans le cas où les remblais contigus aux ouvrages ou les remblais de fouille pour fondations seraient exécutés avec le matériau utilisé en couche de forme (laitier ou débris rocheux 0/45), la densité mesurée au gammadensimètre DR 30 devra être supérieure à 95 % de l'OPM. Un essai sera effectué toutes les (3) couches de remblai mis en place.

Dans le cas où on utiliserait des matériaux pierreux (tout-venant laitier ou 0/250 rocheux) on demande les mêmes valeurs qu'à l'article 2.2.5 du CSDC-CT.

### **3.1.3 PREPARATION DU TERRAIN SOUS REMBLAI CONTIGU AUX OUVRAGES**

#### *3.1.3.1 Préparation initiale*

Les trous résultant de l'arrachage de souches ou de démolitions d'ouvrages divers, seront remblayés avec du matériau de même qualité que le matériau constituant le sol environnant et compacté comme un remblai.

#### *3.1.3.2 Préparations complémentaires*

##### Préparation de décapage et purges :

Toutes les zones de terre végétale et de matériaux impropres seront décapées et purgées comme il est dit à l'article 2.1.7 du CSDC-CT.

##### Compactage:

Le compactage après décapage et purge éventuelle sera exécuté de manière à satisfaire aux prescriptions figurant dans le tableau de contrôle des travaux, à l'article 2.1.9 du CSDC-CT.

Les engins utilisés seront des rouleaux moyens à pneus (3 tonnes par roue).

### **3.1.4 EXECUTION DES REMBLAIS CONTIGUS AUX CULEES DES OUVRAGES**

#### *3.1.4.1 Définition des remblais contigus*

Sont considérés comme remblais contigus aux culées, les remblais mis en place derrière les murs-culées, les piédroits du cadre, les murs en aile et autour des piles-culées, sur toute la hauteur des ouvrages, du niveau TN décapé au niveau sous corps de chaussée et sur une longueur de 10 mètres mesurée à partir de l'axe des culées, sauf cas particuliers spécifiés sur les plans.

Ils seront réalisés en laitier 0/250 ou en grès 0/150, ces blocs de grès provenant des déblais exécutés pour obtenir la plate-forme autoroutière sous ouvrage. Ces remblais pourront être en laitier ou grès 0/45 si l'épaisseur ne permet pas la mise en oeuvre de 0/250 resp. 0/150, conf. aux articles correspondants du chapitre 2.2 du présent CSDC-CT.

La couche de forme sera réalisée en 0/45 HF ou en grès concassé et trié 0/45, conf. à l'article 2.3 du présent CSDC-CT.

#### *3.1.4.2 Réglage des talus des remblais contigus*

A la mise en oeuvre des remblais contigus les talus seront réglés et pentés conformément aux plans.

L'entrepreneur effectuera le réglage des talus par la méthode du remblai excédentaire. Les profils obtenus par rechargement des talus des remblais sont interdits.

#### 3.1.4.3 Mise en oeuvre des remblais contigus

Les remblais seront méthodiquement compactés dans les conditions définies à l'article 12 du fascicule 2 du Cahier des Prescriptions Communes et complétées comme il est dit ci-après.

##### 3.1.4.3.1

L'exécution des remblais sera interrompue lorsqu'une hauteur de pluie supérieure à quinze (15) mm sera tombée sans interruption. La mise en oeuvre des remblais ne pourra être reprise après une telle interruption que lorsque la couche supérieure imbibée d'eau aura été décapée et évacuée hors du remblai. La hauteur d'eau tombée sera contrôlée à l'aide du pluviomètre installé sur le chantier et compris dans la position "INSTALLATION DE CHANTIER".

##### 3.1.4.3.2

Les couches élémentaires de remblai devront présenter après compactage une pente transversale au moins égale en tout point à cinq pour cent (5 %).

##### 3.1.4.3.3

Les remblais contigus derrière et autour des murs et culées des ouvrages seront obligatoirement exécutés avant la mise en oeuvre des tabliers des ouvrages sauf indication contraire sur les plans d'exécution ou dans le CPDC-CT, les remblais de fouilles pour fondations des culées et murs ayant été, au préalable, eux-mêmes exécutés suivant les prescriptions de l'article CSDC-CT. 3.1.2. 

Les remblais devront être montés et compactés de façon régulière derrière et autour des ouvrages, chaque couche élémentaire devant recouvrir la totalité de la surface à remblayer.

Sur une largeur minimale de un (1) mètre à partir des maçonneries, ils seront expurgés des pierres dont la plus grande dimension excéderait dix (10) centimètres.

L'épaisseur de chaque couche élémentaire de remblai ne devra pas excéder après compactage quarante (40) centimètres pour les remblais rocheux et vingt (20) centimètres pour les autres matériaux.

L'entrepreneur portera un soin particulier au compactage des remblais qui devra répondre aux prescriptions de l'article 3.1.2.

#### 3.1.4.3.4

L'entrepreneur prendra toutes les précautions nécessaires lors de la mise en oeuvre des remblais contigus aux culées et aux murs, afin de ne pas créer des efforts anormaux dans les culées et murs pouvant conduire à des désordres graves et irrémédiables.

Le compactage des remblais contigus aux culées et aux murs, du bord des ouvrages et sur une largeur minimum de deux (2) mètres sera exécuté à l'aide de dames vibrantes de masse statique supérieure à 800 kg pour un patin de surface au plus égal à 0,50 m<sup>2</sup> ou à l'aide de petits rouleaux vibrants.

Le reste des remblais pourra être compacté avec des compacteurs d'un poids de 22 à 35 tonnes et de rouleaux vibrants monobilles de 6 tonnes.

#### 3.1.4.3.5 Matériau drainant derrière les culées et les murs

L'entrepreneur devra mettre en oeuvre, avant les remblais, sur l'arrière des murs et murs culées un masque drainant.

Ce masque drainant couvrira toute la surface des ouvrages, du niveau TN jusqu'à 0,60 m sous le niveau supérieur des ouvrages.

Sur une largeur minimale de un (1) mètre à partir des maçonneries, les matériaux pour remblais seront expurgés des pierres dont la plus grande dimension excéderait dix (10) centimètres.

## **3.2 OUVRAGES EN BETON ET BETON ARME**

### **3.2.1 CIMENTS**

Les ciments doivent être conformes à l'EN 197-1: Ciments – Partie 1: Composition, spécification et critères de conformité des ciment courants

### **3.2.2 SABLES POUR MORTIERS ET BETONS**

EN 12620 et CDC-GRA

### **3.2.3. GRANULATS POUR MORTIERS ET BETONS**

EN 12620 et CDC-GRA

### **3.2.4 NATURE ET PROVENANCE DES ACIERS POUR BETON ARME**

Les aciers pour béton armé doivent être conformes au CDC-BET

### **3.2.5. MISE EN OEUVRE DES ARMATURES EN ACIER**

Voir CDC-BET.

### **3.2.6 BETONS**

voir EN-206 et DNA EN-206

### **3.2.7 CONSTRUCTION DES ECHAFAUDAGES PORTEURS**

#### **3.2.7.1 Chargé de l'échafaudage**

Pour tout échafaudage porteur destiné à porter au moins 100 m<sup>3</sup> de béton au total en une ou plusieurs travées, l'entrepreneur devra désigner nommément, au début des études, un "chargé de l'échafaudage" et faire connaître son nom à l'Administration. Le chargé de l'échafaudage ne pourra ensuite être remplacé qu'en cas de départ de l'entreprise, de maladie ou de force majeure.

Sous réserve d'intervention éventuelle personnelle de ses supérieurs hiérarchiques à l'intérieur de l'entreprise "le chargé d'échafaudage" devra, à l'intérieur de l'entreprise, assumer personnellement la responsabilité de l'échafaudage en ce qui concerne la convenance et la qualité des études et la

conformité et la qualité de l'exécution. Certains aspects de ces obligations générales sont détaillés dans les paragraphes suivants:

### 3.2.7.2 Dessins d'exécution et calculs justificatifs

#### 3.2.7.2.1 Généralités

Le "chargé d'échafaudage" devra réunir les informations nécessaires à l'étude de l'échafaudage porteur, qu'elles résultent de l'ouvrage lui-même ou de son environnement: géométrie, réactions du sol d'appui, échelonnement dans le temps des diverses phases d'exécution, programme et moyens de bétonnage, flèches finales, sujétions de circulation publique ou de chantier, etc. et les faire figurer dans les dessins et calculs d'exécution.

Les dessins et calculs, signés ou contresignés par le "chargé d'échafaudage" seront soumis à l'approbation de l'administration avant le commencement d'exécution et dans les mêmes délais que ceux impartis pour les calculs justificatifs et les dessins d'exécution des ouvrages.

Ils devront faire apparaître clairement la conception, en ce qui concerne les descentes de charges prévues, les contreventements, le décintrement et le démontage. Ils devront en outre faire apparaître et justifier :

- les profils avant et après déformation, tant du point de vue de la conformité et de l'aspect de l'ouvrage fini que pour le bon comportement mécanique de l'échafaudage et de l'ouvrage lui-même,
- les tolérances d'exécution relatives aux profils et aux points critiques pour la résistance.

Les descentes de charges seront aussi directes que possible, et les contreventements devront assurer à l'échafaudage une excellente rigidité latérale.

Les rabouages et calages pour rattrapage de dimensions et de cotes ne seront utilisés que pour de petits rattrapages et ne devront pas être assurés par des successions de pièces, en particulier les empilages de cales sont interdits. Les surfaces d'appui sur béton seront éloignées d'au moins six (6) cm de l'arête de béton la plus proche, cette distance pouvant être augmentée selon les nécessités du calcul.

Les échafaudages seront dimensionnés en prenant compte tout le poids de la structure à exécuter, sans faire appel à la résistance d'aucune partie de celle-ci. Ils ne devront pas subir de déformation excédant deux (2) centimètres en quelque point que ce soit sous la charge du béton frais.

Ils devront pouvoir résister en toute sécurité à une pression de cent vingt (120) kilogrammes par mètre carré de maître-couple s'exerçant normalement sur toute pièce exposée au vent.

#### 3.2.7.2.2 Consistance des dessins d'exécution

Les dessins d'exécution définiront de façon complète les détails de l'échafaudage, et notamment :

- a) les possibilités et modalités d'appui de l'ossature du coffrage sur l'échafaudage :
- d'une part pour les parties extérieures du tablier (encorbellements, angles biais, etc.),

- d'autre part en ce qui concerne le rattrapage des différences de niveau importantes éventuelles entre l'intrados du tablier et le dessus de l'échafaudage.
- b) les types et modules normalisés de tous profilés à utiliser, les épaisseurs des tubes et non pas seulement leurs diamètres extérieurs :
  - les marques et modèles exacts des pièces préfabriquées (tours ou poutres),
  - les pièces qui doivent être constituées d'un acier autre que l'acier doux de qualité courante du commerce, ou avoir une résistance spéciale déterminée ou au moins égale à celles d'autres pièces à assembler,
  - les pièces qui, du fait de la pente ou du dévers de l'intrados de l'ouvrage à construire, devraient avoir leur plan de résistance principal non vertical, ainsi que les surfaces d'appui des pièces qui doivent comporter des boîtes à sable ou des cales d'épaisseur variable en vue d'assurer un contact correct des pièces (surface sur surface et non ligne sur ligne ou point sur point),
  - Les points d'appui de moindre résistance (par exemple tiges portant des fourches) où la pièce porteuse (sans prise en compte des fourrures) doit être mécaniquement centrée, et les points où, au contraire, un appui excentré est prévu ou toléré,
  - Les cales et raidisseurs à prévoir dans ces différents cas et pour tout autre motif de stabilité ;
  - le détail des contreventements prévus dans les diverses directions, non seulement entre pièces verticales, mais aussi entre pièces fortement ou légèrement inclinées, et éventuellement entre pièces horizontales,
  - les pièces de contreventements et de fixation qui sont à attacher de façon excentrée par rapport aux noeuds d'une triangulation, et la distance maximale, de ces attaches aux noeuds les plus proches,
  - les soudures de chantier,
  - les dispositions constructives générales ou particulières nécessaires à une exécution correcte, notamment :
    - ✓ les goupilles indispensables,
    - ✓ les emboîtements minimaux,
    - ✓ les nombres et dimensions minimales des boulons, broches, colliers, manchons, écrous, contre-écrous.
  - les rabotages et ajustages nécessaires et toutes tolérances d'exécution utiles concernant notamment :
    - ✓ les niveaux d'appui de tous les éléments,
    - ✓ la verticalité des pièces,
    - ✓ les valeurs maximales des sorties des vis et vérins prolongeant les pièces préfabriquées.

- c) les niveaux théoriques d'appui de tous les éléments verticaux :
- les précautions prévues pour pallier à l'hétérogénéité des appuis de l'étalement: sol, ancienne chaussée, pieux, débord de semelle, etc.,
  - en cas d'appui direct sur le sol: la pression admissible exigée du sol dans les conditions d'utilisation, la surface minimale de semelle à disposer de façon centrée et sans interruption sous chaque point d'appui, les dispositions à prendre pour assurer la permanence de la portance du sol,
  - les précautions prévues pour pallier l'instabilité d'une zone d'appui en pente,
  - la présence éventuelle de canalisations.
- d) le plan de bétonnage indiquant notamment l'ordre de coulage pris comme hypothèse de chargement :
- les mesures à faire (déformations, pressions,..) en vue de contrôler au cours de la mise en charge, que le comportement de l'échafaudage reste normal.
- e) les manœuvres par lesquelles commencer le déchargement et le démontage des échafaudages et cintres :
- l'emplacement des boîtes à sables, coins ou vérins nécessaires au démontage des échafaudages et cintres.

Des schémas types pourront être utilisés et, en cas d'emploi de pièces préfabriquées, des notices ou parties de notices du fabricant pourront être incorporées aux dessins d'exécution à condition de former avec les dessins particuliers un ensemble complet, cohérent et sans risque d'ambiguïté: en particulier les parties de ces notices applicables au cas d'espèce seront clairement mises en évidence.

#### 3.2.7.2.3 Règles générales de calcul

L'article 14.2 du fascicule 61.II du C.P.C. est étendu aux échafaudages porteurs.

Pour les échafaudages porteurs constitués de files multiples de pièces, ajourées ou non, la note de calcul fera apparaître la justification de l'effort total exercé par le vent de l'échafaudage.

Le poids du béton frais est considéré comme une charge d'exploitation.

En l'absence ou en complément de règles particulières au mode de construction utilisé, le coefficient de sécurité vis-à-vis d'une perte d'équilibre ou d'un glissement sera au moins égal à 1,5, sur la base des valeurs probables des charges et des coefficients de frottement.

#### 3.2.7.2.4 Règlements de calcul particuliers

- a) les ouvrages métalliques éventuellement utilisés seront justifiés conformément au titre V du fascicule 61 du Cahier des Prescriptions Communes, mais sans aucune pondération des

efforts dus au poids du béton supporté. Le poids et, le cas échéant les effets dynamiques des engins de levage et autres appareils seront pris en compte.

En ce qui concerne les sollicitations résistantes, pour les pièces de formes complexes, l'entrepreneur sera tenu de faire la preuve de leur résistance par des essais de modèles.

Si ces essais permettent de connaître :

- seulement approximativement la résistance moyenne (moins de 6 essais) il sera fait application d'un coefficient  $\gamma_m = 1,25$  par rapport à la valeur la plus probable,
- avec précision la résistance moyenne (de 6 à 15 essais), il sera fait application d'un coefficient  $\gamma_m = 1,15$  par rapport à cette valeur moyenne.

b) les ouvrages en bois éventuellement utilisés devront satisfaire aux normes NF.P 21.202 et B 52.001, toutefois :

- les contraintes admissibles, de compression axiale, de flexion et de traction parallèles aux fibres, seront celles résultant de l'article 9 de la norme NF B 52.001 affectées forfaitairement d'un coefficient de réduction de zéro virgule huit (0,8) et non ceux définis par l'article 12 de ladite norme,
  - les contraintes admissibles de cisaillement longitudinal, sur section neutre, au niveau de la fibre moyenne des pièces et de compression transversale, seront celles résultant de l'article 9 de la norme susvisée, sans aucun coefficient de réduction,
  - l'entrepreneur pourra dans tous les cas justifier des assemblages par un essai de chargement, après immersion prolongée, accompagné de mesures de déformation,
- Les pièces verticales des échafaudages seront fortement contreventées dans les deux directions principales,
  - Les pièces horizontales successives seront arrimées l'une et l'autre d'une manière continue jusqu'à leurs deux extrémités où elles seront butées sur les maçonneries en place,
  - Aucune pièce sera simplement posée sans dispositif de section. L'emploi de pièces faussées ou présentant un moment anormal est interdit,
  - Tous les vides qui se produiraient entre des pièces réputées jointives jusqu'au jour du bétonnage seront bourrés de mortier. Chaque semaine, l'entrepreneur visitera et, le cas échéant, resserrera tous les boulons,
  - L'entrepreneur sera tenu d'apporter à l'échafaudage, et à ses frais, les modifications qui seraient prescrites en cours de travaux par L'Administration dans l'intérêt de l'ouvrage définitif ou de la sécurité,
  - En outre le "chargé de l'échafaudage" devra personnellement inspecter l'échafaudage terminé, le faire modifier s'il y a lieu, et après en avoir reconnu la conformité au projet et aux prescriptions ci-dessus, donner au chantier l'autorisation écrite de mettre l'échafaudage en charge. En cas d'impossibilité de visite du "chargé de l'échafaudage" et sauf le cas de remplacement de celui-ci par un de ses supérieurs hiérarchiques, l'entrepreneur sera tenu de faire procéder à un contrôle

des études et de l'exécution de l'échafaudage par un contrôleur indépendant de son entreprise. Ces autorisations ne sauraient prévaloir sur les ordres éventuels du Maître d'Oeuvre.

#### 3.2.7.3 Contrôle des flèches et déformations

Les échafaudages et cintres ne devront subir de déformation préjudiciable au béton déjà mis en oeuvre ou à l'aspect de l'ouvrage et, dans tous les cas, les pièces devront avoir, après décintrement, les cotes prévues au projet.

Pour assurer les tassements et les déformations des échafaudages, des repères seront mis en place par l'entrepreneur en des points indiqués par L'Administration. Ces repères devront permettre d'opérer un nivellement précis qui sera effectué par l'entrepreneur, à ses frais et sous le contrôle de l'Administration.

#### 3.2.8 CIRCULATION AUTOUR DES PARTIES D'OUVRAGE

L'entrepreneur devra, à ses frais et donc compris dans les prix unitaires du bordereau, prévoir et garantir sur les cintres et coffrages l'accès et la libre circulation autour des parties d'ouvrages, en particulier autour des parties d'ouvrages, en particulier autour des tabliers, afin de permettre aisément la visite.

Des échafaudages et passerelles seront prévus, pour les épreuves des ouvrages (Voir 3.2.11 du présent CSDC-CT).

### **3.2.9 SURFAÇAGE DES TABLIERS**

#### Surfaçages

- L'extrados des tabliers des ouvrages devra être parfaitement « taloché lissé »
- Tous les trous (traces de bottes, de madriers, etc..) seront rebouchés par un matériau de ragréage tel défini ci-après :
  - trous de valeur  $h < 1$  cm : pas de ragréage,
  - trous de valeur  $1 \text{ cm} \leq h \leq 4 \text{ cm}$  : ragréage au mortier à liant résine époxydique avec plan de collage aux résines
  - trous de valeur  $h \geq 4 \text{ cm}$  : ragréage au micro-béton avec plan de collage aux résines.

Avant tout ragréage la surface de reprise sera repiquée pour élimination de la laitance et recherche d'arêtes vives.

#### Flaches

- A la règle de trois (3) mètres la flèche maximum admise sera égale ou inférieure à 1 cm.

En cas de flaches supérieurs à 1 cm, ceux-ci seront traités dans les mêmes conditions que les trous.

#### Saillies

- Les parties saillantes, à relief trop accentué, seront éliminées

Les saillies restantes ne devront pas dépasser 4 millimètres sur une règle de 20 centimètres.

### **3.2.10 DESSINS D'EXECUTION DES OUVRAGES - CALCULS JUSTIFICATIFS**

#### **3.2.10.1 Calculs justificatifs à fournir**

L'entrepreneur devra fournir les justifications :

- des matériaux constitutifs des ouvrages (béton, acier, armatures de précontrainte),
- du procédé de mise en place des éléments de la structure dans le cas de préfabrication,

- des processus de mise en tension des armatures de précontrainte, au cas où l'entreprise utilise un système de mise en précontrainte différent de celui prévu dans la note de calcul électronique, il aura à sa charge toutes les notes de calculs électronique, il aura à sa charge toutes les notes de calculs complémentaires jugées nécessaires par le maître-d'œuvre,
- des fondations,
- des cintres et autres ouvrages provisoires,
- des contre flèches à prévoir si les tabliers sont exécutés suivant une variante au dossier d'appel d'offres,
- de toute partie d'ouvrage stipulée dans l'article 3.2.10.1 du CPDC-CT.



CPDC-CT

Les frais résultant des justificatifs ci-dessus sont à la charge de l'entrepreneur et compris dans les prix unitaires du bordereau.

### 3.2.10.2 Délai de production des dessins d'exécution

Les délais de fournitures par l'entrepreneur des dessins d'exécution et de leurs justifications, ainsi que les délais de réponse de L'Administration pour ses observations sont précisés à l'article 11 du CPDC-CA.

### 3.2.10.3 Dessins d'exécution des ouvrages

#### 3.2.10.3.1 Dispositions générales

Les dessins d'exécution doivent définir de façon complète les ouvrages définitifs.

Ils devront préciser:

- Les frettages au droit des appareils d'appui,
- Les frettages derrière et autour des ancrages de précontrainte,
- Le recouvrement des armatures passives,
- Les armatures passives laissées en attente au droit des reprises de bétonnage,
- La distribution des joints de coffrage,
- Les dispositions envisagées en cas d'arrêt inopiné du bétonnage dans les différentes parties des ouvrages,
- La position et le détail des tubes de décharge des parties d'ouvrages en béton précontraint.

#### 3.2.10.3.2 Dispositions applicables aux armatures ordinaires (passives)

conformément au CDC-BET, chapitre 2

### 3.2.11 EPREUVES DES OUVRAGES D'ART

Tous les ouvrages subiront les épreuves telles qu'elles sont définies au chapitre V du titre II du fascicule 61 du Cahier des Prescriptions Communes Françaises.

Le programme détaillé des épreuves sera fixé par l'Administration sur proposition de l'Entrepreneur qui tiendra compte des caractéristiques exactes des véhicules dont l'Administration prévoit l'utilisation.

Ce programme sera établi suivant les prescriptions de l'article 20 du document cité précédemment.

Au moment des épreuves, l'âge des bétons sera au moins égal à quatre-vingt-dix (90 jours). l'Administration se réserve de fixer la date des épreuves.

Dans le cas où les tabliers des ouvrages sont exécutés suivant une variante au dossier d'appel d'offres, l'Entrepreneur devra établir à ses frais et présenter à l'Administration avant les épreuves des ouvrages, une note de calcul des flèches que seront susceptibles de prendre au milieu des portées, les ouvrages étant surchargés dans les conditions définies ci-dessus.

L'Entrepreneur devra fournir et installer à ses frais (donc compris dans ses prix unitaires), en se conformant aux prescriptions de l'Administration, les échafaudages et passerelles nécessaires pour visiter les différentes parties des ouvrages pendant les essais et pour mesurer les flèches.

Les véhicules de charges ainsi que les appareils de mesure et de contrôle seront fournis par l'Administration.

### 3.3 OUVRAGES EN BETON PRECONTRAIT

Les clauses du chapitre 3.2 ouvrages en béton et béton armé s'appliquent également aux ouvrages en béton précontraint.

#### 3.3.1 PROCEDES DE PRECONTRAINTE

Le système de précontrainte proposé par l'Entrepreneur est laissé à l'agrément de l'Administration qui pourra au cas où les essais précisés dans les articles suivants montreraient qu'une ou plusieurs des caractéristiques garanties par l'entrepreneur ne pourraient être atteintes, imposer à l'Entrepreneur le choix d'un autre système de précontrainte, sans que l'Entrepreneur ne puisse prétendre à aucune indemnité, les prix et les quantités du bordereau établis initialement par l'Entrepreneur étant conservés.

#### 3.3.2 ARMATURES DE PRECONTRAINTE

Les armatures de précontrainte devront être agréées par l'Administration.

##### 3.3.2.1 *Nature et caractéristiques à garantir*

Elles devront pour cela :

- être agréées en tant que telle par un organisme accrédité de leur pays d'origine,
- être conformes aux spécifications correspondant au procédé de précontrainte mis en oeuvre,
- avoir les caractéristiques, prévues au titre II du fascicule 4 du CPCF, garanties par le producteur (ces caractéristiques sont rappelées au titre du présent Cahier des Charges).

L'Entrepreneur joindra à son offre le texte de l'agrément ainsi que sa traduction en français s'il y a lieu.

L'Entrepreneur doit en outre joindre la liste complète des armatures qu'il compte mettre en oeuvre et, pour chaque type d'armature, les caractéristiques suivantes qu'il garantit :

1. la dénomination du type de l'armature
2. la désignation du ou des producteurs
3. la nature de l'acier, en particulier sa composition chimique et son mode d'élaboration ainsi que les traitements mécaniques, thermiques ou thermomécaniques du ou des composants de l'armature
4. les définitions géométriques de l'armature telles qu'elles sont précisées dans les articles 10-24-31 et 38 du titre II du fascicule 4 du CPCF

5. la densité de l'acier si celui-ci est allié
6. un diagramme tension-déformation des éléments constitutifs de l'armature (fil, toron ou barre). Ce diagramme sera tracé par points établis aux échelles suivantes :
  - tension : 1 cm pour 100 N/mm<sup>2</sup>
  - allongement relatif : 2 cm pour 1 % d'allongement
7. la totalité des caractéristiques géométriques, mécaniques et technologiques imposées, suivant les types d'armatures, par le titre II du fascicule 4 (rappelées ci-dessous), complétées par les valeurs caractéristiques moyennes de celles qui ne sont pas obligatoires. Les modes opératoires des essais sont ceux du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées Français. Ces caractéristiques sont énumérées plus bas.

Le bordereau définira la composition du lot, reproduira ou récapitulera les indications portées sur les étiquettes et explicitera les caractères sur lesquels porte la garantie du producteur.

Ce bordereau sera accompagné de deux (2) diagrammes « Effort-déformation » de première mise en tension des éprouvettes sur lesquels ont été observées les deux valeurs extrêmes de limite conventionnelle d'élasticité du lot de production dont fait partie le lot de livraison.

### *3.3.2.2 Conditions générales de livraison*

- suivant le mode de transport et de stockage, l'Administration imposera ou non l'emploi d'un enduit ou film protecteur,
- seuls les fils d'un diamètre inférieur ou égal à douze (12) mm peuvent être livrés en couronne. Le diamètre minimum de la couronne est de deux cent cinquante (250) fois le diamètre du fil.
- les barres doivent être livrées en fardeau homogène,
- les armatures doivent être livrées par lots d'un poids total ou plus égal à 50 tonnes, provenant d'un même coulée et ayant eu une fabrication identique,
- si les armatures devaient être amenées "préfabriquées" sur le chantier, l'Administration devra être avisée de la date et du lieu de leur confection au moins une (1) semaine à l'avance si le façonnage est effectué au Luxembourg et un (1) mois dans les autres cas, de façon à pouvoir procéder dans l'atelier de confection au prélèvement d'échantillon prévu dans le titre II du fascicule 4.

Chaque couronne, fardeau ou barre isolée doit porter, fixée par le producteur, une étiquette indiquant :

- la désignation de l'usine,
- la dénomination de la qualité garantie de l'armature,
- le numéro de la couronne ou de la barre,
- et si possible le numéro de la coulée exigé pour les fils et barres.

De plus, il sera soumis à l'Administration, pour chaque lot de livraison un bordereau de livraison qui précisera que le lot répond aux caractéristiques qui ont été garanties par l'Entrepreneur.

Le bordereau définira la composition du lot, reproduira ou récapitulera les indications portées sur les étiquettes et explicitera les caractères sur lesquels porte la garantie du producteur.

Ce bordereau sera accompagné de deux (2) diagrammes « Effort-déformation » de première mise en tension des éprouvettes sur lesquels ont été observées les deux valeurs extrêmes de limite conventionnelle d'élasticité du lot de production dont fait partie le lot de livraison.

#### *3.3.2.3 Essai de réception*

- que les aciers soient agréés et contrôlés pour chaque livraison, (quel que soit le nombre des lots composant cette livraison) il sera procédé sur chantier aux prélèvements des échantillons prévus aux articles 15-22-29- et 26 du titre II du fascicule 4 du CPCF,
- les essais correspondants seront exécutés par un laboratoire désigné par l'Administration

- les essais à entreprendre sont rappelés ci-après:

| <b>Caractéristiques géométriques</b> |      | <b>Fils ronds lisses</b>       | <b>Fils non ronds ou non lisses</b> | <b>Barres</b> | <b>Torons et câbles toronnés ou torsadés</b> |
|--------------------------------------|------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------|--|
| - diamètre nominal                   | LCPC | X                              |                                     | X             |  |
| - section nominale                   | LCPC |                                | X                                   | X             | X  |
| - constitution                       | LCPC | X                              | X                                   |               | X  |
| - poids au mètre linéaire            | LCPC |                                | X                                   | X             | X  |
| Par lots:                            |      |                                |                                     |               |  |
| Fils ronds lisses : 18               |      | Fils non ronds, non lisses: 18 |                                     | Barres: 30    |  |

| <b>Caractéristiques mécaniques</b><br>(cf titre II du fascicule 4 du CPC, article2)  |      | <b>Fils ronds lisses</b> | <b>Fils non ronds ou non lisses</b> | <b>Barres</b> | <b>Torons et câbles toronnés ou torsadés</b> |
|--|------|--------------------------|-------------------------------------|---------------|--|
| - résistance à la traction   | LCPC |                          |                                     |               |  |
| - R (contrainte)   | LCPC | X                        | X                                   | X             | X  |
| - Fr (force)   |      |                          |                                     |               |  |
| Limite conventionnelle d'élasticité  |      |                          |                                     |               |  |
| Torons : 12  |      |                          |                                     |               |  |
| Chaque spécimen provient de l'extrémité d'une couronne ou d'une barre différente et doit être de longueur suffisante pour permettre tous les essais de contrôle. |      |                          |                                     |               |  |

| <b>Caractéristiques mécaniques</b> |      | <b>Fils ronds lisses</b> | <b>Fils non ronds ou non lisses</b> | <b>Barres</b> | <b>Torons et câbles toronnés ou torsadés</b> |
|------------------------------------|------|--------------------------|-------------------------------------|---------------|--|
| - T (contrainte)                   | LCPC | X                        |                                     |               |  |
| - Ft (force)                       | LCPC |                          | X                                   | X             | X  |
| Allongement sur charge maximale    | LCPC |                          |                                     |               |  |

**CAHIER SPECIAL DES CHARGES, CLAUSES TECHNIQUES  
(CSDC-CT)**

|                          |             |                                |   |            |   |
|--------------------------|-------------|--------------------------------|---|------------|---|
| - A                      |             |                                |   |            |   |
| Coefficient de striction | LCPC        | X                              | X | X          | X |
| - Z                      |             |                                |   |            |   |
| Relaxation isotherme     | LCPC        | X                              | X | X          | X |
| à 1000 h:                | NF A 03 715 | X                              | X | X          | X |
| à 3 000 h:               | NF A 03716  | X                              | X | X          | X |
| Par lots:                |             |                                |   |            |   |
| Fils ronds lisses : 18   |             | Fils non ronds, non lisses: 18 |   | Barres: 30 |   |

**3.3.2.4 Conditions d'acceptation des lots**

Fils ronds lisses:

Le lot est accepté si les conditions suivantes sont vérifiées:

- toutes les valeurs des caractères géométriques sont à l'intérieur des tolérances sur les valeurs nominales,
- pour chacun des caractères R, T, A, Z, N, la valeur moyenne diminuée de 1,9 fois l'écart-type des 18 résultats est supérieure à la valeur garantie
- pour le caractère (n) de résistance à la torsion alternée, la moyenne diminuée de 1,9 fois l'écart-type des 18 résultats est supérieure à la valeur garantie.

Fils non ronds ou non lisses:

Le lot est accepté si les conditions suivantes sont vérifiées:

- toutes les valeurs des caractères géométriques sont à l'intérieur des tolérances sur les valeurs nominales,
- pour chacun des caractères Fr, Ft, A, Z, N, la valeur moyenne diminuée de 2,5 fois l'écart-type des 18 résultats est supérieure à la valeur garantie.

*Barres*

Le lot est accepté si les conditions suivantes sont vérifiées :

- toutes les valeurs des caractères géométriques sont à l'intérieur des tolérances sur les valeurs nominales,

- pour chacun des caractères Fr, Ft, A, Z, la valeur moyenne diminuée de 2,25 fois l'écart-type des 30 résultats à la valeur garantie,

- pour le caractère KCV, la valeur moyenne diminuée de 1,7 fois l'écart type de 30 résultats est supérieure à la valeur garantie

Torons:

Le lot est accepté si les conditions suivantes sont vérifiées:

- toutes les valeurs des caractères géométriques sont à l'intérieur des tolérances sur les valeurs nominales,

pour chacun des caractères Fr, Ft, A, Z, la valeur moyenne diminuée de 2,8 fois l'écart-type des 12 résultats est supérieure à la valeur garantie.

| Caractéristiques technologiques  |             | Fils ronds lisses | Fils non ronds ou non lisses | Barres | Torons et câbles toronnés ou torsadés |
|----------------------------------|-------------|-------------------|------------------------------|--------|---------------------------------------|
| Absence de défaut                | LCPC        | X                 | X                            | X      | X                                     |
| Absence de soudure               | LCPC        | X                 | X                            | X      | X                                     |
| Pliage alterné N                 | LCPC        | X                 | X                            |        |                                       |
| Torsion alterné n                | NF A 03 161 | X                 | X                            | X      |                                       |
| Résilience KCV                   | LCPC        |                   | X                            |        |                                       |
| Longueur d'adhérence             | LCPC        |                   |                              | X      | X                                     |
| Coefficient d'adhérence nA et nO |             |                   |                              |        |                                       |

| <b>Caractéristiques mécaniques</b>            |   | <b>Fils ronds lisses</b> | <b>Fils non ronds ou non lisses</b> | <b>Barres</b> | <b>Torons et câbles toronnés ou torsadés</b> |
|---|---|--------------------------|-------------------------------------|---------------|--|
| Fatigue par traction ondulée                  | LCPC  | X                        | X                                   | X             | X  |
| Résistance à la corrosion par tension         | LCPC  |                          | X                                   | X             | X  |
| Aptitude au boutonnage ou refoulement à froid | LCPC  | X                        |                                     | X             |  |
| Nombre d'essais:                              | Par lots:<br>Fils ronds lisses: 18    Fils non ronds, non lisses: 18    Barres: 30    Torons:12 |                          |                                     |               |  |

Pour tous les types d'armatures:

Si l'un des caractères mécaniques ou technologiques ne satisfait pas aux conditions indiquées le lot sera refusé.

Si l'une quelconque des valeurs des caractères géométriques ne satisfait pas aux conditions imposées, les caractères géométriques seront vérifiés sur toutes les couronnes. Toutes les couronnes dont les caractères géométriques sont hors des tolérances seront rebutées.

### *3.3.2.5 Stockage des aciers de précontrainte*

Les aciers de précontrainte et les gaines seront protégés pendant le transport, la manutention et le stockage.

Les armatures de précontrainte doivent être stockées dans un local fermé afin d'éviter l'oxydation.

Les couronnes les plus basses, posées sur madriers croisés, doivent se trouver au moins à 30 cm du sol. On doit prévoir le tassement du sol sous la charge.

Les couronnes doivent être rangées en piles correspondant aux différents lots de fabrication et soigneusement étiquetées à l'usine pour permettre l'identification de ces lots. Il est rigoureusement interdit de composer des câbles avec des fils provenant de lots différents.

Hormis le cas où le chantier serait approvisionné avec un seul lot, il faut repérer quels câbles sont confectionnés avec les différents lots.

Les prescriptions du § CSDC-CT 3.3.2.2 concernant la présentation des armatures lors de leur réception, sont également applicables. L'état de surface des aciers sera toujours examiné avant usage. En particulier, après une longue durée de stockage sur chantier, afin de s'assurer que ces

aciers ne présentent pas d'altération nuisible. Si l'Administration l'estime nécessaire, l'Entrepreneur fera procéder à des essais de vérification.

La surface des fils ne doit présenter aucun défaut tels que les repliures, arrachements, rayures, stries, etc.

De plus, pour les armatures, l'Administration pourra exiger, selon les circonstances, une protection par une matière spéciale, par exemple huile soluble anticorrosive pour les fils torons isolés, éventuellement renouvelée à intervalles déterminés.

La durée et les conditions de stockage des aciers de précontrainte et des gaines devront être soumises à l'agrément de l'Administration.

### 3.3.3 GAINES DES ARMATURES DE PRECONTRAINT

#### 3.3.3.1 Nature et caractéristiques des gaines

Les gaines devront:

- être métalliques,
- être conformes aux caractéristiques du procédé de précontrainte,
- avoir été agréées par un organisme accrédité.

De plus, elles seront soumises à l'agrément de l'Administration.

L'Entrepreneur devra fournir la valeur des coefficients de frottement en ligne et en courbe que l'on doit attendre à la mise en tension.

L'Administration peut faire procéder sur chantier à des essais afin de mesurer ces coefficients.

#### 3.3.3.2 Mise en place des gaines

La position réelle de l'armature sera supposée définie par l'axe de la gaine. La position réelle de l'armature ne devra être éloignée de plus de 5 mm dans n'importe quelle direction par rapport à la position théorique indiquée sur les plans d'exécution. Au cas où le jeu de l'armature dans sa gaine serait supérieur à 8 mm, il sera tenu compte du jeu réel pour déterminer la position de la gaine (le jeu est égal à la moitié de la différence entre le diamètre intérieur de la gaine et le diamètre de l'armature).

#### 3.3.3.3 Stockage des gaines

Voir 3.3.2.5

### 3.3.4 LUBRIFIANTS POUR CABLES DE PRECONTRAINT

Le lubrifiant éventuellement ajouté pour faciliter le glissement des câbles à fils parallèles dans la gaine au moment de la mise en tension sera une huile anticorrosive soluble.

Ce lubrifiant, huile anticorrosive soluble, pourra être utilisé pour protéger les aciers après mise en tension en cas de temps froid.

Il devra être agréé par l'Administration et être accompagné d'un certificat de garantie indiquant l'origine et le nom du fabricant.

### 3.3.5 CORPS D'ANCRAGE

Ils doivent:

- être conformes aux caractéristiques du procédé de précontrainte,
- avoir été agréés par un organisme accrédité

L'Entrepreneur doit préciser les types de dispositifs d'ancrage et de rabouillage (coupleur) dont il propose l'emploi particulier, leur provenance, leur type et si besoin les références d'emploi.

Les ancrages et rabouillages (coupleurs) devront résister sans déformation, ni dommage, à l'effort de rupture garanti de l'armature qu'ils équipent.

L'Entrepreneur doit préciser l'acier employé pour les ancrages et rabouillages (coupleurs) ainsi que les caractéristiques mécaniques de l'acier. L'acier devra être conforme à celui défini au procédé de précontrainte choisi par l'Entrepreneur et agréé par l'Administration.

L'Administration peut faire procéder à des essais de composition de l'acier, de résistance et de contrôle de fabrication en usine et sur le chantier.

Tout ancrage ou rabouillage (coupleur) exécuté avec un acier autre que celui prescrit au procédé de précontrainte, ou présentant aux essais de résistances différentes de celles prescrites ou présentant des tolérances de fabrication hors normes sera rebuté.

### 3.3.6 MISE EN ŒUVRE DES ARMATURES DE PRECONTRAINTÉ (ARMATURES ACTIVES)

#### 3.3.6.1 Dispositions générales

Les armatures de précontrainte devront être conformes aux prescriptions de l'article CSDC-CT 3.3.2.2. La mise en oeuvre des armatures de précontrainte sera faite conformément aux dispositions des articles 10-12 et 13 de la directive provisoire sur l'exécution des ponts en béton précontraint complétées par les prescriptions ci-après:

- l'emploi de gaines est obligatoire
- l'Entrepreneur soumettra à l'agrément de l'Administration l'atelier de fabrication des armatures de précontrainte,

- l'emploi de fils pliés est interdit,
- si l'Entrepreneur utilise pour la coupe des armatures des machines à tronçonner à la meule, celles-ci ne devront provoquer ni déformations, ni bavures qui risqueraient de détériorer ou d'abîmer les gaines au cours de la mise en tension. Dans le cas d'emploi du chalumeau pour le même usage, la partie d'acier altérée par la flamme ne devra pas dépasser cinq (5) millimètres de part et d'autre de la coupure,
- dans le cas où il serait nécessaire d'enduire les fils des câbles parallèles d'une pellicule d'huile soluble destinée à faciliter le glissement des câbles dans leur gaine, la partie extrême des câbles devra être exempte de tout lubrifiant sur une longueur de deux (2) mètres au moins; le lubrifiant sera conforme aux prescriptions de l'article CSDC-CT 3.3.4.

Les conditions de stockage sont définies à l'article CSDC-CT 3.3.2.5

### *3.3.6.2 Mise en place des armatures de précontrainte*

- les câbles seront mis en place dans les coffrages parfaitement réglés au préalable. On laissera les câbles prendre entre leurs extrémités leur figure d'équilibre sous leur propre poids. Ils seront ensuite fixés en leurs points extrêmes et aux supports intermédiaires prévus à cet effet.
- la position des armatures sera assurée dans les coffrages par des fixations suffisamment rigides et rapprochées pour éviter tout déplacement avant et pendant le bétonnage et résister aux efforts provoqués notamment par le déversement du béton et la vibration interne ou externe.

Les supports de réglage des armatures abandonnés dans le béton devront être indiqués sur les plans d'exécution. Leur espacement sera justifié en fonction de la rigidité propre de la gaine et si cela est possible de l'armature elle-même (cas de barres).

- les fixations ne devront pas être espacées de plus de 1,00 mètre dans les alignements droits et de 0,50 m dans les parties courbes.
- il sera apporté un soin particulier à l'orientation correcte des extrémités des câbles. L'axe du câble devra être parfaitement rectiligne et occuper exactement sa position théorique par rapport au corps d'ancrage.

On devra particulièrement veiller à la bonne fixation des corps d'ancrage sur les coffrages qui devront être suffisamment rigides pour éviter toute cassure du tracé du câble vers le corps d'ancrage, au moment du bétonnage.

- l'étanchéité des gaines sera soigneusement vérifiée avant bétonnage, notamment aux raccordements de deux éléments et aux jonctions avec les événements d'injection. Toute gaine présentant un défaut pouvant mettre en cause son étanchéité sera immédiatement remplacée;
- les gaines ne doivent pas être déformées (pincées, écrasées, etc.). Elles ne doivent, en aucun cas, être susceptibles de laisser pénétrer la laitance du ciment aux jonctions des tronçons successifs ou aux ancrages;
- si les câbles ne sont pas en place lors du bétonnage, on prévoira pour les gaines souples un remplissage par mandrins de caoutchouc pour les raidir;

- des événements doivent être ménagés aux changements de sections éventuels ainsi qu'aux points hauts et aux points bas,
- tous les orifices ménagés aux extrémités ou dans la section courante de la gaine, seront provisoirement obturés pour éviter toute entrée d'eau jusqu'à la mise en tension,
- le bétonnage ne pourra avoir lieu qu'après vérification des armatures mises en place et sur ordre de l'Administration;
- après bétonnage on devra vérifier que les armatures coulissent librement dans les gaines. L'Entrepreneur devra prévoir la présence d'un vérin pour débloquer le câble en cas de besoin.

### *3.3.6.3 Ancrages des armatures de précontrainte*

Les ancrages des armatures de précontrainte devront être conformes aux prescriptions de l'article CSDC-CT 3.3.5.

- Ancrages par adhérence

Les ancrages par adhérence d'armature de précontrainte noyés dans le béton, dits "ancrages fixes" tels, par exemple, que des fils recourbés ou épanouis, doivent donner lieu à des essais déterminant leurs conditions d'utilisation.

- Ancrages par dispositifs spéciaux

Les dispositifs d'ancrages des armatures de précontrainte doivent être agréés, conformément aux directives internationales établies par la Fédération Internationale de la Précontrainte. A défaut d'agrément, le Constructeur doit fournir toutes justifications susceptibles de garantir le comportement correct des ancrages, ainsi que la permanence de la précontrainte.

Les ancrages préfabriqués en béton ou en acier doivent pouvoir résister aux efforts des armatures de précontrainte dans l'état limite ultime avec le même coefficient de sécurité que celui des autres éléments de la construction.

L'agrément doit préciser notamment les conditions exactes d'utilisation du dispositif d'ancrage, la résistance minimale du béton autour des ancrages, le fretage de ces zones, ainsi que les intervalles et enrobages minimaux à respecter.

### *3.3.6.4 Jonction des armatures de précontrainte*

Si des jonctions d'armatures de précontrainte sont nécessaires, elles doivent être réalisées conformément aux conditions d'agrément du système utilisé. A défaut d'agrément, le constructeur doit fournir toutes justifications susceptibles de garantir l'efficacité et le comportement correct de ces jonctions.

### *3.3.6.5 Mise en tension des armatures de précontrainte*

#### 3.3.6.5.1 Programme de mise en tension

La mise en tension des armatures de précontrainte s'effectuera suivant les modalités définies par un programme présenté par l'Entrepreneur et approuvé par l'Administration.

Ce programme précisera les points suivants:

1. Rappel des résultats relatifs au béton d'essai,
2. Composition du béton employé,
3. Vérification de la qualité du béton au moment de la mise en précontrainte

Les résultats des mesures sur les éprouvettes de flexion-traction et compression seront connus et communiqués à l'Administration ou son représentant avant toute mise en tension des câbles. Si les caractéristiques minima demandées pour le béton ne sont pas atteintes, la mise en précontrainte sera différée.

Pour le calcul du temps d'attente on pourra admettre une variation linéaire de la résistance du béton dans le temps, dans le seul cas du durcissement naturel à l'air libre.

4. Ordre de mise en tension des armatures en précisant les contraintes maximum dans le béton en tenant compte de la force réelle des armatures à leur mise en tension (les pertes par fluage et retrait du béton, la relaxation de l'acier ne sont pas à prendre en compte).
5. Rappel des caractéristiques des aciers et armatures employés

Les valeurs maximales de la contrainte des aciers, lors de la mise en précontrainte sont limitées, d'une part, par les prescriptions des fiches d'agrément des procédés de précontrainte, d'autre part à la contrainte caractéristique de déformation garantie des fils ou torons utilisés.

6. Calcul théorique des allongements maxima de chaque armature de précontrainte.

Ce calcul sera fait à partir des données de bas suivante:

\* diagramme tension-déformation des éléments constitutifs de l'armature (fil, toron, ou barre) fourni par le fabricant. Ce diagramme tracé par point sera établi aux échelles suivantes:

- tension 1 cm pour 100 MN/m<sup>2</sup>
- allongement relatif 2 cm pour 1% d'allongement

Il sera fourni un diagramme tension déformation par lot de fabrication.

Ce diagramme comportera au minimum une montée en tension jusqu'à une valeur permettant un allongement relatif de 1% (un pour cent) minimum et une descente.

La valeur de la tension caractéristique sera clairement indiquée sur ce diagramme.

7. Coefficients de frottement indiqués dans l'agrément du système de précontrainte

Pour effectuer les calculs, l'armature sera divisée en tronçons ( au moins 10 tronçons par armature) l'allongement de chacun des tronçons correspondant à la valeur de sa tension moyenne. Le programme indiquera les valeurs extrêmes des allongements correspondant à la variation.

8. Traction, coefficient de frottement admis par l'agrément, maximum à exercer à chacune des extrémités de l'armature.

9. Mesure des tensions et des allongements des armatures. Par groupe d'armatures identiques et au moins pour une armature sur cinq, les mises en tension seront faites de manière à vérifier la valeur des coefficients de frottement (ou tout au moins du coefficient de transmission global d'une extrémité à l'autre de l'armature).

10. Mesures des déformations de l'ouvrage au fur et à mesure de la mise en précontrainte. Le calcul théorique des déformations sera fait en prenant pour valeur de la force de précontrainte, la valeur minimum le long de l'armature au moment de la mise en tension et pour coefficient d'élasticité du béton la valeur.

$$E = 7900 \sqrt{R_o}$$

$R_o$  étant la résistance à la compression du béton mesurée sur éprouvettes cubique 20 x 20 cm immédiatement avant la mise en précontrainte.

E et  $R_o$  sont exprimés en Meganewtons par mètre carré.

Les mesures des allongements des armatures et des contreflèches prises par éléments pendant la mise en tension seront effectuées avec une précision égale au millimètre. Les valeurs maximales de la contrainte des aciers lors de la mise en tension seront inférieures à la contrainte caractéristique de déformation sauf autorisation de l'Administration.

#### 3.3.6.5.2 Vérifications préliminaires à toute mise en tension

- En ce qui concerne le béton:

Des essais d'information sur éprouvettes en béton, conservées sur le chantier, justifieront avant toute mise en tension que les résistances prévues sont atteintes.

- En ce qui concerne l'armature:

Chaque armature doit pouvoir, en un point quelconque de sa longueur, se déplacer librement.

- En ce qui concerne l'appareillage utilisé dans les opérations de mise en tension:

L'Administration vérifiera son bon état. De plus, la précision (manomètre, dynamomètre) devra être vérifiée avant chaque campagne de mise en tension. Les erreurs d'étalonnage ne doivent pas dépasser  $\pm 3\%$ .

L'Administration peut exiger, à l'occasion des mises en tension, des mesures concernant: les pertes de tension dans les vérins, la détermination du module d'élasticité réel du câble et les coefficients effectifs de perte correspondant aux courbures et aux dérivations parasites.

#### 3.3.6.5.3 Mesure à effectuer lors de la mise en tension

- la mise en tension doit être effectuée à vitesse modérée (2 à 3 mm d'allongement par minute)
- les mesures à effectuer lors de la mise en tension seront fixées par l'Administration sur proposition de l'Entrepreneur en fonction du système de précontrainte.

Ces mesures devront notamment permettre de tracer le diagramme des allongements de l'armature en fonction de la pression au manomètre. Elles seront effectuées au minimum à chaque palier de 30 MN/m<sup>2</sup> et évidemment à la pression finale. La mesure initiale (allongement origine) sera effectuée à 10 MN/m<sup>2</sup>.

S'il y a lieu, la rentrée des cônes et des armatures sera notée.

Les résultats de toutes ces mesures devront être portés sur un carnet qui portera pour chaque mise en tension : le numéro de l'ouvrage, le numéro du câble, la date, l'ordre de mise en tension, l'allongement théorique à atteindre et la pression correspondante. Les résultats effectifs seront portés en regard des résultats théoriques.

#### 3.3.6.5.4 Ecart avec les résultats théoriques

Aucun écart de plus de cinq pour cent (5%) entre les valeurs théoriques et les valeurs calculées pour l'allongement sous pression théorique et pour la pression sous allongement théorique ne sera admis sans l'agrément de l'Administration. Celle-ci pourra entre autre exiger la détente du câble suivie de toutes les mesures nécessaires pour expliquer l'anomalie.

S'il se produit une rupture d'un ou de plusieurs fils et si l'élément comporte un grand nombre de fils à mettre en tension, l'on devra atteindre. L'effort total de précontrainte prévu, sans toutefois que l'effort dans un fil élémentaire puisse augmenter de plus de 5%. Dans le cas inverse l'armature devra être changée.

#### 3.3.6.5.5 Coupe des fils et cachetage des ancrages

Après mise en relation, les armatures de précontrainte seront éventuellement coupées à la longueur convenable et repliées, suivant le procédé de précontrainte utilisé.

On exécutera ensuite un cachetage au mortier, tout en réservant un trou pour le logement de la lance d'injection. La surface sur laquelle est appliquée le mortier de cachetage devra avoir été préalablement repiquée.

Le mortier pour cachetage des extrémités de câbles de précontrainte sera dosé à 600 kg de ciment par m<sup>3</sup> de mortier mis en oeuvre. Il ne devra contenir aucun produit susceptible d'attaquer l'acier. Il devra notamment être exempté de chlorure de calcium et de laitier, ou de générateur d'hydrogène, tels que la poudre d'aluminium.

### 3.3.7 INJECTION DES GAINES DES OUVRAGES EN BETON PRECONTRAIT

#### 3.3.7.1. Normes

EN 446:1996, Coulis pour câbles de précontrainte, Procédures d'injection de coulis

EN 447:1996, Coulis pour câbles de précontrainte, Prescriptions pour les coulis courants

#### 3.3.7.2. Nature des matériaux et composition du mélange

##### Ciment

Sont à utiliser exclusivement des ciments Portland (CEM I) spécialement prévus pour travaux d'injection. Cette caractéristique doit être mentionnée sur les sacs resp. la fiche technique accompagnant le ciment. Il est fourni en sacs de 25 ou de 50 kilogrammes et est stocké à l'abri de l'humidité dans un local clos jusqu'au moment de son utilisation.

Le ciment doit en plus être conforme à la Norme Européenne EN 197-1:1989, Ciments – Composition, spécifications et critères de conformité – Partie 1: Ciments courants.

##### Adjuvant

Les adjuvants utilisés sont : fluidifiants, réducteurs de retrait, retardateurs de prise. Ils seront exempts de chlorures, sulfures et nitrates. Ils devront avoir fait l'objet d'une certification pour coulis d'injection. Avant la fourniture sur chantier leur compatibilité avec le ciment utilisé doit être prouvée. Ils sont conditionnés en sachets prédosés pour un ou deux sacs de ciment.

##### Eau

L'eau de gâchage sera de l'eau potable. Au cas où une eau provenant d'une rivière ou d'un puits est utilisée, il est à prouver qu'elle ne provoque pas la corrosion des câbles de précontrainte et qu'elle n'influence pas la prise du coulis. La teneur en chlorures de l'eau de gâchage doit être inférieure à 250 mg Cl<sup>-</sup> par litre.

##### Sables et éléments fins

Formellement interdits

##### Rapport eau/ciment

Le rapport E/C maximal est de 0,44

### **3.3.7.3. Essai de convenance**

Avant tout travail d'injection, un essai de convenance est à réaliser en présence du laboratoire des Ponts et Chaussées. Il aura lieu sur le chantier au plus tôt 7 jours et au plus tard 24 heures avant le début des injections avec le matériel de malaxage utilisé pour les injections. La date prévue pour cet essai est à communiquer au Laboratoire au moins 3 jours à l'avance.

L'essai de convenance comprend :

- Inspection du matériel de malaxage et d'injection
- Mesure de la température ambiante
- Mesure de la température du ciment et de l'eau
- Confection d'une gâchée d'au moins 100 kg de ciment (en fonction de la capacité du malaxeur)
- Détermination du temps de malaxage nécessaire pour une homogénéisation optimale du mélange
- Mesure de la température du coulis à la fin du malaxage, ainsi qu'après 15 et 30 minutes.
- Mesure de la fluidité au cône de Marsh (méthode L.C.P.C.) à la fin du malaxage, ainsi qu'après 15 et 30 minutes. En fonction de la longueur des gaines, des mesures après 45 minutes peuvent être nécessaires.
- Mesure de l'exsudation après 3 heures sur 3 éprouvettes (méthode L.C.P.C.)
- Mesure du retrait/gonflement après 24 heures sur 3 éprouvettes (EN 447: 1996)
- Confection de 3 éprouvettes pour essai à la compression à 7 et à 28 jours (EN 447: 1996)
- Prélèvement d'un échantillon de ciment de 10 kg pour essais au laboratoire suivant EN 196

Les éprouvettes destinées au contrôle de l'exsudation, du retrait et de la résistance à la compression sont à conserver à une température entre 15 et 22°C. A cette fin l'entreprise mettra à la disposition du Laboratoire un local de chantier équipé d'un chauffage avec thermostat.

L'autorisation pour le début des injections ne sera accordée par la Direction des Travaux qu'au vu de résultats satisfaisants des essais de convenance.

### **3.3.7.4. Essais de contrôle au cours de l'exécution**

L'entreprise communiquera au laboratoire des Ponts et Chaussées la date et l'heure du début des travaux d'injection.

Par journée d'injection les essais suivants sont à réaliser :

- Mesure de la température ambiante une fois toutes les deux heures
- Mesure de la température du ciment et de l'eau lors du début des travaux

- Mesure de la température du coulis dans le malaxeur une fois toutes les deux heures
- Mesure de la température du coulis à la sortie de chaque gaine
- Mesure de la fluidité au cône de Marsh (méthode L.C.P.C.) du coulis sortant du malaxeur une fois toutes les deux heures.
- Mesure de la fluidité au cône de Marsh (méthode L.C.P.C.) à la sortie de chaque gaine.
- Mesure de l'exsudation après 3 heures sur minimum 3 éprouvettes réparties sur la journée d'injection (méthode L.C.P.C.)
- Mesure du retrait/gonflement après 24 heures sur minimum 3 éprouvettes réparties sur la journée d'injection (EN 447: 1996)
- Confection de minimum 3 éprouvettes pour essai à la compression à 7 et à 28 jours (EN 447: 1996). Les éprouvettes sont à répartir sur la journée d'injection.
- Prélèvement d'un échantillon de ciment de 10 kg pour essais au laboratoire suivant EN 196
- Prélèvement d'un échantillon d'adjuvant de minimum 500 gr pour d'éventuels essais ultérieurs au laboratoire.

#### **3.3.7.5. Résultats exigés**

Température ambiante : voir chapitre 3.3.7.6.7. « Injection par temps froid ou par temps chaud » du présent CSDC-CT

Température du coulis : La température du coulis ne doit en aucun moment être supérieure à 30° C. En cas d'injection par temps froid voir chapitre CSDC-CT 3.3.7.6.7.

Fluidité au cône de Marsh : A la fin du malaxage ainsi qu'à la sortie des gaines le temps de l'écoulement au cône de Marsh doit être compris entre 13 et 25 secondes. A l'intérieur de ces limites la fluidité est à choisir en fonction du diamètre et de la longueur des gaines, ainsi que des températures.

Exsudation : La quantité d'eau exsudée à la surface du coulis après 3 heures ne doit pas dépasser 2% du volume du coulis.

Retrait/gonflement : Le retrait resp. le gonflement après 24 heures ne doivent pas dépasser 2%. Au bout de 28 jours l'eau éventuellement ressuée doit être absorbée complètement par le coulis.

Résistance à la compression : La moyenne des valeurs de résistance à la compression à 28 jours doit être supérieure à 30 N/mm<sup>2</sup>, aucune valeur individuelle ne doit être inférieure à 27 N/mm<sup>2</sup>.

En cas d'interprétation des résultats à partir des valeurs à 7 jours, ces valeurs doivent être égales ou supérieures à 90% des valeurs demandées à 28 jours.

### 3.3.7.6 Injection des gaines de précontrainte

Les opérations de préparation et d'injection seront faites conformément aux dispositions de la Directive provisoire sur les injections des gaines des ouvrages en béton précontraint de Mars 1973.

#### 3.3.7.6.1 Généralités

- l'injection des gaines est obligatoire
- l'attention de l'Entrepreneur est attirée sur le fait que tout le matériel de malaxage et d'injection doit être sévèrement vérifié avant le début des travaux de préparation du coulis et d'injection des gaines.

L'installation de malaxage doit être équipée d'un compteur à eau. Le dosage de l'eau doit se faire de manière automatique et conf. à la précision de dosage définie à l'article 3.3.7.6.5.

L'Administration se réserve le droit de procéder à sa propre vérification du matériel de l'Entrepreneur et d'interdire toute injection si ce matériel n'est pas satisfaisant.

Par ailleurs, l'Entrepreneur est tenu de prévoir des matériels de rechange qui seront énumérés sous la rubrique "MATÉRIEL DE SECOURS" du bordereau des prix.

- l'opération d'injection des câbles ne pourra avoir lieu qu'avec l'accord de l'Administration, et après contrôle des opérations de mise en tension. Elle sera effectuée au moyen d'un système de pompe agréé par l'Administration.
- l'opération d'injection sera effectuée le plus tôt possible et au plus tard huit (8) jours après la mise en tension: elle devra être exécutée en présence d'un représentant de l'Administration
- le produit d'injection devra être agréé par l'Administration
- l'attention de l'Entrepreneur est attirée sur le danger de fausse prise que font courir les températures élevées.

#### 3.3.7.6.2 Events – Purges

Des événements aux points haut et bas du tracé de câble sont indispensables.

Les événements et les purges éventuelles devront pouvoir résister à une pression minimale de 2 MN/m<sup>2</sup>. Les diamètres intérieurs minimum seront de 10 mm pour les événements et de 15 mm pour les purges.

### 3.3.7.6.3 Préparation des gaines et des câbles avant injection

Si les armatures ont été protégées par de l'huile soluble, les câbles seront lavés par circulation d'eau propre (eau potable). Un lavage des gaines est aussi nécessaire en cas de températures élevées (humidification des armatures et des gaines pour éviter des bouchons par déshydratation).

Le lavage sera interrompu lorsque l'eau sortant à l'extrémité opposée du câble sera parfaitement claire. Le lavage sera suivi d'un soufflage efficace à l'air comprimé.

Le soufflage des gaines est de rigueur, même s'il n'y a pas eu de lavage préalable.

Les différentes purges et évènements seront fermés successivement un par un, en commençant par celui situé le plus près de l'entrée de l'air comprimé.

Les deux opérations de lavage et de soufflage seront conduites de façon systématique et sous le contrôle du responsable de l'entreprise ayant pour mission l'injection et de l'Administration. Les gaines lavées puis soufflées seront repérées afin d'éviter des omissions.

De plus, ces opérations permettront de contrôler le libre passage probable du coulis, la tenue des cachetages sous pression et de mettre en évidence les communications éventuelles entre gaines.

### 3.3.7.6.4 Propriétés du coulis d'injection à base de ciment

Les natures et les propriétés des éléments constitutifs du coulis et les propriétés du coulis sont définies au CSDC-CT 3.3.7 qui énumèrent les essais d'étude et de contrôle à réaliser.

On veillera particulièrement à éviter le phénomène de fausse prise, à limiter l'exsudation du coulis et adapter la fluidité du coulis au type d'injection à réaliser.

### 3.3.7.6.5 Préparation du coulis d'injection

Les moyens disponibles sur le chantier doivent permettre de doser avec précision les différents matériaux à mettre en oeuvre, le ciment livré en sac de 25 kg ou de 50 kg, l'adjuvant prédosé correspondant à un sac de ciment ou à une gâchée, l'eau mesurée avec un doseur muni d'un compteur à eau.

- la précision des dosages devra être de : 2% sur le poids du ciment

: 1% sur le poids de l'eau

- l'ordre d'introduction des divers composants dans le malaxeur devra suivre strictement celui qui est défini dans la formule de composition des coulis.

En particulier, en ce qui concerne l'ordre d'introduction des adjuvants, on respectera soigneusement les indications du fabricant ou de la formule. Dans le cas contraire, il peut se produire des phénomènes de fausse prise, ou un effet opposé à celui qui était attendu.

- le mélange manuel est interdit

- le mélangeur ou malaxeur doit produire un coulis à consistance homogène et colloïdal, en dispersant et défloculant parfaitement le ciment. Le malaxeur sera de préférence du type à "hélices".
- pour des gâchées de l'ordre de 150 kg de ciment la puissance du moteur sera d'au moins 2 CV
- la vitesse de rotation du malaxeur (à hélice par exemple) pendant le malaxage sera de l'ordre de 1 500 tours/mn, ce facteur influence de façon prépondérante la fluidité et l'exsudation).
- le malaxeur comprendra en outre des dispositifs de tamisage du ciment avant introduction dans la cuve, et du coulis (maille à 2 mm) avant son passage dans la pompe d'injection ou dans la cuve d'attente. Les tamis ont pour objet d'arrêter les éléments et les grumeaux susceptibles d'entraîner des bouchons dans les gaines.

Le temps de malaxage sera déterminé par les essais de convenance (CSDC-CT 3.3.7.3). Il sera scrupuleusement respecté pour ne pas risquer d'entraîner une élévation trop importante de la température du coulis. Pour les malaxeurs à hélices, il ne dépassera pas 8 minutes. La température du coulis ne devra pas s'élever de plus de trois (3) degrés Celsius durant l'opération de malaxage.

Après le mélange, le coulis sera maintenu continuellement en mouvement jusqu'à injection. Par exemple, dans une cuve où il sera soumis à une agitation lente ou dans tout autre dispositif ne risquant pas de provoquer un échauffement du coulis (vitesse de l'agitateur entre 60 et 160 tours/mn).

Le coulis récupéré à la sortie des gaines ne sera pas utilisé pour l'injection de la gaine suivante.

En cas d'attente prolongée, due à un incident, on effectuera, avant toute injection du coulis, une nouvelle mesure de fluidité.

- la température du coulis d'injection ne devra pas dépasser trente (30) degrés Celsius. Pour cela, l'Entrepreneur devra limiter les quantités de mortier mis en oeuvre à chaque opération, limiter la durée du malaxage et si besoin prévoir la réfrigération de la cuve contenant le mortier d'injection.

### 3.3.7.6.6 Opération d'injection du coulis

Les opérations de contrôle du coulis seront effectuées suivant les prescriptions de l'article 3.3.7.4.

L'opération d'injection ne devra être commencée que lorsque toutes les conditions nécessaires à sa bonne exécution seront assurées à savoir:

- le personnel compétent et en nombre suffisant disponible,
- matériel au complet, en bon état et prêt à fonctionner
- ciment, adjuvant et eau près du malaxeur,
- eau sous pression et air comprimé disponible en permanence pendant l'injection (l'eau sous pression sera obtenue par une pompe différente de celle prévue pour l'injection du coulis),
- événements préparés, repérés et en état d'être utilisés,
- l'injection ne sera commencée qu'après autorisation de l'Administration,

- la température du coulis doit rester inférieure à trente (30) degrés Celsius,
- l'injection doit être effectuée dans les plus courts délais possible après la mise en tension des armatures
- le procédé d'injection doit permettre d'obtenir un remplissage total de la gaine ou du canal et un enrobage complet des armatures. Pour s'en assurer, on devra comparer le vide volumétrique à remplir par le coulis d'injection à la quantité de coulis réellement injectée.
- la pompe d'injection doit être munie d'un manomètre robuste indiquant la pression à  $\pm 0,1 \text{ MN/m}^2$ , d'un dispositif de sécurité évitant les surpressions et doit être calibré à la pression maximale autorisée soit  $1,8 \text{ MN/m}^2$ . La pression d'injection est fonction du type de précontrainte sans que cette pression puisse dépasser  $1,5 \text{ MN/m}^2$
- une vanne de dérivation, située entre la pompe et la pipe d'injection sera mise en place pour permettre les prélèvements de coulis à la sortie de pompe et de réaliser la décompression dans la tuyauterie de refoulement (transfert de la tuyauterie d'injection d'un câble à l'autre, intervention en cas d'anomalie etc.)
- la liaison de la buse d'injection au canal à injecter doit être hermétique pour éviter des entraînements d'air
- l'injection doit être faite de façon continue et sans à-coups. Elle doit être suffisamment lente pour ne pas provoquer la ségrégation du coulis d'injection et ne devra en aucun cas être supérieure à 20 m/min.
- l'injection doit être faite poursuivie jusqu'à ce que la consistance du coulis qui s'échappe par l'ouverture libre du câble ou les événements ait la même consistance que le coulis injecté. On obturera cette extrémité, on élèvera la pression jusqu'à  $0,5 \text{ MN/m}^2$  et on maintiendra ensuite l'extrémité où est placé la lance d'injection sans que la pression ne puisse diminuer. L'évent d'injection ne sera obturé que lorsque la pression sera restée stable, sans nécessité de repompage pendant au moins (1) minute

Après achèvement de l'injection on devra s'assurer que le mélange n'est pas décanté; à cet effet, on scellera les extrémités des gaines après durcissement du mortier et on rechargera si besoin est.

Pendant les opérations d'injection, les événements doivent toujours être parfaitement propres. Ils devront en outre résister aux efforts mécaniques.

- Dans tous les cas, après injection complète, les orifices et les événements doivent être hermétiquement obturés, de façon à éviter l'introduction de l'eau et d'autres agents ayant tendance à provoquer une corrosion des aciers dans les gaines.

#### 3.3.7.6.7 Injections par temps froid ou par temps chaud

##### - Par temps froid

L'injection des gaines de précontrainte n'est autorisée que si la température du béton est supérieure à + 5°C.

Dans le cas où la température du béton est susceptible de tomber en dessous de + 5°C, l'Entrepreneur doit impérativement obtenir l'accord de l'Administration pour pratiquer l'injection et prendre en ce cas toutes les dispositions particulières prescrites au II.5.1 de la Directive provisoire sur les injections de mars 1973 et, en particulier:

- maintien du béton à une température positive pendant toute la durée de la prise, par chauffage avec de la vapeur, des infrarouges, etc....
- circulation d'eau chaude dans les gaines juste avant injection
- préparation du coulis avec de l'eau chaude. La température du coulis ne devra pas excéder 20°C
- injection en début de journée pour profiter des températures en général croissante
- utilisation d'un ciment à temps de début de prise réduit
- **Par temps chaud (température ambiante supérieure à + 25°C)**

Par température supérieure à +25°C, l'Entrepreneur doit prendre toutes les dispositions particulières prescrites au II.5.2 de la Directive provisoire sur les injections de mars 1973.

### 3.3.7.6.8 Délai d'injection

Les câbles devront être injectés au plus tard huit (8) jours après leur mise en tension.

On pourra prévoir la présence dans le mortier d'un retardateur de prise qui permet dans les heures qui suivent, de faire des chasses d'eau dans les gaines des câbles non tendus, afin d'éliminer avant prise la pâte d'injection qui aurait pu y pénétrer en cas de communication accidentelle entre les gaines. On devra être conforme aux prescriptions de l'article CSDC-CT 3.3.6.

Pendant les opérations d'injection, l'Entrepreneur devra toujours pouvoir mettre en oeuvre immédiatement une chasse d'eau et une chasse d'air pour pouvoir éliminer le mortier faisant fausse prise et (ou) purger les gaines voisines de la gaine injectée de tout coulis qui aurait pu s'y introduire.

## 3.3.8 DESSINS D'EXECUTION

### 3.3.8.1 Dispositions particulières des gaines pour armatures de précontrainte (actives)

Dans chaque section la disposition des câbles devra être conçue de manière à assurer une bonne répartition des efforts, à permettre un bétonnage correct et à éviter qu'un élément de béton ne soit percé de trous trop nombreux et trop rapprochés.

Lorsqu'il sera nécessaire d'accoler des paquets de gaines dans certains éléments, le nombre de gaines groupées sera tel que la somme des tensions initiales des câbles constituant un paquet soit inférieure ou égale à trois mille deux cents (3200) kN, étant précisé que la tension initiale prise en compte sera la tension maximale atteinte au cours de la mise en tension à l'entrée du câble dans le béton, avant le blocage de l'ancrage.

Les paquets de gaines dont le diamètre d'encombrement individuel sera inférieur ou égal à cinq (5) centimètres seront limités à deux (2) gaines dans le sens horizontal et quatre (4) gaines dans le

sens vertical. Ces chiffres seront ramenés respectivement à un (1) et deux (2) pour les paquets de gaines dont le diamètre d'encombrement individuel sera supérieure à cinq (5) centimètres.

La stabilité des paquets de gaines et leur immobilité pendant le bétonnage seront soigneusement assurées.

La résistance de chaque gaine d'un paquet devra lui permettre de supporter, sans déformation susceptible de gêner l'injection, les efforts provenant des autres gaines du paquet dans les parties courbes pendant les différentes phases de mise en tension et d'injection des câbles.

### 3.3.8.2 Distances des armatures actives entre elles

Elles devront être supérieures ou égales à :

- entre deux (2) gaines isolées, entre un (1) paquet ne comportant qu'une (1) gaine dans le sens horizontal et une (1) gaine isolée : au diamètre d'encombrement de la plus grosse de ces gaines,
- entre deux (2) paquets ne comportant chacun qu'une (1) gaine dans le sens horizontal,
  - ✓ au diamètre d'encombrement de la plus grosse des gaines, si chaque paquet ne comporte pas plus de deux (2) gaines dans le sens vertical,
  - ✓ à un virgule cinq (1,5) fois ce diamètre, si chaque paquet ne comporte pas plus de trois (3) gaines dans le sens vertical,
  - ✓ à deux (2) fois ce diamètre, si l'un (1) des deux paquets comporte quatre (4) gaines dans le sens vertical.
- entre (1) paquet comportant deux (2) gaines dans le sens horizontal et un autre paquet ou une (1) gaine isolée :
  - ✓ dans le sens horizontal, à un virgule cinq (1,5) fois le diamètre d'encombrement de la plus grosse des gaines,
  - ✓ dans le sens vertical, à un virgule deux (1,2) fois le diamètre d'encombrement de la plus grosse des gaines,
  - ✓ la largeur des cheminées de vibration sera d'autant plus grande que l'élément à vibrer sera plus éloigné du lieu de manoeuvre de l'aiguille.
- dans les zones où les gaines se rapprochent pour former des paquets, il ne sera pas tenu compte, pour la justification de la résistance d'une section, du béton situé à l'intérieur de la surface enveloppe d'un paquet. Les prescriptions ci-dessus restent applicables en ce qui concerne les gaines faisant partie de paquets distincts.

### 3.3.8.3 Distance des armatures actives à la surface du béton

Les distances minimales d'une gaine (ou groupement de gaines en contact) aux parements doivent être conformes à l'article 19 du circulaire No 44 du 12 août 1965, et au moins égale au diamètre d'encombrement des gaines (compte tenu des ondulations le cas échéant).

### 3.3.8.4 Courbures admissibles des armatures de précontrainte (actives)

Les rayons de courbures des câbles seront limités inférieurement :

- du point de vue du béton, conformément à l'article 30,62 du titre VI du CPCF. pour ne pas écraser le béton,

- du point de vue armatures, par les agréments des procédés de précontrainte et les agréments des armatures,
- du point de vue gaine, par l'impossibilité de courber la gaine sans qu'elle ne s'ouvre.

Les dispositions prises pour permettre l'exécution de rayon de courbure inférieur à six (6) mètres devront être agréées par l'Administration.

## 3.4 OUVRAGES METALLIQUES ET MIXTES

### 3.4.1 GENERALITES

Les prescriptions des articles listés ci-dessous, définies pour les ouvrages en béton, béton armé et béton précontraint, sont applicables aux ouvrages métalliques et mixtes :

3.2.7-3.2.8-3.2.10-3.2.11

### 3.4.2 ACIERS POUR OUVRAGES METALLIQUES ET MIXTES

#### 3.4.2.1. Indications générales

Les aciers entrant dans la composition des ouvrages doivent être conformes aux normes européennes et, en particulier :

EN 10025 Produits laminés à chaud en aciers de construction non alliés

EN 10113 Produits laminés à chaud en aciers de construction à grains fins

EN 10164 Aciers de construction à caractéristiques de déformation améliorées dans le sens perpendiculaire à la surface du produit

Les tôles d'épaisseur variable seront conformes à la NF A 36-270. Tôles profilées en long ou à une norme équivalente.

Pour les éléments structuraux de tablier, l'Entrepreneur peut proposer dans son offre des aciers faisant l'objet d'une autorisation d'emploi, voire des aciers grenailés peints de façon automatique conformes à l'EN 10238.

Il ne sera pas utilisé d'aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique.

Pour les éléments de contreventement provisoires, les caractéristiques des produits laminés seront soumises à l'acceptation de l'Administration.

#### 3.4.4.2. Caractéristiques minimales des aciers

A défaut d'indication plus contraignante dans les pièces particulières du marché, les qualités minimales seront au moins celles définies ci-dessous :

- En principe tous les aciers sont de la nuance Fe 360.

En cas d'usage d'acier de la nuance Fe 430 ou Fe 510 des indications figurent sur les plans.

- La qualité des aciers dépend des sollicitations, des températures de service et des épaisseurs. La qualité des aciers est à définir par le constructeur.

Les qualités minimales suivantes devront être en tout cas respectées :

Qualité A : pour des éléments ne recevant pas de soudures, de la nuance Fe 360, dont les épaisseurs sont inférieures ou égales à 16 mm.

Qualité B : pour des éléments dont les épaisseurs sont inférieures ou égales à 40 mm.

Qualité C : pour des éléments dont les épaisseurs sont supérieures à 40 mm et inférieures à 75 mm.

Pour l'usage de fortes épaisseurs (>75 mm) ou pour des éléments formés à froid ou éléments soudés complexes, la qualité des aciers sera choisie de façon à garantir une sécurité suffisante contre les ruptures fragiles. Des essais de résilience seront à présenter garantissant une résilience d'au moins 27 Joules à la température de service qui ne peut être prise supérieure à 0°C.

Qualité C : pour des épaisseurs inférieures ou égales à 40 mm.

Qualité D : pour les épaisseur supérieures à 40 mm et inférieures à 75 mm.

Les recommandations allemandes DAST-Ri 009 ou suisses B6 du CSCM sont à suivre le cas échéant.

Les aciers soumis à des efforts de traction perpendiculairement au sens de laminage seront contrôlés à l'ultra-son pour garantir l'absence de fissures lamellaires. L'usage de qualités spéciales est conseillé pour ces applications. Les frais de contrôle sont à charge du constructeur.

Les défauts de surface constatés sur les aciers seront réparés par soudure uniquement avec l'accord écrit de l'Administration.

### Profils formés à froid

Les aciers de ces profils seront de la nuance ASTM A446 degré A ou D, ou équivalent.

Le caractère soudable doit être garanti si ces profils sont utilisés dans des éléments soudés.

Les rayons de pliage à froid suivant la DIN 6935.

Les caractéristiques du métal déposé seront supérieures aux caractéristiques des matériaux de base et au moins égales à celles de l'acier de nuance Fe 510.

Le constructeur s'assurera des caractéristiques technologiques du métal déposé par des essais appropriés (résilience, traction, limite élastique, allongement).

### **3.4.3 PRODUITS CONSOMMABLES POUR TRAVAUX DE SOUDAGE**

Tous les produits consommables utilisés pour les travaux de soudage devront être conformes aux normes européennes et en particulier les EN 440-499 – 756-757-758-759-760-1599-1668-22401.

Les aciers de limite élastique nominale supérieure ou égale à 355 N/mm<sup>2</sup> devront être assemblés avec des produits de nature basique à basse ou très basse teneur en hydrogène diffusible (BH ou TBH).

### 3.4.4 BOULONS A SERRAGE CONTROLE

#### Nature des boulons :

Les boulons à haute résistance sont de la nuance 10.9.

### 3.4.5 BOULONS ORDINAIRES

Il sont de nuance 4.6 suivant DIN 267 et ne peuvent être utilisés que pour des assemblages travaillant au cisaillement.

La géométrie des boulons est conforme à DIN 7990, celle des boulons à DIN 555, celle des rondelles à DIN 7889, DIN 434 et DIN 435.

Tous les boulons non précontraints seront équipés d'un écran de sécurité suivant DIN 7967.

Les boulons ajustés pourront être de la nuance 4.6 ET 10.9. Leur forme sera suivant DIN 7968.

### 3.4.6 BOULONS D'ANCRAGE

Ils sont de la qualité 4.6 selon DIN 267.

### 3.4.7 GOUJONS CONNECTEURS

Les goujons connecteurs sont en acier formés à froid de la nuance Fe 360, qualité D.

Leur résistance à la traction sera comprise entre 450 et 600 N/mm<sup>2</sup> ; l'allongement minimum de rupture delta 5 sera supérieur à 15%.

### 3.4.8 DOCUMENTS A FOURNIR PAR L'ENTREPRENEUR

L'Entrepreneur soumettra à l'accord de L'Administration, au moins deux mois avant le début des travaux, deux programmes de soudage détaillés, l'un d'atelier, l'autre de chantier, mentionnant en particulier pour tous les éléments :

- la liste des équipements de soudage
- les préparations effectuées
- les séquences de soudage prévues
- les types d'électrodes, fils et flux envisagés
- le mode opératoire de soudage
- la nature, l'étendue, l'intensité des contrôles des préparations et des soudures

- la qualification des soudeurs et opérateurs.

#### *3.4.8.2 Programme de transport depuis l'atelier jusqu'au site*

L'Entrepreneur fournira :

a) Pendant la période de préparation, un programme prévisionnel de transport précisant la taille des éléments préfabriqués en atelier et le moyen de transport utilisé jusqu'au site.

b) Au plus tard deux mois après la notification du marché :

- le planning détaillé des opérations de transport
- les moyens de transport mis en œuvre en fonction de la taille et du poids des éléments transportés
- les moyens mis en œuvre pour éviter tout dommage lors du chargement, du transport et du déchargement des pièces.

#### *3.4.8.3 Programme d'assemblage sur le chantier*

L'Entrepreneur fournira :

a) Pendant la période de préparation, un programme prévisionnel d'assemblage sur le site qui précisera notamment :

- la méthode générale d'assemblage
- la nature et les caractéristiques du matériel utilisé sur le chantier
- l'emplacement des voies de circulation des grues et engins du chantier et les charges supportées par les voies de roulement
- la nature et l'emplacement des échafaudages et cintres
- les aires de stockage, de préassemblage et de montage avec les accès envisagés
- les effectifs de personnel prévus, par catégorie : monteurs, soudeurs, etc.
- les besoins en eau, électricité, etc.
- le planning général de fabrication et de montage

b) Au plus tard deux mois après la notification, un programme d'assemblage détaillé qui confirmera en particulier pour chaque semaine du planning :

- les effectifs prévus, monteurs et soudeurs, avec décomposition par zones de montage et préfabrication
- la définition précise des aires de préfabrication.

Ce programme de montage sera remis à jour tous les quinze jours.

#### *3.4.8.4 Programme d'exécution de la protection anti-corrosion*

A l'issue de la période de préparation, l'Entrepreneur remettra à L'Administration le programme d'exécution d'anti-corrosion qui définira notamment :

- les phases d'exécution des peintures en précisant les interfaces avec le programme de fabrication des charpentes
- les dispositions matérielles adoptés pour assurer en toute circonstance et dans toutes les conditions climatiques une exécution correcte des revêtements
- le matériel (type et nombres) dont l'utilisation est envisagée
- les dispositions concernant les installations de travail en atelier et sur le chantier, avant et après montage
- les effectifs des équipes devant exécuter les travaux
- les dispositions et précautions prises pour assurer la sécurité du personnel dans chaque phase d'intervention
- les moyens de contrôle mis en œuvre par l'Entrepreneur.

### **3.4.9 EXECUTION DES TRAVAUX DE SOUDAGE**

#### *3.4.9.1 Généralités*

Les assemblages soudés doivent être exécutés et contrôlés conformément aux normes européennes et en particulier l'EN 1011-Soudage – Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques.

La nature des cordons de soudure, à pleine pénétration ou non, sera précisée sur des plans de repérage des soudures où figureront la nature des soudures, leur repérage et leurs dimensions.

#### *3.4.9.2 Préparation des joints*

La qualité de la préparation des joints étant déterminante dans la qualité de la soudure, L'Administration se réserve la possibilité d'interdire les soudures dont la préparation ne serait pas satisfaisante, tant en ce qui concerne la forme des chanfreins que l'état des surfaces des parties à assembler.

La préparation des joints sera conforme aux normes européennes, et notamment EN ISO 9692 et EN 29692.

#### *3.4.9.3 Contrôle des assemblages soudés*

D'une manière générale, l'Entrepreneur est responsable de l'organisation de son propre contrôle, à tous les stades qu'il estimera nécessaires à une bonne réalisation des travaux, puis de l'exécution et de l'interprétation de ces contrôles.

Il devra informer à l'avance L'Administration de toutes les opérations prévues afin que celle-ci puisse déléguer un contrôleur chargé de veiller à la bonne validité de leur interprétation.

Tous les certificats d'essais ou d'analyse doivent être fournis à l'Administration.

Chaque méthode de contrôle fera l'objet d'une proposition technique soumise à l'acceptation de l'Administration. Celle-ci se réserve la possibilité de demander une modification de mode opératoire ou le remplacement du personnel proposé par l'Entrepreneur pour effectuer ce contrôle, si elle le juge nécessaire.

#### *3.4.9.4 Etablissement d'un rapport d'examen ou de contrôle*

L'Entrepreneur établira, pour chaque type de joint, un rapport d'examen ou de contrôle spécifiant :

- l'identification du constructeur et de la commande
- l'identification de la pièce et de la soudure
- le mode opératoire
- les matériels et produits utilisés
- les résultats de l'interprétation.
- le nom et la qualification du contrôleur
- la date et le visa du contrôleur

#### *3.4.9.5 Exécution du contrôle*

Elle sera menée conformément aux normes européennes et notamment :

- EN 1597 pour le contrôle des produits consommables utilisés
- EN 1291 pour le contrôle par magnétoscopie des assemblages soudés
- EN 1435 pour le contrôle par radiographie des assemblages soudés
- EN 1712 pour le contrôle par ultrasons des assemblages soudés
- Et EN 27963

En outre, toutes les soudures feront l'objet d'un examen visuel, tant en ce qui concerne la préparation que la forme des cordons, leurs dimensions et leurs défauts de surface.

#### *3.4.9.6 Critères d'acceptation des défauts*

Les critères d'acceptation des défauts détectés par les examens et contrôles seront ceux des normes européennes et notamment des EN 13919 et EN 25817.

Pour les cas non prévus par les normes, l'Entrepreneur proposera à l'agrément de l'Administration, en même temps que son programme de soudage, des critères d'acceptation extrapolés à partir de ceux des normes.

### **3.4.10 EXECUTION DES ASSEMBLAGES PAR BOULONS A SERRAGE CONTROLE**

L'usinage et la préparation des assemblages seront conformes à la NF P.22462, l'exécution des assemblages à la NF P 22463, le programme de pose des boulons à la NF P22464 et la méthode de serrage et de contrôle des boulons à la NFP 22466.

#### *Conception des assemblages*

Les dispositions constructives et la vérification des assemblages seront conformes à la norme NF.P 22460.

La détermination du coefficient conventionnel de frottement sera faite selon la norme NF. P 22461.

## 3.5 PALPLANCHES

### 3.5.1 FOURNITURE ET TRANSPORT

Le présent marché comprend la fourniture des palplanches, le chargement en usine, le transport et le déchargement sur chantier. Les prix comprennent également la fourniture de palplanches en éléments doubles avec deux trous de manutention, sans autres finitions; toutes autres sujétions nécessitées notamment par la technique d'enfoncement même ou causées par la probabilité d'une mise en oeuvre difficile dans les marnes seront intégralement à la charge de l'adjudicataire, il ne pourra réclamer aucune indemnité spéciale pour ces prestations (voir aussi à ce sujet EAU 1985, E 103 "Schubfeste Schlossverbindung bei Stahlpundwänden").

### 3.5.2 IMPLANTATION

L'Entrepreneur aura à sa charge toutes les dispositions nécessaires pour remédier aux malfaçons d'implantation. Les dispositions feront, de la part de l'Entrepreneur l'objet d'une proposition (en particulier pour absorber les efforts secondaires résultant des défauts de verticalité) qui, accompagnée de notes justificatives, sera soumise à l'agrément de L'Administration. A ce sujet il est fortement recommandé à l'adjudicataire de prévoir d'office une certaine inclinaison des palplanches (voir aussi EAU 1985, E 15 "Rammneigung für Spundwände").

### 3.5.3 ENFONCEMENT DES PALPLANCHES

Les palplanches seront **obligatoirement** enfoncées **par vibro-fonçage** des dislocations préalables, par préforages sont de rigueur. Le matériel d'enfoncement devra être approprié aux terres du site.

Pour ces raisons l'Entrepreneur sera probablement obligé de recourir, outre les dislocations préalables des terres en place par préforages qui sont obligatoires de toute façon, à des mesures supplémentaires appropriées telles qu'injections d'air comprimé, injections d'eau sous haute ou basse pression, dislocations par explosifs. Les injections d'eau sous basse pression devront cependant être interrompues pour le dernier mètre présumé d'enfoncement. L'entrepreneur ne pourra réclamer aucune indemnité spéciale pour ces prestations. Pour l'utilisation de vibro-fonceurs se référer aussi à EAU 1985, E 105 "Einbringen von gemischten (kombinierten) Stahlpundwänden durch Tiefenrüttler". L'Entrepreneur aura à sa charge toutes les dispositions nécessaires pour réparer d'éventuels dommages causés aux enclenchements lors de l'enfoncement. Les dispositions feront, de la part de l'Entrepreneur, l'objet d'une proposition qui sera soumise à l'agrément de L'Administration. A ce sujet voir aussi EAU 1985, E 167 "Sanierung von Schlossschäden in eingerammten Stahlpundwänden". Pour les températures en dessous de -10°C, toute opération d'enfoncement doit impérativement être interrompue.

### 3.5.4 RAPPORT DE MISE EN OEUVRE

L'Entrepreneur est tenu d'établir un rapport de mise en oeuvre pour chaque élément enfoncé sur lequel figureront:

- l'emplacement, les caractéristiques et les dates de mise en oeuvre de chaque élément,
- la nature des matériaux rencontrés,
- les incidents éventuels survenus en cours d'enfoncement.

Il est rappelé à l'Entrepreneur que L'Administration pourra lui imposer d'aller au-delà du refus; l'adjudicataire ne pourra réclamer aucune indemnité spéciale pour ce battage.

### 3.5.5 NATURE DES MATERIAUX (PALPLANCHES, SOUDURES, ETC)

Les palplanches seront en acier ST SP S (PAE 360), de caractéristiques mécaniques:

Résistance à la rupture 480/630 N/mm<sup>2</sup>

Elongation minimale à la rupture : 22%

Limite élastique minimale: 355 N/mm<sup>2</sup>

### 3.5.6 PROPOSITIONS TECHNIQUES

Il est rappelé à l'Entrepreneur que le mode d'enfoncement des palplanches, de mise en oeuvre des tirants etc. sous réserve de ce qui précède, fait objet de propositions techniques et qu'il doit lors de son offre, définir l'atelier d'enfoncement, etc. qu'il propose tant au niveau des définitions techniques qu'au niveau du bordereau des prix.

Il définira en particulier:

- les engins d'enfoncement qu'il compte utiliser,
- les tirants (fabricant, mise en oeuvre etc.),
- le système de mise en peinture (fabricant, mise en oeuvre etc.),
- le phasage des différents travaux à réaliser (sous réserve du CPDC-CT 1.2) .

### 3.5.7 PRESCRIPTIONS CONCERNANT LE NIVEAU DE BRUIT DANS LES ALENTOURS DES CHANTIERS.

a) Le présent règlement s'applique aux chantiers.

b) Au sens des présentes prescriptions, on entend par:

- chantier; tout chantier de construction, d'aménagement, de réparation, de terrassement ou d'entreposage, public ou privé;
- alentours immédiats: la limite de la propriété la plus proche, dans laquelle séjournent à quelque titre que ce soit des personnes, soit de façon continue, soit à des intervalles réguliers ou rapprochés;
- zone: zone de bruit, déterminée d'après la situation de fait en relation avec le niveau sonore
- agglomération: un ensemble d'au moins cinq maisons servant, d'une façon permanente ou pendant au moins trois mois dans l'année, à l'habitation humaine et situées dans un rayon de cent mètres;
- jour: espace de temps compris entre 7 et 22 heures;
- nuit: espace de temps compris entre 22 et 7 heures;

c) A l'intérieur des agglomérations, il est formellement proscrit aux responsables des chantiers de dépasser dans les alentours immédiats les niveaux de bruit indiqués ci-après, suivant les distinctions établies en fonction de la nature du milieu d'habitat.

| Zone | Niveau de bruit [dB (A)] |      | Nature du milieu d'habitat   |
|------|--------------------------|------|--|
|      | Jour                     | Nuit |  |
| I    | 45                       | 35   | hôpitaux, quartier de récréation   |
| II   | 50                       | 35   | milieu rural, habitat calme, circulation faible                                    |
| III  | 55                       | 40   | quartier urbain, majorité d'habitat, circulation faible                            |
| IV   | 60                       | 45   | quartier urbain avec quelques usines ou entreprises, circulation moyenne           |
| V    | 65                       | 50   | centre ville (entreprises, commerces, bureaux, divertissements), circulation dense |
| VI   | 70                       | 60   | prédominance industrie lourde  |

- d) A l'extérieur des agglomérations, il est recommandé aux responsables des chantiers de ne pas dépasser dans les alentours immédiats les niveaux de bruit indiqués pour la zone VI.

Toutefois si le bruit émis par ces chantiers est perceptible à l'intérieur de l'agglomération, le niveau imposé, mesuré à la limite de l'agglomération, est celui indiqué à l'alinéa c.

- e) Pour les chantiers, les niveaux fixés dans les alinéas c et d peuvent être dépassés de
- 20dB (A) si les travaux durent moins de 1 mois
  - 15dB (A) si les travaux durent entre 1 mois et 6 mois
  - 10dB (A) si les travaux durent entre 6 mois et 1 an.

L'Administration jugera des dépassements admissibles en fonction du planning détaillé que l'Entrepreneur remettra obligatoirement dès son offre.

f) A l'intérieur des agglomérations, les travaux de chantier sont interdits la nuit.

Dans ces circonstances spéciales sur demande à introduire avant le début des travaux, le Ministre ayant dans ses attributions l'Inspection du Travail et des Mines peut déroger à cette interdiction, l'Institut d'Hygiène et de Santé Publique entendu en son avis. Dans ce cas, le maximum des niveaux de bruit prévus pour la nuit aux alinéas c et d est applicable.

g) Les niveaux de bruit sont déterminés d'après la méthode ci-après (Annexe).

h) Il est formellement proscrit de dépasser de façon permanente ou à intervalles réguliers de plus de 10 dB(A) les niveaux de bruit imposés aux alinéas c,d et e.

i) Les présentes prescriptions ne dérogent pas aux conditions particulières plus sévères que l'autorité compétente peut imposer en vertu des dispositions de l'arrêté grand-ducal du 17 juin 1872 concernant le régime de certains travaux réputés dangereux, insalubres ou incommodes.

j) Les infractions aux dispositions des présentes prescriptions sont punies des peines prévues par la loi du 21 juin 1976 relative à la lutte contre le bruit. Dans ce cas le chantier est immédiatement arrêté, tous les frais en découlant seront intégralement à charge du défaillant.

**ANNEXE A L'ARTICLE 3.5**

A l'intérieur des agglomérations, une multitude de sources d'émission contribuent à composer un niveau de bruit qui peut fortement varier dans son intensité au cours du temps. Pour arriver tout de même à des valeurs caractéristiques pour les diverses situations, il faut déterminer un niveau sonore équivalent (Leq) qui est par définition:

Leq : niveau sonore équivalent en dB (A) c.à.d. le niveau sonore qui est équivalent du point de vue énergétique aux variations du niveau actuellement observé durant une période donnée.

La durée de la détermination du Leq dépend des circonstances du lieu et de la nature du bruit. Toutefois, cette durée doit être suffisamment représentative des variations du niveau sonore. En pratique, la période réelle d'observations peut varier de 30 minutes au minimum jusqu'à la durée totale d'une période donnée, à savoir.

pour le jour de 7.00 à 22.00 heures

et pour la nuit de 22.00 à 7.00 heures

Pour le présent marché, la période minimale d'observation, près de la maison la plus proche de la zone d'émission sera celle nécessaire à l'enfoncement complet d'une palplanche jusqu'à refus. Par refus, on entend dans ce cas précis une cote déterminée par L'Administration en fonction des terres rencontrées. Les cotes données par l'ensemble des plans de soumission ne sont que prévisionnelles, L'Administration se réserve le droit de les changer sans que l'adjudicataire puisse réclamer des indemnités spéciales.

Lors de la mesure le micro doit être placé à une hauteur de 1.2 - 1.5 m du sol, et si possible, au moins 3.5 m d'un mur, bâtiment ou autre écran de réflexion possible. Dans des conditions spéciales, ces distances peuvent être changées, sous condition toutefois d'en indiquer les motifs et de le prendre en considération. Les sonomètres utilisés pour la mesure doivent satisfaire aux exigences des recommandations de la Commission Electronique internationale, à savoir..

IEC N° 123: Recommandations relatives aux sonomètres.

IEC N° 179: Sonomètres de précision.

En plus les sonomètres doivent être réglés sur « filtre de pondération A » et « mesure rapide ».

La détermination du Leq se fait à l'aide d'une analyse statistique ou directement par un intégrateur dans le temps qui est branché sur le sonomètre. Les deux instruments peuvent aussi former une unité. L'intégration des mesures peut se faire sur place, ou, par l'intermédiaire d'un enregistrement sur bande magnétique, au laboratoire. Dans le cas où des bruits impulsifs répétés se superposent au niveau sonore de base et dépassent ce niveau de 10dB(A), le Leq déterminé d'après la méthode ci-dessus est à majorer de 5 dB(A).

### 3.6 TOLERANCES GEOMETRIQUES SUR LES OUVRAGES ACHEVES

| NATURE DES VERIFICATIONS                             | RESULTATS EXIGES  |   |
|--|---|---|
| Toutes parties d'ouvrages                            | Par rapport aux bases d'implantation de l'ouvrage $\pm 6$ cm  |   |
| Palplanches  | Par rapport aux bases d'implantation de l'ouvrage: $\pm 10$ cm  | défaut de verticabilité maximum: 2 cm par mètre linéaire de palplanche  |
| Pieux métalliques battus                             | Par rapport aux bases d'implantation de l'ouvrage : $\pm 5$ cm  | défaut de verticabilité maximum: 1 cm par mètre linéaire de pieu<br><br>défaut d'inclinaison maximum: 1 cm par mètre linéaire de pieu |
| Poutres métalliques                                  | - sens transversal: par rapport à l'axe longitudinal de l'ouvrage $\pm 1$ cm<br><br>- sens longitudinal: par rapport à l'axe des appuis de l'ouvrage : $\pm 1$ cm |   |
| Piédroits  | Par rapport à des repères quelconques pris sur un autre piédroits $\pm 4$ cm  | Par rapport à des repères quelconques pris sur la même culée ou sur sa fondation $\pm 2$ cm   |
| Piles, culées  | Par rapport à des repères quelconques pris sur la culée $\pm 4$ cm  | Par rapport à des repères quelconques pris sur la même culée $\pm 3$ cm   |
| Tabliers   | Par rapport aux culées de l'ouvrage - ou piedroits (selon le cas) $\pm 3$ cm  | Par rapport à des repères pris sur le même tablier ou traverse $\pm 2$ cm   |
| Murs en retour sur culées<br>Murs en aile sur culées | Par rapport aux culées de l'ouvrage $\pm 5$ cm  | Par rapport à des repères quelconques pris sur le même mur $\pm 2$ cm   |

| <b>NATURE DES VERIFICATIONS</b> | <b>RESULTATS EXIGES</b>                              |  |
|---------------------------------|--|--|
| Poutres préfabriquées           | Par rapport aux<br>culées de l'ouvrage<br>$\pm 2$ cm | Par rapport à des<br>repères quelconques<br>pris sur cette même<br>poutre $\pm 1$ cm                     |
| Poutres de rive                 | Par rapport aux<br>culées de l'ouvrage<br>$\pm 2$ cm | Par rapport à des<br>repères quelconques<br>pris sur cette même<br>poutre ou face<br>latérale $\pm 1$ cm |

**Chapitre 4**  
**EQUIPEMENTS, ETANCHEITES**

---

---

SOMMAIRE DU CAHIER SPECIAL DES CHARGES, CLAUSES TECHNIQUES

CHAPITRE 4

---

---

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>4.1</b> | <b>EQUIPEMENT DIVERS .....</b>   | <b>3</b>  |
| 4.1.1      | <i>Appareils d'appui.....</i>  | 3         |
| 4.1.2      | <i>Joints de chaussée – Joints de trottoir.....</i>                    | 3         |
| 4.1.3      | <i>Bandes d'arrêt d'eau ("Water-Stop").....</i>                        | 4         |
| 4.1.4      | <i>Masques drainants des murs et culées.....</i>                       | 4         |
| 4.1.5      | <i>Éléments d'équipement préfabriqués en béton et béton armé .....</i> | 5         |
| 4.1.6      | <i>Mortier de pose des éléments préfabriqués.....</i>                  | 5         |
| 4.1.7      | <i>Produits de scellement .....</i>                                    | 5         |
| 4.1.8      | <i>Corniches préfabriquées .....</i>                                   | 5         |
| 4.1.9      | <i>Caillebotis .....</i>   | 6         |
| 4.1.10     | <i>Garde corps en acier.....</i>                                       | 6         |
| 4.1.11     | <i>Clotures type "Autoroute" .....</i>                                 | 9         |
| 4.1.12     | <i>Glissières de sécurité en acier type A.....</i>                     | 10        |
| <b>4.2</b> | <b>ETANCHEITES .....</b>   | <b>11</b> |

## 4.1 EQUIPEMENT DIVERS

### 4.1.1 APPAREILS D'APPUI

Le fabricant d'appareils d'appui en élastomère fretté ou glissant sur téflon sera fixé par les Ponts et Chaussées du Luxembourg.

Le nom du fabricant et les caractéristiques des constituants des appareils d'appui seront fournis à l'Entrepreneur par l'Administration.

Ce choix ne pourra en aucun cas être modifié du seul fait de l'Entrepreneur.

Les appareils d'appui devront être dégagés des maçonneries de manière que leur liberté de fonctionnement soit totale.

Les appareils d'appui devront reposer par l'intermédiaire d'un mortier ou d'un micro-béton de calage sur une zone de béton fretté.

Les appareils d'appui ne devront en aucun cas risquer de baigner dans l'eau stagnant sur les chevêtres des culées. Ils seront posés sur un bossage d'une hauteur au moins égale à 5 cm. La pose devra être effectuée conformément aux instructions du fabricant.

### 4.1.2 JOINTS DE CHAUSSEE – JOINTS DE TROTTOIR

#### 4.1.2.1 Généralités

Les types des joints de chaussée et de trottoir seront fixés par les Ponts et Chaussées du Luxembourg.

Le nom du fabricant, les types des joints à employer ainsi que les prescriptions techniques des joints seront fournis à l'Entrepreneur par l'Administration.

Ce choix ne pourra en aucun cas être modifié du seul fait de l'Entrepreneur.

#### 4.1.2.2 Réservations pour joints de chaussée

Elles sont à exécuter conformément aux plans d'exécution et directives de l'Administration. La rémunération se fera par les positions prévus dans le Bordereau des Prix.

#### 4.1.2.3 Matérialisation des vides

Le vide du joint entre tablier et mur garde-grève sera matérialisé par du polystyrène expansé qui pourra être laissé en place après la coulée du béton de reprise des abouts du gros oeuvre.

Pour certains types de joints, les réservations de trous seront matérialisées par des tiges provisoires entourées de gaines en PVC.

Le vide entre les tabliers et les murs garde-grève sera protégé et fermé provisoirement par l'entrepreneur afin d'éviter toutes chutes de matériaux avant la pose des joints. Le dispositif de fermeture devra avoir reçu l'agrément de l'Administration.

#### *4.1.2.4 Béton de reprise*

Une surface de reprise aura été ou sera ménagée par l'entrepreneur à l'about des tabliers et des murs garde-grève.

Le béton de cette reprise sera de même qualité, du point de vue composition et mise en oeuvre, que le béton adjacent du tablier.

Des aciers de couture en nombre suffisant auront été prévus pour assurer la liaison entre les deux bétons.

#### *4.1.2.5 Mise en oeuvre des joints de chaussées et trottoirs*

Il est rappelé à l'entrepreneur que les types de joints seront définis et choisis par l'Administration.

Les joints seront mis en oeuvre conformément aux prescriptions fournies par l'Administration.

### **4.1.3 BANDES D'ARRET D'EAU ("WATER-STOP")**

Les bandes d'arrêt d'eau seront du type SEURALITE A et S, ou similaires, en caoutchouc.

L'Entrepreneur fournira à l'agrément de l'Administration le type de joint qu'il compte mettre en oeuvre.

L'Entrepreneur devra joindre à sa proposition toutes les caractéristiques de résistance mécanique, au vieillissement et hydraulique etc du caoutchouc composant les joints.

Les procès-verbaux officiels de Laboratoires d'essais seront également joints à la proposition.

### **4.1.4 MASQUES DRAINANTS DES MURS ET CULEES**

#### *4.1.4.1 Matériau drainant*

Le matériau à disposer entre le parement des culées et des murs et les remblais sera constitué de tout venant roulé lavé (dimension du plus gros granulat : 80 mm), sur une épaisseur minimum de 30 cm.

Ce matériau sera soumis à un essai de propreté, selon NFP 18301.

Le tamisat sur tamis d'ouverture 2 mm ne devra pas dépasser 1% en masse.

5 essais seront effectués, répartis sur 2 semaines de production.

#### *4.1.4.2 Dallettes ou pavés en béton poreux*

Le masque drainant est constitué de dalles ou de pavés en béton poreux. Le type et la marque proposés par l'Entrepreneur seront soumis à l'agrément de l'Administration.

#### *4.1.4.3 Toile filtrante (type FILTRAM 1B1 ou similaire)*

Le type et la marque proposés par l'Entrepreneur seront soumis à l'agrément de l'Administration.

#### *4.1.4.4 Nappe drainante (type CORDRAIN 1100 x 20 ou similaire et équivalent)*

Le type et la marque proposés par l'Entrepreneur seront soumis à l'agrément de l'Administration.

### **4.1.5 ELEMENTS D'EQUIPEMENT PREFABRIQUES EN BETON ET BETON ARME**

En général, tous les éléments préfabriqués en béton et béton armé tels que bordures, barrières, bute-roues, corniches, couvre-murs, dalles, etc. doivent être conformes au Cahier des Charges concernant la fabrication et mise en œuvre d'éléments préfabriqués en béton (CDC-EPB)

### **4.1.6 MORTIER DE POSE DES ELEMENTS PREFABRIQUES**

Le mortier sera conforme aux prescriptions des clauses techniques CT 6/75 « Mortier et Coulis ».

Le mortier M IV 450 dosé à quatre cent cinquante (450) kilogrammes.

Lorsque l'épaisseur de mortier M IV 450 à mettre en œuvre excédera vingt (20) millimètres, on utilisera un micro-béton dosé à 400 kilogrammes de ciment et dont la composition sera au préalable soumise à l'agrément de l'Administration.

### **4.1.7 PRODUITS DE SCELLEMENT**

Les produits de scellement et de ragréage (mortier expansif ou résine époxydique) seront soumis à l'agrément de l'Administration.

### **4.1.8 CORNICHES PREFABRIQUEES**

#### *4.1.8.1 Joints entre éléments de corniches préfabriquées*

Les joints entre corniches seront traités de façon à les rendre étanches.

Cette étanchéité sera exécutée par la mise en œuvre de joints souples de type mastic SICAFLEX ou similaire.

L'Entrepreneur devra soumettre à l'approbation de la l'Administration, le type de joint étanche qu'il compte mettre en œuvre.

#### **4.1.9 CAILLEBOTIS**

##### *4.1.9.3. Description*

Les éléments sont constitués de barres porteuses en plats de 40 x 3 mm entretoisées par des plats de 13x2 mm formant des mailles de 33 x 133 mm.

Les panneaux élémentaires ainsi constitués ont une longueur correspondant à la largeur du trou central plus deux zones d'appui, et une largeur variable multiple de la maille élémentaire.

Les panneaux élémentaires sont reliés entre eux par des barres en alliage d'aluminium coudées aux deux extrémités, et des tuyaux en aluminium servant de dispositif d'écartement dont la longueur (maximum 5 cm) sera telle qu'elle permette de ramener la largeur des grilles élémentaires à une cote standard.

L'Entrepreneur doit fournir les certificats d'origine et indiquer la nature des traitements.

##### *4.1.9.2. Nature et essais*

Les grilles seront en acier doux galvanisé à chaud après fabrication.

La protection aura une épaisseur de zinc équivalente à 500 g par m<sup>2</sup> « simple face » - NFA 91121 avec une tolérance de plus ou moins 50g.

La barre d'aluminium des dispositifs d'écartement sera assez raide pour que son cou dage à la main soit difficile.

1 essai de contrôle de l'épaisseur de la couche de zinc à l'aide d'un appareil type ELCOMETRE ; MICROTTEST ou similaire par lot de 10 plaques et 1 mm de largeur.

##### *4.1.9.3. Grille des caillebotis*

En cas de contestation sur la qualité du caillebotis fourni, l'Administration pourra ordonner que des essais de chargement soient faits. Ces essais seront reconnus satisfaisants si aucune flèche ne dépasse de plus un quart les résultats selon les courbes du graphique joint en annexe.

La charge est uniformément répartie.

Un essai sera effectué par lot de 10 plaques de 1 mètre de large.

#### **4.1.10 GARDE CORPS EN ACIER**

##### *4.1.10.1 Matériaux*

Les aciers mis en œuvre devront être agréés par l'Administration. Ils devront correspondre aux prescriptions de la norme DIN 17100. Sur demande l'Entrepreneur doit fournir une liste des indications sur la dénomination des aciers, la désignation du producteur, la nature de l'acier, en particulier sa composition chimique, sa résistance à la traction, la limite élastique, l'allongement, ainsi que les traitements mécaniques, thermiques ou thermomécaniques. Seuls des matériaux neufs pourront être mis en œuvre.

### *4.1.10.2 Exécution des travaux*

Les travaux sont à exécuter strictement suivant les plans et prescriptions du présent CSDC-CT, complété par le CPDC-CT



CPDC-CT

L'Entrepreneur est tenu de vérifier les cotes du plan avec les cotes réelles et en cas de différences en informer l'Administration.

La tolérance pour faux alignement en plan ou en hauteur est de un (1) centimètre par rapport à la ligne idéale tout le long de l'ouvrage intéressé. L'Entrepreneur doit fournir tous les engins ou outils nécessaires à la bonne exécution des travaux. Il procédera à des montages partiels provisoires en vue de s'assurer de la bonne préparation et de la bonne concordance des assemblages et joints de montage.

Le décompte se fera au mètre linéaire mesuré entre les extrémités de la main-courante sans complément pour les départs et arrivés.

### *4.1.10.3 Assemblage des éléments métalliques*

La forme, les dimensions et la résistance des boulons ordinaires et des boulons tournés, devront être conformes aux prescriptions de la DIN 7968 et DIN 7990. Tous les trous des boulons devront être forés.

Toutes les soudures sont à exécuter à l'arc électrique et devront correspondre aux prescriptions de la DIN 4100 ; Les cordons peuvent être disposés à la main, à la machine semi-automatique ou à la machine automatique. L'utilisation d'un autre procédé de soudure nécessite au préalable un accord de l'Administration.

Les électrodes devront être choisies conformément aux nuances d'acier employé.

Les pièces à souder ensemble sont à poser de façon qu'un retrait peut se faire aisément et elles doivent être exemptes de toutes traces de rouille, de calamine, de couleur, etc.

Les électrodes ainsi que les parties métalliques doivent être complètement sèches avant le soudage. Les soudures et les soudeurs sont à protéger du vent et des intempéries. Il est défendu de souder si la température de l'air est inférieure à 0°C.

Toute déformation à froid des aciers dans l'entourage d'une soudure est défendue.

Des mesures adéquates pour éviter des éclaboussures de soudure sur la construction sont à prendre.

L'arc électrique ne peut être allumé que sur les emplacements des cordons de soudure.

Si dans un cordon de plusieurs passes sont nécessaires, il faut nettoyer la surface de cordon de tous les dépôts de scories après chaque passe. Des défauts dans le cordon déposé doivent être réparés avant de poser la passe suivante.

Toutes les soudures doivent être exécutées strictement d'après les plans de construction.

Les soudures de résistance doivent être exécutées strictement d'après les plans de construction.

Les soudures de résistance doivent être fermées au moyen de cordon d'étanchéité de 3 mm pour éviter la corrosion.

#### 4.1.10.4 Traitement des surfaces du garde-corps

Le traitement des surfaces des garde corps en acier se fera par galvanisation à chaud au zinc., d'après la norme DIN EN ISO 1461.

Avant la mise en œuvre d'une couche de galvanisation à chaud au zinc, toutes les surfaces vues de la construction doivent répondre à la norme de propreté Sa3.

##### 4.1.10.4.1 Epaisseur et masse par m<sup>2</sup> de la galvanisation

L'épaisseur de la galvanisation à chaud au zinc sera mesurée d'après la norme DIN EN ISO 1461. Pour une et même surface, l'épaisseur de la galvanisation ou de la métallisation sera mesurée en 10 endroits différents.

L'épaisseur de la couche est atteinte si tout au plus 5% de la valeur des mesures n'est pas inférieure de 20% à l'épaisseur demandée.

| Epaisseur de la couche de galvanisation à chaud à l'état sec |  |                                       |                      |
|--|--|---------------------------------------|----------------------|
| Epaisseur de l'acier   | Epaisseur minimum de la galvanisation en microns | Masse par surface (g/m <sup>2</sup> ) | Admissibilité écarts |
| e = < 1 mm   | 50   | 360                                   | -15%                 |
| e = > - 3 mm   | 55   | 400                                   | -15%                 |
| e = > 3 - 6 mm + fonte                                       | 70   | 500                                   | -10%                 |
| e = > 6 mm   | 85   | 610                                   | -10%                 |

Pour la métallisation par projection, il faut prévoir une couche minimum de 80 microns d'épaisseur.

Les surfaces de contact entre les pièces assemblées doivent être soigneusement fermées, afin d'éviter la corrosion.

Cette fermeture se fera ou bien par des cordons de soudures déposés, ou bien par des cordons de soudures déposés au chantier par un personnel qualifié tout en tenant compte des prescriptions

relatives aux soudures de résistance du présent cahier des charges, ou bien par des matières chimiques, genre Thicol.

### 4.1.10.4.2 Réfection

En principe l'usinage sur place est à éviter. Si toutefois, l'Entrepreneur doit procéder à un boulonnage, soudage, usinage des éléments préfabriqués sur place ou traiter les surfaces présentant des défauts, ces défauts doivent être traités jusqu'à ce que le degré de corrosion puisse être adapté à la galvanisation par un procédé décrit ci-après :

- ❖ mise en œuvre de la galvanisation : la couche de galvanisation doit avoir au moins 90% de masse de zinc à l'état du film sec. L'épaisseur de la couche devra être de 50 à 100% supérieure à l'épaisseur de la couche de galvanisation en place.
- ❖ métallisation thermique par projection au zinc : l'épaisseur de la métallisation par projection doit être de 50% supérieure à la métallisation en place.

## 4.1.11 CLOTURES TYPE "AUTOROUTE"

### 4.1.11.1 Fourniture

Le grillage d'une hauteur de deux (2,00) mètres est formé par une nappe de mailles en losange dont les côtés sont des spires en fil d'acier récuil galvanisé (galvanisation de classe C). Lors de la fabrication, ces spires sont vissées les unes dans les autres en formant à chaque jonction de fils une torsion simple à angle droit. Le vissage des spires permet de raccorder les rouleaux de façon invisible.

Le fil de trois millimètres (3 mm) de diamètre, formant maille de cinquante millimètres (50 mm) de côté, est muni d'un revêtement anticorrosion constitué d'un alliage de 95% de zinc et 5% d'aluminium. L'épaisseur et l'adhérence de cet alliage doivent être conformes à la norme AFNOR A 91.131 classe C, respectivement à la norme DIN 1548 dickverzinkt (di zn).

Les supports du grillage sont constitués de poteaux d'about en fer L 100x100x10 avec jambes de force L 50x50x5 et des poteaux intermédiaires en fer L 70x70x7. Les poteaux de tension qui sont installés environ tous les 50 mètres sont constitués de poteaux en fer T 100x100x11 avec deux jambes de force L 50x50x5. Les poteaux de support pour les portails sont en fer L 100x100x10. La longueur de tous les poteaux est de 2,75 mètres. Ces supports métalliques sont galvanisés à chaud conformément à la norme DIN 50976. Les trous nécessaires à l'assemblage poteau-jambes de force, charnières avec fers plats et à l'enfilage d'une série de cinq (5) fils de fer horizontaux seront préforés avant la galvanisation conformément au plan-type joint. Les vis et écrous ainsi que les tendeurs No.4 destinés à ces assemblages seront galvanisés (classe C).

Le grillage repose sur les supports par l'intermédiaire de cinq (5) fils horizontaux d'un diamètre égal à trois virgule quatre (3,4) millimètres traversant les supports et tendus entre des poteaux de tension espacés de cinquante (50) mètres. Ces cinq fils de support seront munis du même revêtement anticorrosion que les fils formant la maille ci-dessus.

### 4.1.11.2 Pose

---

Les clôtures seront implantées suivant le tracé indiqué par l'administration. La tolérance sur l'implantation planimétrique des poteaux de tension par rapport à la position théorique est de plus ou moins cinq ( +/- 5 cm) centimètres.

La tolérance sur la verticalité des poteaux de tension est de deux (2) centimètres.

L'implantation altimétrique et planimétrique de la clôture doit représenter une ligne continue et élancée, sans devoir nécessairement suivre exactement le terrain naturel in situ. Le grillage sera fixé à ras du sol et aucun espace libre de plus de 5 cm sur une longueur de 3 m ne sera toléré. Le vissage des spires du grillage à mailles permet de raccorder les rouleaux de façon invisible.

Les poteaux métalliques seront fichés sur soixante-quinze (75) cm dans des socles en béton de la catégorie 0, C20/25 (conf. au DNA EN-206) carrés de section 35 x 35 cm ou bien circulaire de 40 cm de diamètre. Les poteaux sont espacés de 3,00 m d'axe en axe. Le dessus de ces socles doit être pentés de tous les côtés, permettant le libre écoulement des eaux de pluie.

Les terres excédentaires provenant des fouilles seront réutilisées:

- dans les dépressions en dessous de la clôture pour réaliser un bourrelet de terre de façon à obtenir un espacement inférieur à 5 cm entre le fil le plus bas et le terrain naturel;
- ou réglées éventuellement sur le terrain naturel à proximité de la clôture.

Les déblais excédentaires éventuels sont à mettre en dépôt sur une décharge à fournir par l'entrepreneur. La remise en état des lieux est à réaliser au fur et à mesure de l'avancement de la pose de la clôture et tient compte aussi bien de la réparation du désordre créé par l'entrepreneur pendant les travaux que de l'adaptation du terrain in situ à la nouvelle situation.

### 4.1.12 GLISSIERES DE SECURITE EN ACIER TYPE A

Les barrières de sécurité avec toutes les pièces accessoires nécessaires pour le montage doivent répondre tant en matériaux qu'en leur pose aux

- |     |           |  |
|-----|-----------|--|
| 1./ | TL-SP,    | Technische Lieferbedingungen für Leitplanken   |
| 2./ | RPS,      | Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen an Strassen                                    |
| 3./ | ZTV-PS98, | Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für passive Schutzeinrichtungen |

## **4.2 ETANCHEITES**

voir CDC-ETA (Cahier des Charges concernant les travaux d'étanchéité des ouvrages d'art)

**Chapitre 5**  
**ANNEXES**

## PLANS TYPES

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Annexe 1</b>  | Cunette engazonnée, Fossé trapézoïdal en terre, Fossé triangulaire en terre    |
| <b>Annexe 2</b>  | Cunette en hérisson  |
| <b>Annexe 3</b>  | Cunette revêtue  |
| <b>Annexe 4</b>  | Caniveau demi-buse   |
| <b>Annexe 5</b>  | Fossé trapézoïdal revêtu   |
| <b>Annexe 6</b>  | Descentes d'eau  |
| <b>Annexe 7</b>  | Ouvrage de raccordement d'une descente d'eau à une cunette ou à un fossé       |
| <b>Annexe 8</b>  | Ouvrage de raccordement d'un caniveau demi-buse (crête talus) – descente d'eau |
| <b>Annexe 9</b>  | Regard de visite pour diam. 300 à 600 mm                                       |
| <b>Annexe 10</b> | Regard de visite pour diam. sup à 600 mm                                       |
| <b>Annexe 11</b> | Avaloir sur cunette  |
| <b>Annexe 12</b> | Ouvrage de tête et de raccordement des traversées aux fossés, type A           |
| <b>Annexe 13</b> | Ouvrage de tête et de raccordement des traversées aux fossés, type B           |
| <b>Annexe 14</b> | Massif pour candélabre   |
| <b>Annexe 15</b> | Chambre de tirage pour câbles  |
| <b>Annexe 16</b> | Canalisations tubulaires   |
| <b>Annexe 17</b> | Bordures en béton  |
| <b>Annexe 18</b> | Portail métallique grillagé  |
| <b>Annexe 19</b> | Clôture type "Autoroute"   |
| <b>Annexe 20</b> | Clôture de parc  |
| <b>Annexe 21</b> | Garde-corps à lisses horizontales  |
| <b>Annexe 22</b> | Garde-corps à barraudage vertical  |
| <b>Annexe 23</b> | Type de bordures en granit   |
| <b>Annexe 24</b> | Appareillages  |

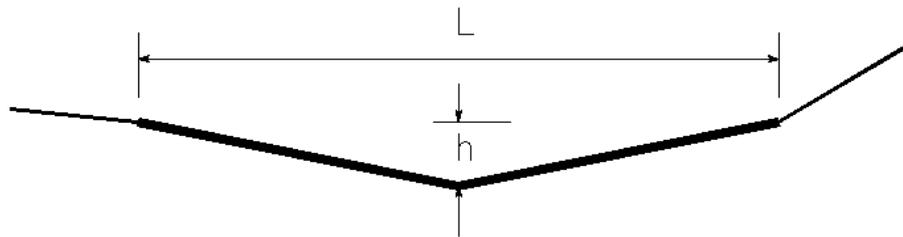
## DOCUMENTS

- Document National d'Application luxembourgeois de l'EN 206-1: 2000, **DNA EN 206**, Béton – Partie 1: Spécification, performances, production et conformité
- Document National d'Application luxembourgeois de l'EN 1916, **DNA EN 1916**, "Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, béton de fibres et béton armé pour canalisations et chenaux de collecte des eaux usées"

ANNEXE 1

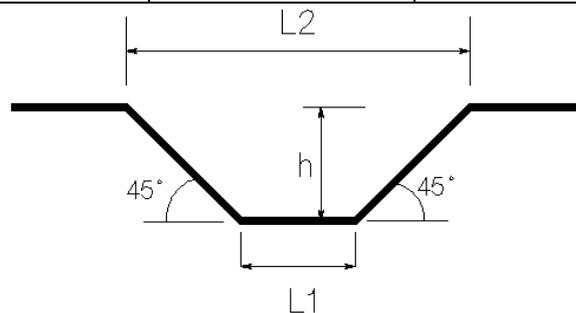
**Cunette engazonnée**

| Type  | L [m] | h [m] |  |
|-------|-------|-------|--|
| C.E.1 | 2,50  | 0,20  |  |
| C.E.2 | 2,50  | 0,25  |  |
| C.E.3 | 2,00  | 0,20  |  |
| C.E.4 | 1,50  | 0,15  |  |
| C.E.5 | 1,00  | 0,30  |  |



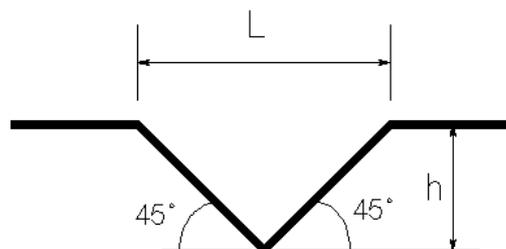
**Fossé trapézoïdal en terre**

| Type  | L1 [m] | L2 [m] | h [m] |  |
|-------|--------|--------|-------|--|
| F.T.0 | 0,40   | 0,80   | 0,40  |  |
| F.T.1 | 0,50   | 1,50   | 0,50  |  |
| F.T.2 | 0,75   | 2,25   | 0,75  |  |
| F.T.3 | 1,00   | 3,00   | 1,00  |  |
| F.T.4 | 1,25   | 3,75   | 1,25  |  |
| F.T.5 | 1,50   | 4,50   | 1,50  |  |

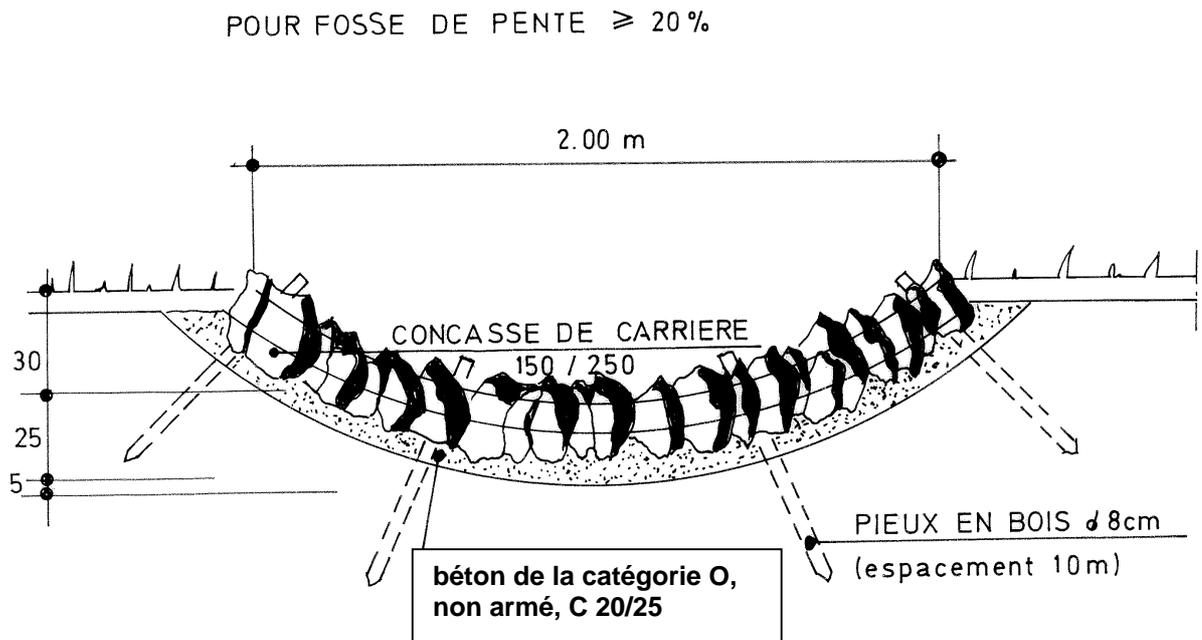


**Fossé triangulaire en terre**

| Type  | L [m] | h [m] |  |
|-------|-------|-------|--|
| F.T.6 | 1,00  | 0,50  |  |

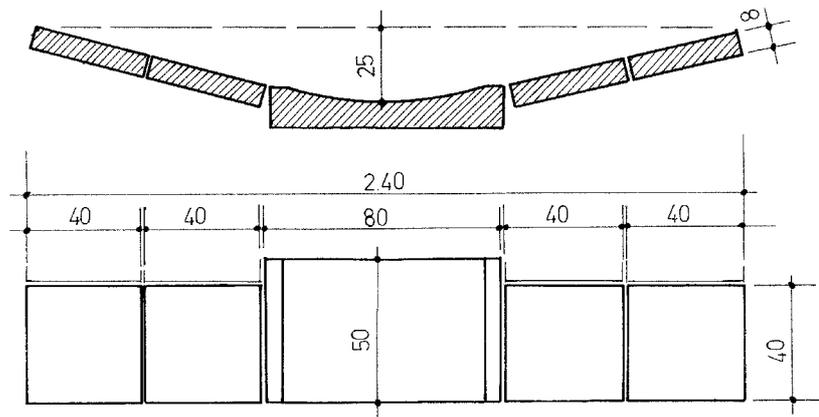


# Cunette en hérissos

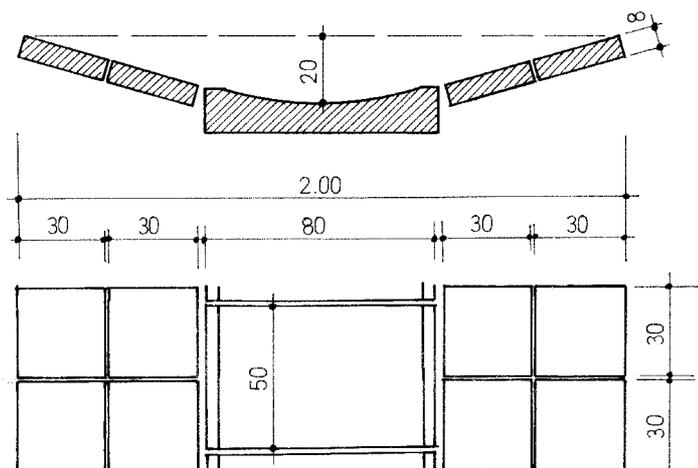


# Cunette revêtue

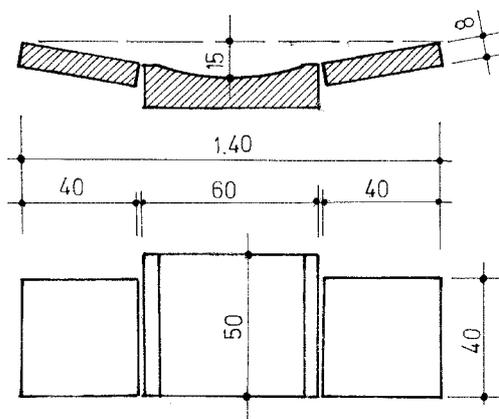
C.R.1



C.R.2

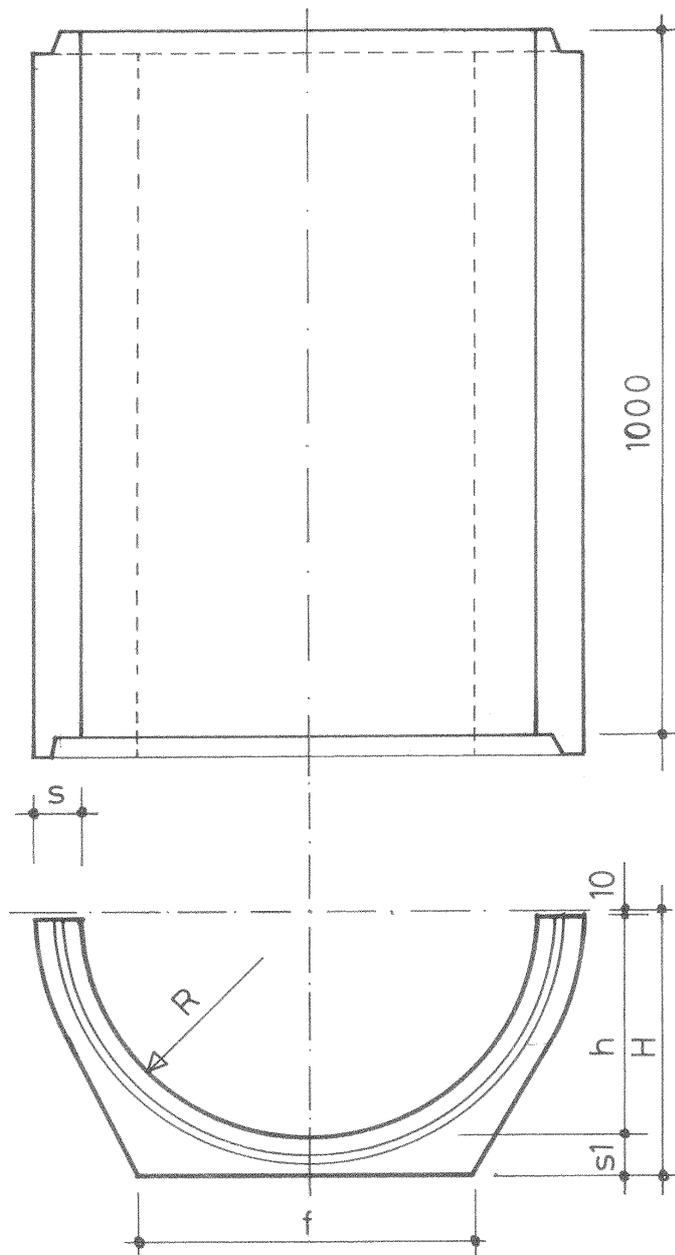


C.R.3



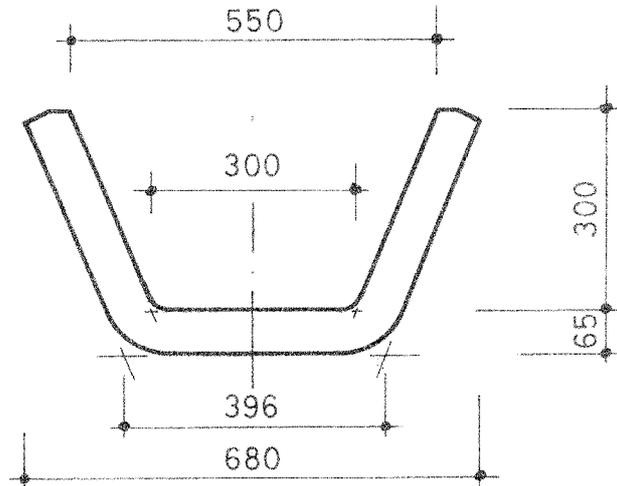
## Caniveau demi-buse

| type   | R   | s  | s1 | H   | h   | f   |  |
|--------|-----|----|----|-----|-----|-----|--|
| CDB 01 | 150 | 60 | 60 | 250 | 190 | 320 |  |
| CDB 02 | 200 | 60 | 60 | 305 | 240 | 400 |  |
| CDB 03 | 250 | 60 | 60 | 360 | 290 | 450 |  |

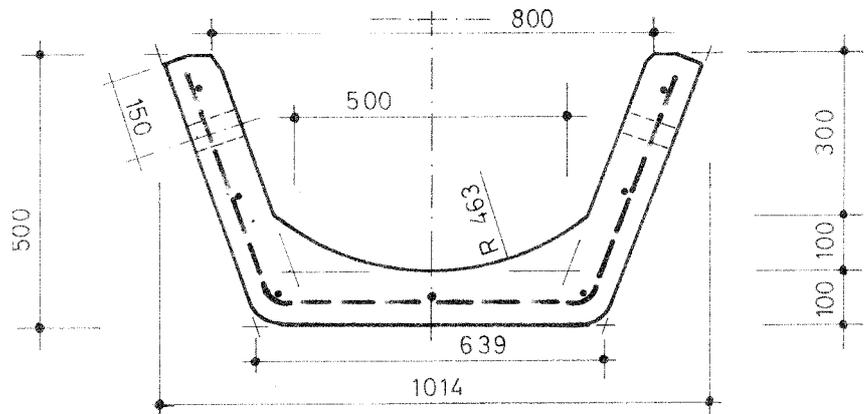


# Fossé trapézoïdal revêtu

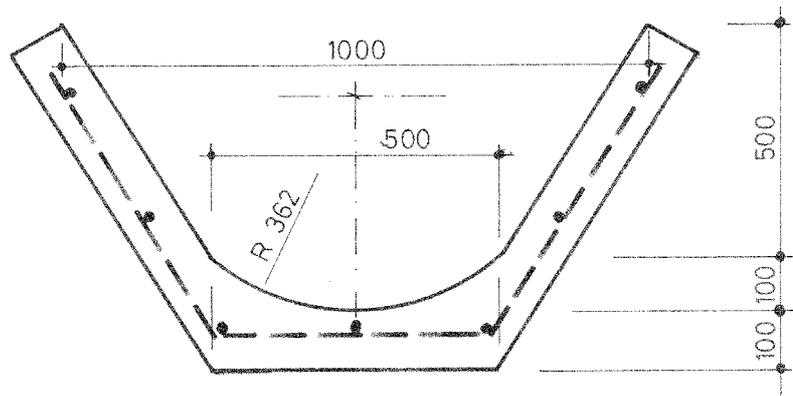
**F.T.R.1**  
non armé  
longueur 1,00 m



**F.T.R.2**  
armé  
longueur 1,00 m



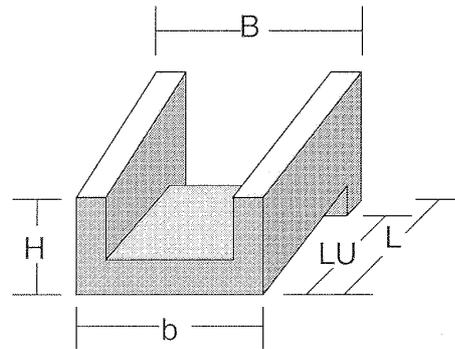
**F.T.R.3**  
armé renforcé  
longueur 1,00 m



## Descentes d'eau

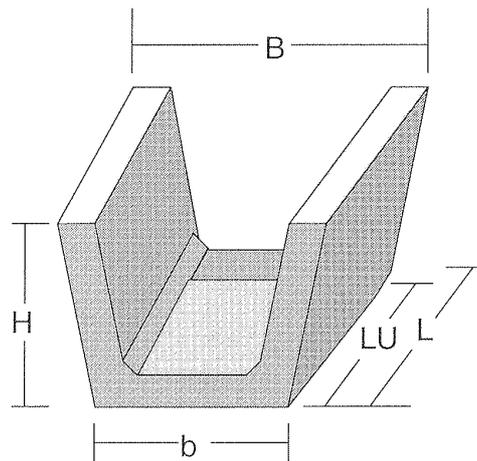
### Type D.E.1 (petit débit)

L = 500 mm  
B = 470 mm  
b = 340 mm  
H = 150 mm  
LU = 460 mm



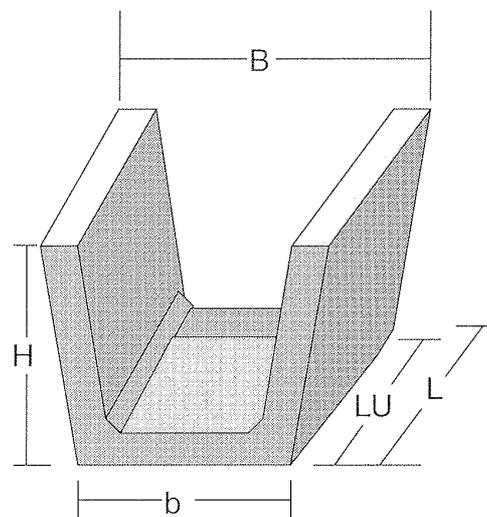
### Type D.E.2 (débit moyen)

L = 750 mm  
B = 490 mm  
b = 390 mm  
H = 260 mm  
LU = 650 mm



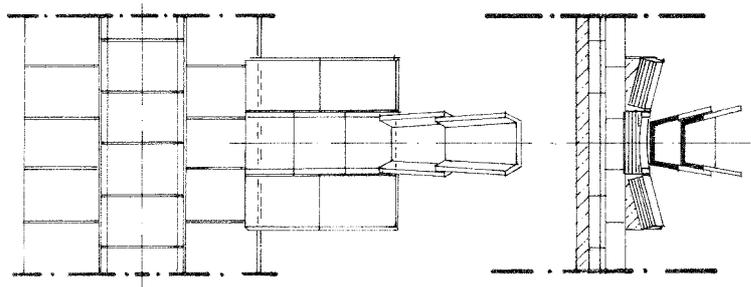
### Type D.E.3 (grand débit)

L = 750 mm  
B = 540 mm  
b = 440 mm  
H = 310 mm  
LU = 650 mm

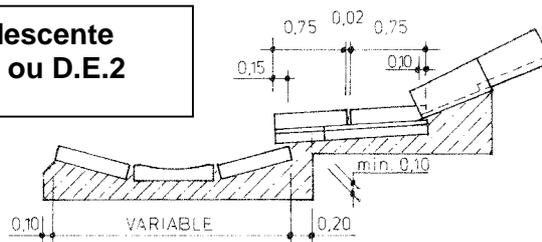


# Ouvrage de raccordement

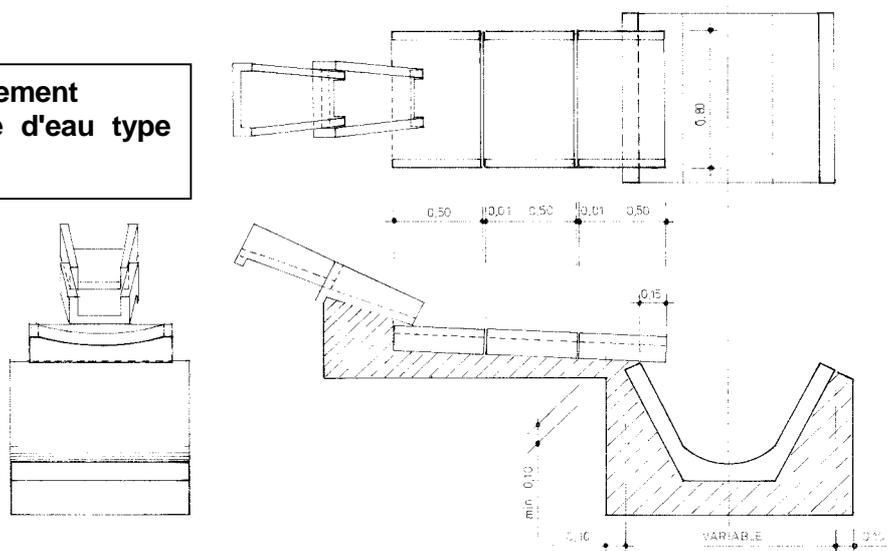
Raccordement d'une descente d'eau à une cunette ou à un fossé



Raccordement descente d'eau type D.E.1 ou D.E.2

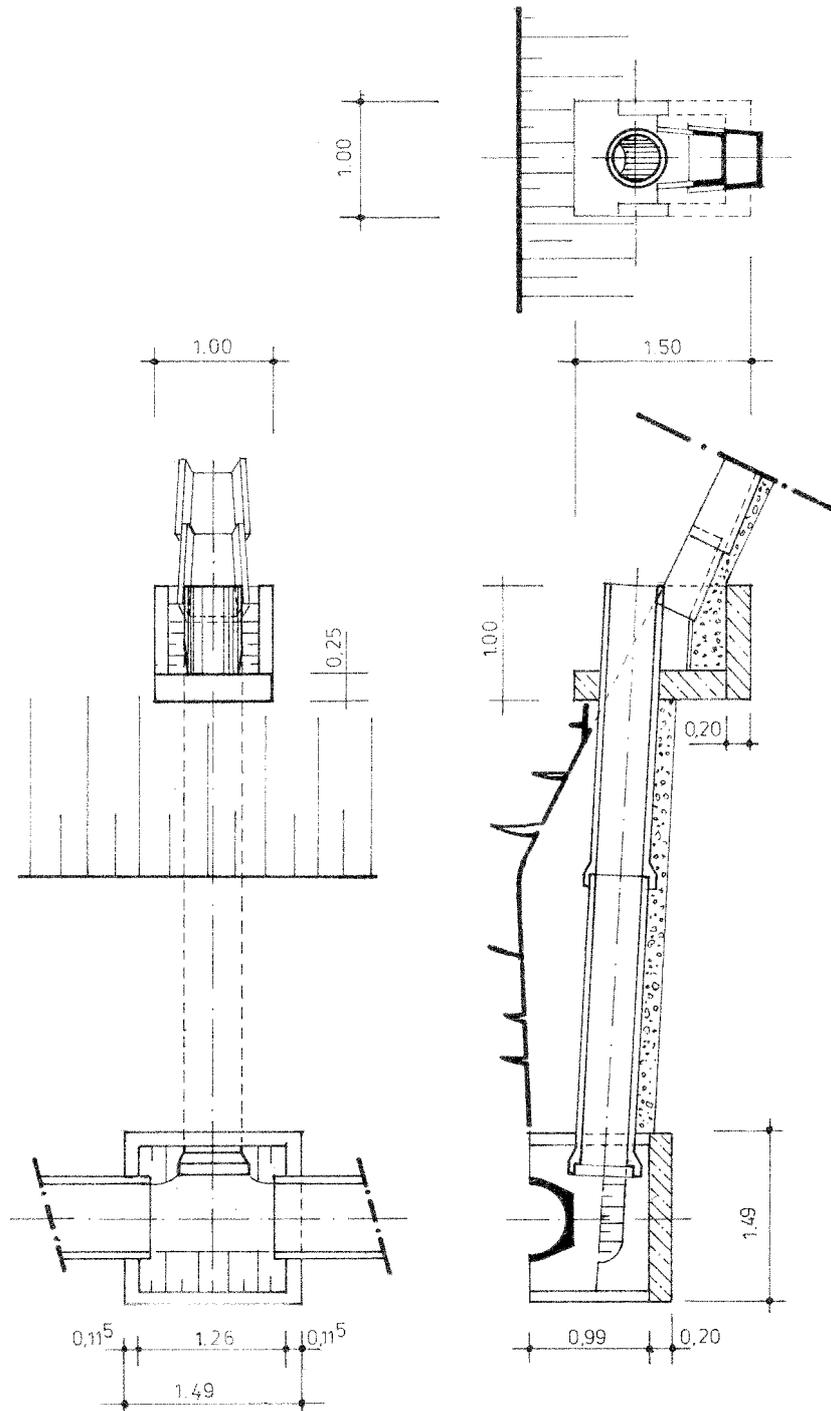


Raccordement descente d'eau type D.E.3



# Ouvrage de raccordement

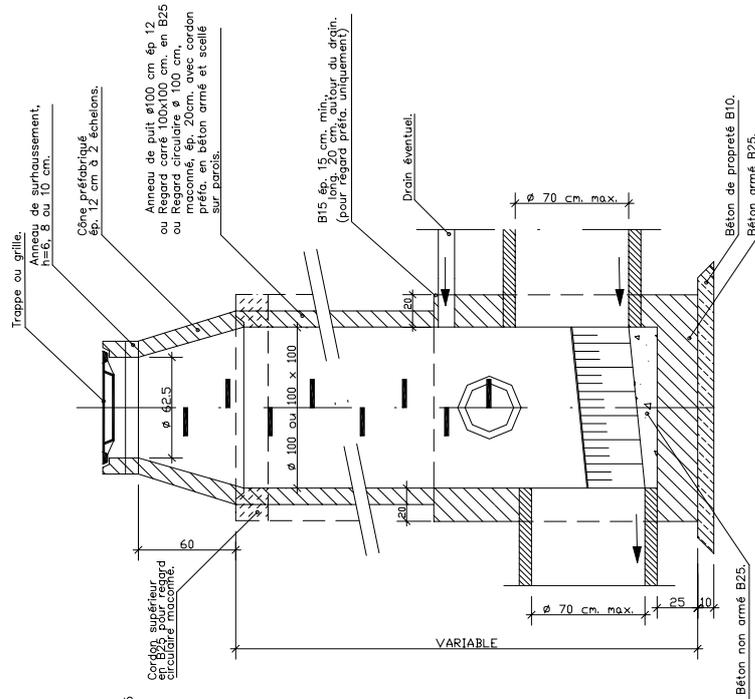
Raccordement caniveau demi-buse (crête talus)  
– descente d'eau



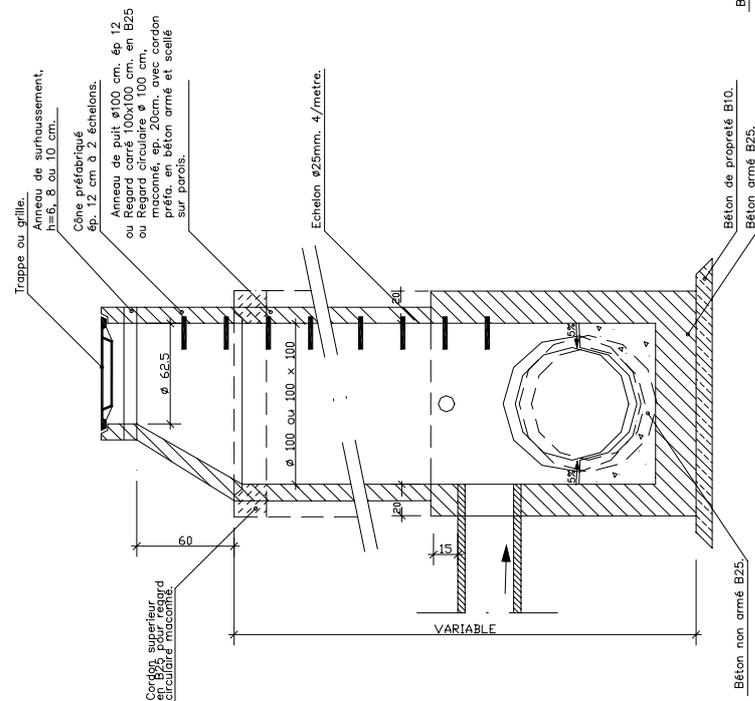
# Regard de visite pour diam. 300 à 600 mm

REGARD DE VISITE POUR Ø300-600mm

COUPE LONGITUDINALE



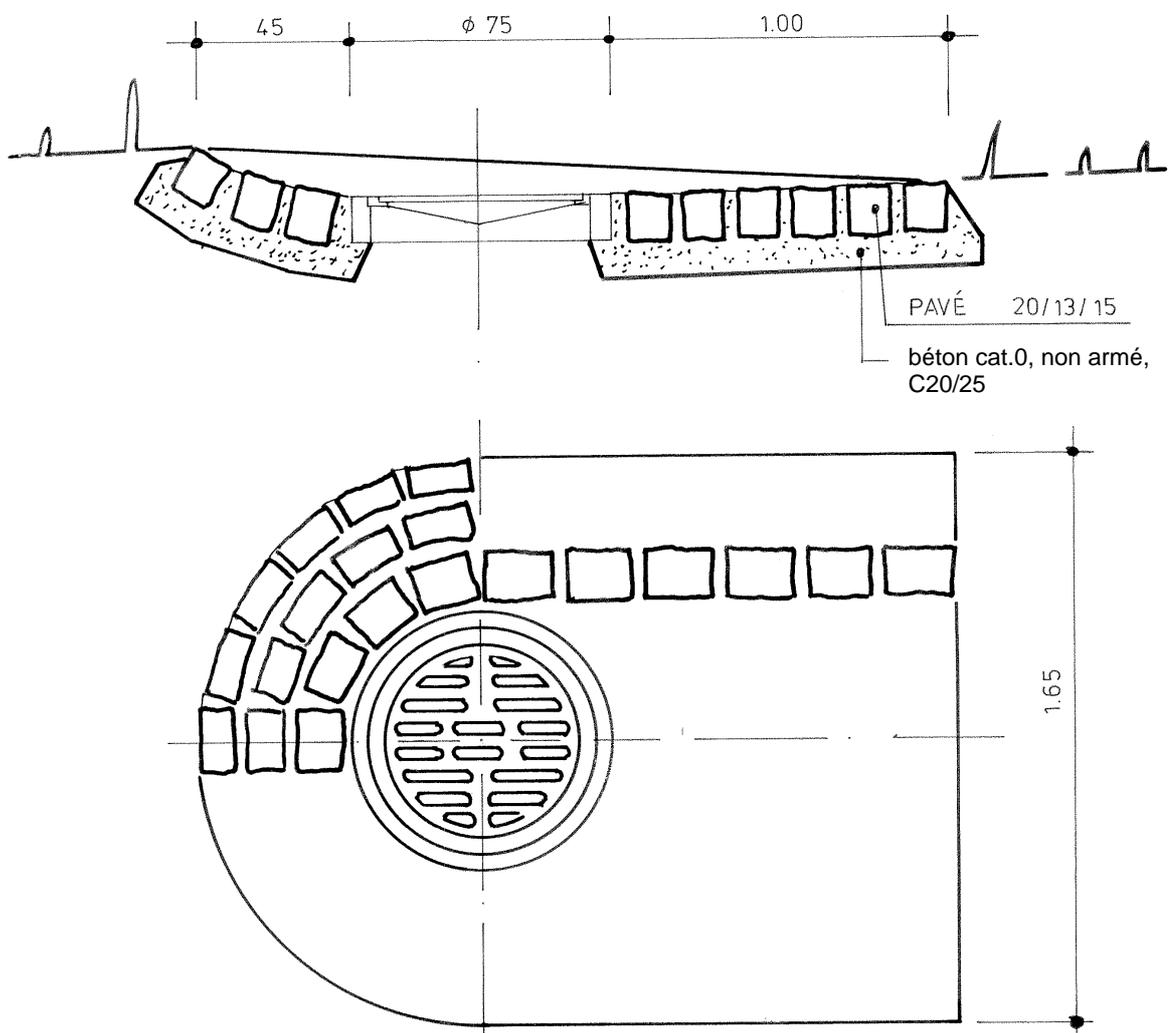
COUPE TRANSVERSALE



**Remarque importante!** au lieu de béton de propreté "B10" il faut lire "béton de la catégorie 0, non armé, C12/15", au lieu de "B25 armé" il faut lire "béton de la catégorie 3, C30/37" et au lieu de "B25 non armé" il faut lire "béton de la catégorie 0, C20/25"

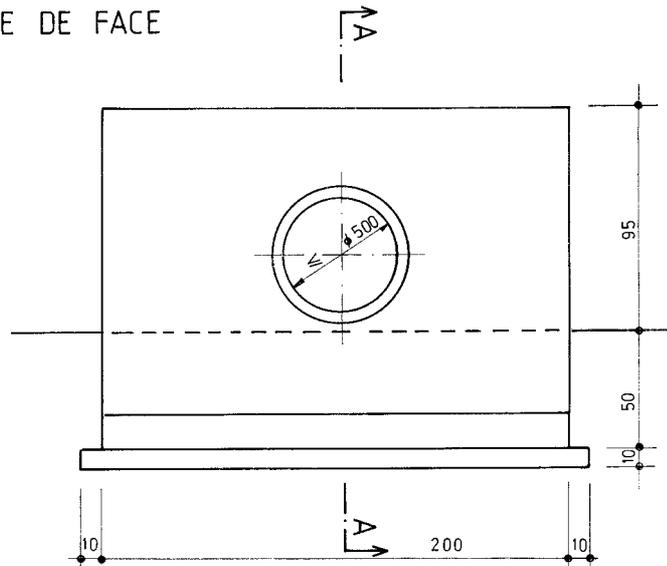


# Avaloir sur cunette

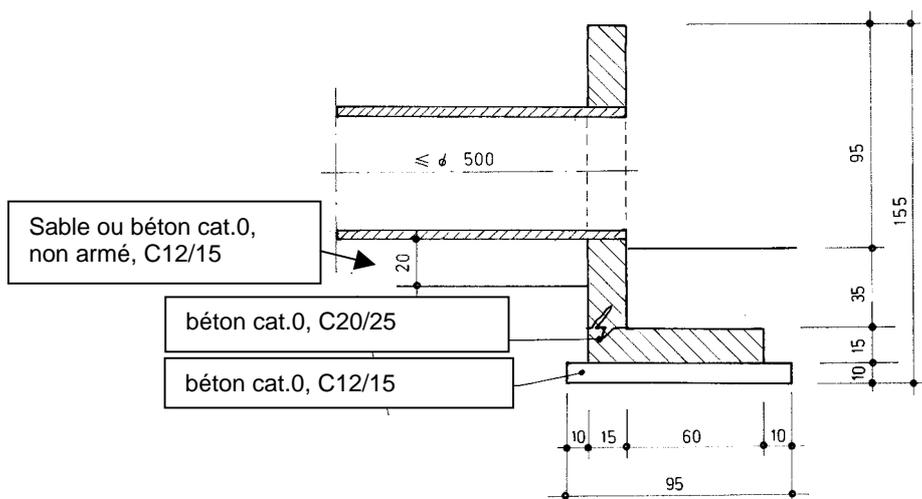


## Ouvrage de tête et de raccordement des traversées aux fossés, type A

VUE DE FACE



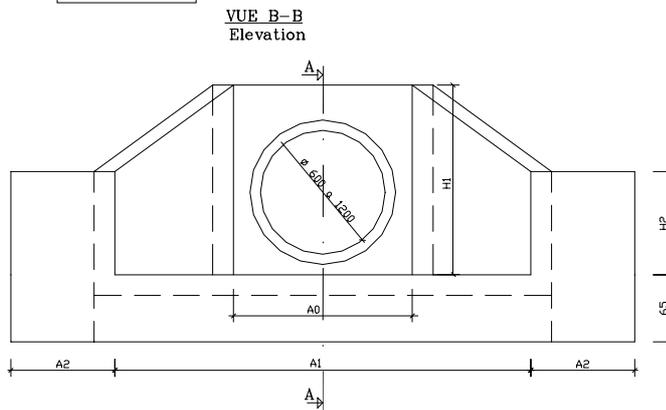
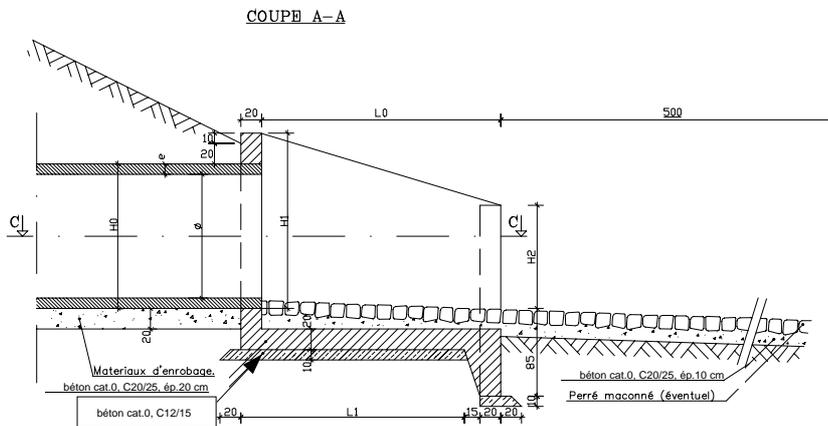
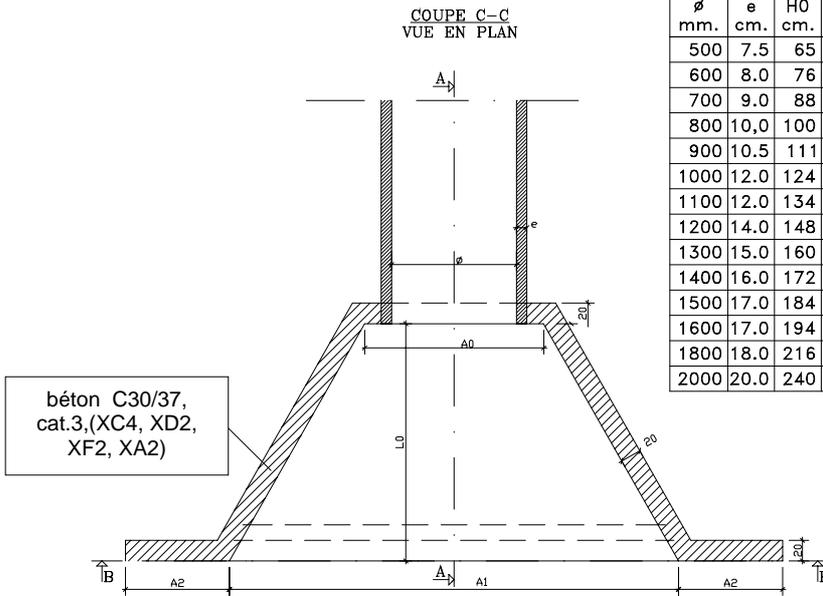
COUPE A-A



# Ouvrage de tête et de raccordement des traversées aux fossés, type B

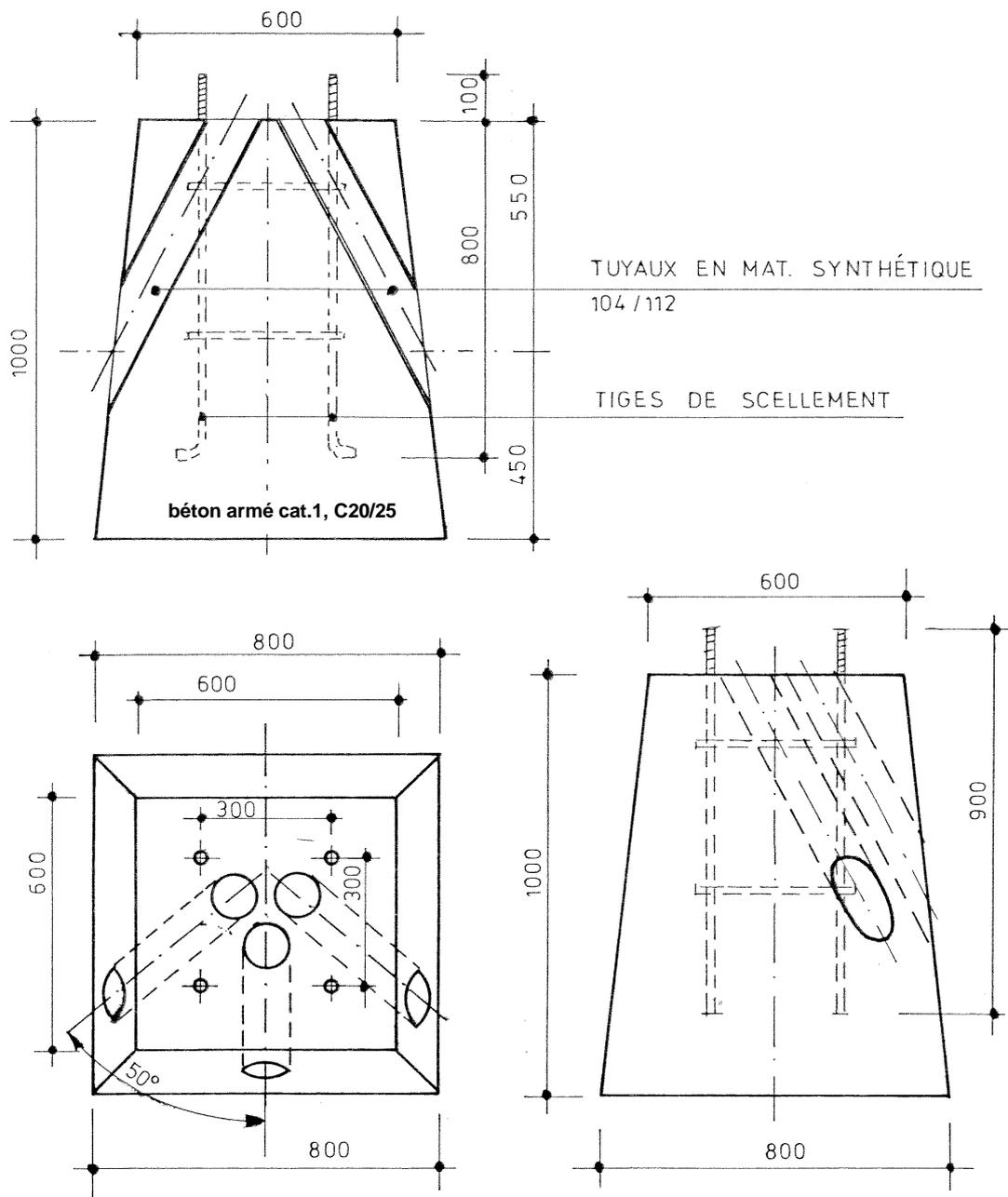
TABLEAU DE DIMENSIONNEMENT

| ∅<br>mm. | e<br>cm. | H0<br>cm. | H1<br>cm. | H2<br>cm. | L0<br>cm. | L1<br>cm. | A0<br>cm. | A1<br>cm. | A2<br>cm. |
|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 500      | 7.5      | 65        | 120       | 65        | 130       | 115       | 103       | 260       | 65        |
| 600      | 8.0      | 76        | 120       | 65        | 130       | 115       | 103       | 260       | 65        |
| 700      | 9.0      | 88        | 120       | 65        | 130       | 115       | 103       | 260       | 65        |
| 800      | 10,0     | 100       | 140       | 75        | 160       | 145       | 126       | 310       | 75        |
| 900      | 10.5     | 111       | 140       | 75        | 160       | 145       | 126       | 310       | 75        |
| 1000     | 12.0     | 124       | 160       | 85        | 190       | 175       | 149       | 360       | 85        |
| 1100     | 12.0     | 134       | 160       | 85        | 190       | 175       | 149       | 360       | 85        |
| 1200     | 14.0     | 148       | 180       | 95        | 220       | 205       | 172       | 410       | 95        |
| 1300     | 15.0     | 160       | 180       | 95        | 220       | 205       | 172       | 410       | 95        |
| 1400     | 16.0     | 172       | 200       | 105       | 250       | 235       | 195       | 460       | 105       |
| 1500     | 17.0     | 184       | 200       | 105       | 250       | 235       | 195       | 460       | 105       |
| 1600     | 17.0     | 194       | 220       | 115       | 280       | 265       | 218       | 510       | 115       |
| 1800     | 18.0     | 216       | 240       | 125       | 310       | 295       | 241       | 560       | 125       |
| 2000     | 20.0     | 240       | 260       | 135       | 340       | 325       | 264       | 610       | 135       |



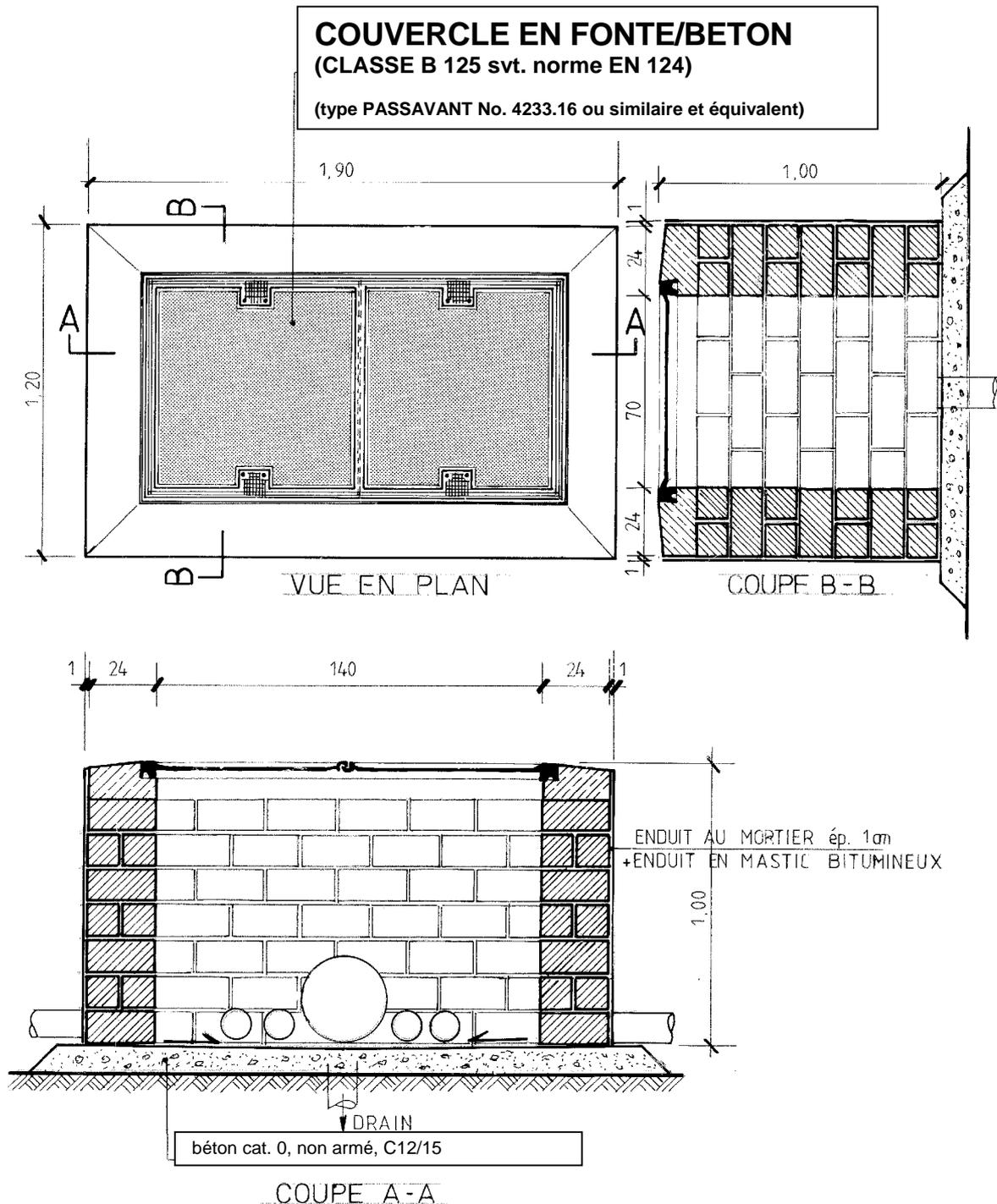
# Equipement de voirie

## Massif pour candélabre



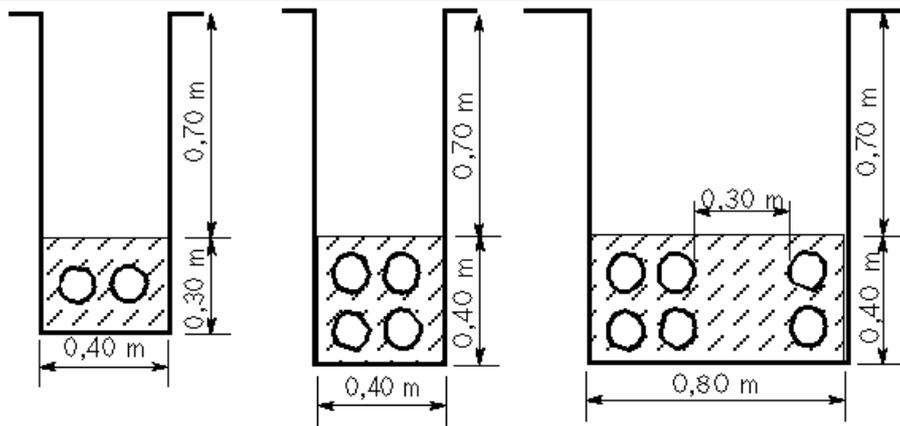
# Equipement de voirie

## Chambre de tirage pour câbles

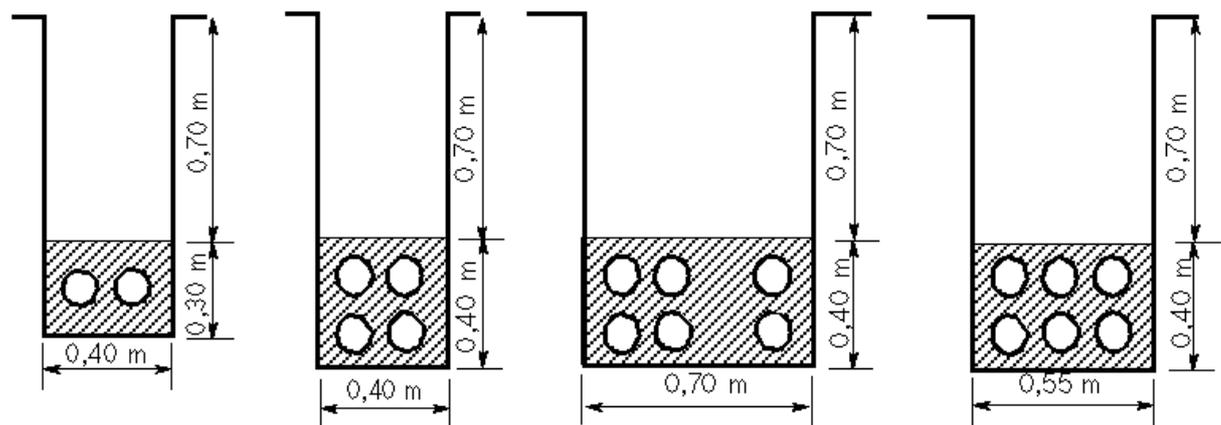


# Canalisations tubulaires

## Canalisations tubulaires en PE-HD, enrobés de sable



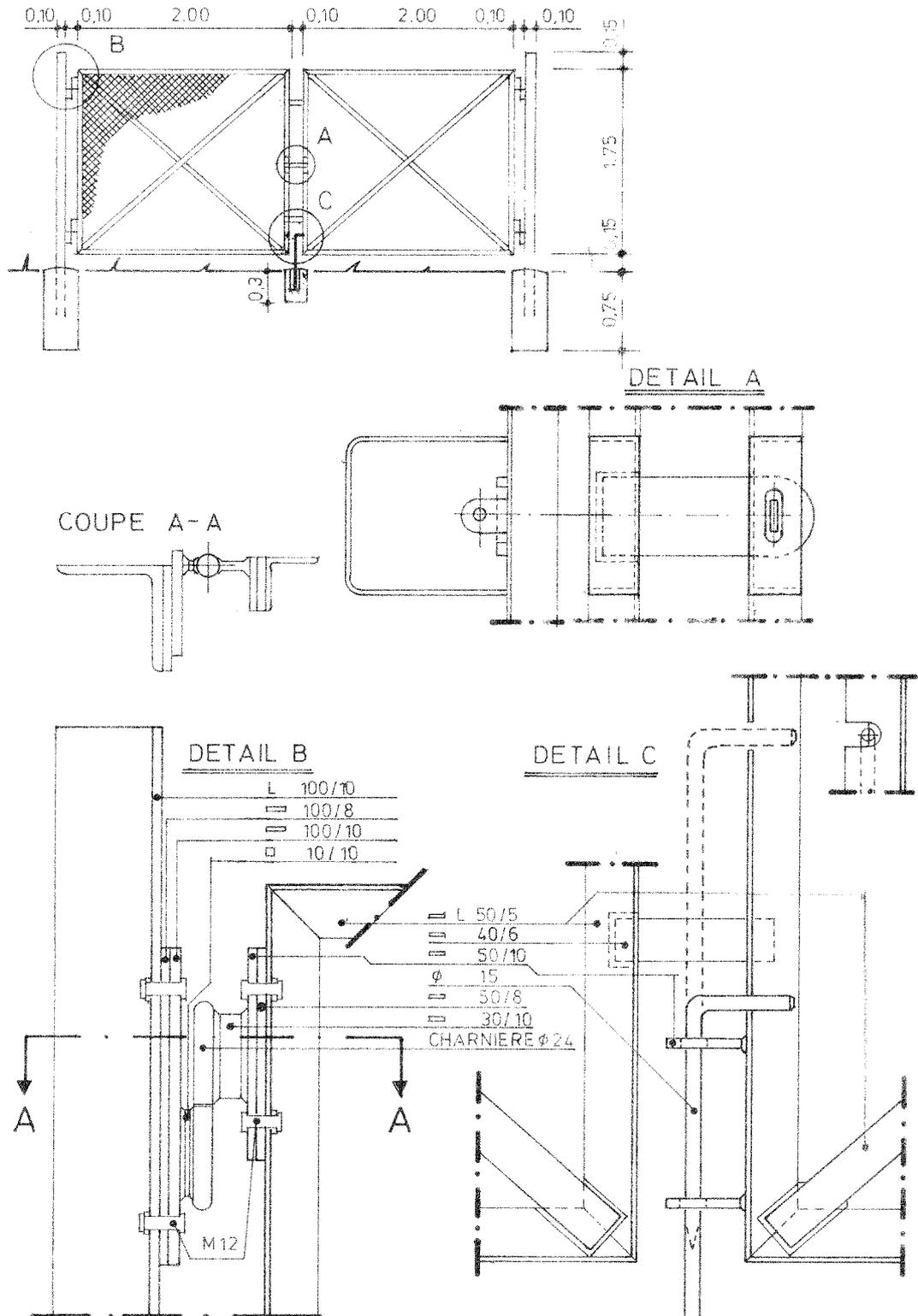
## Canalisations tubulaires en PE-HD, enrobés de béton





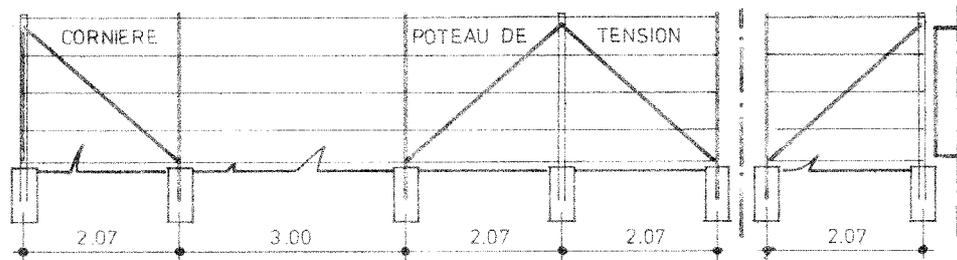
# Equipement de voirie

## Portail métallique grillagé



# Equipement de voirie

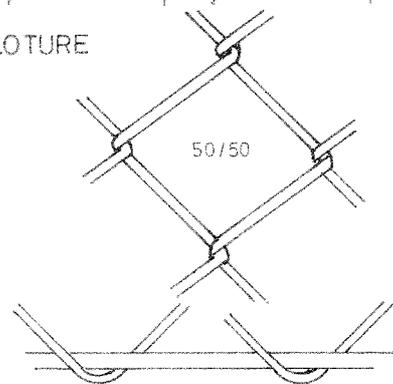
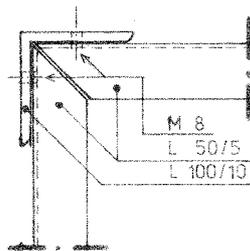
## Clôture type "Autoroute"



### ARRET DE CLOTURE

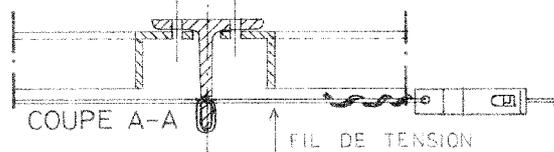
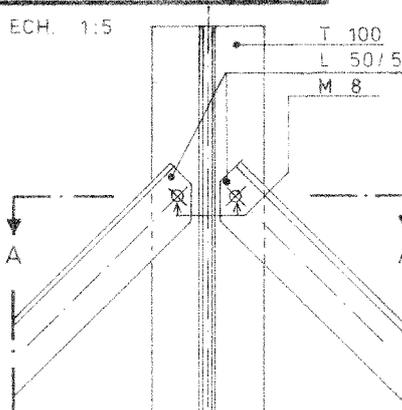
### DETAIL CORNIERE

ECHELLE 1:5

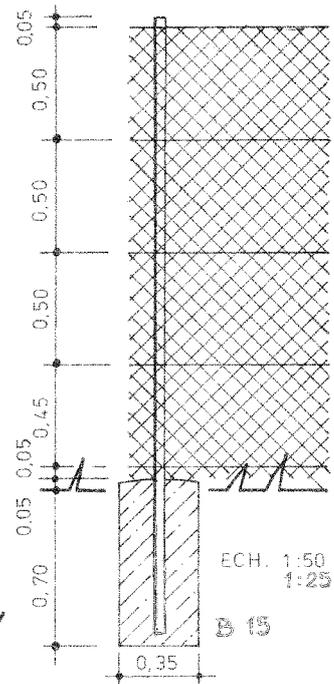


### POTEAU DE TENSION

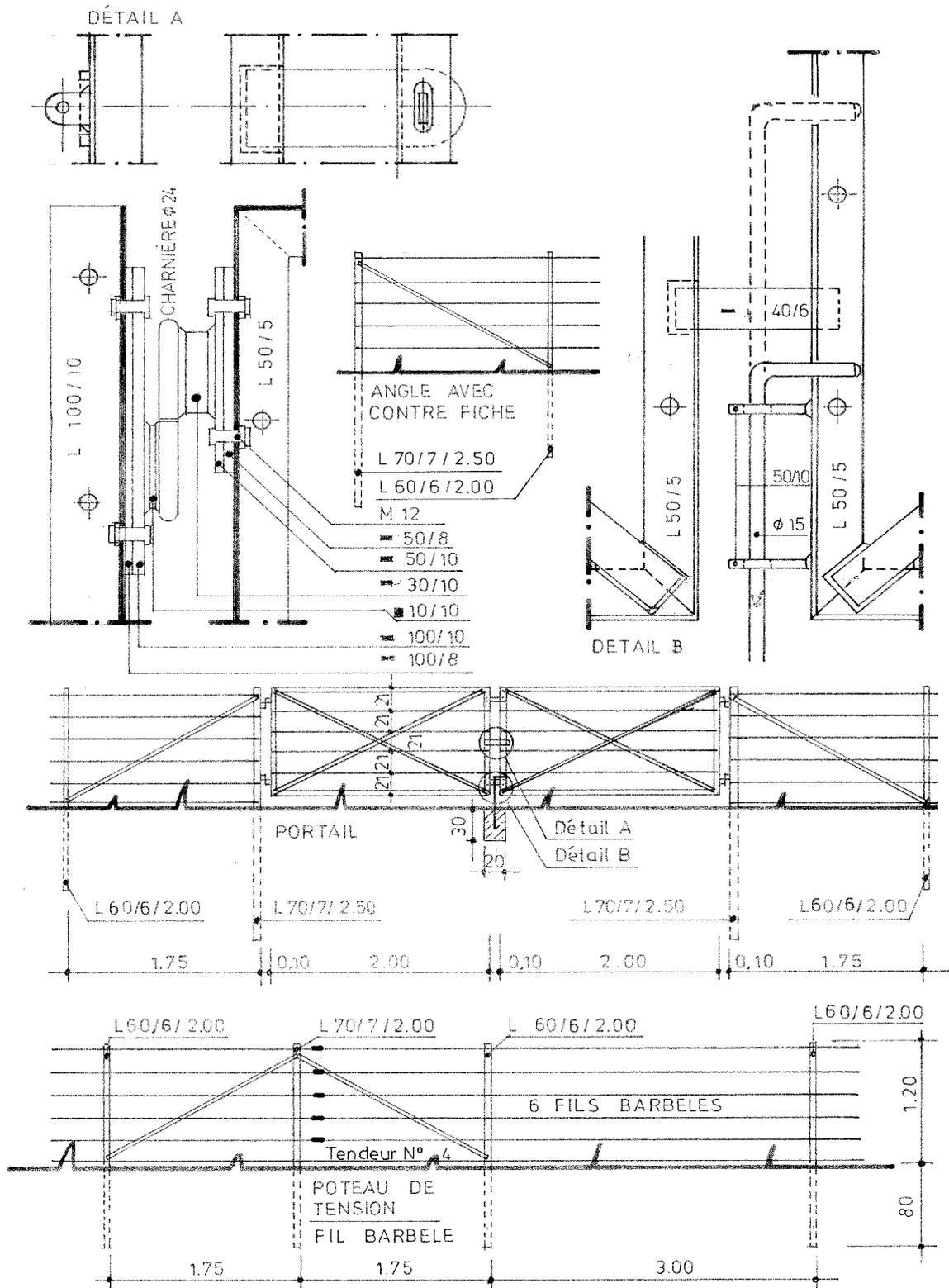
ECH. 1:5



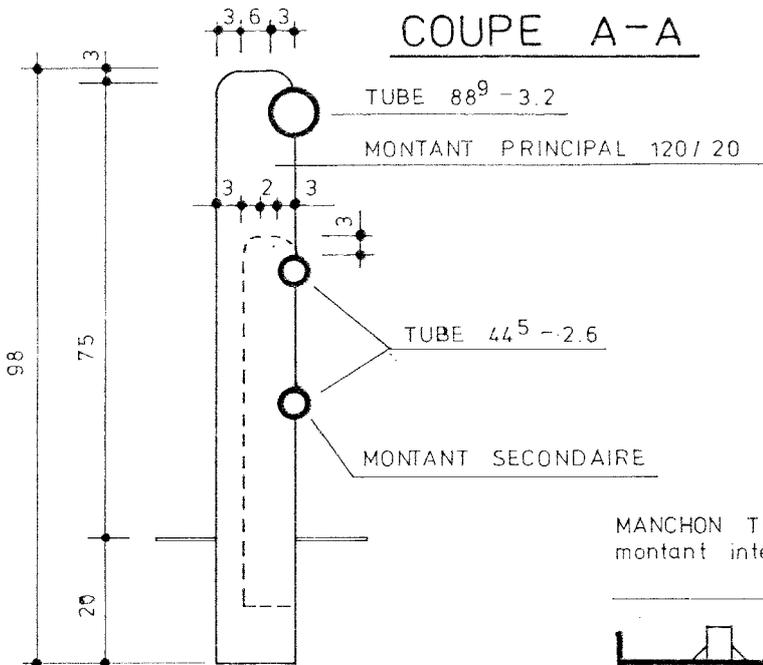
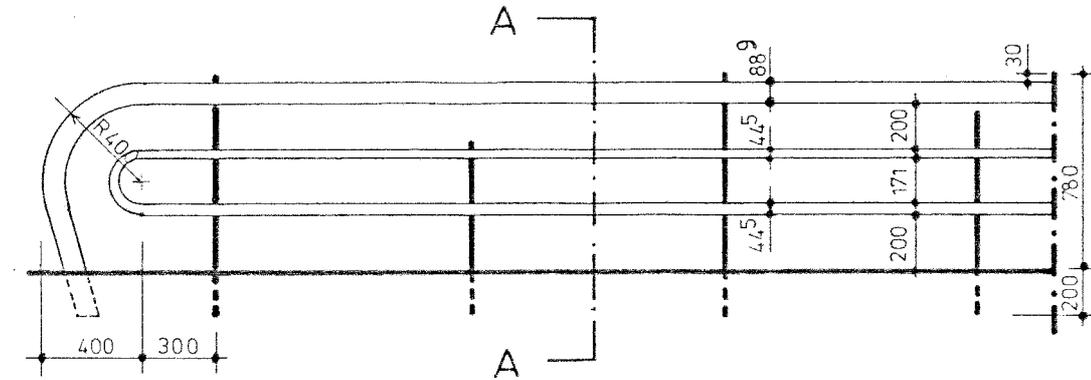
### FIXATION DU GRILLAGE MASSIF D'ANCRAGE



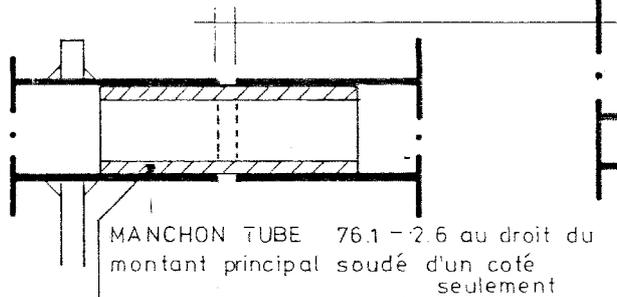
# Clôture de parc



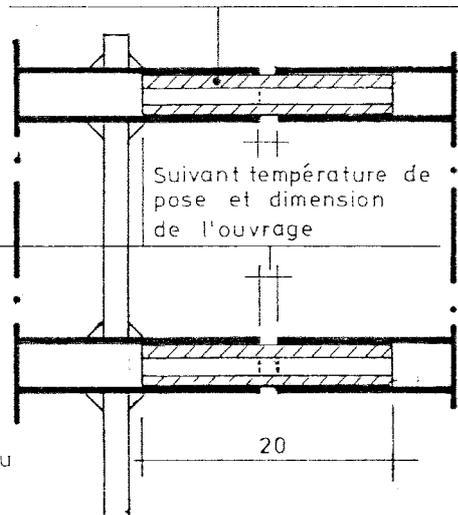
# Garde-corps à lisses horizontales



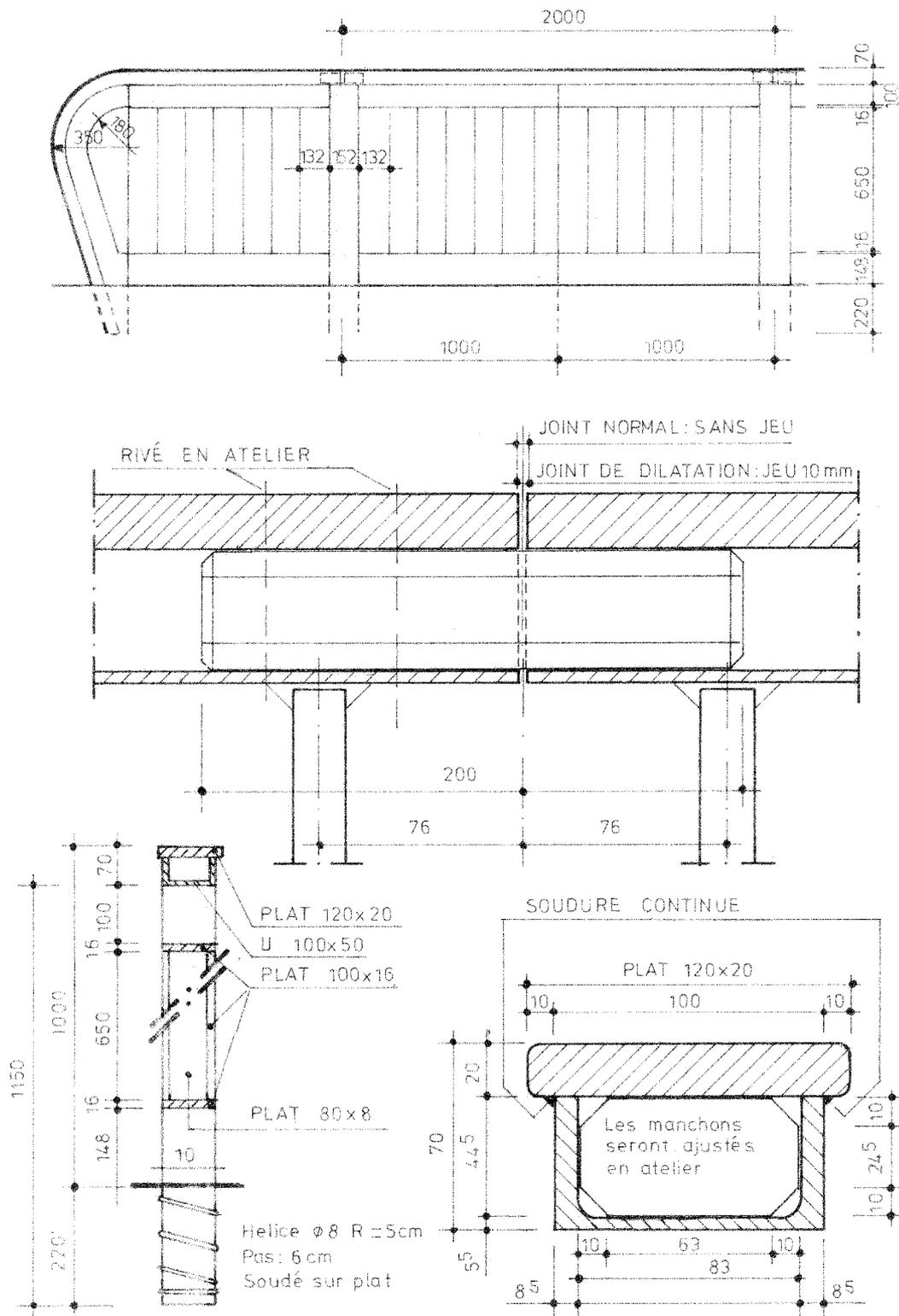
**MANCHON DE DILATATION**



MANCHON TUBE 32-26 au droit du montant intermédiaire, soudé d'un côté seulement



# Garde-corps à barraudage vertical



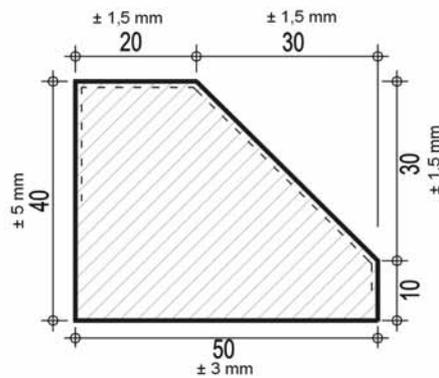
## TYPES DE BORDURES EN GRANIT

TOUTES FACES VUES SCIEES ET  
FLAMMEES, GRENAILLEES OU BOUCHARDEES  
FACES DE TETE EN EQUERRE

FACE VUE

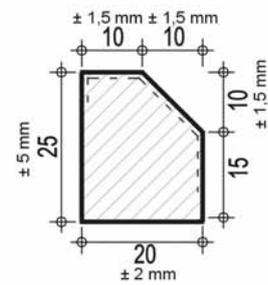
### BORDURE TYPE GRANIT 20/50/40

Dénomination: largeur en haut/largeur en bas/hauteur

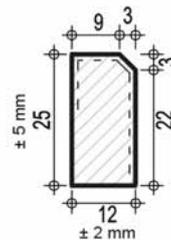


### BORDURE TYPE GRANIT 10/20/25

Dénomination: largeur en haut/largeur en bas/hauteur

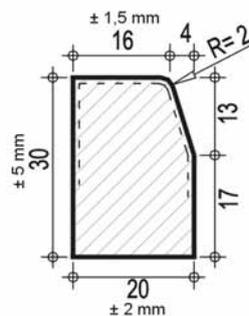


### BORDURE TYPE GRANIT 12/25 Positions No 5208/5209



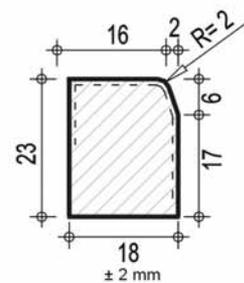
### BORDURE TYPE GRANIT 16/20/30 Positions No 5195/5205

Dénomination: largeur en haut/largeur en bas/hauteur



### BORDURE TYPE GRANIT 16/18/23 Positions No 5190/5200

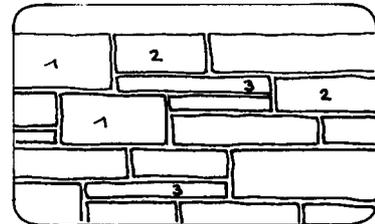
Dénomination: largeur en haut/largeur en bas/hauteur



# Appareillages

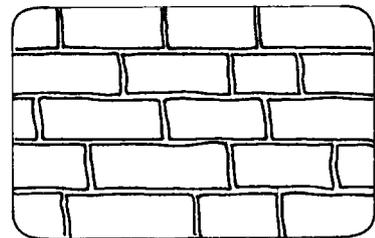
## Appareil régulier/irrégulier à assise horizontale

Pierres numérotées  
joints larg. max. 1,5 cm



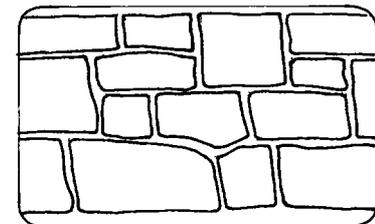
## Appareil régulier assise horizontale longueur quelconque

Hauteur variant de 15 à 25 cm  
joints larg. max. 1,5 cm



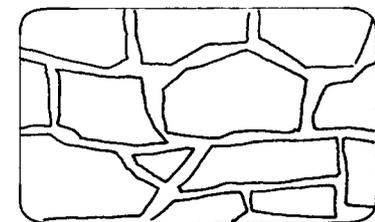
## Appareil en moellons débrutis à assise horizontale

Pierres équarris +/- soigneusement  
face vue d'un moellon > 2 dm<sup>2</sup>  
joints larg. < 2 cm



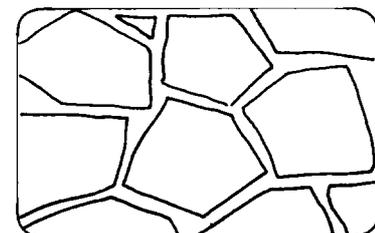
## Appareil irrégulier

majorité d'assises +/- horizontales  
face vue d'un moellon > 1 dm<sup>2</sup>  
joints larg. < 3 cm



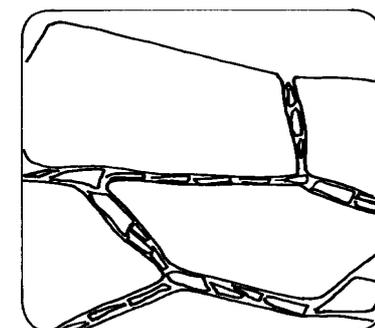
## Appareil polygonal

moellons de forme quelconque  
face vue d'un moellon > 1 dm<sup>2</sup>  
joints larg. < 4 cm



## Appareil cyclopéen

blocs de grande taille partiellement travaillés, les espaces intercalaires sont remplis avec les écailles du travail de la pierre. Face vue d'un bloc > 25 dm<sup>2</sup>, larg. joints < 6 cm



# **DNA EN 206**

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

“BETON - Partie 1 :

Spécification, performances, production et conformité”

Version 1.1 / 05.10.2004

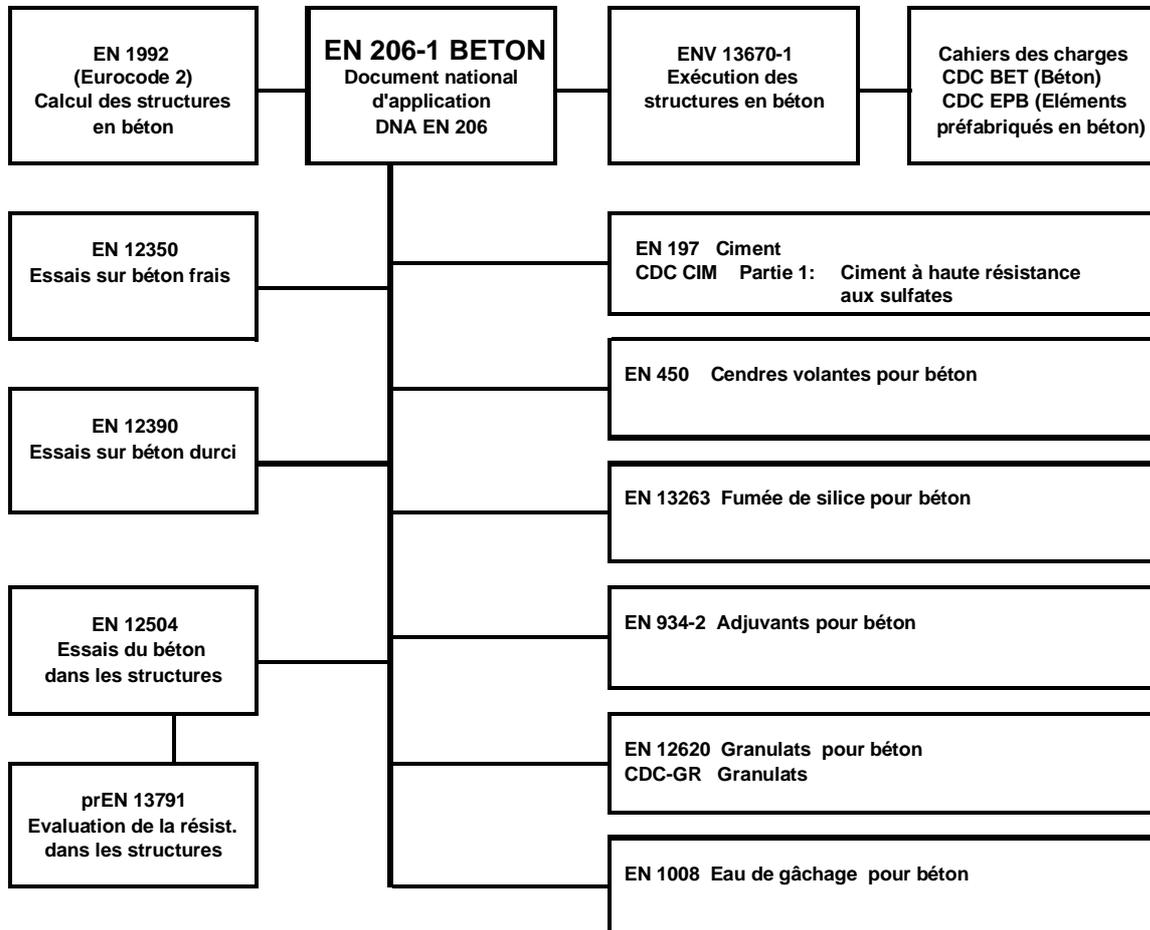
## **Préambule**

En complément ou en remplacement des règles et informations de l'EN 206-1 : 2000, le présent document permet la mise en application de celles-ci au Luxembourg.

La numérotation des chapitres du DNA EN 206 est identique à celle des chapitres de la norme EN 206-1 auxquels il est fait référence.

La figure 1 de la norme EN 206 est remplacée par la figure 1 ci-après

**Figure 1 - Relations entre l'EN 206-1 et les normes pour la conception et l'exécution, ainsi que les normes relatives aux constituants et les normes d'essais (cadre normatif luxembourgeois 'Béton')**



## 1. Domaine d'application

Cette norme s'applique également aux bétons autoplaçants (BAP) et aux bétons fabriqués avec granulats de béton recyclé, pour autant que l'aptitude à l'emploi de ces granulats soit certifiée et contrôlée suivant les critères appliqués aux granulats naturels.

## 2. Références normatives et informatives

### 2.1. Références normatives

Il y a lieu de remplacer ou ajouter les normes suivantes :

|                   |   |
|-------------------|---|
| EN 1008:2002      | Eau de gâchage pour bétons - Spécifications d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux de recyclage d'industries du béton, telle que l'eau de gâchage pour béton. |
| EN 12390-3:2001   | Essai pour béton durci - Partie 3: Résistance en compression des éprouvettes.   |
| EN 12390-8        | Essai pour béton durci – Partie 8: Profondeur de pénétration d'eau sous pression.   |
| EN 12504-1 :2000  | Essais pour béton dans les structures – Partie 1 : Carottes-Prélèvement, examen et essais en compression.   |
| EN 12504-2 :2001  | Essais pour béton dans les structures – Partie2 : Essais non destructifs – Détermination de l'indice de rebondissement.   |
| prEN 12504-3:2000 | Essais pour béton dans les structures – Partie3 : Détermination de la force d'arrachement.  |
| EN 12620:2002     | Granulats pour béton.   |
| EN 13055-1: 2002  | Granulats légers - Partie 1: Granulats légers pour bétons et mortiers.  |
| prEN 13263-1:200X | Fumée de silice pour béton – Partie 1 : Définitions, exigences et critères de conformité  |
| prEN 13263-2:2000 | Fumée de silice pour béton – Partie 2 : Evaluation de la conformité   |
| prEN 13791 :200X  | Evaluation de la résistance à la compression du béton dans les structures ou les éléments structuraux.  |

Dans l'attente de normes européennes harmonisées ou non, il y a lieu d'ajouter

|            |   |
|------------|---|
| CDC-CIM    | Cahier des charges ciments -Partie 1 . Ciments à haute résistance aux sulfates                        |
| CDC-GR     | Cahier des charges granulats et sables  |
| CDC-BET    | Cahier des charges concernant les travaux de bétonnage  |
| CDC-EPB    | Cahier des charges concernant la fabrication et la mise en œuvre d'éléments préfabriqués              |
| prEN 13791 | Evaluation de la résistance à la compression du béton dans les structures ou les éléments structuraux |
| EN 12504   | Essais pour béton dans les structures   |

## 2.2. Références informatives

CEN CR-Report 1901 :1995 Regional specifications and Recommendations for the avoidance of damaging alkali-silica reactions in concrete

DafStB – Richtlinien

- Richtlinie für Beton mit verlängerter Arbeitszeit (Verzögerter Beton) – Eignungsprüfung, Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung
- Richtlinie Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
- Richtlinie Beton mit rezykliertem Zuschlag

### **3. Définitions, symboles et abréviations**

Il y a lieu d'ajouter

#### **3.1.47 Béton autoplaçant (BAP)**

Béton dont la consistance a été modifiée par des adjuvants spéciaux à des valeurs de grande fluidité sans qu'il y ait ségrégation.

Le béton auto-plaçant est un béton normal, dont les caractéristiques rhéologiques à l'état frais confèrent l'aptitude à remplir un moule de forme quelconque ainsi que les espacements entre les armatures, de se niveler et de se compacter par désaération de façon autonome par la seule force gravitationnelle.

#### **3.1.48 Teneur en fines**

Quantité totale de fines, exprimée en kg par m<sup>3</sup> de béton, calculée à partir de la somme de la teneur en ciment, de la teneur en fines < 0.125 mm provenant des granulats et des additions.

#### **3.1.49 Classes d'exposition**

Classification des conditions d'environnement chimiques et physiques, auxquelles le béton peut être exposé et qui peuvent influencer dans le temps la surface du béton, sa structure ou encore les armatures, indépendamment des hypothèses de calcul de dimensionnement.

#### **3.1.50 Catégories de bétons**

Les catégories de bétons regroupent des combinaisons de classes d'exposition possibles pour les domaines d'utilisation courants. Des valeurs limites pour la composition du béton sont définies pour chaque catégorie.

### **4. Classification**

Les classes XS1, XS2 et XS3, qui font référence à l'eau de mer, ne sont pas d'application au Luxembourg.

Les valeurs limites pour les classes d'exposition aux attaques chimiques des sols naturels et aux eaux souterraines données dans le tableau 2 s'appliquent également aux eaux non souterraines en contact avec la surface du béton.

### **5. Exigences relatives au béton et méthodes de vérification**

#### **5.1.1. Généralités**

Le 2<sup>ème</sup> alinéa de la note sous 5.1.1. est complété par

- par les normes DIN et NBN.

### **5.1.2 Ciment**

Le paragraphe est complété par :

Les ciments « à haute résistance aux sulfates » doivent être conformes aux CDC-CIM Partie 1 Ciments à haute résistance aux sulfates

### **5.1.3. Granulats**

Le paragraphe est complété par :

Les granulats de masse volumique normale doivent être conformes à la norme européenne EN 12620 et au Cahier des charges CDC –GR

L'emploi de granulats de béton recyclé est soumis à un agrément spécial délivré par un organisme de certification reconnu.

### **5.1.4. Eau de gâchage**

Le paragraphe est complété par :

Sont considérées comme eaux de gâchage aptes à l'emploi dans les bétons :

- eau potable
- eau de rivière ou de fleuve, pour autant qu'elle ne contienne pas de matières organiques ou inorganiques qui pourraient influencer négativement la prise et le durcissement du ciment ou qui risqueraient d'augmenter le risque de corrosion des armatures. En cas de doute, une étude démontrant l'aptitude de l'eau est à réaliser.
- eau de recyclage du béton, uniquement en forte dilution avec les eaux reprises ci-dessus.

### **5.1.5. Adjuvants**

Le paragraphe est complété par :

Les adjuvants employés doivent être agréés par un organisme de certification. La compatibilité des adjuvants avec le ciment employé doit être vérifiée par des essais préliminaires

### **5.1.6. Additions (y compris les fillers minéraux et les pigments)**

Jusqu'à application d'une norme européenne, les additions de farines minérales de type I (voir 3.1.23) doivent être conformes à la norme DIN 4226-1, les additions de pigments doivent être conformes à la norme EN 12878. Pour les autres additions de type I, l'aptitude à l'emploi doit être prouvée par un agrément technique européen.

Les cendres volantes utilisées en tant qu'addition de type II (voir 3.1.23) doivent répondre aux exigences de la norme européenne EN 450 « Cendres volantes pour béton » et être certifiées conformes à cette norme par un organisme de certification.

Pour les autres additions de type II, l'aptitude à l'emploi doit être prouvée par un agrément technique européen.

## 5.2 Exigences de base pour la composition du béton

### 5.2.1. Généralités

Les granulats employés dans les bétons de haute performances doivent être des granulats de dureté adaptée.

### 5.2.2. Choix du ciment

Le tableau T1 ci-après donne un résumé des caractéristiques des ciments traditionnellement employés au Luxembourg avec indication des domaines d'aptitude et des domaines dans lesquels leur emploi est plutôt déconseillé.

**Tableau T1 - Caractéristiques des ciments traditionnellement employés au Luxembourg et exemples de domaines d'utilisation**

| Désignation du ciment     | Sensibilité au froid | Dégagement de chaleur | Durcissement | Utilisation préférentielle  | Contre-indication  | Observations particulières   |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|---|--|--|
| CEM I 52,5 N              | peu sensible         | élevé                 | très rapide  | Elements préfabriqués<br>Bétonnage par temps froid                  | Béton de masse<br>Bétonnage par temps chaud<br>mortiers, chapes, enduits | Ciment destiné à la préfabrication                                   |
| CEM I 42,5 R              | peu sensible         | élevé                 | rapide       | Elements préfabriqués<br>Bétonnage par temps froid                  | Béton de masse<br>Bétonnage par temps chaud<br>mortiers, chapes, enduits |  |
| CEM II/B-S 42,5 N         | assez peu sensible   | moyen                 | moyen        | Béton armé haute résistance<br>Bétonnage par temps modérément froid | ---  |  |
| CEM II/B-S 42,5 N CONFORT | assez peu sensible   | moyen                 | moyen à lent | Toute sorte de béton armé<br>Bétonnage par temps chaud              | ---  |  |
| CEM II/A-S 32,5 R         | assez sensible       | moyen                 | moyen à lent | Béton armé, mortiers de pose, enduits, chapes                       | Bétons haute résistance  | Ciment utilisé en sacs sur chantier                                  |
| CEM III/A 42,5 N          | assez sensible       | peu élevé             | lent à moyen | Toute sorte de béton armé<br>Bétonnage par temps chaud              | Bétonnage par temps froid  | Demande une cure prolongée   |
| CEM III/A 32,5 N          | sensible             | peu élevé             | lent         | Bétons courants<br>Béton de fondation                               | Bétonnage par temps froid<br>Chapes, enduits                             | Demande une cure prolongée   |
| CEM III/B 32,5 N          | très sensible        | faible                | lent         | Béton de masse<br>Béton en milieu agressif                          | Bétonnage par temps froid<br>Chapes, enduits                             | Ciment recommandé pour milieu agressif<br>Demande une cure prolongée |

Pour les restrictions d'utilisation de différentes qualités de ciment dans la confection de béton suivant les différentes classes d'exposition voir sous 5.3.2. du présent document

### **5.2.3. Utilisation des granulats**

Les granulats utilisés dans les bétons doivent être agréés par un organisme de certification reconnu.

Les fuseaux granulométriques pour les bétons sont donnés dans les graphiques 1 à 5 en annexe L pour les dimensions nominales des granulats 0/8, 0/16, 0/22, 0/32 et 0/64 mm.

Pour les bétons de résistance supérieure à la classe C 12/15, les granulats sont à recomposer par au moins deux calibres séparés, dont un sable 0/4 mm.

Pour les bétons à résistance supérieure à la classe C 30/37 et à grain maximal > 8 mm, les granulats sont à recomposer par au moins 3 calibres (2 calibres pour une composition discontinue) séparés, dont un sable 0/4 ou 0/2 mm.

#### **5.2.3.4. Résistance à la réaction alcali-silice**

L'origine géologique des granulats employés doit être connue. Lorsqu'il s'agit d'un granulats d'une origine géologique susceptible de contenir des grains réactifs aux alcalis, il y a lieu de faire analyser les granulats et en cas de doute de prendre les mesures nécessaires pour réduire la teneur en alcalis « réactifs » dans le béton à < 3.0 kg alcalis / m<sup>3</sup>. (voir CEN CR-Report 1901 :1995 )

### **5.2.4. Utilisation des eaux recyclées**

L'utilisation d'eaux recyclées issues de la production de béton est limitée aux bétons de classe de résistance inférieure à C 35/45. La centrale doit disposer d'un dispositif qui permet d'ajouter de l'eau recyclée à l'eau de gâchage de façon contrôlée. Il y a lieu de tenir compte de la teneur en fines dans cette eau.

### **5.2.5. Utilisation des additions**

#### **5.2.5.2. Concept du coefficient k**

##### **5.2.5.2.1 Généralités**

Le concept du coefficient k ne peut être appliqué qu'aux cendres volantes certifiées conformes à la EN 450 « Cendres volantes pour bétons » par un organisme de certification, ainsi qu'aux fumées de silice certifiées conformes à la prEN 13263 .

##### **5.2.5.2.2 Concept du coefficient k pour les cendres volantes conformes à l'EN 450**

Sont d'application les exigences de la norme EN 206-1, c'est à dire :

Rapport : cendres volantes conformes EN 450/ ciment  $\leq$  0.33 (en masse)

Les valeurs k autorisées sont données dans le tableau T2 suivant

**Tableau T2 - Valeurs k à prendre en compte pour les cendres volantes conformes à l' EN 450 en fonction de la qualité de ciment employée**

| Qualité de ciment suivant EN 197-1 |              | Valeur k (cendres volantes) pour la classe de résistance ciment |        |        |        |        |        |
|------------------------------------|--------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                    |              | 32,5 N  | 32,5 R | 42,5 N | 42,5 R | 52,5 N | 52,5 R |
| Ciment Portland                    | CEM I        | 0.2   | 0.2    | 0.4    | 0.4    | 0.4    | 0.4    |
| Ciment Portland au laitier         | CEM II/A-S   | 0.2   | 0.2    | 0.4    | 0.4    | 0.4    | 0.4    |
|                                    | CEM II/B-S   | 0.2   | 0.2    | 0.4    | 0.4    | 0.4    | 0.4    |
| Ciment Portland au calcaire        | CEM III/A-LL | 0.2   | 0.2    | 0.2    | 0.4    | 0.4    | 0.4    |
| Ciment de Haut Fourneau            | CEM III/A    | 0.2   | 0.2    | 0.2    | 0.4    | 0.4    | 0.4    |
| Autres Ciments                     |              | 0.0   | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |

### 5.2.6 Utilisation d'adjuvants

Les bétons de classe de consistance supérieure ou égale à S4, V4 et F4 doivent être confectionnés avec des adjuvants fluidifiants adaptés.

### 5.2.8. Température du béton

En général, la température du béton ne doit pas dépasser 30 °C, à moins que des dispositions spéciales n'aient été prises pour assurer qu'il n'y ait pas de conséquences négatives sur la qualité du béton durci. (p.ex. essais au préalable avec ajout de retardateur).

Lorsque la température de l'air se situe entre + 5 °C et – 3 °C, la température du béton ne doit pas être inférieure à + 8 °C lors de sa mise en œuvre. Elle doit être supérieure à + 10 °C, lorsque du ciment de classe 32,5 N ou 42,5 N est utilisé.

Lorsque la température de l'air est entre – 3 °C et – 10 °C, la température du béton doit être supérieure à + 10 °C lors de sa mise en œuvre et des dispositions spéciales doivent être prises sur chantier pour que le béton soit protégé du froid.

Il est recommandé d'utiliser dans ce cas des ciments à dégagement de chaleur élevé et/ou des accélérateurs de durcissement.

La mise en œuvre du béton n'est pas autorisée lors de températures inférieures à –10 °C.

## 5.3. Exigences liées aux classes d'exposition

### 5.3.1. Généralités

Les exigences fondées sur des méthodes de conception performantielles doivent se baser sur des valeurs de performance, pour la mesure desquelles des essais sont décrits dans des normes européennes ou des recommandations RILEM.

### 5.3.2. Valeurs limites pour la composition du béton

Le tableau F.2. « Valeurs limites spécifiées applicables à la composition et aux propriétés du béton au Luxembourg» de l'annexe F est d'application.

#### 5.3.2.1. Teneurs minimales en ciment

Les teneurs minimales en ciment données dans le tableau F.2. de l'annexe F sont d'application.

#### 5.3.2.2 Teneur maximale en fines des bétons

La teneur maximale en fines < 0,125 mm en fonction de la teneur en ciment du béton est donnée dans les tableaux suivants :

**Tableau T3 - Teneur maximale en fines des bétons avec grain maximal de 16 – 63 mm pour les bétons de classe de résistance  $\leq$  C 50/60 resp.  $\leq$  LC 50/60**

| Teneur en ciment du béton (kg/m <sup>3</sup> ) | Teneur maximale en fines <0,125 mm (kg/m <sup>3</sup> ) * |
|--|---|
| $\leq 300$                                     | 400   |
| 300 - 400                                      | Teneur en ciment + 100                                    |
| $\geq 400$                                     | 500   |

\* à l'exception des bétons auto-plaçants

**Tableau T4 - Teneur maximale en fines des bétons avec grain maximal de 16 – 63 mm pour les bétons de classe de résistance  $>$  C 50/60 resp.  $>$  LC 50/60**

| Teneur en ciment du béton (kg/m <sup>3</sup> ) | Teneur maximale en fines <0,125 mm (kg/m <sup>3</sup> ) * |
|--|---|
| $\leq 400$                                     | 500   |
| 400 - 450                                      | Teneur en ciment + 100                                    |
| $\geq 450$                                     | 550   |

\* à l'exception des bétons auto-plaçants

Les valeurs données dans ces tableaux peuvent être augmentées de 50 kg/m<sup>3</sup> pour les bétons à grain maximal de 8 mm.

La teneur en fines des bétons déclarés auto-plaçants doit se situer entre **450 et 650 kg/m<sup>3</sup>**

#### 5.3.2.3. Choix de la qualité de ciment en fonction des classes d'exposition

Les qualités de ciment à employer dans la confection de béton répondant aux exigences du tableau F.2 de l'annexe F pour les différentes classes d'exposition sont données dans le tableau T5 :

**Tableau T5 - Domaines d'application des ciments conformes à l'EN 197-1 pour la confection de bétons en fonction des différentes classes d'exposition**

| Qualité de ciment suivant EN 197-1   |             | Classe d'exposition suivant Tableau 1 |                                     |     |     |     |     |  |     |                     |   |                     |     |                     |                  |                 |     |
|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|--|-----|---------------------|---|---------------------|-----|---------------------|------------------|-----------------|-----|
|                                      |             | sans risque de corrosion              | corrosion induite par carbonatation |     |     |     |     | corrosion induite par chlorures (autres que marines) |     |                     | attaque gel/dégel avec ou sans agents de déverglaçage |                     |     |                     | attaque chimique |                 |     |
|                                      |             |                                       | X0                                  | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XD1  | XD2 | XD3                 | XF1   | XF2                 | XF3 | XF4                 | XA1              | XA2             | XA3 |
| Ciment Portland                      | CEM I       | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X                   | X   | X                   | X   | X                   | X <sup>b)</sup>  | X <sup>b)</sup> |     |
| Ciment Portland au laitier           | CEM II/A-S  | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X                   | X   | X                   | X   | X                   | X <sup>c)</sup>  | X <sup>c)</sup> |     |
|                                      | CEM II/B-S  | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X                   | X   | X                   | X   | X                   | X <sup>c)</sup>  | X <sup>c)</sup> |     |
| Ciment Portland à la fumée de silice | CEM II/A-D  | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X                   | ---   | X                   | --- | X                   | ---              | ---             |     |
| Ciment Portland à la pouzzolane      | CEM II/A-P  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/B-P  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/A-Q  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/B-Q  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
| Ciment Portland aux cendres volantes | CEM II/A-V  | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X                   | ---   | X                   | --- | X                   | X <sup>c)</sup>  | X <sup>c)</sup> |     |
|                                      | CEM II/B-V  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | X                   | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/A-W  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/B-W  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
| Ciment Portland au schiste calciné   | CEM II/A-T  | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X                   | ---   | X                   | --- | X                   | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/B-T  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
| Ciment Portland au calcaire          | CEM II/A-L  | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | ---                 | ---   | ---                 | --- | X                   | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/B-L  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/A-LL | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X                   | ---   | X                   | --- | X                   | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/B-LL | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
| Ciment Portland composé              | CEM II/A-M  | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X/--- <sup>a)</sup> | ---   | X/--- <sup>a)</sup> | --- | X/--- <sup>a)</sup> | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM II/B-M  | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
| Ciment de Haut Fourneau              | CEM III/A   | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X                   | ---   | X                   | --- | X                   | X <sup>c)</sup>  | X <sup>c)</sup> |     |
|                                      | CEM III/B   | X                                     | X                                   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X                   | ---   | X                   | --- | X                   | X <sup>b)</sup>  | X <sup>b)</sup> |     |
|                                      | CEM III/C   | X                                     | X                                   | X   | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
| Ciment pouzzolanique                 | CEM IV/A    | X                                     | ---                                 | --- | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM IV/B    | X                                     | ---                                 | --- | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
| Ciment composé                       | CEM V/A     | X                                     | ---                                 | --- | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |
|                                      | CEM V/B     | X                                     | ---                                 | --- | --- | --- | --- | ---  | --- | ---                 | ---   | ---                 | --- | ---                 | ---              | ---             |     |

X => domaine d'application pour la qualité de ciment considérée

--- => qualité de ciment non utilisable pour cette application

X/---<sup>a)</sup> => sont uniquement utilisables les qualités de ciment CEM II/A-M (S-V), (S-D), (S-T) et (S-LL)

b) Si l'eau en contact avec la surface du béton accuse une teneur en sulfates  $SO_4^{2-} > 600$  mg/l ou si le sol en contact avec le béton accuse une teneur en sulfates  $SO_4^{2-} > 3000$  mg/kg, un ciment "à haute résistance aux sulfates" suivant CDC-CIM Partie 1 ou conforme à la norme DIN ou NBN pour ciments résistants aux sulfates doit être employé.

c) Si l'eau en contact avec la surface du béton accuse une teneur en sulfates  $SO_4^{2-} > 600$  mg/l ou si le sol en contact avec le béton accuse une teneur en sulfates  $SO_4^{2-} > 3000$  mg/kg, cette qualité de ciment ne peut pas être employée

## 5.4 Exigences pour le béton frais

### 5.4.1 Consistance

Les méthodes d'essais préférentielles à utiliser pour la mesure de la consistance sont l'essai d'étalement (pour les bétons plastiques) et l'essai d'affaissement (pour les bétons à consistance ferme).

Pour les bétons déclarés auto-plaçants, l'étalement mesuré sans chocs avec cône suivant EN 12350-2 doit être supérieur ou égal à 70 cm.

### 5.4.2. Dosage en ciment et rapport eau/ciment

La quantité d'eau totale (y compris la teneur en eau calculée à partir des humidités des granulats) par m<sup>3</sup> de béton doit être documentée sur le bon de livraison émis par le fabricant du béton.

Toute ajoute d'eau sur chantier doit être notée sur toutes les copies de bons de livraison avant leur remise à la réception au responsable du chantier. (v. 7.5)

### 5.4.3. Teneur en air

Pour les bétons des classes d'exposition XF4, les valeurs minima moyennes d'air occlus données dans le tableau T6 en fonction de la dimension maximale des granulats.

**Tableau T6 - Teneurs minimales en air occlus des bétons de la classe d'exposition XF4 en fonction de la dimension maximale des granulats**

| <b>Grain maximal des granulats (mm)</b> | <b>Teneur moyenne en air entraîné (en % volume)</b> | <b>Mesures individuelles en air entraîné (en % volume)</b> |
|---|---|--|
| 8                                       | ≥ 6,0   | ≥ 5,5  |
| 16                                      | ≥ 5,5   | ≥ 5,0  |
| 22                                      | ≥ 5,0   | ≥ 4,5  |
| 32                                      | ≥ 4,5   | ≥ 4,0  |
| 63                                      | ≥ 4,0   | ≥ 3,5  |

### 5.4.4. Dimension maximale des granulats

Les dimensions maximales des grains du béton  $D_{max}$  recommandées sont les suivantes (voir annexe L) :

**8 mm**  
**16 mm**  
**22 mm**  
**32 mm**  
**63 mm**

## **5.5. Exigences pour le béton durci**

### **5.5.1.1. Généralités**

En règle générale, la résistance à la compression nominale du béton est mesurée sur cubes de 150 mm d'arête, conformes à l'EN 12390-1, fabriqués et conservés suivant EN 12390-2 à partir d'échantillons pris conformément à EN 12350-1.

Si une armoire climatique qui permet de garantir une humidité relative > 95 % n'est pas disponible pour la conservation des éprouvettes dès le démoulage, celles-ci doivent être conservées sous eau jusqu'à leur transport vers le laboratoire d'essais. Les éprouvettes doivent être protégées contre la dessiccation durant ce transport.

Les résistances déterminées sur cubes dits « de chantier », confectionnés et conservés dans des conditions de température et d'humidité autres que celles décrites dans la norme EN 12390, peuvent uniquement servir pour le contrôle du durcissement du béton et non pas au contrôle de qualité, c'est-à-dire à l'attribution à une classe de résistance nominale.

### **5.5.1.2 Résistance à la compression**

L'attribution à une classe de résistance d'un béton confectionné avec un ciment de haut fourneau CEM III de classe de résistance 32,5 N, se fait par la détermination de la résistance nominale à la compression à l'échéance de 56 jours.

Les résultats d'essais de durcissement, pour lesquels la conservation des éprouvettes est celle du béton de l'ouvrage lui-même, ne sont pas opposables au producteur de béton.

L'évaluation de la résistance à la compression du béton dans les ouvrages ou parties d'ouvrages se fait suivant la norme prEN13791.

### **5.5.1.4 Résistance à la flexion**

Lorsque la résistance à la flexion doit être déterminée, elle doit être mesurée conformément à l'EN 12390-5. Sauf prescription contraire, la résistance à la flexion est déterminée sur des éprouvettes à 28 jours.

La résistance à la flexion du béton doit être égale ou supérieure à la résistance à la flexion caractéristique spécifiée.

### **5.5.3. Résistance à la pénétration d'eau**

Le paragraphe de la norme est remplacé par :

Un béton « à haute résistance à la pénétration d'eau » doit être mis en œuvre avec un rapport eau/ciment  $\leq 0.55$  et doit avoir une teneur en ciment supérieure à  $300 \text{ kg/m}^3$ .

La profondeur moyenne mesurée conformément à l'EN 12390-8 « Profondeur de pénétration d'eau sous pression » (500 kPa pendant 72 heures) sur des éprouvettes conservées sous eau pendant 28 jours ne doit pas dépasser 50 mm.

## **6. Spécifications du béton**

### **6.1 Généralités**

Dans des cas particuliers (p.ex. béton apparent, béton de hautes performances, béton à haute résistance à l'usure, béton à haut module d'élasticité), le producteur, l'utilisateur et le prescripteur doivent se mettre d'accord sur les exigences particulières concernant la composition des bétons et les spécifications à appliquer aux matériaux entrant dans la composition des bétons (p.ex. nature, provenance, exigences particulières).

#### **6.2.1. Généralités**

Pour les abréviations à utiliser dans les prescriptions, voir article 11 et annexe N.

#### **6.2.2. Données de base**

c) classe(s) d'exposition (voir article 11 pour les désignations abrégées) et la catégorie de béton correspondante le cas échéant (voir article 11 et annexe N) \*

\* Au cas où aucune catégorie de béton définie dans l'annexe N ne satisfait à la combinaison de classes d'exposition déterminée, celle-ci sera indiquée suivi de la mention « catégorie spéciale »

### **6.3. Spécifications des bétons à composition prescrite**

#### **6.3.1. Généralités**

Les bétons à composition prescrite tels que définis dans la norme européenne EN 206 ne sont pas d'application au Luxembourg.

### **6.4. Spécification des bétons à composition prescrite dans une norme**

Les bétons à composition prescrite dans une norme tels que définis dans la norme européenne EN 206 ne sont pas d'application au Luxembourg.

## 7. Livraison du béton frais

### 7.1. Information de l'utilisateur du béton au producteur

A ajouter :

- le volume des camions malaxeurs à mettre à disposition afin de respecter les délais de mise en œuvre du béton.

### 7.2. Information du producteur du béton à l'utilisateur

A ajouter :

- g) pour béton fluidifié sur chantier : la classe de consistance ou la consistance visée avant ajout de l'adjuvant
- h) la déclaration de conformité ou de non-conformité au DNA 206 : « Conforme au DNA EN 206 », « Non conforme au DNA EN 206 »

le tableau T 12 est complété comme suit :

**Tableau 12 – Evolution de la résistance du béton à 20 °C**

| Classe d'évolution de la résistance | Evolution de la résistance | Estimation du rapport des résistances<br><i>f<sub>cm,2</sub>/f<sub>cm,28</sub></i> |
|-------------------------------------|----------------------------|--|
| R                                   | Rapide                     | ≥ 0,5  |
| M                                   | Moyen                      | ≥ 0,3 à < 0,5  |
| L                                   | Lent                       | ≥ 0,15 à < 0,3   |
| TL                                  | Très lent                  | < 0,15   |

### 7.3 Bon de livraison pour béton prêt à l'emploi

ajouter au 2<sup>ème</sup> tiret

- l'heure limite de validité pour le déchargement

ajouter au 9<sup>ème</sup> tiret :

- la déclaration de conformité ou de non-conformité au DNA EN 206 : « Conforme au DNA EN 206 », « Non conforme au DNA EN 206 » ;

ajouter au 2<sup>ème</sup> tiret sous « précisions »

- le rapport eau/ciment

- les classes d'exposition ou la catégorie de béton suivant l'annexe N avec indication des classes d'exposition les plus contraignantes (annexe N, §N.3) le cas échéant

remplacer le 5<sup>ème</sup> tiret (les valeurs limites ...) par

- la pesée des constituants par gâché et la teneur en eau des sables et granulats

ajouter les tirets :

- les propriétés particulières, si elles sont prescrites (p.ex. teneur en air, haute résistance à la pénétration de l'eau, module d'élasticité, etc)
- la classe d'évolution de la résistance
- l'origine des agrégats

Lors de l'ajout d'eau ou d'adjuvant sur chantier, l'heure exacte de l'ajoute, la quantité ajoutée, le volume du béton dans le malaxeur ainsi que le temps de malaxage après ajoute doivent être marqués sur toutes les copies du bulletin de livraison (v. 7.5)

## **7.5 Consistance à la livraison**

L'ajout d'eau sur chantier n'est pas permis, à moins qu'il n'ait été programmé. Dans ce cas, les conditions suivantes doivent être remplies :

- les essais initiaux doivent avoir été effectués sous les mêmes conditions, c'est à dire sur béton auquel on a ajouté après un certain temps la même quantité d'eau que celle prévue sur chantier ;
- la quantité maximale d'eau pouvant être ajoutée sur chantier – qui ne doit pas dépasser la quantité d'eau ajoutée lors des essais initiaux - doit figurer sur toutes les copies des bulletins de livraison ;
- le camion malaxeur doit être équipé d'une installation de dosage adaptée
- les échantillons de bétons destinés aux essais de contrôle de production doivent être prélevés après la dernière addition d'eau

### **Paragraphe à ajouter :**

## **7.6. Transport du béton**

Le béton de consistance ferme peut être transporté dans des camions-bennes. Le matériel de la benne en contact avec le béton ne doit pas réagir avec le béton (aluminium p.ex.).

Le béton frais de consistance autre que ferme doit être transporté dans des camions malaxeurs ou camions équipés d'une cuve agitatrice. Avant son déchargement sur chantier, le béton doit être remalaxé de façon à ce qu'il puisse être mis en œuvre dans un état de consistance homogène.

Dans un camion malaxeur, la durée du re-malaxage après ajout d'adjuvant ne sera pas inférieure à 1 min/m<sup>3</sup> ni inférieure à 5 minutes pour une charge inférieure à 5 m<sup>3</sup>. Lors de l'ajout d'adjuvant dans un camion malaxeur, le volume de la charge de béton contenu devra être supérieur à 0,5 fois le volume de la cuve de malaxage.

Les camions malaxeurs ou camions avec cuve agitatrice doivent être déchargés complètement au plus tard 120 minutes après la confection du béton en centrale. Lorsque la température du béton frais dépasse 22°C, cette durée est ramenée à 90 minutes. En cas d'ajout d'un adjuvant retardateur, la durée maximale d'attente avant déchargement ne doit pas dépasser la durée déterminée lors des essais initiaux avec le dosage en adjuvant correspondant.

## **8. Contrôle de conformité et critères de conformité**

### **8.2.1 Contrôle de la conformité de la résistance à la compression**

#### **8.2.1.1. Généralités**

La NOTE 1 est complétée par :

L'annexe K de la norme EN 206 est normative

#### **8.2.1.2. Plan d'échantillonnage et d'essais**

Le paragraphe de la norme est complété par :

Pour les bétons devant satisfaire à des exigences particulières (v.6), la fréquence des prises d'échantillons pour l'évaluation de la conformité est à convenir entre le producteur du béton et l'organisme de contrôle.

### **8.3. Contrôle de conformité du béton à composition prescrite y compris les bétons à composition prescrite dans une norme.**

Les bétons à composition prescrite sont exclus.

## **9. Contrôle de production**

### **9.6.1. Personnel**

La NOTE est remplacée par :

Pour chaque site de production, le producteur doit nommer un responsable qualifié pour le contrôle de production. Cette personne doit avoir des connaissances suffisantes dans le domaine de la technologie du béton et des normes relatives au béton, attestées par le suivi d'une formation qualifiante dans ce domaine.

Le personnel employé dans le contrôle de production doit également suivre une formation continue dans le domaine de la fabrication, du contrôle et des essais du béton pour être à même de garantir une production suivant la norme et le DNA EN 206.

### **9.8. Malaxage du béton**

La NOTE est remplacée par :

Dans un camion malaxeur, la durée du re-malaxage après ajout d'adjuvant ne sera pas inférieure à 1 min/m<sup>3</sup> ni inférieure à 5 minutes pour une charge inférieure à 5 m<sup>3</sup>. Lors de l'ajout d'adjuvant dans un camion malaxeur, le volume de la charge de béton contenu devra être supérieur à 0,5 fois le volume de la cuve de malaxage.

## **10. Evaluation de la conformité**

### **10.1. Généralités**

Le 3<sup>ème</sup> alinéa de la norme est remplacé par :

Conformément à l'annexe C, l'inspection du contrôle de production du fabricant et les contrôles de conformité des bétons à la présente norme doivent être effectués par des organismes d'inspection approuvés.

Pour les produits préfabriqués, les exigences et les dispositions relatives à l'évaluation de la conformité sont données dans les spécifications techniques pertinentes (CDC – EPB, normes de produits et agréments techniques).

### **10.2. Evaluation, surveillance et certification du contrôle de production**

Les dispositions du paragraphe sont remplacées par :

Les dispositions de l'annexe C « Dispositions pour l'évaluation, la surveillance et la certification du contrôle de production » de la norme EN 206 sont normatives et doivent être appliquées.

## **11. Désignation des bétons à propriétés spécifiées**

L'exemple XD2 (F) du 3<sup>ème</sup> tiret est remplacé par :

exemple XD2 (L) lorsque les dispositions luxembourgeoises sont applicables;

Lorsque les dispositions luxembourgeoises sont applicables, il est recommandé de recourir aux dispositions de l'annexe N

**Annexe B  
(normative)  
Test d'identification pour la résistance à la compression**

**B.1 Généralités**

Ajouter :

Les tests d'identification pour la résistance à la compression d'un béton de masse volumique normale ou d'un béton lourd livré sur chantier, se font suivant les modalités de l'annexe M.

**B.2 Plan d'échantillonnage et essais**

Ajouter :

- le béton livré sur un chantier pendant les périodes et dans les quantités telles que définies dans le tableau M.3 de l'annexe M.

Le nombre d'échantillons à prélever sur un volume particulier de béton est défini dans le tableau M.3 de l'annexe M.

**L'annexe F de la norme EN 206 est remplacée par l'annexe F suivant**

**Annexe F  
(normative)**

**Exigences luxembourgeoises pour les limites de compositions du béton**

Cette annexe fournit les prescriptions pour le choix des exigences relatives à la composition et aux propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition selon 5.3.2.

En ce qui concerne les qualités de ciment qui peuvent être employés pour les différentes classes d'expositions, il y a lieu de se référer au Tableau T5: « Domaines d'application des ciments conformes à la EN 197-1 pour la confection de bétons en fonction des différentes classes d'exposition» sous § 5.3.2 Valeurs limites pour la composition du béton.

**Tableau F.2 - Exigences luxembourgeoises pour les valeurs limites spécifiées applicables à la composition  
et aux propriétés du béton**

| Classe d'exposition                     | X0     | XC1           | XC2           | XC3           | XC4           | XD1           | XD2           | XD3           | XF1                  | XF2                  | XF3                  | XF4                    | XA1           | XA2                        | XA3                        |
|---|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|
| Facteur E/C maximal                     | ---    | 0.70          | 0.70          | 0.60          | 0.60          | 0.55          | 0.55          | 0.45          | 0.60                 | 0.50                 | 0.50                 | 0.50                   | 0.60          | 0.50                       | 0.45                       |
| Classe de résistance minimale           | C12/15 | C20/25        | C20/25        | C25/30        | C25/30        | C30/37        | C30/37        | C35/45        | C25/30               | C30/37               | C30/37               | C30/37                 | C25/30        | C30/37                     | C35/45                     |
| Teneur minimale en ciment               | ---    | 240           | 240           | 280           | 280           | 300           | 300           | 340           | 280                  | 320                  | 320                  | 340                    | 280           | 320                        | 340                        |
| Teneur minimale en air entraîné         | ---    | ---           | ---           | ---           | ---           | ---           | ---           | ---           | ---                  | ---                  | ---                  | 4.0                    | ---           | ---                        | ---                        |
| Qualité de ciment                       | ---    | <sup>1)</sup>        | <sup>1)</sup>        | <sup>1)</sup>        | <sup>1)</sup>          | <sup>1)</sup> | <b>HRS</b> <sup>2)3)</sup> | <b>HRS</b> <sup>2)3)</sup> |
| Cat. de gelivité des granulats EN 12620 | ---    | ---           | ---           | ---           | ---           | ---           | ---           | ---           | <b>F<sub>4</sub></b> | <b>F<sub>2</sub></b> | <b>F<sub>2</sub></b> | <b>MS<sub>18</sub></b> | ---           | ---                        | ---                        |

<sup>1)</sup> pour la restriction d'emploi des différentes qualités de ciment suivant EN 197-1 voir tableau Domaines d'application des ciments conformes à la EN 197-1 pour la confection de bétons en fonction des différentes classes d'exposition sous § 5.3.2 : Valeurs limites pour la composition du béton

<sup>2)</sup> si la teneur en SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> est > 600 mg/l dans l'eau ou > 3000 mg/kg dans le sol

<sup>3)</sup> L'attribution à une classe de résistance d'un béton confectionné avec un ciment de haut fourneau CEM III de classe 32,5 N, se fait par la détermination de la résistance nominale à la compression à l'échéance de 56 jours( § 5.5.1.2 de la présente norme).

## Annexe L (normative)

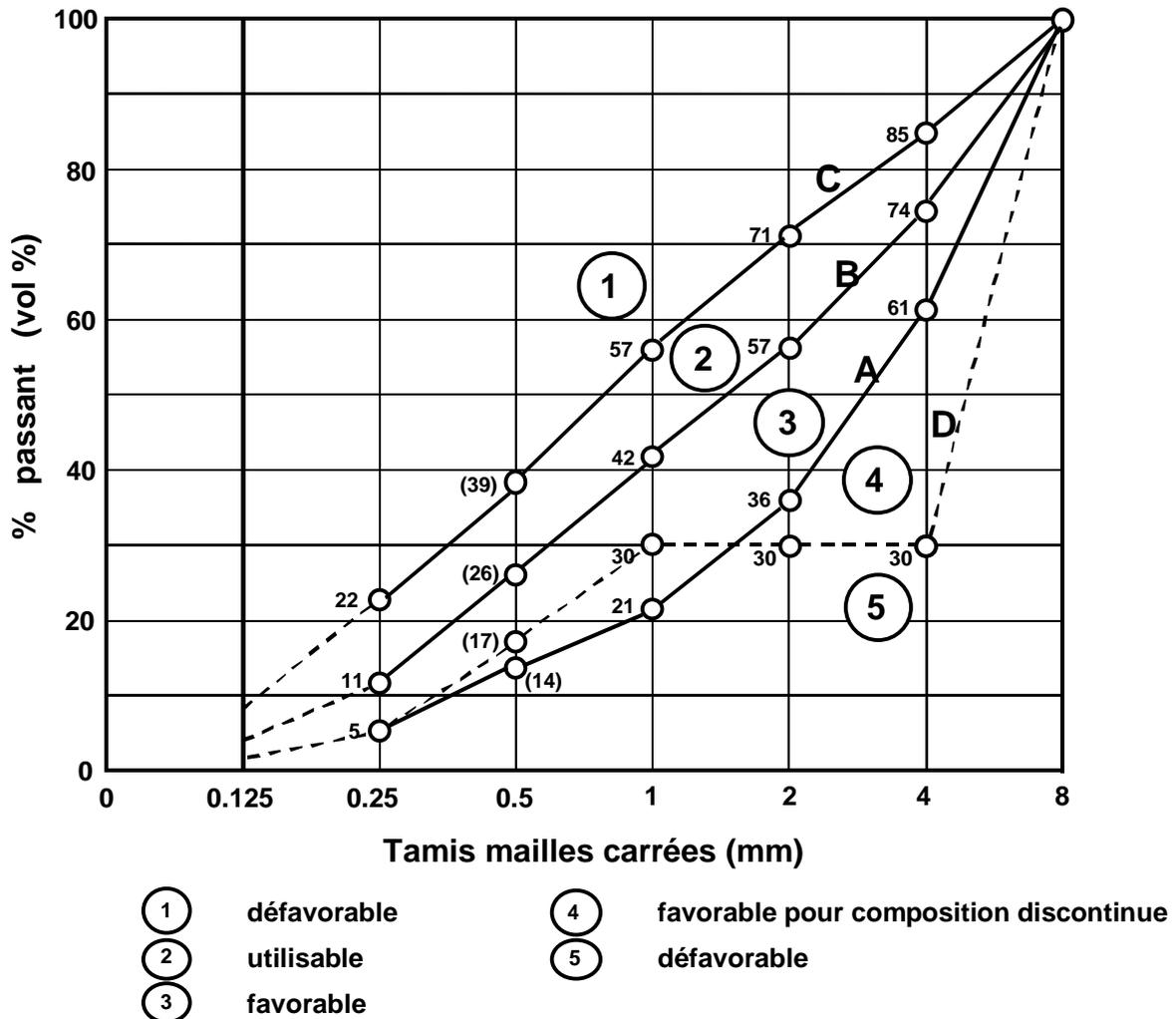
### Composition granulométrique des granulats dans les bétons

La composition granulométrique des granulats qui composent le béton sont décrites par les pourcentages en volume des passants aux tamis à mailles carrées d'ouverture 0.125 mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 16 mm, 22 mm resp. 32 mm et 63 mm.

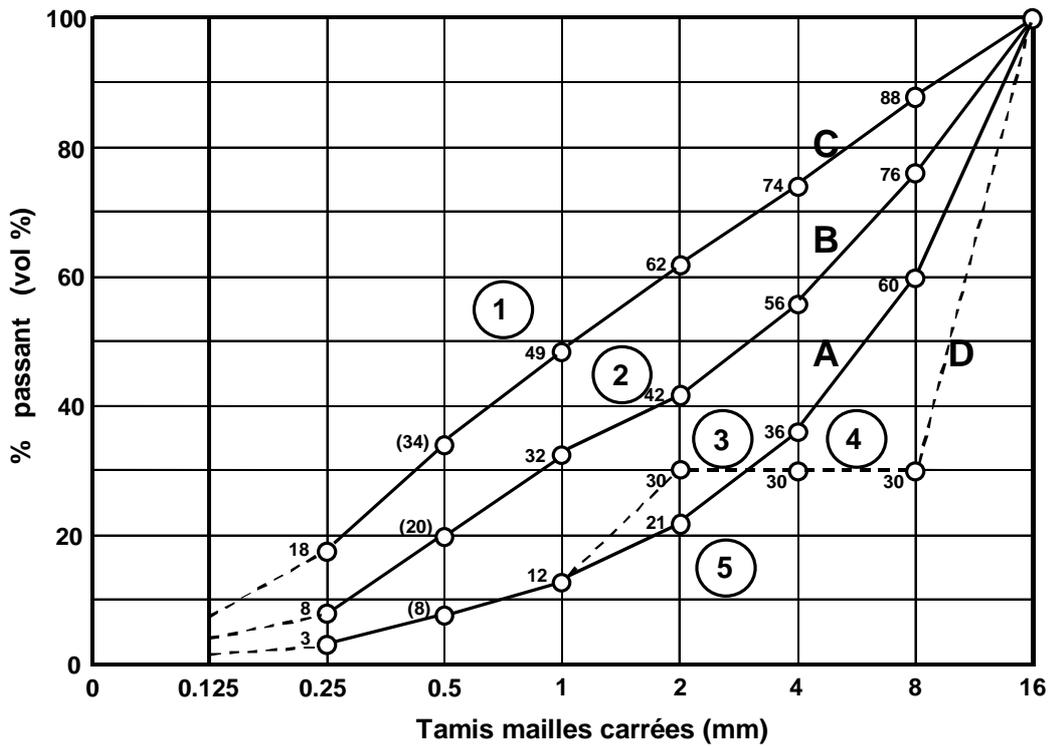
Les compositions granulométriques de granulats individuels ou des granulats composés sont déterminées suivant les normes européennes EN 933-1 sur des tamis suivant ISO 3310.

Les graphiques L.1. à L.5 donnent des recommandations pour les fuseaux granulométriques à utiliser dans les bétons suivant le grain maximal du béton.

**Graphique L.1. Fuseaux granulométriques pour un grain maximal de 8 mm**

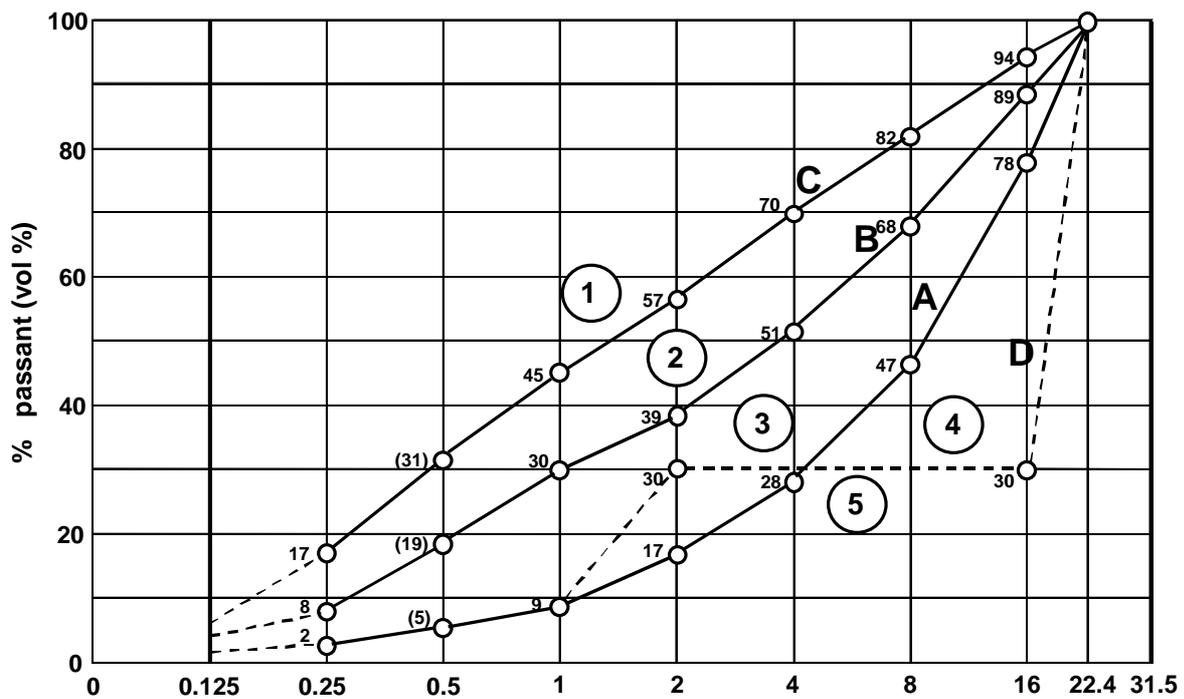


Graphique L.2. Fuseaux granulométriques pour un grain maximal de 16 mm



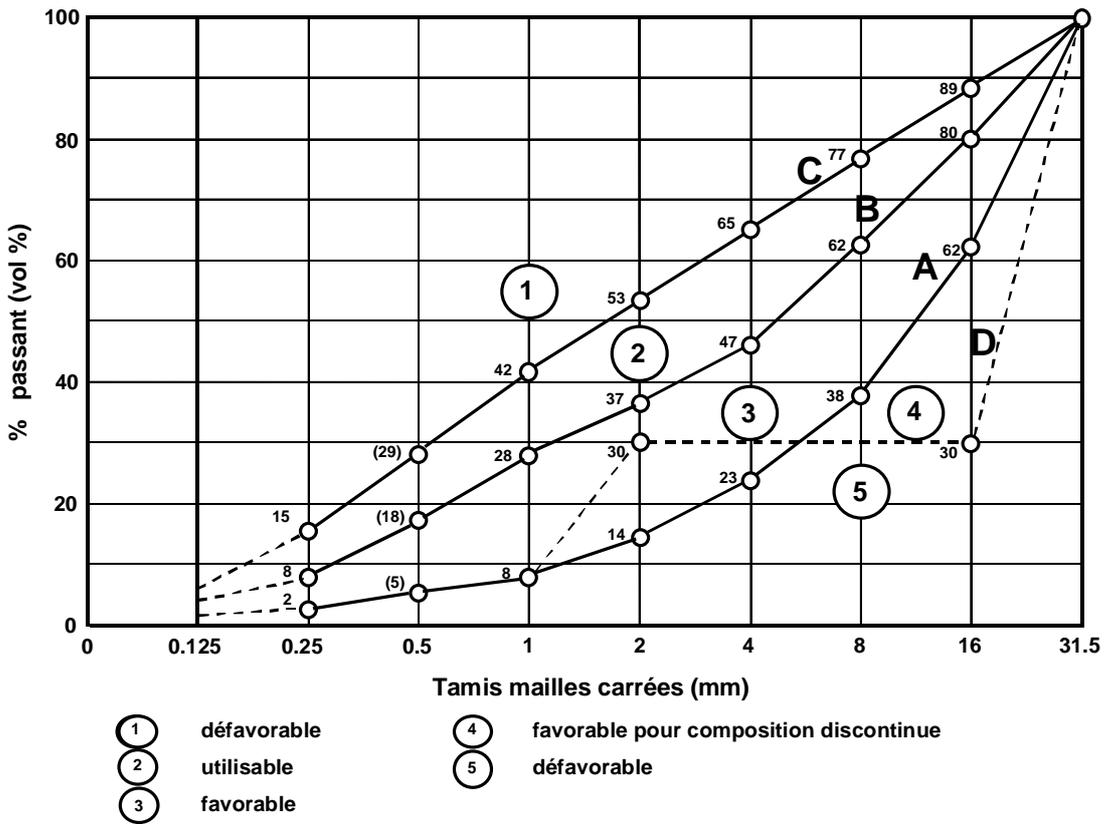
- |   |             |   |  |
|---|-------------|---|--|
| ① | défavorable | ④ | favorable pour composition discontinue |
| ② | utilisable  | ⑤ | défavorable                            |
| ③ | favorable   |   |  |

Graphique L.3. Fuseaux granulométriques pour un grain maximal de 22 mm

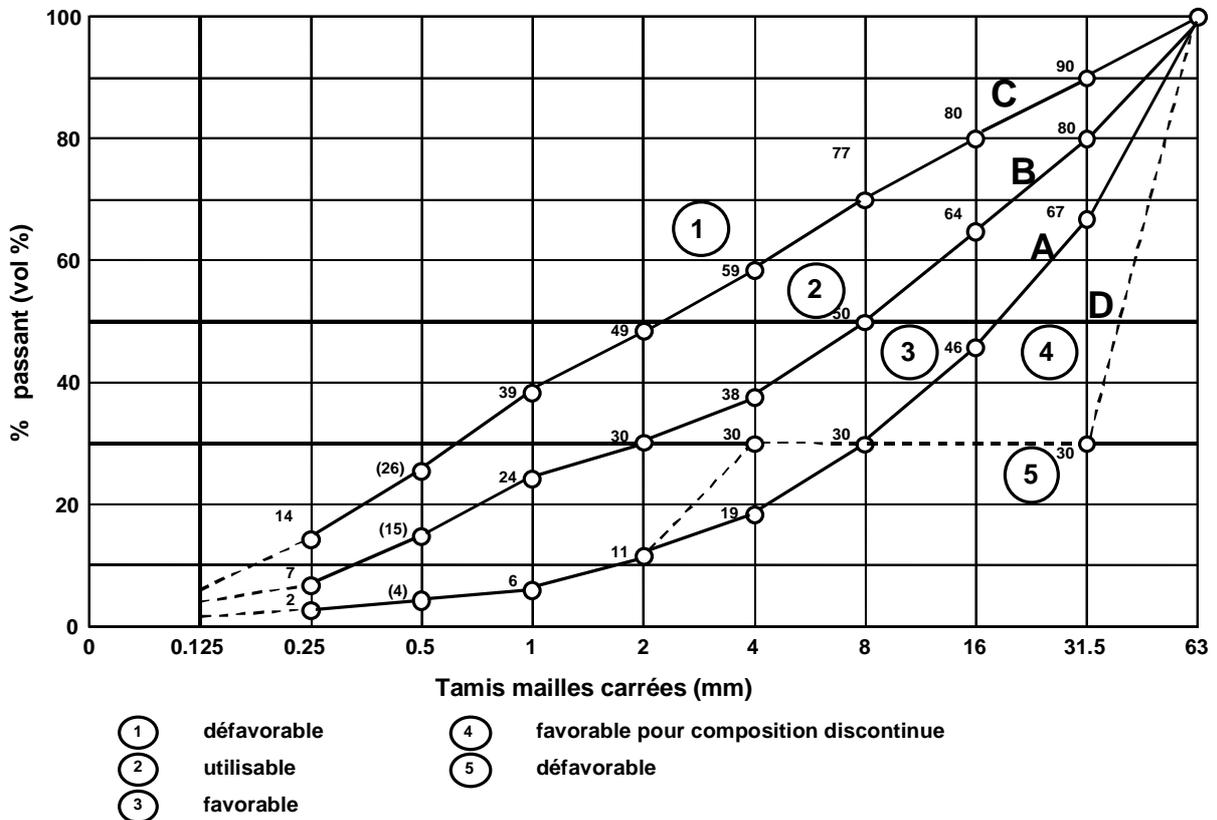


- |   |             |   |  |
|---|-------------|---|--|
| ① | défavorable | ④ | favorable pour composition discontinue |
| ② | utilisable  | ⑤ | défavorable                            |
| ③ | favorable   |   |  |

**Graphique L.4. Fuseaux granulométriques pour un grain maximal de 32 mm**



**Graphique L.5. Fuseaux granulométriques pour un grain maximal de 63 mm**



## **Annexe M (normative)**

### **Contrôle et analyse sur chantier du béton frais et durci**

L'annexe M s'applique uniquement au béton de masse volumique normale et au béton lourd tels que définis dans la présente norme.

L'annexe M n'est pas applicable au contrôle et à l'évaluation de la résistance à la compression du béton durci dans les ouvrages ou parties d'ouvrage, pour lesquels il est fait référence aux normes EN 12504 et prEN 13791.

Le contrôle et l'analyse du béton frais et du béton durci sur des éprouvettes préparées séparément sur chantier pour déterminer la qualité du béton frais respectivement pour les tests d'identification pour la résistance à la compression, doivent être exécutés conformément aux conditions suivantes:

#### **M.1 Classe de surveillance**

Pour le contrôle des qualités du béton frais et durci sur chantier les bétons sont divisés en trois classes de surveillance suivant le tableau M.1.

**Tableau M.1 Classe de surveillance**

| critères             | classe de surveillance |   |         |
|----------------------|------------------------|---|---------|
|                      | 1                      | 2   | 3       |
| classe de résistance | ≤C25/30                | ≥C30/37 et ≤ C50/60   | ≥C55/67 |
| classe d'exposition  | X0,XC,XF1              | XS,XD,XA, ≥XF2  |         |
| caractéristiques     |                        | béton à haute résistance à la pénétration de l'eau<br>béton étanche<br>béton sous eau<br>béton pour T = 250°C |         |

#### **M.2 Equipement nécessaire pour le prélèvement et la confection des éprouvettes sur chantier**

Pour l'exécution des contrôles, le chantier doit disposer, en fonction de la classe de surveillance, de l'infrastructure et de l'équipement suivant le tableau M.2.

**Tableau M.2 Equipement de contrôle**

| classe de surveillance              | 1   | 2&3 <sup>(1)</sup>   |
|-------------------------------------|---|--|
| infrastructure                      | local abritant l'équipement nécessaire à la confection et au stockage des éprouvettes ainsi qu'au contrôle de la qualité du béton frais ; température ambiante minimum 16°C   | local climatisé abritant l'équipement nécessaires à la confection et au stockage des éprouvettes ainsi qu'au contrôle de la qualité du béton frais ; température ambiante 20 ± 2°C |
| équipement                          | Une table à choc normalisée pour la mesure de l'étalement suivant EN 12350-5  |  |
|                                     | Une table vibrante ou une aiguille vibrante conforme aux prescriptions du § 3.3 de la norme EN 12390-2 pour le compactage du béton dans les moules  |  |
|                                     | Un bac de conditionnement <sup>(2)</sup> pour la conservation des cubes avant décoffrage des classes 1,2,3 et pour la conservation des cubes sous eau après décoffrage des classes 2,3.<br>Pour la classe 1 la température doit être de (20 ± 5) °C. Pour les classes 2,3 la température doit être de (20 ± 2) °C |  |
|                                     | Des moules 15x15x15 cm utilisés pour la confection des cubes conformes aux prescriptions du § 4 de la norme EN 12390-2, soumis à un contrôle de conformité effectué par un organisme agréé au moins une fois par an. Ces contrôles doivent être documentés dans un registre                                       |  |
| équipement optionnel suivant besoin |   | Pour la détermination de la teneur en air du béton suivant EN 12350, un appareil certifié conforme et périodiquement contrôlé doit être utilisé                                    |

<sup>(1)</sup> Pour les chantiers, dont la durée de bétonnage (maximum 30 jours), le nombre de bétonnages (maximum 3) et la quantité de béton (maximum 200 m<sup>3</sup>) ne justifient pas une mise en place d'un laboratoire pour les classes 2&3, l'infrastructure peut se limiter aux dispositions d'infrastructure de la classe 1. Les échantillons devront alors être transmis à l'organisme exécutant les essais à la compression suivant les stipulations de la classe 1.

<sup>(2)</sup> Bac de conditionnement (ou bac thermostatique) dont le fond est rempli avec de l'eau. Il est composé d'un lattis sur le quel sont posés les cubes avant décoffrage. Les cubes après décoffrage sont posés dans l'eau du fond. Le bac permet la conservation de cubes suivant norme (température 20 ± 2 °C ; humidité ≥ 65% ; protection des cubes contre : la perte d'eau par évaporation ; les courants d'air ; la chaleur, le froid et les chocs).

### **M.3 Responsables pour le contrôle de la qualité du béton sur chantier**

#### **M.3.1 Classe 1**

L'entreprise qui met en œuvre le béton doit désigner un (ou plusieurs) responsable(s) des essais sur chantier parmi le personnel du chantier.

Le responsable des essais sur chantier doit avoir suivi une formation spécifique pour le contrôle des bétons sur chantier. Il doit par conséquent disposer du brevet de niveau C pour la confection de cubes de béton et pour le contrôle des qualités du béton frais. La formation doit être documentée par un certificat reconnu. Un suivi régulier est exigé tous les trois ans.

Notions requises :

- a) partie théorique : nomenclature des ciments et adjuvants ; performances du béton ; granulométrie des agrégats ; facteur eau/ciment ; cure du béton ; bétonnage par temps froid et chaud (4 heures de formation)
- b) partie pratique : essai d'étalement suivant EN 12350-5 ; confection et stockage des cubes suivant EN12390-2 (4 heures de formation)

Le contrôle des propriétés du béton frais et la confection des cubes du béton livré sur chantier ne peuvent en aucun cas être effectués par le fournisseur de béton prêt à l'emploi.

Ces contrôles peuvent néanmoins être délégués à un organisme certifié dans le domaine du contrôle de la qualité des bétons suivant le § M.8.

### **M.3.2 Classes 2&3**

L'entreprise qui met en œuvre le béton doit désigner un (ou plusieurs) responsable(s) des essais sur chantier parmi le personnel du chantier suivant le §3.1 et nommer un responsable qualité béton au sein de l'entreprise.

Le responsable qualité béton doit avoir suivi une formation spécifique (durée minimum 24 heures) et avoir acquis une expérience dans le domaine des normes et de la technologie du béton. Il disposera d'un brevet de niveau Q pour le contrôle des qualités du béton. Les qualifications équivalentes ou plus approfondies des autres pays de l'Union Européenne sont admissibles (par exemple le E-Schein en RFA). Un suivi régulier est exigé tous les trois ans.

Notions requises :

- a) partie théorique : nomenclature des ciments et adjuvants ; classification des agrégats ; performances du béton ; composition des bétons ; évaluation des résultats des essais ; cure du béton ; bétonnage par temps froid et chaud ;
- b) partie pratique : essai d'étalement suivant EN 12350-5 ; analyse des agrégats suivant EN 12620 ; détermination de la teneur en air suivant EN 12350-7 ; confection et stockage des cubes suivant EN12390-2 ; détermination du facteur eau/ciment ;

Le contrôle des propriétés du béton frais et la confection des cubes du béton livré sur chantier ne peuvent en aucun cas être effectuée par le fournisseur de béton prêt à l'emploi.

Ces contrôles peuvent néanmoins être délégués à un organisme certifié dans le domaine du contrôle de la qualité des bétons suivant le § M.8.

### **M.4 Prélèvement et conservation des échantillons**

Les échantillons prélevés sur chantier, destinés à des essais, doivent être choisis au hasard et être prélevés suivant la norme EN 12350-1.

Les tests d'identification pour la résistance à la compression du béton s'effectuent uniquement sur des cubes de géométrie conforme à l'EN 12390-1, confectionnés et compactés conformément à l'EN 12390-2.

## **M.4.1 Conservation et décoffrage des cubes :**

### **M.4.1.1 Classe 1**

Après confection des cubes, les moules doivent être stockés dans un bac de conditionnement garantissant un taux d'humidité  $\geq 65\%$ . Les cubes sont à décoffrer le lendemain, au plus tôt 16 h après leur confection. Ils doivent être directement transmis à l'organisme exécutant les essais à la compression et pouvant garantir des conditions de stockage des cubes conforme à la norme.

A défaut de pouvoir décoffrer les cubes le jour suivant leur confection (week-ends et jours fériés), les moules doivent rester stockés dans le bac de conditionnement jusqu'au décoffrage. Le décoffrage doit avoir lieu au plus tard 3 jours après confection.

L'heure de décoffrage et celle de la transmission au laboratoire doivent être notées dans un registre.

Les températures du bac de conditionnement doivent être enregistrées au moins 2 fois par jour sur un relevé, à moins qu'elles ne soient enregistrées par un enregistreur (de préférence lecture à  $8^{\circ}$  et  $13^{\circ}$ ).

### **M.4.1.2 Classes 2&3**

Après confection des cubes, les moules doivent être stockés dans un bac de conditionnement garantissant un taux d'humidité  $\geq 65\%$ . Les cubes sont à décoffrer le lendemain, au plus tôt 16 h après leur confection et doivent directement être conservés sous eau dans le bac de conditionnement à réglage thermostatique à une température de  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ , comme indiqué dans la norme EN 12390-2, jusqu'à leur transport vers le laboratoire d'essai.

A défaut de pouvoir décoffrer les cubes le jour suivant leur confection (week-ends et jours fériés), les moules doivent rester stockés dans le bac de conditionnement jusqu'au décoffrage. Le décoffrage doit avoir lieu au plus tard 3 jours après confection.

L'heure de décoffrage et celle de la transmission au laboratoire doivent être notées dans un registre.

Les températures du bac de conditionnement doivent être enregistrées au moins 2 fois par jour sur un relevé, à moins qu'elles ne soient enregistrées par un enregistreur (de préférence lecture à  $8^{\circ}$  et  $13^{\circ}$ ).

## **M.5 Documentation des essais et des résultats**

Tous les essais réalisés sur chantier doivent être documentés de façon à ce que la traçabilité de l'échantillon analysé puisse être garantie. Les cubes confectionnés doivent être lisiblement marqués d'un numéro et de la date de confection. Ce numéro d'ordre doit être noté à la fois sur le bulletin d'échantillonnage et dans un registre ou un support informatique sur chantier avec indication de la qualité nominale du béton analysé.

## **M.6 Contrôle interne et externe**

### **M.6.1 Classe 1**

Les contrôles de qualité de béton effectués dans le cadre de la surveillance de la classe de surveillance 1 sont soumis à un contrôle externe. Ce contrôle externe doit être effectué au début du chantier, puis tous les mois. Il doit être inscrit dans le registre du chantier. L'organisme de contrôle externe agréé vérifie le bon état du matériel, la validité des brevets des personnes responsables pour le contrôle béton, la fréquence des contrôles et la bonne tenue du registre.

Le contrôle externe des chantiers de classe 1 peut être remplacé par un contrôle interne, continu et assuré par le responsable qualité béton de l'entreprise. Le responsable qualité béton effectuera un contrôle au début du chantier, puis tous les mois. Ce contrôle doit être inscrit dans le registre du chantier et dans un registre centralisé dédié à l'assurance qualité béton de la société.

Le contrôle du matériel doit être effectué annuellement par un organisme de contrôle agréé.

Il revient au responsable de qualité béton d'intervenir en cas d'irrégularité concernant la qualité du béton ou la procédure de contrôle.

### **M.6.2 Classes 2&3**

Les contrôles de qualité de béton effectués dans le cadre de la surveillance des classes de surveillance 2&3 sont soumis à un contrôle interne hebdomadaire par le responsable qualité de l'entreprise durant la période de bétonnage.

Lors des bétonnages de la classe de surveillance 3, le responsable qualité béton doit impérativement être présent. Pour les bétonnages de la classe 2 d'une résistance  $\geq$  C35/45, sa présence est conseillée.

Le contrôle interne des contrôles de qualité de béton effectués dans le cadre de la surveillance des classes 2&3 est soumis par chantier à un contrôle externe. Ce contrôle externe doit être effectué au début du chantier, puis tous les trois mois durant la période de bétonnage.

L'organisme de contrôle agréé vérifie le bon état du matériel, la validité des brevets des personnes responsables pour le contrôle béton, la fréquence des contrôles et la bonne tenue du registre.

Le suivi interne et le contrôle externe doivent être inscrits dans le registre du chantier.

Il revient au responsable de qualité béton d'intervenir en cas d'irrégularité concernant la qualité du béton ou la procédure de contrôle.

Le travail du responsable qualité béton de l'entreprise est soumis à un contrôle externe semestriel.

L'organisme de contrôle agréé vérifie la validité des brevets des personnes responsables pour le contrôle béton, la fréquence des contrôles et la bonne tenue du registre centralisé dédié à l'assurance qualité béton de la société. Ce contrôle peut se faire dans le cadre du contrôle d'un des chantiers suivi par le responsable qualité béton.

### **M.6.3 Organisme de contrôle externe**

Le contrôle externe doit être effectué par un organisme agréé disposant des qualifications et de l'expérience requise en technologie du béton ainsi que dans le domaine du cadre normatif luxembourgeois relatif au béton. Le Laboratoire des Ponts & Chaussées du Grand-Duché du Luxembourg fait référence.

Cet organisme peut également assurer la fonction de laboratoire d'essai de compression.

### **M.7 Laboratoire d'essai de compression**

Un organisme de contrôle agréé pour effectuer les essais de compression suivant la norme EN 12390-3 doit être préalablement contracté. Le nom de cet organisme sera repris dans le registre du contrôle des bétons du chantier.

### **M.8 Délégation des prélèvements et des essais**

Le contrôle des propriétés du béton frais et la confection des cubes du béton livré sur chantier peuvent être délégués pour toutes les classes de surveillance à un organisme certifié dans le domaine du contrôle de la qualité des bétons. Dans ce cas, le chantier doit également être équipé suivant les spécifications du tableau M.2.

### **M.9 Bétonnage par des sociétés en sous-traitance**

La société mettant en œuvre les bétons sur chantier en sous-traitance doit mettre en place sa propre structure de contrôle des bétons. Cependant, par accord écrit, ce contrôle peut être assuré par l'entreprise mandataire.

### **M.10 Fréquence minimale des contrôles du béton sur chantier**

La fréquence minimale requise pour le prélèvement de béton en vue du contrôle et des analyses sur chantier du béton frais et durci est donnée dans le tableau M.3.

**Tableau M.3 Fréquences minimales des contrôles sur béton prélevé sur chantier**

| Élément de contrôle                                  | Fréquence par classe de surveillance  |   |  |
|--|---|---|--|
|  | 1   | 2   | 3  |
| Bon de livraison                                     | chaque livraison  |   |  |
| Consistance  | en cas de doute   | à la 1 <sup>ère</sup> mise en œuvre de béton de classe différente lors de chaque confection de cubes d'essais de compression, en cas de doute |  |
| Régularité du béton (à vue d'œil)                    | échantillons ponctuels  | chaque livraison  |  |
| Résistance à la compression sur cubes <sup>(1)</sup> | 3 échantillons <sup>(2) (3)</sup> par 300 m <sup>3</sup> ou par 5 jours de bétonnage  | 3 échantillons <sup>(3)</sup> par 300 m <sup>3</sup> ou par 3 jours de bétonnage  | 3 échantillons <sup>(3)</sup> par 150 m <sup>3</sup> ou par 2 jours de bétonnage |
| Teneur en air (sur béton avec entraîneur d'air)      | non-applicable  | 5 premières livraisons de chaque bétonnage puis chaque 5 <sup>ème</sup> livraison   |  |
| Propriétés particulières                             | Le cas échéant, la confection d'échantillons supplémentaires ou autres pour les contrôles des caractéristiques exigées afin de satisfaire aux propriétés particulières (p.ex. résistance au gel dégel, à la pénétration de l'eau, à la flexion, à la traction, le module d'élasticité, etc.) ainsi que leurs fréquences minimales, sont spécifiés séparément conformément à 6.2.3 |   |  |

<sup>(1)</sup> pour chaque qualité de béton

<sup>(2)</sup> s'applique uniquement aux bétons  $\geq 20/25$

<sup>(3)</sup> le cas qui fournit le nombre d'échantillons le plus élevé doit être retenu

### M.11 Critères d'identification des résistances déterminées sur cubes prélevés sur chantier, confectionnés et conservés suivant l'EN 12390-2

Les résultats d'essais doivent être issus de la moyenne de deux ou plusieurs éprouvettes réalisées à partir d'un même échantillon pour être essayées au même âge. Lorsque deux ou plusieurs éprouvettes sont réalisées à partir d'un même échantillon et que l'étendue des résultats est supérieure à 15 % de la valeur moyenne les résultats seront écartés sauf si une enquête permet de déterminer une raison acceptable d'écarter un résultat individuel.

Les résistances sont considérées comme étant conformes lorsque les valeurs limites données dans le tableau suivant sont atteintes.

**Tableau M.4 Critères d'identification des résistances déterminées sur cubes prélevés sur chantier, confectionnés et conservés suivant EN 12390-2**

| Nombre n de résultats d'essais considérés | Critères d'identification <sup>(1)</sup>        |  |
|---|---|--|
|   | Moyenne des n résultats<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | Chaque résultat individuel<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
| 1   | pas applicable                                  | $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$                           |
| 2-4                                       | $f_{cm} \geq f_{ck} + 1$                        | $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$                           |
| 5-6                                       | $f_{cm} \geq f_{ck} + 2$                        | $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$                           |
| >6  | $f_{cm} \geq f_{ck} + 2,5$                      | $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$                           |

<sup>(1)</sup> résistances à 28 jours, sauf stipulations particulières (v. 5.5.1.2 de la présente norme)

## **Annexe N (informative)**

### **Recommandations pour le choix et la spécification d'une qualité de béton**

#### **N.0 Généralités**

L'annexe N a pour but d'informer le prescripteur, le producteur et l'utilisateur des recommandations pour le choix d'une qualité de béton parmi un nombre restreint de combinaisons possibles. Ce choix se fera en fonction de la classe de résistance suivant calcul statique ainsi que des classes d'exposition préalablement et spécifiquement déterminées par le prescripteur et des exigences minimales pour la qualité du béton suivant selon le tableau F.2 de l'annexe F. Différentes combinaisons de classes d'exposition sont proposées et regroupées par catégories de béton (v. 3.1.50). La dénomination type de la catégorie choisie sera utilisée pour la prescription et lors de la commande de béton (v. N.3).

L'utilisation de la dénomination type fait implicitement référence à la présente norme et implique l'exigence de conformité à celle-ci.

#### **N.1. Catégories de bétons**

Les catégories de bétons sont définies dans le tableau N.1. Les catégories regroupent des combinaisons de classes d'exposition possibles pour des domaines d'utilisation courants. Des valeurs limites pour la composition du béton sont définies pour chaque catégorie. La catégorie de béton est choisie après détermination de la classe d'exposition exigeant les valeurs limites les plus contraignantes. Toutes les classes d'exposition déterminées pour un élément d'ouvrage donné doivent être couvertes par la catégorie choisie.

#### **N.2. Combinaisons recommandées classes de résistance – catégories de béton**

Les tableaux N.2.1. et N.2.2. définissent des plages de choix recommandées par catégorie de béton en fonction de la classe de résistance résultant du calcul statique. La classe de résistance déterminante est la classe de résistance la plus élevée parmi celles exigées suivant calcul statique et suivant la catégorie de béton déterminée.

En ce qui concerne la catégorie 4 LP, seule la classe de résistance C 30/37 peut être prescrite, les classes de résistance supérieures ou inférieures étant exclues.

#### **N.3. Dénomination type des catégories et désignation complète d'un béton pour la spécification et pour la commande de béton**

La dénomination type des catégories suivant le tableau N.3. est recommandée pour la spécification et pour la commande de béton. La dénomination type fait référence à la catégorie de béton et aux différentes classes d'exposition les plus contraignantes couvertes par cette catégorie.

Conformément aux dispositions de l'article 11 de la présente norme, il est recommandé de procéder à la désignation complète d'un béton à propriétés spécifiées de masse volumique normale de la façon suivante lorsque les disposition luxembourgeoises sont d'application:

- Classe de résistance à la compression;
- Catégorie de béton;
- Classe de consistance;
- Dimension maximale nominale des granulats.

**Exemple:** C30/37 ; Cat.2 XC4 XF1 XA1 ; F3 ;  $D_{\max}= 22$

Au cas où aucune des catégories de béton définies ne satisfait à la combinaison de classes d'exposition déterminée, celle-ci sera indiquée suivi de la mention « catégorie spéciale »

Le cas échéant, des prescriptions complémentaires sont à spécifier comme par exemple : (voir également § 6.2.3 de la présente norme)

- Domaine d'application;
- Classe de masse volumique ou masse volumique cible (pour les bétons légers ou lourds);
- Teneur maximale en chlorures;
- Température du béton frais;
- Résistance à la pénétration de l'eau;
- Module d'élasticité;
- Autres exigences techniques.

Le paragraphe suivant de l'introduction à la présente norme est rappelé pour mémoire

*« Cette Norme européenne définit les tâches du prescripteur, du producteur et de l'utilisateur. Par exemple le prescripteur est responsable de la spécification du béton, article 6, et le producteur est responsable de la conformité et du contrôle de production, articles 8 et 9. L'utilisateur est responsable de la mise en place du béton dans la structure. En pratique, il peut se faire que plusieurs entités spécifient des exigences à différents stades de la conception et de la construction, par exemple le client, le concepteur, l'entrepreneur, le sous-traitant responsable du bétonnage. Chacun est responsable de transmettre les exigences spécifiées en même temps que les exigences complémentaires, au maillon suivant de la chaîne jusqu'au producteur. Au sens de cette norme européenne, la compilation finale est désignée par le terme "spécification". Inversement, le prescripteur, le producteur et l'utilisateur peuvent être la même personne (par exemple un entrepreneur réalisant la conception et la construction). Dans le cas du béton prêt à l'emploi, l'acheteur du béton frais est le prescripteur et il doit fournir les spécifications au producteur. (...) »*

Dans le sens de la présente norme et pour les domaines d'utilisation courants, il appartient au prescripteur en tant que concepteur de l'ouvrage de définir toutes les spécifications et exigences pertinentes pour obtenir les propriétés nécessaires du béton durci, y compris le cas échéant des exigences concernant le béton frais si celles-ci s'avèrent nécessaires à l'obtention des propriétés du béton durci, p.ex. dégagement de chaleur au cours de l'hydratation, exigences particulières pour la température du béton frais, développement de la résistance, etc.

Dans la compilation finale, en plus des informations à fournir suivant l'article 7.1, il appartient à l'utilisateur en tant qu'acheteur du béton d'inclure dans la spécification donnée au producteur toutes les exigences sur les propriétés du béton relatives à la mise en oeuvre, p.ex. transport après livraison, mise en place, compactage (classe ou valeur cible de consistance) respectivement influençant le déroulement des travaux, p.ex. prise retardée, développement de la résistance si pas encore spécifiée, etc.

En cas d'exigences contradictoires et pour les cas particuliers, le prescripteur, l'utilisateur et le producteur doivent se mettre d'accord sur la compilation finale de la spécification (v. 6.1)



**Tableau N.2.1 : Combinaisons recommandées classes de résistance – catégories**

|        | Cat.0 | Cat.1 | Cat.2 | Cat.3 | Cat.3HRS | Cat.4LP | Cat.5 | Cat.6 | Cat.6HRS |
|--------|-------|-------|-------|-------|----------|---------|-------|-------|----------|
| C12/15 |       |       |       |       |          |         |       |       |          |
| C20/25 |       |       |       |       |          |         |       |       |          |
| C25/30 |       |       |       |       |          |         |       |       |          |
| C30/37 |       |       |       |       |          |         |       |       |          |
| C35/45 |       |       |       |       |          |         |       |       |          |

|  |                 |
|--|-----------------|
|  | Exclue          |
|  | Recommandée     |
|  | Non recommandée |

**Tableau N.2.2 : Exigences minimales pour les qualités de bétons des combinaisons recommandées**

| Catégorie | Classe de résistance | Facteur E/C maximal | Teneur min. en ciment | Teneur min. en air | Qualité ciment | Cat. gel granulats |
|-----------|----------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| 0         | C12/15               | ---                 | ---                   | ---                | ---            | ---                |
| 0         | C20/25               | ---                 | ---                   | ---                | ---            | ---                |
| 1         | C20/25               | 0,70                | 240                   | ---                | ---            | ---                |
| 1         | C25/30               | 0,70                | 240                   | ---                | ---            | ---                |
| 2         | C25/30               | 0,60                | 280                   | ---                | ---            | F <sub>4</sub>     |
| 2         | C30/37               | 0,60                | 280                   | ---                | ---            | F <sub>4</sub>     |
| 2         | C35/45               | 0,60                | 280                   | ---                | ---            | F <sub>4</sub>     |
| 3         | C30/37               | 0,50                | 320                   | ---                | ---            | F <sub>2</sub>     |
| 3         | C35/45               | 0,50                | 320                   | ---                | ---            | F <sub>2</sub>     |
| 3HRS      | C30/37               | 0,50                | 320                   | ---                | HRS            | F <sub>2</sub>     |
| 3HRS      | C35/45               | 0,50                | 320                   | ---                | HRS            | F <sub>2</sub>     |
| 4 LP      | C30/37               | 0,50                | 340                   | ≥ 4,0%             | ---            | MS <sub>18</sub>   |
| 5         | C30/37               | 0,55                | 300                   | ---                | ---            | ---                |
| 5         | C35/45               | 0,55                | 300                   | ---                | ---            | ---                |
| 6         | C35/45               | 0,45                | 340                   | ---                | ---            | F <sub>2</sub>     |
| 6 HRS     | C35/45               | 0,45                | 340                   | ---                | HRS            | ---                |

Classe de résistance minimale de la catégorie correspondante

**Tableau N.3 : Dénomination type des catégories pour la spécification de béton**

| <b>Catégorie</b> | <b>Dénomination type</b>  |
|------------------|---------------------------|
| 0                | Cat.0 X0                  |
| 1                | Cat.1 XC2                 |
| 2                | Cat.2 XC4 XF1 XA1         |
| 3                | Cat.3 XC4 XD2 XF2 XA2     |
| 3 HRS            | Cat.3 HRS XC4 XD2 XF3 XA2 |
| 4 LP             | Cat.4 LP XC4 XD3 XF4 XA1  |
| 5                | Cat.5 XC4 XD2 XA1         |
| 6                | Cat.6 XC4 XD3 XF2 XA3     |
| 6 HRS            | Cat.6 HSR XC4 XD3 XF3 XA3 |

# **DNA EN 1916**

**Document National d'Application luxembourgeois de l'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

## Sommaire

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 1.        | Domaine d'application.....  | 6  |
| 2.        | Références normatives.....  | 6  |
| 3.        | Termes, définitions et symboles.....  | 8  |
| 3.1.      | Termes et définitions.....  | 8  |
| 3.2.      | Symboles.....   | 8  |
| 4.        | Exigences générales.....  | 10 |
| 4.1.      | Matériaux.....  | 10 |
| 4.1.1.    | Généralités.....  | 10 |
| 4.1.2.    | Garnitures d'étanchéité.....  | 10 |
| 4.2.      | Béton.....  | 10 |
| 4.2.1.    | Constituants du béton.....  | 11 |
| 4.2.2.    | Qualité du béton.....   | 11 |
| 4.2.3.    | Teneur en eau du béton.....   | 11 |
| 4.2.4.    | Dosage en ciment.....   | 11 |
| 4.2.5.    | Teneur en chlorures.....  | 11 |
| 4.2.6.    | Absorption d'eau du béton.....  | 11 |
| 4.3.      | Eléments.....   | 11 |
| 4.3.1.    | Généralités.....  | 11 |
| 4.3.2.    | Aspect de surface.....  | 11 |
| 4.3.3.    | Caractéristiques géométriques.....  | 12 |
| 4.3.3.1.  | Longueur intérieure du fût.....   | 12 |
| 4.3.3.2.  | Tolérances sur les assemblages.....   | 12 |
| 4.3.3.3.  | Coudes.....   | 12 |
| 4.3.3.4.  | Caractéristiques géométriques, tolérances dimensionnelles et marquages.....                                 | 12 |
| 4.3.3.4.1 | Généralités.....  | 14 |
| 4.3.3.4.2 | Tuyaux en béton.....  | 14 |
| 4.3.3.4.3 | Tuyaux en béton armé.....   | 14 |
| 4.3.3.5.  | Dimensions intérieures.....   | 15 |
| 4.3.3.6.  | Epaisseur de paroi.....   | 16 |
| 4.3.3.7.  | Ecart d'emboîtement.....  | 17 |
| 4.3.3.8.  | Ecart de rectitude.....   | 18 |
| 4.3.3.9.  | Ecart de parallélisme des sections des abouts.....  | 19 |
| 4.3.4.    | Assemblages et garnitures d'étanchéité.....   | 19 |
| 4.3.4.1.  | Généralités.....  | 19 |
| 4.3.4.2.  | Durabilité des assemblages.....   | 19 |
| 4.3.5.    | Résistance à l'écrasement.....  | 19 |
| 4.3.6.    | Résistance à la flexion longitudinale.....  | 22 |
| 4.3.7.    | Étanchéité à l'eau.....   | 22 |
| 4.3.8.    | Conditions d'emploi.....  | 22 |
| 4.3.9.    | Durabilité.....   | 23 |
| 4.3.10.   | Résistance à un environnement chimique modérément agressif (Tuyaux de type 2).....                          | 23 |
| 4.3.11.   | Rugosité des parois (Tuyaux de type 1 & 2).....   | 23 |
| 4.3.12.   | Résistance à l'abrasion (Tuyaux de type 2).....   | 23 |
| 4.3.13.   | Résistance au curage sous haute pression (Tuyaux de type 2).....  | 23 |
| 4.3.14.   | Résistance à la rupture sous charge permanente, résistance aux efforts alternés (Tuyaux de type 1 & 2)..... | 23 |
| 4.3.15.   | Comportement à la température (Tuyaux de type 1 & 2).....   | 24 |
| 4.3.16.   | Résistance aux racines (Tuyaux de type 1 & 2).....  | 24 |
| 4.4.      | Usines de fabrication des tuyaux.....   | 24 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 5.     | Exigences particulières .....  | 24 |
| 5.1.   | Éléments en béton fibré acier .....  | 24 |
| 5.1.1. | Teneur en fibres d'acier .....   | 24 |
| 5.1.2. | Résistance à l'écrasement .....  | 25 |
| 5.2.   | Éléments en béton armé .....   | 25 |
| 5.2.1. | Armatures .....  | 25 |
| 5.2.2. | Enrobage .....   | 26 |
| 5.2.3. | Résistance à l'écrasement .....  | 26 |
| 5.2.4. | Conformité des tuyaux soumis à une charge d'épreuve (fissuration) .....                              | 27 |
| 5.2.5. | Attestation de limitation de l'ouverture des fissures .....  | 27 |
| 5.2.6. | Dimensionnement des armatures .....  | 28 |
| 5.2.7. | Attestations des forces de déviations (Umlenkraft) .....   | 28 |
| 5.3.   | Tuyaux de fonçage .....  | 29 |
| 5.3.1. | Assemblages .....  | 29 |
| 5.3.2. | Résistance du béton .....  | 29 |
| 5.3.3. | Enrobage .....   | 29 |
| 5.3.4. | Force de poussée .....   | 30 |
| 5.3.5. | Caractéristiques géométriques, tolérances dimensionnelles et marquage .....                          | 30 |
| 5.3.6. | Résistance à l'écrasement (Scheiteldruckfestigkeit) .....  | 32 |
| 5.3.7. | Armatures .....  | 32 |
| 5.3.8. | Essais d'étanchéité .....  | 32 |
| 5.4.   | Tuyaux avec orifice d'entrée .....   | 32 |
| 6.     | Méthodes d'essai des produits finis .....  | 32 |
| 6.1.   | Généralités .....  | 32 |
| 6.2.   | Profils des assemblages .....  | 32 |
| 6.3.   | Armatures .....  | 32 |
| 6.3.1. | Position et pourcentage d'armatures .....  | 33 |
| 6.3.2. | Enrobage .....   | 33 |
| 6.3.3. | Essais sur les cages d'armature .....  | 33 |
| 6.3.4. | Essais de la configuration de la surface (Etat et structure) .....                                   | 33 |
| 6.3.5. | Essais de traction .....   | 33 |
| 6.3.6. | Essais des soudures .....  | 33 |
| 6.4.   | Résistance à l'écrasement .....  | 34 |
| 6.5.   | Résistance à la flexion longitudinale .....  | 34 |
| 6.6.   | Etanchéité à l'eau .....   | 34 |
| 6.6.1. | Tuyaux de type 1 pour environnement chimique faiblement agressif .....                               | 34 |
| 6.6.2. | Tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif .....                               | 34 |
| 6.7.   | Absorption d'eau .....   | 35 |
| 6.8.   | Résistance du béton des tuyaux de fonçage .....  | 35 |
| 6.8.1. | Tuyaux posés en tranchée ouverte .....   | 35 |
| 6.8.2. | Tuyaux posés par fonçage .....   | 35 |
| 6.9.   | Etat de surface .....  | 35 |
| 6.10.  | Caractéristiques géométriques et tolérances dimensionnelles .....                                    | 35 |
| 7.     | Evaluation de la conformité .....  | 36 |
| 7.1.   | Généralités .....  | 36 |
| 7.1.1. | Tuyaux de type 1 pour environnement chimique faiblement agressif .....                               | 36 |
| 7.1.2. | Tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif .....                               | 36 |
| 7.2.   | Modes opératoires d'évaluation des produits .....  | 36 |
| 7.2.1. | Généralités .....  | 36 |
| 7.2.2. | Essais de type initiaux .....  | 36 |
| 7.2.3. | Contrôle de la production en usine .....   | 37 |
| 7.2.4. | Essais complémentaires d'échantillons prélevés en usine .....  | 37 |
| 7.2.5. | Tâches relevant de l'organisme de certification .....  | 37 |
| 7.3.   | Supervision de la qualité des tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif ..... | 37 |
| 8.     | Marquage .....   | 38 |
|        | Annexe A (normative) .....   | 39 |
|        | Annexe B (normative) .....   | 42 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Annexe C (normative)</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>Annexe D (normative)</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>Annexe E (normative)</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>Annexe F (normative)</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>Annexe G (normative)</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>Annexe H (normative)</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>Annexe I (normative)</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>Annexe J (normative)</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>Annexe K (normative)</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>Annexe L (normative)</b> .....  | <b>41</b> |
| <b>L.1. Généralités</b> .....  | <b>41</b> |
| <b>L.2. Modes d'exécution</b> .....  | <b>41</b> |
| <b>L.3. Contrainte et aptitude porteuse des éléments constituant la canalisation</b> .....                             | <b>41</b> |
| <b>L.3.1. Actions exercées (Contraintes)</b> .....   | <b>41</b> |
| <b>L.3.2. Résistance aux charges dans la limite de l'aptitude porteuse (aptitude porteuse des éléments)</b> .....      | <b>43</b> |
| <b>L.3.3. Vérification aux conditions limites d'aptitude d'emploi</b> .....  | <b>44</b> |
| <b>L.3.4. Résistance aux charges dans la limite de l'aptitude porteuse par essais de résistance des éléments</b> ..... | <b>45</b> |
| <b>L.4. Dimensionnement et construction</b> .....  | <b>45</b> |
| <b>L.4.1. Dimensionnement selon la norme ENV 1992-1-1 et le document DNA EN 1916</b> .....                             | <b>45</b> |
| <b>L.4.2. Détermination de la résistance aux charges par essai d'écrasement</b> .....                                  | <b>45</b> |
| <b>L.5. Exigences relatives au béton non armé</b> .....  | <b>46</b> |
| <b>L.6. Exigences relatives aux assemblages des tuyaux, regards et pièces spéciales</b> .....                          | <b>46</b> |
| <b>L.7. Pose et contrôle</b> .....   | <b>47</b> |
| <b>Annexe M (normative)</b> .....  | <b>49</b> |
| <b>M.3. Détermination des classes de charge (Classes de résistance)</b> .....  | <b>51</b> |
| <b>M.4. Actions exercées (contraintes) et classes de charge des tuyaux</b> .....                                       | <b>53</b> |
| <b>Annexe N (informativ)</b> .....   | <b>57</b> |
| <b>N.2. Tuyaux en béton armé conformes à la norme EN 1916 et au DNA EN 1916</b> .....                                  | <b>57</b> |
| <b>Annexe ZA (informativ)</b> .....  | <b>62</b> |

## Avant-propos

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 et des règlements nationaux, 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.

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 intégrées 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**

Ce document ne s'applique que, conjointement avec la norme européenne EN 1916

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, récolter 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**

Ce document fait référence à des dispositions tirées d'autres publications. Le texte est donc jalonné aux endroits appropriés, de ces références normatives.

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

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

DIN 1045:1988-07, Beton und Stahlbeton — Bemessung, Ausführung.

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

ENV 13670-1 und CDC Beton, Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 3: Bauausführung.

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

DIN 4099:1985-11, Schweißen von Betonstahl; Ausführung und Prüfung.

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**

Dans le cadre de la mise en œuvre de la présente norme, les termes et définitions définis par la norme EN 1916, ainsi que les dénominations suivantes sont à appliquer :

##### **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.

#### **3.2. Symboles**

Dans le cadre de la mise en œuvre de la présente norme, les symboles énoncés dans la norme EN 1916, ainsi que les symboles suivantes sont à appliquer.

**Tableau 2 — Symboles**

| <b>Symbole</b> | <b>Signification</b>  | <b>Unités</b>     | <b>Référence</b>  |
|----------------|---|-------------------|---|
| $A_i$          | Section de coupe droite idéale  | m <sup>2</sup> /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-X8,X10-X12                                    |
| $d_1$          | Diamètre intérieur d'assemblage   | mm                | 5.2.3 & 6.10, Illustrations X1 à X4,X6,X7, Tableaux X2-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   |
| $\sigma_{BZR}$ | Contrainte à la traction par flexion annulaire                                    | $N/mm^2$ | 4.3.5, 5.2.3  |
| $\sigma_M$     | Part de contrainte à la traction par flexion dans les moments de flexions ( $M$ ) | $N/mm^2$ | 5.2.5   |
| $\sigma_N$     | Part de la contrainte dans l'effort normal ( $N$ )                                | $N/mm^2$ | 5.2.5   |
| $\sigma_{VR}$  | 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

En complément de la norme EN 1916 :

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

Voir EN 1916

#### 4.1.2. Garnitures d'étanchéité

Voir EN 1916

### 4.2. Béton

En complément de la norme EN 1916 :

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 ».

#### **4.2.1. Constituants du béton**

En complément de la norme EN 1916 :

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

#### **4.2.2. Qualité du béton**

En complément de la norme EN 1916 :

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**

En complément de la norme EN 1916 :

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

#### **4.2.4. Dosage en ciment**

En complément de la norme EN 1916 :

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**

Voir EN 1916

#### **4.2.6. Absorption d'eau du béton**

Voir EN 1916

### **4.3. Eléments**

#### **4.3.1. Généralités**

Voir EN 1916

#### **4.3.2. Aspect de surface**

En complément de la norme EN 1916 :

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.

### **4.3.3. Caractéristiques géométriques**

#### **4.3.3.1. Longueur intérieure du fût**

En complément de la norme EN 1916 :

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**

Voir EN 1916

#### **4.3.3.3. Coudes**

Voir EN 1916

#### **4.3.3.4. Caractéristiques géométriques, tolérances dimensionnelles et marquages**

Paragraphes complémentaires à la norme EN 1916 :

##### **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 2 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

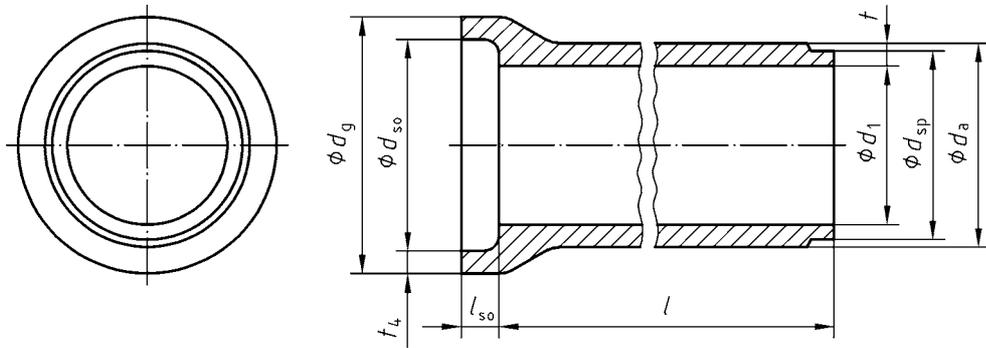


Figure X1 — Exemple de tuyau en béton de type 2, équipé d'un about femelle

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

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

Tableau X2 — Tuyaux en béton à section circulaire

Millimètres

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

4.3.3.4.3. Tuyaux en béton armé

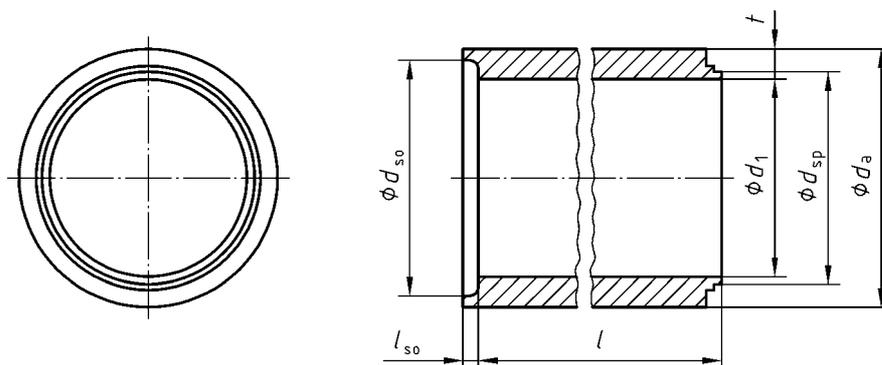


Figure X2 — Exemple de tuyau en béton armé de type 2, équipé d'un manchon droit cannelé

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

**Tableau X4 — Tuyaux en béton armé à section circulaire**

Millimètres

| Diamètre nominal<br>DN | Diamètre intérieur $d_1$ |                             | Ecart de parallélisme des<br>sections d'extrémité |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|
|                        | Dimension<br>nominale    | Tolérance<br>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

Paragraphe complémentaire à la norme EN 1916 :

Les dimensions des éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé doivent correspondre aux valeurs indiquées dans les tableaux 3 à 4 (voir Figures 1 à 4, ainsi que 8 & 9). 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.

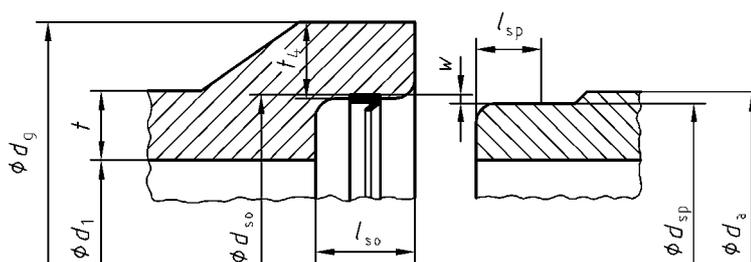


Figure X3 — Joint glissant intégré et fixé dans le manchon (collet) (Exemple)

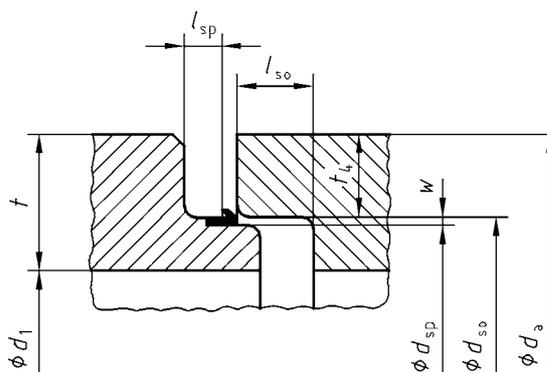


Figure X4 — Joint glissant pour emboîtement progressif du manchon droit (Exemple)

#### 4.3.3.6. Epaisseur de paroi

Paragraphe complémentaire à la norme EN 1916 :

Les valeurs relatives à l'épaisseur de paroi des éléments en béton non armé, béton de fibres métalliques et béton armé sont reprise 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 (conformément à la norme DIN 1201, Tableau 3, colonne 6).

#### 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 6 sont à appliquer.

Les tolérances dimensionnelles reprises dans le tableau 6 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<br>$W$ | 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<br><br>DN | Diamètre d'about recommandé <sup>b</sup><br><br>Dimension nominale $d_{sp}$ | Ecartement<br><br>$w^a$<br>min. | Longueur entre l'about mâle et l'emplacement de la bague d'étanchéité <sup>d</sup><br><br>$l_{sp}$<br>min. | Longueur du manchon <sup>b</sup><br><br>$l_{so}$<br>min. |
|----------------------------|---|---------------------------------|--|--|
| 300                        | 386   | $7,8 \pm 1,2$                   | 39   | 80   |
| 300                        | 426 <sup>c</sup>  | $7,8 \pm 1,2$                   | 39   | 80   |
| 400                        | 496   | $9,1 \pm 1,4$                   | 43   | 85   |
| 400                        | 526 <sup>c</sup>  | $9,1 \pm 1,4$                   | 43   | 85   |
| 500                        | 610   | $9,1 \pm 1,4$                   | 43   | 90   |
| 500                        | 626 <sup>c</sup>  | $9,1 \pm 1,4$                   | 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  |

a  $w = \frac{\overline{d_{so}} - \overline{d_{sp}}}{2}$ ,  $\overline{d_{so}}$  et  $\overline{d_{sp}}$  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.

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.

c Valeurs minimales pour les éléments en béton armé. Les tuyaux en béton non armé peuvent également être fabriqués sur base de ces valeurs.

d L'about mâle devrait être confectionné afin d'être au minimum 5mm plus long que le manchon.

#### 4.3.3.8. Ecart de rectitude

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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

Paragraphe inséré en complément de la norme EN 1916 :

Les valeurs énumérées aux tableaux 3 & 4 s'appliquent à l'écart de parallélisme des sections des abouts

#### 4.3.4. Assemblages et garnitures d'étanchéité

##### 4.3.4.1. Généralités

En complément à la norme EN 1916 :

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

Voir EN 1916 / en Application : Méthode 3

#### 4.3.5. Résistance à l'écrasement

En complément à la norme EN 1916 :

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 X7.

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  $Fl$  calculée sur base de la contrainte à la traction par flexion annulaire soit une force de comparaison des tuyaux.

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

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

En l'occurrence :

$\sigma_{BZR}$  résistance à la traction par flexion annulaire exprimée en N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{VR}$  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 $F_n$<br>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**

Voir EN 1916

#### **4.3.7. Étanchéité à l'eau**

Voir EN 1916

##### **4.3.7.1. Tuyaux de type 1 pour environnement chimique faiblement agressif**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

Voir EN 1916, § 4.3.7

##### **4.3.7.2. Tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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  $\leq$  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 9 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<br>DN | Quantité d'eau ajoutée<br>maximale<br>l/m <sup>2</sup> |
|------------------------|--|
| $\leq 1000$            | 0,07   |
| $> 1000$               | 0,04   |

#### **4.3.8. Conditions d'emploi**

Voir EN 1916

#### **4.3.9. Durabilité**

Voir EN 1916

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

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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)**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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)**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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 : 2002-01, 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)**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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  $2 \times 10^6$ ), 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)**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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)**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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.

#### **4.4. 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**

Voir EN 1916 :

#### **5.1. Éléments en béton fibré acier**

##### **5.1.1. Teneur en fibres d'acier**

En complément à la norme EN 1916 :

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**

En complément à la norme EN 1916 :

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**

En complément à la norme EN 1916 :

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

En complément à la norme EN 1916 :

Les épaisseurs de recouvrement de l'armature des tuyaux en béton armé sont définies au tableau 10 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 à la norme EN 1916 :

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  $f_R/\alpha_K$ , être inférieure à la contrainte de comparaison des tuyaux (Rohrvergleichsspannung)(voir § 5.2.5).

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

Sachant que

|  |   |   |
|--|---|---|
| $\sigma_{VR}$                            | = | contrainte de comparaison des tuyaux (Rohrvergleichsspannung)       |
| $f_R$                                    | = | facteur de correction selon l'illustration 7                        |
| $\sigma_{BZR}$                           | = | 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)

Voir EN 1916

#### 5.2.5. Attestation de limitation de l'ouverture des fissures

Paragraphe inséré en complément de la norme EN 1916 :

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

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

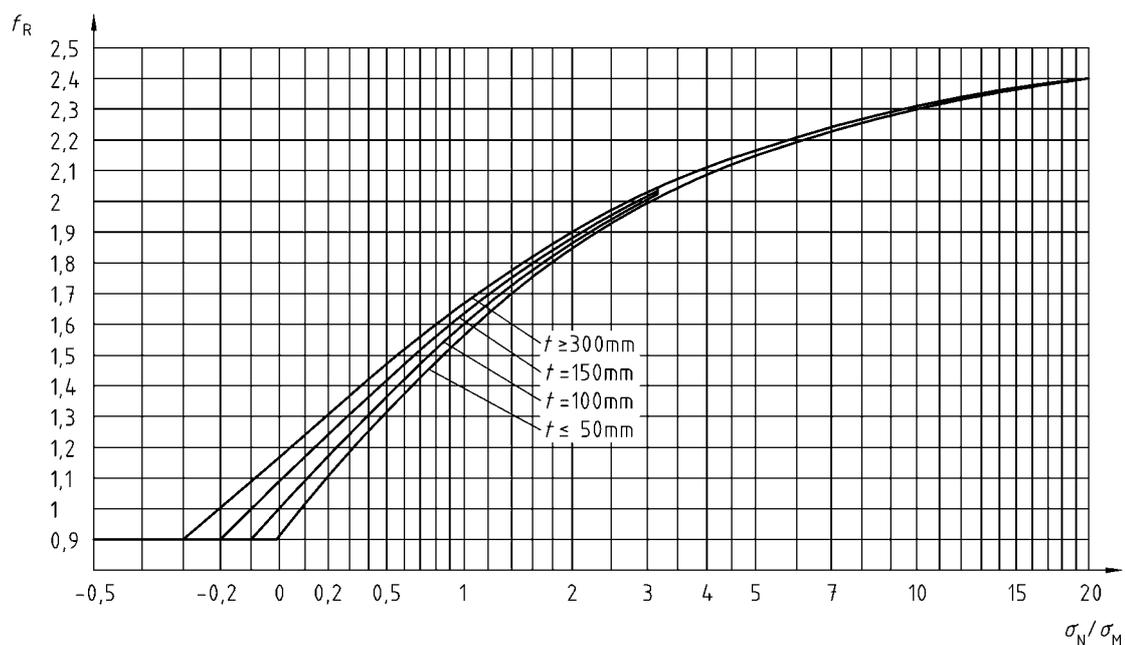
sous charge utile, à l'état I, ne peut dépasser la contrainte maximale de comparaison des tuyaux

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

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

|               |  |
|---------------|--|
| $\sigma_{VR}$ | contrainte de comparaison des tuyaux (Rohrvergleichsspannung)  |
| $\sigma_N$    | contrainte issue des efforts normaux ( $N$ ), sous forme de contrainte de compression négative ( $\sigma_N = N/A_i$ );   |
| $\sigma_M$    | 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 $\sigma_n/\sigma_m$ 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

Paragraphe inséré en complément de la norme EN 1916 :

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 au 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 (Umlenkraft)

Paragraphe inséré en complément de la norme EN 1916 :

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**

En complément à la norme EN 1916 :

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**

Voir EN 1916

#### **5.3.2. Résistance du béton**

En complément à la norme EN 1916 :

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

##### **5.3.2.1. Généralités**

Voir EN 1916

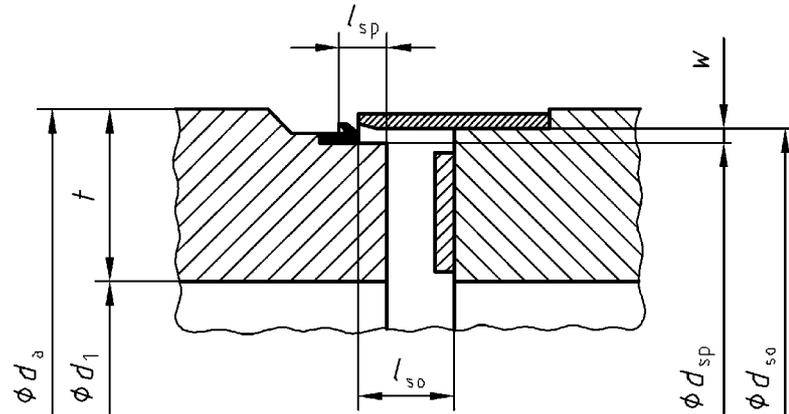
##### **5.3.2.2. Valeur prescrite de la résistance**

Voir EN 1916

#### **5.3.3. Enrobage**

En complément à la norme EN 1916 :

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

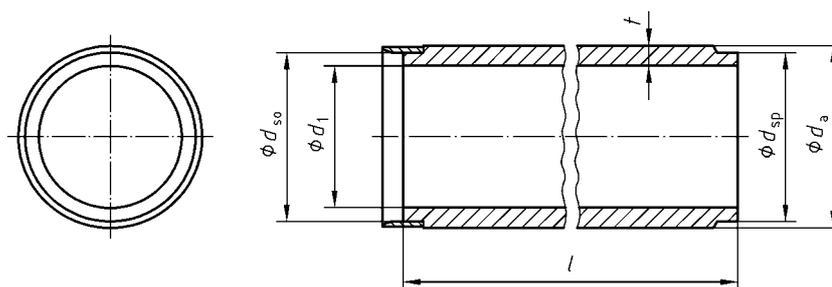
Voir EN 1916

#### 5.3.5. Caractéristiques géométriques, tolérances dimensionnelles et marquage

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

##### 5.3.5.1. Généralités

Les tolérances dimensionnelles pour les tuyaux de foyage 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 foyage en béton armé à section circulaire équipé d'un manchon**

Marquage d'un tuyau de foyage (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<br>DN | Tolérances dimensionnelles              |   |
|------------------------|---|---|
|                        | Diamètre extérieur du tuyau<br>$d_a$    | Ecart de parallélisme des<br>sections d'extrémité |
| ≤ 300                  | $\begin{matrix} +0 \\ -8 \end{matrix}$  | 4   |
| 400 bis 1 000          | $\begin{matrix} +0 \\ -8 \end{matrix}$  | 6   |
| 1 200 bis 2 800        | $\begin{matrix} +0 \\ -14 \end{matrix}$ | 8   |
| ≥ 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 12.

**Tableau X11 — Tolérances dimensionnelles pour la longueur**

Millimètres

| Diamètre nominal<br>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 13.

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

**Tableau X12 — Tolérances dimensionnelles pour l'écart de rectitude**

Millimètres

| Diamètre nominal<br>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 X10 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 K 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**

Voir EN 1916

## **6. Méthodes d'essai des produits finis**

### **6.1. Généralités**

Voir EN 1916

### **6.2. Profils des assemblages**

Voir EN 1916

### **6.3. Armatures**

Voir EN 1916

### **6.3.1. Position et pourcentage d'armatures**

Voir EN 1916

### **6.3.2. Enrobage**

Voir EN 1916

### **6.3.3. Essais sur les cages d'armature**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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)**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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**

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

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**

En complément à la norme EN 1916 :

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**

##### **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.

###### **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 9).

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

Voir EN 1916

## 6.8. Résistance du béton des tuyaux de fonçage

Paragraphe inséré en complément à la norme EN 1916 :

### 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

Voir EN 1916

## 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  $d_{s0}$  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**

#### **7.1.1. Tuyaux de type 1 pour environnement chimique faiblement agressif**

Voir EN 1916

#### **7.1.2. Tuyaux de type 2 pour environnement chimique modérément agressif**

Paragraphe inséré en complément de la norme EN 1916 :

Pour les tuyaux de type 2, conçus pour satisfaire à l'exigence plus sévère d'un « environnement chimique modérément agressif », l'évaluation de conformité sera effectuée suivant la norme EN 1916 et les prescriptions des § 7.1.2, 7.2.2.2 & 7.3 du présent texte.

Les propriétés demandées doivent être certifiées par une attestation de conformité et garanties au moyen d'un contrôle de qualité reposant sur les contrôles de la production en usine (CPU) et d'une surveillance externe. Les essais qui y sont nécessairement associés doivent être pratiqués conformément à la partie 6. Les matériels d'essai nécessaires pour effectuer des contrôles de la production en usine (CPU) (plus particulièrement les appareils d'essai d'étanchéité à l'eau pour les essais sur assemblage et la presse pour l'essai de résistance à l'écrasement) doivent être installés, de manière durable et solide, dans les ateliers de l'usine de fabrication afin de permettre, sans délai, la réalisation d'essais même lors de la visite impromptue d'inspecteurs externes.

Chaque essai est jugé concluant lorsque toutes les exigences sont satisfaites.

### **7.2. Modes opératoires d'évaluation des produits**

#### **7.2.1. Généralités**

Voir EN 1916

#### **7.2.2. Essais de type initiaux**

Voir EN 1916

### **7.2.3. Contrôle de la production en usine**

Voir EN 1916

### **7.2.4. Essais complémentaires d'échantillons prélevés en usine**

Voir EN 1916

### **7.2.5. Tâches relevant de l'organisme de certification**

Voir EN 1916

## **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 15.

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 sil 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 êtres enregistrés et exploités sous forme de calculs statistiques. Ils doivent être conservés durant une période minimale de cinq années.

**Tableau X 13 — 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<br>5.3.8 | 6.6.2.2      | Groupe de diamètre nominal 1 & 2 :<br>Un essai d'assemblages par semaine avec variation des diamètres produits<br>Groupe de diamètre nominal 3 :<br>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<br>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

En complément à la norme EN 1916 :

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

- k) DNA EN 1916,
- l) respectivement la dénomination type 1 (pour environnement chimique faiblement agressif) ou type 2 (pour environnement chimique modérément agressif),
- 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 voir EN 1916

Annexe B voir EN 1916

Annexe C voir EN 1916

Annexe D voir EN 1916

Annexe E voir EN 1916

|          |              |
|----------|--------------|
| Annexe F | voir EN 1916 |
| Annexe G | voir EN 1916 |
| Annexe H | voir EN 1916 |
| Annexe I | voir EN 1916 |
| Annexe J | voir EN 1916 |
| Annexe K | voir EN 1916 |

## **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 <sup>3</sup> |   |   |
|  | 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 <sup>1)</sup>  |
|  | Sol soumis à poussée verticale       | 11  | 8 <sup>1)</sup> 8                                       |
| <sup>1)</sup> 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<br>ou<br>Poids lourd 30 (SLW 30), comme véhicule individuel | Poids lourd 12 (LKW 12), véhicule individuel<br>(=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<br>(Schnittkräfte aus<br>Einwirkungen)  | Coefficients de sécurité pour les limites de  |  |   |                                |  |
|  |   | Aptitude porteuse   |  |   | Possibilité<br>d'utilisation   | Stabilité du sol   |
|  |   | Dimension-<br>nement pour<br>configuration<br>continue et de<br>longue durée<br>(ex. : fonçage)<br>Cas de charge<br>1 <sup>1)</sup><br>Cas de charge<br>p <sup>2)</sup> | Dimensionnement<br>pour configuration<br>passagère<br>(Durant<br>construction, ex.<br>: retrait du<br>soutènement)<br>Cas de charge 2 <sup>1)</sup><br>Cas de charge T <sup>2)</sup> | Dimensionnement<br>pour configuration<br>passagère<br>(Pression interne<br>due au reflux)<br>Cas de charge 2 <sup>1)</sup><br>Cas de charge T <sup>2)</sup> |                                | Poussée<br>verticale <sup>10)</sup><br><br>Cas de charge<br>1 <sup>1)</sup> Cas de<br>charge P <sup>2)</sup> |
| 1  | Actions constantes,<br>indépendantes $\gamma_G$ :<br>- Poids propre (Composant)<br>- Remplissage (eau)<br>- Surcharge (Reflux) <sup>3)</sup><br>- Nappe phréatique<br>- Charge du sol<br>- Pression latérale du sol | +<br>+<br>néant<br>+<br>+<br>+  | +<br>néant<br>néant<br>+<br>+<br>+   | +<br>+<br>+<br>+<br>+<br>+  | +<br>+<br>néant<br>+<br>+<br>+ | 0,90 <sup>7)</sup><br>néant<br>néant<br>1,00 <sup>8)</sup><br>0,90 <sup>7)</sup><br>-                        |
| 2  | Actions variables,<br>indépendantes $\gamma_Q$ :<br>- Charge roulante <sup>4)</sup><br>poids lourd 60, poids lourd<br>30,<br>poids lourd 12<br>- Charge mobile ferroviaire <sup>4)</sup><br>UIC 71                  | +<br>+  | +<br>+   | +<br>+  | +<br>+                         | 1,50 <sup>9)</sup><br>1,50 <sup>9)</sup>   |
| 3  | Somme des efforts par effet<br>des actions indiquées aux<br>lignes 1 & 2  | 1,35  | 1,20   | 1,20  | 1,00                           | -  |
| 4  | Pose <sup>5)</sup> --<br>Poids propre à la grue<br>- Force de fonçage   | Néant<br>néant  | $\geq 2,0$<br>1,15 <sup>6)</sup> ou 1,30   | néant<br>néant  | néant<br>néant                 | néant<br>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:<br>$A_k \cdot \gamma_{G,dst} + Q_k \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{k,stab} \cdot \gamma_{G,stab}$<br>Sachant que :<br>$A_k$ poussée verticale hydrostatique exercée à la base de l'ensemble de la structure<br>$Q_k$ valeur caractéristique des actions variables non effectives, perpendiculaires et dirigées vers le haut<br>$G_{k,stab}$ 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<br>$\gamma_{c,B}$ | Béton de fibres métalliques<br>$\gamma_{c,Ffb}$ | Béton armé<br>$\gamma_{c,Sb}$ | Acier d'armature<br>$\gamma_s$ |
|---|----------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|
| 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 fonçage <sup>a</sup> | 1,25                             | 1,25  | 1,15                          | 1,00                           |

<sup>a</sup> Lors de la détermination de la résistance aux charges et de la force de fonçage exercée lors des travaux de fonçage, 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)  $\zeta_{BZR}$ . Dans le cas des tuyaux en béton armé, la démonstration repose, tel qu'indiqué au paragraphe 5.2.3, 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.

|   |              |      |
|---|--------------|------|
| Éléments de structure en béton non armé | $\gamma_R =$ | 1,80 |
| Béton de fibres métalliques             | $\gamma_R =$ | 1,75 |
| Béton armé                              | $\gamma_R =$ | 1,70 |

## **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  $\zeta_{BZR}$ , 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 annexe A, 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

$\gamma_R$  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

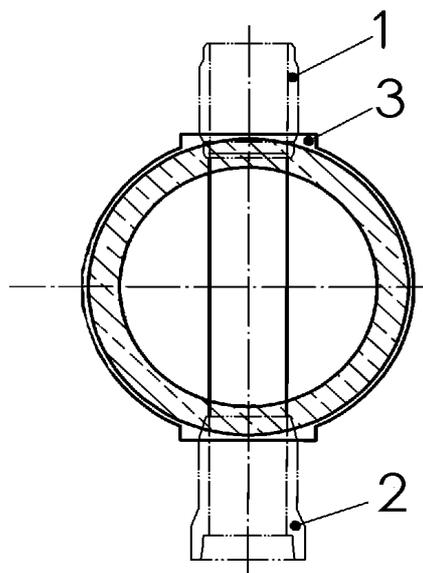
ATV-DVWK A 157 et pouvoir résister à l'effort de cisaillement. Par ailleurs, il est recommandé d'utiliser des tuyaux courts dans les longueurs suivantes :

**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 1400                | 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.

## 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, testés 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) – tranchée ouverte

- **Type d'action exercée lourd (LRD)**

Recouvrement de terre       $h = 0,5$  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)

- **Type d'action exercée moyen (M)**

Recouvrement de terre       $h = 0,5$  jusqu'à 5,0 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)

- **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)

## 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)

## 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.

$$LC = F_n \cdot 1000 / DN \quad \text{Classe de charge (Classe de résistance) du tuyau}$$

$$LC_{Ed} = F_{n,Ed} \cdot 1000 / DN \quad \text{Valeur de dimensionnement de la classe de charge (classe de}$$

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 <sup>2</sup> /m) (int./ext.) | Armature Longét. Minimale dimensionnée (cm <sup>2</sup> /sect.tuy.) (int./ext.) | Série (kN/m)  |
| DN 300           | 70                            | <u>lourd</u>          | 0,5 – 10,0            | 309  | 460  | 3,7   | 2,4   | S 700 A   |
| DN 400           | 70                            | <u>lourd</u>          | 0,5 – 9,0             | 261  | 400  | 6,3   | 2,9   | S 600 A   |
| DN 500           | 75                            | <u>lourd</u>          | 0,5 – 7,5             | 202  | 300  | 6,0   | 2,9   | S 450 A   |
| DN 600           | 80                            | <u>lourd</u>          | 0,5 – 6,3             | 161  | 240  | 6,3   | 2,9   | S 350 A   |
| DN 700           | 90                            | <u>lourd</u>          | 0,5 – 6,0             | 148  | 220  | 6,7   | 2,9   | S 350 A   |
| DN 800           | 100                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,7             | 135  | 200  | 7,1   | 2,9   | S 300 A   |
| DN 900           | 115                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,9             | 136  | 200  | 7,8   | 6,0   | S 300 A   |
| DN 1000          | 120                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,5             | 124  | 190  | 6,7 / 3,9   | 6,0 / 6,0   | S 300 A   |
| DN 1200          | 135                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,1             | 107  | 165  | 6,7 / 3,9   | 6,0 / 6,0   | S 250 A   |
| DN 1400          | 160                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 6,4             | 111  | 165  | 7,1 / 4,2   | 6,0 / 6,0   | S 250 A   |
| DN 1500          | 170                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 6,4             | 107  | 165  | 7,6 / 4,4   | 6,0 / 6,0   | S 250 A   |
| DN 1600          | 170                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,8             | 93   | 135  | 7,1 / 4,2   | 6,0 / 6,0   | S 200 A   |
| DN 1800          | 180                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,4             | 83   | 120  | 7,6 / 4,4   | 10,2 / 10,2   | S 180 A   |
| DN 2000          | 200                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,5             | 82   | 120  | 8,1 / 4,9   | 10,2 / 10,2   | S 180 A   |
| DN 2200          | 220                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,6             | 82   | 120  | 8,7 / 5,1   | 10,2 / 10,2   | S 180 A   |
| DN 2400          | 240                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,7             | 81   | 120  | 9,1 / 5,3   | 20,4 / 20,4   | S 180 A   |
| DN 2500          | 250                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,8             | 81   | 120  | 9,5 / 5,5   | 20,4 / 20,4   | S 180 A   |
| DN 2600          | 260                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,8             | 80   | 120  | 9,5 / 5,5   | 20,4 / 20,4   | S 180 A   |
| DN 2800          | 280                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 5,9             | 80   | 120  | 10,5 / 6,3  | 20,4 / 20,4   | S 180 A   |
| DN 3000          | 300                           | <u>lourd</u>          | 0,5 – 6,0             | 80   | 120  | 11,2 / 6,7  | 20,4 / 20,4   | 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 <sub>Ed</sub> (kN/m)                         | Classe de charge LC (kN/m)   | Armature Circul. Minimale dimensionnée (cm <sup>2</sup> /m) | Armature Longét. Minimale dimensionnée (cm <sup>2</sup> /sect.tuy.) | Série (kN/m)  |
| DN 300           | 70                            | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 187  | 300  | 2,4   | 2,4   | 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   | 6,0   | S 250 A   |
| DN 1000          | 120                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 112  | 165  | 5,7 / 3,3   | 6,0 / 6,0   | S 250 A   |
| DN 1200          | 135                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 105  | 165  | 6,7 / 4,0   | 6,0 / 6,0   | S 250 A   |
| DN 1400          | 160                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 84   | 135  | 5,7 / 3,4   | 6,0 / 6,0   | S 200 A   |
| DN 1500          | 170                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 83   | 135  | 6,0 / 3,6   | 6,0 / 6,0   | S 200 A   |
| DN 1600          | 170                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 81   | 135  | 7,1 / 4,2   | 6,0 / 6,0   | S 200 A   |
| DN 1800          | 180                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 78   | 120  | 7,1 / 4,2   | 10,2 / 10,2   | S 175 A   |
| DN 2000          | 200                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 75   | 110  | 7,1 / 4,2   | 10,2 / 10,2   | S 165 A   |
| DN 2200          | 220                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 73   | 110  | 7,6 / 4,4   | 10,2 / 10,2   | S 165 A   |
| DN 2400          | 240                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 72   | 110  | 8,1 / 4,7   | 20,4 / 20,4   | S 165 A   |
| DN 2500          | 250                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 71   | 110  | 8,7 / 5,1   | 20,4 / 20,4   | S 165 A   |
| DN 2600          | 260                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 70   | 110  | 8,7 / 5,1   | 20,4 / 20,4   | S 165 A   |
| DN 2800          | 280                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 69   | 110  | 9,3 / 5,6   | 20,4 / 20,4   | S 165 A   |
| DN 3000          | 300                           | <u>moyen</u>          | 0,5 – 5,0             | 68   | 100  | 9,2 / 6,3   | 20,4 / 20,4   | 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 <sub>Ed</sub> (kN/m)                         | Classe de charge LC (kN/m)   | Armature Circul. Minimale dimensionnée (cm <sup>2</sup> /m) | Armature Longét. Minimale dimensionnée (cm <sup>2</sup> /sect.tuy.) | Série (kN/m)  |
| DN 300           | 70                            | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 94   | 165  | 2,4   | 2,4   | S 250 A   |
| DN 400           | 70                            | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 87   | 135  | 2,4   | 2,9   | S 200 A   |
| DN 500           | 75                            | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 81   | 135  | 2,4   | 2,9   | S 200 A   |
| DN 600           | 80                            | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 79   | 135  | 3,2   | 2,9   | S 200 A   |
| DN 700           | 90                            | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 76   | 135  | 3,7   | 2,9   | S 165 A   |
| DN 800           | 100                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 75   | 110  | 3,5   | 2,9   | S 165 A   |
| DN 900           | 115                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 73   | 110  | 3,9   | 6,0   | S 165 A   |
| DN 1000          | 120                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 73   | 110  | 3,7 / 2,4   | 6,0 / 6,0   | S 165 A   |
| DN 1200          | 135                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 72   | 110  | 4,4 / 2,6   | 6,0 / 6,0   | S 165 A   |
| DN 1400          | 160                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 55   | 90   | 3,9 / 2,4   | 6,0 / 6,0   | S 135 A   |
| DN 1500          | 170                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 54   | 90   | 4,8 / 2,4   | 6,0 / 6,0   | S 135 A   |
| DN 1600          | 170                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 53   | 90   | 4,7 / 2,7   | 6,0 / 6,0   | S 135 A   |
| DN 1800          | 180                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 52   | 75   | 4,6 / 2,8   | 10,2 / 10,2   | S 110 A   |
| DN 2000          | 200                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 50   | 75   | 4,9 / 3,3   | 10,2 / 10,2   | S 110 A   |
| DN 2200          | 220                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 50   | 75   | 5,7 / 3,3   | 10,2 / 10,2   | S 110 A   |
| DN 2400          | 240                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 48   | 75   | 5,8 / 3,4   | 20,4 / 20,4   | S 110 A   |
| DN 2500          | 250                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 48   | 75   | 6,0 / 3,5   | 20,4 / 20,4   | S 110 A   |
| DN 2600          | 260                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 48   | 70   | 6,3 / 3,5   | 20,4 / 20,4   | S 110 A   |
| DN 2800          | 280                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 47   | 70   | 6,3 / 3,7   | 20,4 / 20,4   | S 110 A   |
| DN 3000          | 300                           | <u>léger</u>          | 1,0 - 3,0             | 47   | 70   | 6,7 / 3,9   | 20,4 / 20,4   | 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<br><br>s<br>[mm] | Type d'action exercée | Recouvrement de terre<br><br>h<br>[m] | Armature  |   | Pression de fonçage Max.<br>(droit, admise symétrique)<br><br>max V<br>kN |
|                  |  |                       |                                       | Armature Circul.<br>Minimale dimensionnée<br><br>(cm <sup>2</sup> /m) | Armature Longét.<br>Minimale dimensionnée<br><br>(cm <sup>2</sup> /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                            | 6,5   | 8,6   | 3.920   |
| DN 1200          | 135  | V                     | 1,5 – 10,0                            | 7,7   | 12,0  | 5.160   |
| DN 1400          | 160  | V                     | 1,5 – 10,0                            | 9,0   | 12,0  | 7.500   |
| DN 1500          | 170  | V                     | 1,5 – 10,0                            | 9,7   | 24,0  | 8.650   |
| DN 1600          | 170  | V                     | 1,6 – 10,0                            | 10,4  | 24,0  | 9.180   |
| DN 1800          | 180  | V                     | 1,8 – 10,0                            | 11,7  | 24,0  | 11.020  |
| DN 2000          | 200  | V                     | 2,0 – 10,0                            | 13,2  | 24,0  | 13.460  |
| DN 2200          | 220  | V                     | 2,2 – 10,0                            | 14,2  | 24,0  | 16 630  |
| DN 2400          | 240  | V                     | 2,4 – 10,0                            | 15,4  | 24,0  | 20130   |
| DN 2500          | 250  | V                     | 2,5 – 10,0                            | 16,4  | 24,0  | 22.000  |
| DN 2600          | 260  | V                     | 2,6– 10,0                             | 17,3  | 24,0  | 23.960  |
| DN 2800          | 280  | V                     | 2,8– 10,0                             | 18,3  | 24,0  | 28.120  |
| DN 3000          | 300  | V                     | 3,0– 10,0                             | 19,7  | 32,0  | 32.610  |

## 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.

#### 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.

**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.

**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.

**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 voir EN 1916