Société Nationale des Chemins de fer belges
SERVICE DE LA VOIE
Direction
rue de France 85 — 1070 BRUXELLES

B

Dispositions particulières et prescriptions techniques relatives aux entreprises de travaux du Service de la Voie

---

Fascicule 33 :

OUVRAGES D'ART

Extrait du fascicule 33 :

Art. 333. — Ouvrages en béton

COLLECTION DE BUREAU

EDITION 1973

D/1973/0596/3

DIRECTION DE LA VOIE
SERVICE 33
Section 64
n° 3.6 A
1 annexe
/ET.

Bruxelles, le 22 juin 1973.

31.20

DISTRIBUTION

3 - 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10 (1 ex. sauf 31.21 - 7 ex.)
21, 24a, 24b.
33-13, 34-12, 35-22, 36-13, 36-23 - 10 (2 ex.)
35-32 - 10 (1 ex.)
31, 35, 36, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 21, 24a, 24b.
34 - 10 (5 ex.)
300, 310 - 4, 5, 10, 24a.
PI - 2 - 26-11, 26-12 - 10
- 4 - 40-11, 40-12 (6 ex.) - 10
- 7 - 70-12, 70-15 - 10

CAHIER GENERAL DES CHARGES DE 1956 - 3e PARTIE - FASCICULE I.

Nouvel article 333 "Ouvrages en béton" extrait du fascicule 33 Edition 1973.

La brochure annexée remplace l'article 19 - Bétons - du cahier général des charges de 1956.

Lorsque du béton sera mis en oeuvre dans une entreprise, le cahier spécial des charges sera établi en tenant compte des prescriptions de la circulaire n° 0.0.5 du 22 décembre 1972 de la Division 31.2.

x x x

La Brochure fascicule 33, art.333 est en vente au prix de 290 F. majoré de 17 F pour la T.V.A.

Le Directeur du Service de la Voie,

O. DEBAIZE.

(B) 320450.6.73 (435)

D/1973/0596/3

AVERTISSEMENT.

La présente brochure est un extrait du Fascicule 33 - Ouvrages d'Art - qui régit les entreprises de travaux du Service de la Voie.

Le fascicule 33, en cours de rédaction, traite des matières suivantes :

* Art. 331 : Travaux de terrassements (1971)

* Art. 332 : Fondations (1972)

Art. 333 : Ouvrages en béton

Art. 334 : Appareils d'appui

Art. 335 : Constructions métalliques

* Art. 336 : Ponts provisoires (1972)

Art. 337 : Peinture et protection des parties métalliques des ouvrages d'art.

---

* signifie : brochures déjà éditées (millésime)

333. OUVRAGES EN BETON.

SOMMAIRE.

333.0 GENERALITES.

333.1 SOLLICITATIONS.

333.2 CALCULS DE RESISTANCE.

333.3 QUALITE DES MATERIAUX.

3.1 MATIERES INERTES.

3.11 Sables

3.12 Granulats

3.2 CIMENTS.

3.3 EAU DE GACHAGE.

3.4 ARMATURES.

3.5 ADJUVANTS.

333.4 CRITERE DE LA QUALITE DU BETON.

4.1 DEFINITION DE L'AGE DE LA MISE EN SERVICE D'UNE CONSTRUCTION ET DE LA QUALITE DU BETON.

4.2 BETONS DONT LA QUALITE EST IMPOSEE PAR LA S.N.C.B.

4.21 Utilisation des bétons.

4.22 Composition des bétons.

4.23 Contrôle du béton sur chantier, lorsque la qualité imposée ne dépasse pas 350 kg/cm2.

4.24 Contrôle du béton sur chantier, lorsque la qualité imposée est supérieure à 350 kg/cm2.

4.3 BETONS DONT LA COMPOSITION EST FIXEE PAR LA S.N.C.B.

4.31 Utilisation des bétons.

4.32 Composition des bétons.

4.33 Qualité σ'_{br} du béton.

4.34 Contrôle du béton sur chantier.

4.4 INFLUENCE DE L'AGE SUR LA QUALITE DU BETON.

4.5 CAS OU LA QUALITE DU BETON MIS EN OEUVRE NE REPOND PAS AUX BASES DU CALCUL.

4.6 MATERIEL DE CONTROLE SUR CHANTIER.

4.7 CONTROLE DU DURCISSEMENT DU BETON EN PERIODE HIVERNALE.

4.8 DURABILITE DES OUVRAGES.

4.9 DIVERS.

4.91 Mode opératoire obligatoire pour le prélèvement et l'essai de cubes de 20 cm de côté.

4.92 Mode opératoire obligatoire pour la mesure de la fluidité des bétons au cône d'Abrams.

4.93 Mode opératoire obligatoire pour la mesure de la fluidité des bétons à la table à secousses.

4.94 Détermination de la teneur en eau des granulats pierreux.

4.95 Détermination de la teneur en eau des sables.

4.951 Procédé de chantier par séchage au méthanol.

4.952 Procédé de chantier par l'emploi de carbure de calcium.

4.953 Procédé de chantier par la méthode à la bouteille.

4.96 Frais afférents aux essais.

333.5 EXECUTION DES TRAVAUX.

5.1 COFFRAGES.

5.11 Résistance des coffrages.

5.12 Rigidité des coffrages et contre-flèches.

5.13 Etanchéité des coffrages.

5.14 Ouvertures de contrôle.

5.15 Coffrages des surfaces de béton devant être ultérieurement bouchardées.

5.16 Coffrages des surfaces de béton devant rester apparentes ou devant être peintes.

5.17 Nettoyage des coffrages.

5.18 Plans des coffrages.

5.2 FERRAILLAGE.

5.21 Propreté des armatures.

5.22 Façonnage des armatures.

5.23 Mise en place des armatures.

5.24 Soudure des armatures.

5.241 Soudure aux croisements des barres.

5.242 Joints soudés.

5.3 BETONNAGE.

5.31 Confection du béton.

5.32 Transport et mise en place du béton.

5.33 Serrage du béton.

5.331 Damage du béton.

5.332 Vibration du béton.

5.34 Reprises.

5.35 Protection des surfaces.

5.36 Bétonnage en période hivernale.

5.361 Principe de base.

5.362 Relevé des températures de l'air.

5.363 Précautions à prendre.

5.364 Mesures particulières.

5.365 Cas des chantiers de la S.N.C.B.

5.366 Frais afférents aux mesures à prendre.

5.4 DECOFFRAGE ET DECINTREMENT.

5.5 EPREUVES DES OUVRAGES.

5.6 PRIX SOUMISSIONNES POUR LES BETONS ET LES BETONS ARMES.

5.7 PARACHEVEMENTS D'OUVRAGES EN BETON ET EN BETON ARME.

5.71 Peinture des surfaces de béton, au moyen d'une peinture au quartz.

5.72 Application d'un revêtement imperméable à base de résine sur les surfaces de béton et béton armé.

5.73 Revêtement des surfaces de béton au moyen d'un enduit décoratif (tyrolien écrasé, enduit gratté..)

5.74 Revêtement des marches d'escaliers et des paliers au moyen d'un enduit au carborundum.

5.75 Revêtements étanches à base de résine époxy.

5.76 Obturation de joints au moyen d'une matière synthétique à base de polysulfide.

5.77 Joint d'étanchéité en chlorure de polyvinyle.

5.8 ELEMENTS PREFABRIQUES.

5.81 Marches, contremarches et dalles préfabriquées.

5.82 Clôture composée de piquets en béton armé et de fils d'acier.

5.83 Clôture normande.

5.84 Châssis préfabriqués en béton armé.

5.85 Tablettes de couronnement préfabriquées en béton P.

5.86 Eléments préfabriqués en béton simili - pierre de taille.(couronnements, chaînes d'angle, etc.)

5.9 REFECTION D'OUVRAGES EN BETON ET EN BETON ARME.

5.91 Réfection de surfaces dégradées au moyen de mortier à base de résine synthétique.

5.92 Réfection de surfaces dégradées par gunitage.

5.93 Réfection de surfaces dégradées par béton projeté.

333.6 CONTRAINTES ADMISSIBLES POUR LE CALCUL, SUIVANT LES HYPOTHESES HABITUELLES DE L'ELASTICITE.

333.7 ETABLISSEMENT DU PROJET.

7.1 DISPOSITION DES ARMATURES.

7.11 Distance minimale entre armatures.

7.12 Enrobage des armatures.

7.13 Armatures des dalles - barres de répartition.

7.14 Armatures des poutres de grande hauteur.

7.6 RECOUVREMENT ET ANCRAGE DES BARRES.

7.61 Dimensions d'un crochet.

7.62 Joints dans les armatures - Recouvrement des barres.

7.63 Longueurs de recouvrement dans les cas les plus courants.

7.631 Barres tendues.

7.632 Barres comprimées.

333.8 OUVRAGES EN BETON PRECONTRAINT.

8.1 PRESCRIPTIONS RELATIVES AU BETON INTERVENANT DANS LES OUVRAGES PRECONTRAINTS.

8.11 Contraintes admissibles dans le béton.

8.111 Qualité σ'_{br}.

8.113 Traction due à la flexion.

8.114 Traction principale due à l'effort tranchant.

8.2 PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ARMATURES NON PRECONTRAINTES INTERVENANT DANS LES OUVRAGES PRECONTRAINTS.

8.3 PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ARMATURES DE PRECONTRAINTE.

8.30 Désignation des armatures utilisées.

8.31 Tractions admissibles dans les armatures de précontrainte.

8.32 Facteurs influençant la sollicitation des armatures.

8.323 Frottement.

8.33 Ancrages.

8.331 Armatures de précontrainte mises en tension après le bétonnage de l'élément.

8.36 Dispositions des armatures de précontrainte.

8.37 Conservation des armatures et état des armatures lors de leur mise en oeuvre.

8.38 Mise en tension des armatures de précontrainte .

8.381 Mesures de sécurité.

8.382 Vérifications préliminaires.

8.383 Séquence des opérations.

8.384 Mesure de l'effort et de l'allongement

8.385 Rupture éventuelle d'armatures.

8.39 Protection des armatures et des pièces métalliques accessoires.

8.391 Armatures logées dans des alvéoles.

8.391.1 Fils tréfilés, torons constitués de fils tréfilés, barres.

8.391.2 Fils laminés à chaud et fils calibrés, trempés et revenus.

8.391.3 Injections.

8.392 Armatures logées dans des rainures ou placées à l'extérieur des âmes.

8.392.1 Fils tréfilés, torons constitués de fils tréfilés et barres, ces armatures étant protégées par enrobage de mortier de ciment.

8.392.2 Fils laminés à chaud et fils calibrés, trempés et revenus.

8.392.3 Armatures non enrobées de béton, de mortier ou de pâte de ciment.

8.393 Fils et barres enveloppés individuellement de bandes passivantes et enrobés ensuite de béton.

8.394 Armatures prétendues et enrobées directement de béton.

8.395 Protection des pièces métalliques accessoires.

8.4 BETONNAGE ET DECOFFRAGE.

8.41 Bétonnage.

8.42 Décoffrage.

8.5 PRESCRIPTIONS PARTICULIERES RELATIVES AUX POUTRES PREFABRIQUEES.

8.51 Poutres standardisées.

8.52 Prescriptions relatives au calcul.

8.521 Contraintes admissibles dans le béton.

8.522 Contraintes admissibles dans les torons. Perte de précontrainte.

8.53 Exécution.

8.54 Relevage des torons de précontrainte.

8.55 Tolérances dimensionnelles.

8.551 Longueur.

8.552 Largeur.

8.553 Hauteur.

8.554 Inclinaison des faces terminales.

8.555 Appuis.

8.556 Déversement de l'âme des poutres à axe de symétrie vertical.

8.557 Emplacement des armatures de précontrainte.

8.56 Tolérances de forme.

8.57 Mise en tension des armatures de précontrainte agissant par adhérence.

8.571 Précision des efforts.

8.572 Sensibilité du dispositif de mise en tension.

8.573 Etalonnage périodique de l'appareillage de mise en tension.

8.574 Vérifications.

8.58 Réparation du béton.

8.581 Généralités.

8.582 Manque de matière. Irrégularité de surface.

8.583 Fissures.

8.59 Mise en précontrainte du béton par les armatures à adhérence.

333.0 GENERALITES.

Les prescriptions de la dernière édition de la norme NBN 15 sont d'application, sauf disposition contraire du présent document ou du cahier spécial des charges régissant l'entreprise.

Certaines dispositions de la norme NBN 15, intéressant plus particulièrement l'exécution des travaux sont reproduites dans les pages qui suivent, après avoir été éventuellement complétées ou modifiées.

333.1 SOLLICITATIONS.

(+) Le cahier spécial des charges précise les surcharges et le coefficient dynamique à considérer pour le calcul des ouvrages, lorsque ce calcul est confié à l'adjudicataire.

333.2 CALCULS DE RESISTANCE.

(+) Lorsque les calculs sont confiés à l'adjudicataire, ceux-ci doivent être effectués suivant la méthode classique.

D'autres méthodes de calcul (p. ex. la méthode dite à la rupture) ne sont admises que si le cahier spécial des charges le spécifie.

333.3 QUALITE DES MATERIAUX.

3.1 MATIERES INERTES.

3.11 Sables.

Les sables sont conformes à la norme NBN 589-102.

3.12 Granulats.

Calibres.

Les granulats utilisés sont les suivants :

- les granulats de forme arrondie, naturels ou artificiels;
- les granulats obtenus par concassage de roches naturelles ou artificielles.

Ces granulats ont les calibres prévus dans la norme NBN 329.

Qualité des granulats.

La qualité des granulats doit être appropriée à la destination de la construction. A côté des conditions générales de dureté et de résistance au choc, il faut éventuellement s'enquérir de la résistance au feu, à l'usure, à certains agents chimiques des bétons fabriqués au moyen de ces granulats.

Forme des granulats.

Les granulats ont la forme prévue dans la norme NBN 329.

Pour les graviers et les pierres concassées, il y a intérêt à ce que le rapport du volume des grains à celui de la sphère circonscrite soit le plus grand possible.

A ce point de vue, les concassés provenant du reconcassage sont à préférer aux autres chaque fois qu'il s'agit de faire des bétons de choix.

Propreté.

D'une manière générale, les granulats doivent être exempts au moment de la mise en oeuvre de toute matière pouvant nuire à la résistance des bétons ou favoriser la destruction des armatures par oxydation ou autrement. Ils doivent être propres et ne peuvent être entourés d'une couche adhérente terreuse ou organique. Si de tels matériaux arrivent sur le chantier, il y a lieu de les soumettre à un lavage énergique et, au besoin, par des essais de résistance sur béton, s'assurer qu'ils peuvent être mis en oeuvre sans danger.

3.2 CIMENTS.

Les ciments mis en oeuvre doivent répondre aux normes NBN 771.

L'attention est attirée sur le fait que la prise et le durcissement des ciments des différentes catégories ne sont pas également influencés par les températures froides de l'hiver, ni par un excès d'eau de gâchage. Pareillement, tous les ciments ne se comportent pas de même vis-à-vis des agents agressifs.

L'attention est également attirée sur la nécessité de conserver les ciments dans un endroit sec et d'éviter dans un gâchage le mélange des ciments sursulfatés et des ciments alumineux avec un autre ciment.

3.3 EAU DE GACHAGE.

L'eau de gâchage doit être propre et la teneur en matières nocives doit être limitée, compte tenu de la nature du ciment utilisé.

Peuvent être nocifs à partir de certaines teneurs : des acides, des alcalis, les sulfates, les matières sucrées, les matières grasses, les matières organiques.

L'eau ayant une odeur désagréable est suspecte.

L'eau de mer ne peut être employée qu'avec beaucoup de prudence; elle est à exclure pour le gâchage du ciment alumineux.

Lorsque la qualité de l'eau est douteuse, procéder à des essais comparatifs avec de l'eau distillée sur un ciment de même nature que celui qui sera utilisé. Ces essais préalables concernent la prise, la stabilité et la résistance mécanique sur mortier et sont effectués suivant les prescriptions des normes NBN 771-09 et 771-10 et sont à charge de l'adjudicataire.

3.4 ARMATURES.

Les armatures pour béton armé (par opposition aux armatures assurant la précontrainte du béton) comprennent :

- les barres lisses ou à adhérence améliorée, d'un diamètre maximal de 40 mm;

- les fils lisses ou à empreintes, d'un diamètre maximal de 12 mm;

- les treillis soudés.

Ces armatures sont en acier de nuances BE 22, BE 35, BE 40 ou BE 50; les nuances sont spécifiées aux plans d'adjudication.

Les prescriptions concernant les armatures font l'objet des normes NBN 179.

Les tableaux ci-après donnent les caractéristiques mécaniques garanties pour les barres à l'état de livraison.

Caractéristiques mécaniques garanties pour les barres à l'état de livraison					
	Nuances	Limite d'élasticité min. kg/mm2	Résistance à la traction min. kg/mm2	Allongement après rupture (1) min. A 5 %	A 10 %
Barre lisse	BE 22	22	34	24	18
Barre à adhérence améliorée	BE 22	22	34	24	18
	BE 35	35	48	18	13
	BE 40	40	50	14	10
	BE 50	50	58	12	8

(1) En cas de litige, l'allongement après rupture est à déterminer sur éprouvette ayant une longueur entre repères égale à 5 d.

		Pliage à 180° Diamètre du mandrin (2)		Pliage - Dépliage Diamètre du mandrin (2)			
		d ⩽ 12mm	d > 12mm	12mm < d ⩽ 18mm	d < 26mm	d ⩽ 32mm	d ⩽ 40mm
Barre lisse	BE 22	1 d	2 d.	-	-	-	-
Barre à adhérence améliorée	BE 22	1 d	-	4 d	5 d	6 d	7 d
	BE 35	2 d	-	5 d	6 d	7 d	8 d
	BE 40	2,5 d	-	6 d	8 d	10 d	12 d
	BE 50	3 d	-	8 d	10 d	12 d	14 d

(2) d : diamètre nominal de la barre.

Les armatures doivent être d'aspect sain.

Elles ne peuvent présenter de défauts susceptibles d'être préjudiciables à leur résistance et à leur emploi.

Les conditions techniques de livraison et de réception sont régies par les prescriptions des normes NBN 148 - 150 - 179 et 816.

3.5 ADJUVANTS.

L'utilisation d'adjuvants est autorisée conformément aux prescriptions de la norme NBN 805, moyennant l'accord préalable du fonctionnaire dirigeant.

L'adjudicataire doit

- introduire sa demande par écrit;

- préciser le produit qu'il compte mettre en oeuvre;

- indiquer le dosage et le moyen de mise en oeuvre;

- donner des références au sujet du produit proposé.

L'adjuvant est réparti de façon homogène dans le mélange.

Le fonctionnaire dirigeant se réserve le droit de refuser l'utilisation d'adjuvants s'il s'avère que le résultat escompté n'est pas atteint ou s'il en résulte des conséquences fâcheuses.

333.4 CRITERE DE LA QUALITE DU BETON.

4.1 DEFINITION DE L'AGE DE LA MISE EN SERVICE D'UNE CONSTRUCTION ET DE LA QUALITE DU BETON.

L'âge de la mise en service d'un construction ou d'une partie de construction est le nombre de jours pouvant être pris en compte pour le durcissement du béton et qui s'écoulent entre la fin du bétonnage et le moment de la mise en charge du béton.

La qualité du béton est définie, par sa résistance à la rupture par compression σ'_{br} au moment de la mise en service, sur cubes de 20 cm de côté.

Au cas où l'on connaît la résistance mesurée sur d'autres éprouvettes, on peut admettre que la résistance équivalente sur cubes de 20 cm de côté est égale à celle obtenue multipliée par l'un des coefficients suivants :

Nature de l'éprouvette	Dimensions cm	Coefficients
Cylindre	Ø 11,5 x 10	0,88
	Ø 10 x 20	1,18
	Ø 15 x 30	1,22
	Ø 25 x 50	1,27
Cube	10	0,96
	15	0,96
	30	1,08
Prisme	15 x 15 x 45	1,27
	20 x 20 x 60	1,27

La qualité du béton est exprimée en kg/cm2.

Elle est obtenue en faisant la moyenne arithmétique de trois essais au moins.

Au cas où la dispersion des résultats obtenus sur une série de cubes, c'est-à-dire, la différence entre le résultat maximal et le résultat minimal dépasserait de 30 % la résistance moyenne, celle-ci serait remplacée par 1,15 fois le résultat minimal.

4.2 BETONS DONT LA QUALITE EST IMPOSEE PAR LA S.N.C.B.

4.21 Utilisation des bétons.

(+) Les documents d'adjudication fixent les qualités que doivent avoir les bétons.

4.22 Composition des bétons.

La composition n'est pas imposée par la S.N.C.B.

L'adjudicataire la choisit librement avec, cependant les restrictions suivantes :

- Chaque m3 de béton mis en oeuvre doit renfermer au moins 350 kg de ciment.
  Cette teneur minimale doit être obligatoirement augmentée, le cas échéant, dans les cas prévus à l'article 4.8 relatif à la durabilité du béton et du béton armé.
  Le contrôle de la teneur en ciment peut être effectué par décomposition du béton frais par tamisage à l'eau, conformément à la norme NBN 748.06.

- La fluidité mesurée à la table à secousses ne peut dépasser 1,7; elle doit être controlée régulièrement, au moins 3 fois par jour.

- Le béton doit être suffisamment plastique et, après mise en oeuvre, suffisamment compact pour assurer le bon enrobage des armatures et éviter leur corrosion.

- Le béton doit être fabriqué mécaniquement et vibré.

- La dimension maximale des éléments inertes n'est limitée que par la possibilité pour ces éléments de se mettre en place entre les armatures et entre celles-ci et le coffrage.

- Avant le début du bétonnage, l'adjudicataire fait procéder à des essais préalables pour s'assurer si le dosage proposé **convient.**

  Les cubes destinés aux essais sont préparés, selon la composition proposée, en présence du fonctionnaire dirigeant ou de son délégué.

  Le bétonnage peut être entamé lorsque la qualité escomptée est atteinte.

  Dans le cas contraire, l'adjudicataire modifie la composition du béton et fait procéder à de nouveaux essais.

4.23 <u>Contrôle du béton sur chantier lorsque la qualité imposée ne dépasse pas 350 kg/cm2.</u>

Au cours du bétonnage, prélever sur chantier deux séries de 3 cubes au moins, de 20 cm de côté.

La première série de cubes (cubes de contrôle) est conservée sous sable humide à une température comprise entre 15°C et 20°C. Elle est destinée à vérifier les conditions de fabrication du béton.

La seconde série de cubes (cubes de chantier) est conservée dans des conditions aussi identiques que possible à celles dans lesquelles se trouve le béton à juger. Elle permet de déterminer la qualité du béton, immédiatement avant la mise en service, lorsque cette détermination est requise.

x
x x

Les essais sur cubes de contrôle sont effectués à 7 jours d'âge. Si la mise en service est effectuée avant 7 jours, les cubes de contrôle sont écrasés avec l'enlèvement des coffrages.

Lorsque le résultat de l'essai sur cubes de contrôle, corrigé pour tenir compte de l'influence de l'âge, atteint la qualité prescrite, l'ouvrage ou la partie de l'ouvrage peut être mis en service, sans qu'il soit nécessaire de faire procéder à des essais sur cubes de chantier.

Toutefois, quand le bétonnage a lieu en période hivernale et lorsque la température est descendue à ou au-dessous de + 3°C, entre le bétonnage et la mise en service, la mise en service de l'ouvrage ou de la partie de l'ouvrage ne peut avoir lieu qu' après que l'essai des cubes de chantier a prouvé que le béton a atteint la qualité admise dans les calculs.

Lorsque le résultat de l'essai sur cubes de contrôle, corrigé pour tenir compte de l'influence de l'âge (voir article 4.4) est inférieur à la qualité prescrite, l'ouvrage ou la partie de l'ouvrage ne peut être mis en service qu'après qu'un essai de béton sur cubes de chantier ou éventuellement sur des éprouvettes cubiques ou cylindriques prélevées dans la masse (NBN 748.04) ait prouvé que le béton a atteint la qualité admise dans les calculs.

Le fonctionnaire dirigeant fixe le nombre de chaque série de cubes à prélever et les moments où ces prélèvements sont effectués. La fréquence des prélèvements à un moment donné est fonction des résultats plus ou moins satisfaisants obtenus lors des prélèvements précédents et des circonstances atmosphériques.

Outre ce qui est dit ci-dessus, le contrôle du béton comporte également le contrôle de la composition du béton, tant en matériaux inertes qu'en ciment et en eau, ainsi que le contrôle de la fluidité à la table à secousses.

4.24 <u>Contrôle du béton sur chantier, lorsque la qualité imposée est supérieure à 350 kg/cm2</u>.

Les dispositions de l'article 4.23 sont applicables avec, toutefois :

<u>une remarque</u> : le bétonnage doit être effectué sous contrôle renforcé;

et

<u>une condition supplémentaire</u> : la construction ou partie de construction ne peut être mise en service que lorsque les essais sur cubes de chantier ont prouvé que le béton a atteint la qualité prescrite (même si les essais sur cubes de contrôle ont été favorables).

4.3 BETONS DONT LA COMPOSITION EST FIXEE PAR LA S.N.C.B.

4.31 Utilisation des bétons.

(+) Les documents d'adjudication précisent les bétons à mettre en oeuvre, parmi ceux dont la composition est indiquée à l'article 4.32.

Il est entendu que :

- L'âge à la mise en service de la construction est de 28 jours au moins.

- Les matériaux inertes mis en oeuvre sont bien connus et d'usage courant.

- La fluidité du béton est contrôlée régulièrement, au moins 3 fois par jour. Elle correspond à un affaissement au cône d'Abrams compris entre 2 et 6 cm ou à un degré de fluidité à la table à secousses compris entre 1,30 et 1,70.

- Le béton doit être fabriqué mécaniquement.

(+) Les documents d'adjudication précisent s'il peut être serré par damage ou si la vibration est prescrite. (Par exemple, le métré mentionnera Béton A armé damé ou Béton A armé vibré).

- Les qualités sur lesquelles on peut tabler ne dépassent pas celles renseignées à l'article 4.33.

4.32 Composition des bétons.

Béton A.

Ciment P400 ou HK400	: 400 kg
Concassé 8/16	: 900 l
Sable pour béton	: 420 l

ou

Ciment P400 ou HK400	: 400 kg
Concassé 8/22	: 920 l
Sable pour béton	: 430 l

ou

Ciment P400 ou HK400	: 400 kg
Gravier 4/16	: 800 l
Sable pour béton	: 370 l

Béton C.

Ciment P400 ou HK400	: 300 kg
Concassé 22/40	: 900 l
Sable pour béton	: 480 l

ou

Ciment P400 ou HK400	: 300 kg
Gravier 4/32	: 800 l
Sable pour béton	: 430 l

Béton F.

Ciment P400 ou HK400	: 200 kg
Concassé 22/40	: 900 l
Sable pour béton	: 550 l

ou

Ciment P400 ou HK400	: 200 kg
Gravier 4/32	: 900 l
Sable pour béton	: 400 l

Béton M.

Ciment P400 ou HK400	: 200 kg
Concassé 8/16 ou 8/22	: 900 l
Sable pour béton	: 500 l

ou

Ciment P400 ou HK400	: 200 kg
Gravier 4/16	: 900 l
Sable pour béton	: 400 l

Béton P.

Ciment P400 ou HK400	: 400 kg
Concassé 2/4 ou 4/8	: 900 l
Sable pour béton	: 500 l

ou

Ciment P400 ou HK400	: 400 kg
Gravillons 2/5	: 900 l
Sable pour béton	: 400 l

Béton C1 pour parements bouchardés.

Ciment P400 ou HK400	: 350 kg
Concassé 2/4 ou 2/8	: 900 l
Sable pour béton	: 500 l

ou

Ciment P400 ou HK400	: 350 kg
Gravillons 2/5	: 900 l
Sable pour béton	: 400 l

Béton B.

Ciment P500 ou HK500	: 750 kg
Concassé 2/4	: 900 l
Sable pour béton	: 450 l

ou

Ciment P500 ou HK500	: 750 kg
Gravillons 2/5	: 900 l
Sable pour béton	: 450 l

REMARQUES.

1. Les compositions indiquées se rapportent à des matériaux secs.

   Il est rappelé que l'humidité occasionne une augmentation du volume du sable pouvant s'élever à 20 % du volume du sable sec, pour des teneurs en eau variant de 2 à 10 %.

2. Le dosage en eau est adapté en vue d'obtenir la fluidité imposée et en tenant compte de l'eau apportée par les matières inertes.

3. Les teneurs en eau des matières inertes peuvent être déterminées par les essais décrits aux articles 4.94 et 4.95.

4.33 Qualité σ' br du béton.

Les qualités à 28 jours sur lesquelles on peut se baser sont :

250 kg/cm2 pour le béton A.
210 kg/cm2 pour le béton C.

4.34 Contrôle du béton sur chantier.

Le fonctionnaire dirigeant se réserve le droit de faire prélever des cubes de contrôle et de chantier afin de contrôler la qualité du béton.

En période hivernale (du 1er octobre au 15 avril), l'adjudicataire est tenu de prélever des cubes de chantier afin de pouvoir contrôler le durcissement du béton. Ces cubes sont écrasés immédiatement avant la mise en service de l'ouvrage, chaque fois qu'il a été constaté que, pendant les 28 premiers jours du durcissement du béton, la température est descendue à ou au-dessous de 3°C. Il est rappelé que les cubes de chantier sont conservés dans des conditions aussi identiques que possible à celles dans lesquelles se trouve le béton à juger.

Outre ce qui est dit ci-dessus, le contrôle du béton comporte également le contrôle de la composition du béton, tant en matériaux inertes qu'en ciment et en eau, ainsi que le contrôle de la fluidité (au cône d'Abrams ou à la table à secousses).

4.4 INFLUENCE DE L'AGE SUR LA QUALITE DU BETON.

Lorsque la mise en service de l'ouvrage ne coïncide pas avec la date des essais de compression, la qualité du béton peut être estimée à l'aide du coefficient α du Tableau ci-dessous.

Coefficient α

Ciment	Age (en jours) à considérer					
	3	7	14	28	90	180 et plus
P 300 - PL 300 - PPz 300	0.68	1	1.23	1.41	1.66	1.81
PF 300 - HK 300 HL 300 - LK 300- S 300	0.55	1	1.30	1.56	1.95	2.14
P 400 - PL 400 - PPz 400	0.72	1	1.20	1.37	1.56	1.65
PF 400 - HK 400- HL 400 - S 400	0.60	1	1.26	1.49	1.80	1.93
P 500 - PL 500 - PPz 500 PF 500 - HK 500	0.86	1	1.10	1.16	1.26	1.32

La qualité obtenue au cours de l'essai est multipliée par le coefficient α correspondant à l'âge auquel on veut connaître la qualité probable et divisée par le coefficient α correspondant à l'âge au moment de l'essai.

Exemple : un béton de ciment P 400 a une qualité de 360 kg/cm2 à 28 jours.

Sa qualité probable à 90 jours est de :

$$360 \times \frac{1.56}{1.37} = 410 \text{ kg/cm2}.$$

Les qualités dont question ci-dessus s'entendent sur cubes de 20 cm de côté conservés sous sable humide à une température comprise entre 15 et 20°C.

4.5 CAS OU LA QUALITE DU BETON MIS EN OEUVRE NE REPOND PAS AUX BASES DE CALCUL.

Si les essais de contrôle effectués ne donnent pas les résultats imposés, il y a lieu d'attendre avant de procéder au décintrement ou à la mise en charge qu'un nouvel essai, effectué ultérieurement sur un cube-témoin de la seconde série, ait donné des résultats qui ne soient plus inférieurs à la qualité sur laquelle s'est basé l'auteur du projet.

Dans le cas où l'on ne dispose plus de cubes de la seconde série, on procède à des essais sur éprouvettes cubiques ou cylindriques prélevées dans la masse ou à des mesures non destructives.

4.6 MATERIEL DE CONTROLE SUR CHANTIER.

Afin de permettre le contrôle de la fluidité du béton, l'adjudicataire dispose sur son chantier :

- d'une table à secousses, lorsque la qualité du béton est imposée par la S.N.C.B.;
- d'une table à secousses ou d'un cône d'Abrams, lorsque la composition du béton est fixée par la S.N.C.B.

Afin de permettre le prélèvement des cubes de 20 cm de côté, l'adjudicataire a sur son chantier des moules permettant de prélever au moins six cubes simultanément.

4.7 CONTROLE DU DURCISSEMENT DU BETON EN PERIODE HIVERNALE.

Le contrôle du durcissement du béton est obligatoire lorsque le bétonnage a lieu entre le 1er octobre et le 15 avril.

Le contrôle peut être effectué en écrasant des cubes de chantier, comme indiqué aux articles 4.23, 4.24 et 4.34.

Le durcissement du béton peut également être apprécié en introduisant la notion d'âge fictif, applicable à condition que le béton frais ait été conservé les 72 premières heures à une température d'au moins + 5°C.

L'âge fictif est calculé en affectant chaque jour de calendrier d'un coefficient de maturité ($K \leqslant 1$), tenant compte de la température moyenne tm de conservation du béton durant cette journée.

Sauf justification, la température du béton est considérée comme étant celle de l'air ambiant.

La température moyenne de l'air pendant 24 heures est conventionnellement égale à la moyenne arithmétique des températures relevées au chantier, à 7 heures et à 14 h 30.

Pour la température à 7 heures, on peut également adopter la valeur mesurée dans la zone désignée par le Fonds de Sécurité d'Existence (FSE), pour l'endroit où le chantier est situé. En cas de contestation, c'est cette température qui fait foi.

La valeur K = 1 correspond aux conditions de conservation normalisées à 20°C et 90 % d'humidité relative.

Pour les températures moyennes comprises entre - 10°C et + 20°C, les valeurs de K sont données par les relations suivantes :

$K = 0{,}30 \left(1 + \frac{tm}{10}\right)$ pour $-10°C \leqslant tm \leqslant +10°C$

$K = 0{,}20 \left(1 + \frac{tm}{5}\right)$ pour $+10°C \leqslant tm \leqslant 20°C$.

Le tableau ci-dessous renseigne les valeurs de K en fonction de tm.

tm en °C	K
-10	0
- 9	0.03
- 8	0.06
- 7	0.09
- 6	0.12
- 5	0.15
- 4	0.18
- 3	0.21
- 2	0.24
- 1	0.27
0	0.30

tm en °C	K
0	0.30
1	0.33
2	0.36
3	0.39
4	0.42
5	0.45
6	0.48
7	0.51
8	0.54
9	0.57
10	0.60

tm en °C	K
10	0.60
11	0.64
12	0.68
13	0.72
14	0.76
15	0.80
16	0.84
17	0.88
18	0.92
19	0.96
20	1.00

Connaissant la nature du ciment utilisé et la résistance des cubes de contrôle à un âge déterminé, la résistance probable du béton de l'ouvrage peut être estimée en l'assimilant à celle qui correspond

à l'âge fictif du béton, au moyen du coefficient α dont question à l'article 4.4.

4.8 DURABILITE DES OUVRAGES.

La durabilité des ouvrages dépend essentiellement de la protection des armatures contre la corrosion et de la durabilité du béton proprement dit.

La durabilité du béton est fonction :

- de sa composition et de sa teneur en ciment;
- de sa compacité et de son homogénéité;
- et de la nature du ciment, en cas d'exposition à des agents agressifs.

Pour les bétons exposés aux eaux séléniteuses, aux eaux acides ou pures, à l'eau de mer, à une atmosphère marine ou industrielle ou aux intempéries, la quantité minimale de ciment ne peut être inférieure à celle qui donne un rapport ciment-sable (en poids) au moins égal à la valeur indiquée ci-dessous :

Ambiance ou exposition	Rapport Ciment-sable (en poids)
I. - Intempéries modérées. - Eaux séléniteuses immobiles sans pression, ni percolation. - Immersion marine permanente en eau calme. - Atmosphère légèrement agressive.	1/2
II.- Intempéries modérées. - Eaux séléniteuses courantes ou agitées, susceptibles de percolation. - Eau marine agitée avec alternances d'immersion et d'émersion. - Atmosphère assez agressive.	1/1,75
III.-Ambiance très agressive et pénétrante.	1/1,5

4.9 DIVERS.

4.91 Mode opératoire obligatoire pour le prélèvement et l'essai de cubes de 20 cm de côté.

Prélever un échantillon parfaitement représentatif du béton qui sera mis en oeuvre et d'un volume au moins égal à 2 fois celui des cubes à confectionner.

Effectuer ce prélèvement de préférence à la sortie de la bétonnière, en trois fois, respectivement après déversement de 1/4, 1/2 et 3/4 de la charge; à cette fin, intercepter complètement le flot de béton par un réceptacle propre et non absorbant, de préférence métallique et construit de manière à éviter toute perte; une surface plane non munie de parois latérales ne peut convenir à cet effet.

Lorsqu'il s'agit d'échantillonner du béton déjà déversé, prélever des fractions d'échantillons en cinq points au moins de la masse de béton, en évitant les bords où une ségrégation a pu se produire.

Homogénéiser soigneusement l'échantillon de béton constitué selon l'une ou l'autre des procédures ci-dessus, par remalaxage sur une surface non absorbante.

Procéder sans retard à la confection des cubes; prendre soin de protéger l'échantillon de béton contre les intempéries.

On doit disposer sur le chantier de six moules métalliques bien rabotés ou, à leur défaut, de six moules rigides bien étanches, ayant chacun deux faces opposées en métal raboté et les couvercles nécessaires.

Graisser le moule légèrement à l'intérieur et le remplir de béton en quatre fois.

Après chaque remplissage partiel, damer le béton énergiquement, s'il est assez sec pour permettre ce travail, ou bien le remuer de façon à éviter l'emprisonnement d'airdans la masse, s'il est plus fluide.

Le damage éventuel est fait avec une dame pesant environ 2 kg, présentant une surface de 16 cm2 enviror en laissant tomber la dame - pour chaque quart à damer - 50 fois d'environ 10 cm de hauteur.

Après remplissage complet du moule, araser le béton à la truelle et poser immédiatement le couvercle sur le moule.

Si le béton du chantier est mis en oeuvre par vibration, serrer le béton en utilisant les dispositifs de vibration du chantier.

Si l'on fait usage d'une dame vibrante, le remplissage est fait par couches d'épaisseur analogue à celle des couches mises en oeuvre au chantier.

Si le serrage est fait à l'aiguille vibrante, le moule surmonté d'une hausse est rempli en une fois du béton nécessaire et celui-ci est vibré pendant la durée normale d'immersion de l'aiguille dans le béton de l'ouvrage.

L'aiguille utilisée pour la vibration est de dimensions appropriées à celles du cube. Son extrémité est enfoncée jusqu'au fond du moule au début de l'opération et remontée progressivement. La hausse est aussi remplie de béton de façon que l'effet de l'enlèvement de l'aiguille soit situé dans le béton de la hausse, qui est ensuite enlevé à la truelle.

Démouler après 24 ou 48 h, d'après la nature du ciment et la température ambiante.

Deux ou trois jours avant la date fixée pour l'essai, expédier le cube au laboratoire d'essai dans une caisse en bois.

Chaque cube porte un numéro et l'on tient, sur le chantier, un registre reproduisant ce numéro et donnant le plus de renseignements possible sur le béton correspondant. Y consigner de toute façon la date du prélèvement, la composition du béton, la fluidité du béton, l'endroit où le béton est mis en oeuvre, le mode de conservation du cube, la température au moment du prélèvement, la température de conservation, l'âge de l'essai proposé, la résistance obtenue.

La conservation des cubes d'essai est faite dans une chambre à atmosphère humide; sur le chantier à une température de 15°C à 20°C et au laboratoire à une température de 20°C $\pm$ 2°C.

Au laboratoire, conserver le cube d'essai et l'essayer en le comprimant perpendiculairement à la direction du damage et en le plaçant directement entre les plateaux bien rectifiés d'une machine d'essai. Vérifier préalablement que les faces venant au contact des plateaux de la presse ne s'écartent pas d'un plan à plus de 0,1 mm et soient parfaitement perpendiculaires à l'axe de compression.

Si ces exigences ne sont pas satisfaites, prendre les mesures nécessaires pour y remédier (rectification des faces par meulage ou enduisage de soufre) et le mentionner dans le procès-verbal d'essais.

4.92 Mode opératoire obligatoire pour la mesure de la fluidité des bétons au cône d'Abrams.

Cet essai est fait près de la bétonnière, sur le béton qui en sort fraîchement.

L'appareil nécessaire pour faire l'essai consiste en un moule tronconique en fonte, usiné à l'intérieur, mesurant 20 cm de diamètre intérieur à la grande base (qui est l'inférieure), 10 cm à la petite base et 30 cm de hauteur.

Poser ce moule sur une aire plane bien horizontale et le remplir de béton à la truelle, et cela en quatre fois; après chaque remplissage partiel, piquer le béton, à l'aide d'une tige de 10 mm de diamètre, terminée en pointe, de façon à éviter tout damage; après remplissage complet, araser à la truelle et soulever immédiatement le moule d'un mouvement bien vertical. Mesurer l'affaissement du tronc de cône en béton et l'exprimer en cm.

4.93 Mode opératoire obligatoire pour la mesure de la fluidité des bétons à la table à secousses.

La table répond à l'une des descriptions suivantes :

Type I. La table à secousses est, en principe, un plateau horizontal à surface métallique de 80 cm de diamètre, monté sur une tige verticale; l'ensemble du plateau et de la tige pèse 21 kg; on peut imprimer à cet ensemble des secousses verticales correspondant à une chute libre de 15 mm de hauteur. Poser sur la table un moule en forme de tronc de cône ayant les dimensions suivantes :

- Pour les bétons renfermant des éléments plus grands que 20 mm :

  grande base 30 cm
  petite base 20 cm
  hauteur 15 cm.

- Pour les bétons renfermant des éléments ayant au maximum 20 mm, ainsi que pour les mortiers :

  grande base 15 cm
  petite base 10 cm
  hauteur 7,5 cm.

Poser le moule sur la table et le remplir de béton à la truelle et cela en deux fois; après chaque remplissage partiel, piquer le béton à l'aide d'une tige de 10 mm de diamètre, terminée en pointe, de façon à éviter tout damage. Après remplissage complet, araser à la truelle et soulever immédiatement le moule d'un mouvement bien vertical. Donner à la table 15 secousses en 15 à 30 s.

La masse de béton est étendue sur la table; soit d_1 son diamètre moyen après l'opération et d le diamètre de la grande base du moule. La fluidité est par définition.

$$f = \frac{d_1}{d}$$

Type II. La table est composée de deux châssis en bois de 70 x 70 cm superposés et pouvant tourner autour d'une arête commune.

Le châssis supérieur, qui supporte un plancher recouvert d'une tôle de 2 mm d'épaisseur, pèse environ 16 kg.

Au châssis inférieur et du côté opposé à la charnière sont fixés un butoir permettant un soulèvement de 3,5 cm du châssis supérieur et deux pédales en tôle sur lesquelles l'opérateur pose les pieds pour empêcher tout déplacement du cadre inférieur.

La table doit être posée sur une surface unie, bien horizontale et rigide. L'un des deux moules tronconiques, définis à propos du type I ci-dessus, est posé au centre du châssis supérieur rempli de béton et puis enlevé comme il vient d'être décrit.

Soulever ensuite lentement le châssis supérieur par sa poignée jusqu'au contact du butoir et le laisser retomber. Répéter cette opération quinze fois en une durée de 20 à 30 s. Mesurer le diamètre moyen de la galette étalée. La fluidité est calculée comme expliqué ci-dessus à propos du type I.

4.94 Détermination de la teneur en eau des granulats pierreux.

(Conforme aux indications dela NBN 595 - Pierres concassées et graviers - Méthodes d'essai des granulats pierreux).

Définition.

La teneur en eau est le rapport du poids d'eau présent dans le matériau au poids sec de celui-ci.

Préparation de l'échantillon.

L'échantillon soumis aux essais pèse environ
(500 gr pour les pierres du (calibre 2/8
(2 kg pour les pierres des (calibres 22/40 et au-delà
(1 kg pour les pierres des (calibres intermédiaires.

Exécution de l'essai.

Peser la prise de matière soit P.
Sur chantier, flamber à l'alcool.
Au laboratoire, sécher à l'étuve à une température de 100°C à 110°C, refroidir au dessiccateur.

Peser la masse séchée Ps.

Expression du résultat.

La teneur en eau est donnée en pourcent par

$$\frac{P - P_s}{P_s} \times 100.$$

4.95 Détermination de la teneur en eau des sables.

4.951 Procédé de chantier par séchage au méthanol.

Principe de la méthode.

La teneur en eau est obtenue par la perte de masse après combustion au méthanol.

Appareillage.

- Une balance permettant de peser à 0,1 gr près.
- Un bol métallique d'environ 12 cm de diamètre et 5 cm de hauteur.
- Une baguette.
- Une éprouvette graduée de 50 cm3.

Réactif.

Méthanol d'une densité maximale de 0,83.

Mode opératoire.

Introduire un échantillon d'environ 100 gr de sable dans le bol. Soit M' la masse de sable introduite.
Arroser ce sable par 50 cm3 de méthanol.

Faire brûler l'alcool, tout en remuant l'échantillon à l'aide de la baguette.

Peser l'échantillon à 0,1 gr près après combustion.

Recommencer l'opération sur le même échantillon, avec la même quantité d'alcool, autant de fois qu'il est nécessaire pour que les différences de masses successives n'excèdent pas 0,1 % de la masse initiale de sable. Soit M'' la masse finale obtenue.

Détermination du résultat.

La teneur en eau exprimée en % est calculée par la formule :

$$W = \frac{M' - M''}{M''} \times 100$$

où :

W = teneur en eau du sable

M' = masse de l'échantillon de sable humide

M''= masse de cet échantillon à l'état sec.

4.952 Procédé de chantier par l'emploi de carbure de calcium.

Principe de la méthode.

La méthode est basée sur la réaction du carbure de calcium avec l'eau superficielle du sable. Il y a formation de gaz acétylène dont la pression fournit une mesure de la teneur en eau du sable.

Appareillage.

-Une petite balance de compensation, sensibilité 0,05 gr.

-Une chambre de mesure munie d'un manomètre.

-Une mesure pour le réactif.

-Une série de brosses.

Réactif.

Carbure de calcium technique, généralement appelé "absorbant".

Mode opératoire.

Nettoyer l'appareil à sec à l'aide d'une brosse.

S'assurer qu'il n'y a plus de trace de carbure de calcium qui réagirait immédiatement avec le sable humide et entraînerait une erreur par défaut (échappement d'une fraction de gaz).

Peser une quantité prédéterminée de sable à l'aide de la balance de compensation.

Introduire dans la chambre de mesure une quantité étalonnée de carbure de calcium frais.

Placer l'échantillon de sable dans l'appareil.

Ne mettre en contact le carbure de calcium avec le sable qu'après fermeture hermétique de l'appareil.

Lorsque l'appareil est bien fermé, le secouer vigoureusement pendant 3 à 5 s, attendre 1 min. puis secouer à nouveau; procéder ainsi jusqu'à stabilisation de l'aiguille du manomètre.

Lire la pression résultant de la réaction sur le cadran du manomètre.

Effectuer les mesures environ à la température d'étalonnage de l'appareil.

Etalonner périodiquement le manomètre.

Détermination du résultat.

La précision de la mesure est de ± 0,5 %.

Certains appareils permettent la lecture directe de la teneur en eau, exprimée en pourcent par rapport au sable humide.

Si l'on désire obtenir la teneur en eau par rapport au sable sec, on utilise la formule de conversion suivante :

$$W = \frac{W_1 \times 100}{100 - W_1}$$

dans laquelle :

W = teneur en eau exprimée par rapport au sable sec

W_1 = teneur en eau exprimée par rapport au sable humide.

4.953 Procédé de chantier par la méthode à la bouteille.

Principe de la méthode.

La teneur en eau est fonction de la différence de masse entre une bouteille remplie uniquement d'eau et la même bouteille remplie d'une quantité déterminé de sable et d'eau.

Appareillage.

- Une balance du type Roberval de 10 kg de charge utile.

- Un jeu de poids de 1 gr à 10 kg.

- Une bouteille d'une capacité de 5 l environ, munie d'un bouchon traversé d'un tube de verre. Sur le tube de verre est gravé un repère pour indiquer le niveau de remplissage. La face inférieure du bouchon est également repérée sur le goulot de la bouteille.
  L'extrémité inférieure du tube de verre vient à ras de la base du bouchon.

- Un entonnoir.

Mode opératoire.

Remplir la bouteille d'eau de manière à ce que le niveau atteigne le repère supérieur du tube de verre.

Peser la bouteille pleine d'eau, à 1 gr près (masse Ma). Vider la bouteille jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'environ un litre d'eau.

Prélever un échantillon réduit de 2 kg de sable.

Peser l'échantillon à 1 gr près (masse M_b) puis l'introduire progressivement, par petites quantités, au moyen de l'entonnoir, dans la bouteille, en veillant à ce qu'il y ait toujours suffisamment d'eau pour que le sable se disperse aussitôt dans l'eau.
Veiller à éliminer le mieux possible les bulles d'air entraînées par le sable, soit en manoeuvrant un agitateur à diverses reprises pendant le remplissage, soit en agitant vigoureusement et longuement la bouteille.

Remplir alors à nouveau la bouteille avec de l'eau jusqu'au repère du tube et la peser (masse M_c).

Détermination du résultat.

La teneur en eau, exprimée en %, est donnée par la formule :

$$W = 100 \left[\frac{Mb \quad \frac{\rho w}{\rho s}}{Mb - (Mc-Ma)} - 1 \right]$$

dans laquelle :

W = teneur en eau en % de la masse de sable sec;

M_a = masse de la bouteille remplie uniquement d'eau, en grammes;

M_b = masse de l'échantillon de sable en grammes;

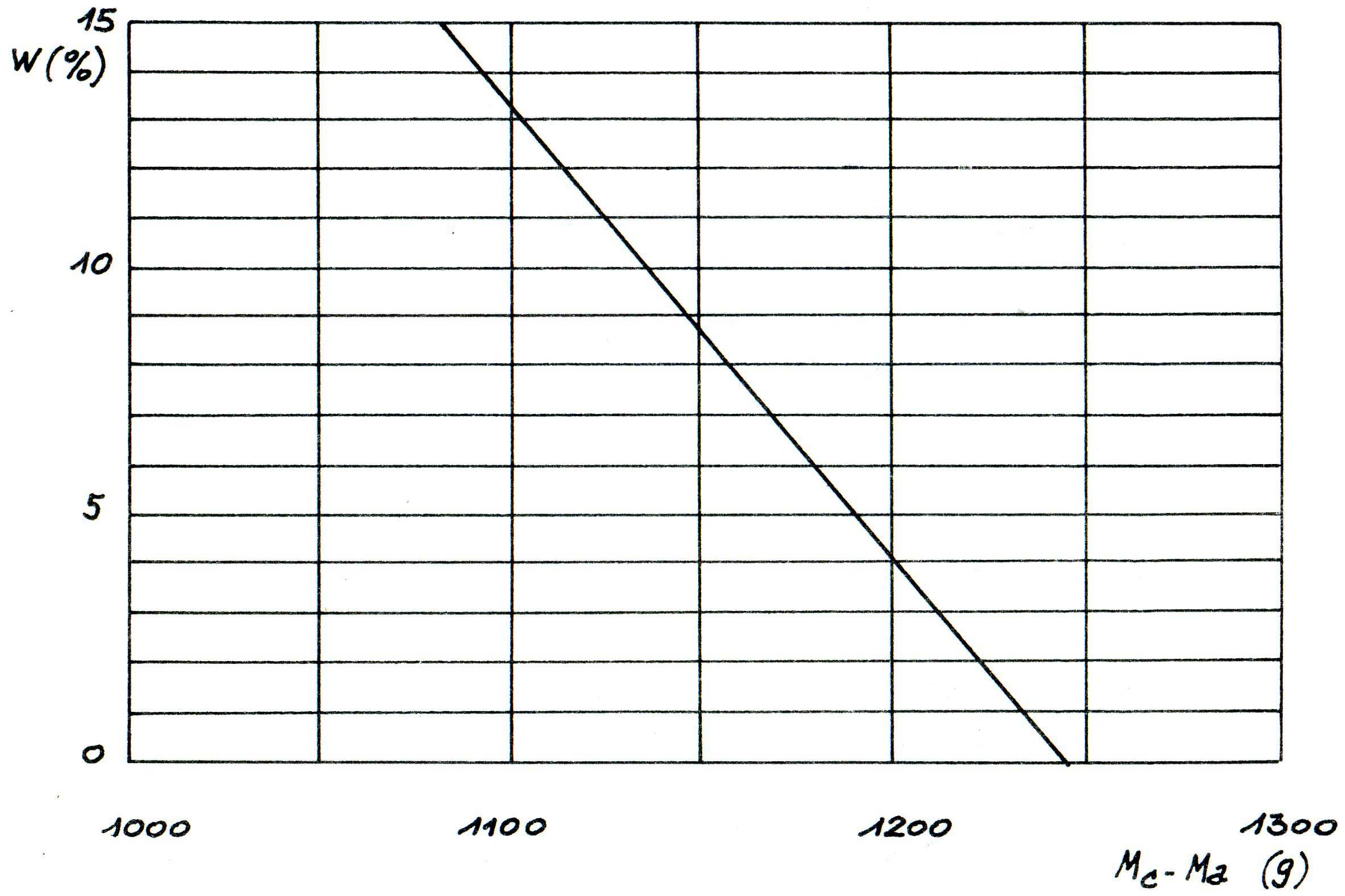
M_c = masse totale de la bouteille contenant l'échantillon et l'eau, en grammes;

ρ_w = masse volumique de l'eau, en gr/cm3;

ρ_s = masse volumique des grains de sable, en g/cm3.

Pour les besoins de ce procédé de chantier on peut généralement se contenter d'adopter pour le rapport $\frac{\rho w}{\rho s}$ la valeur $\frac{1}{2,65}$.

Dans ce cas et pour un échantillon de 2 kg, le diagramme ci-après permet de lire directement la teneur en eau correspondant à une différence de masses $M_c - M_a$.



4.96 Frais afférents aux essais.

Tous les frais afférents aux essais sont à charge de l'adjudicataire, que les résultats des essais soient concluants ou non, en particulier :

- les frais afférents aux essais devant permettre de déterminer la teneur en eau des matières inertes;

- les frais afférents au prélèvement des cubes et des éprouvettes de béton et à leur rectification éventuelle en laboratoire;

- les essais de compression des cubes et éprouvettes.

333.5 EXECUTION DES TRAVAUX.

5.1 COFFRAGES.

5.11 Résistance des coffrages.

Les coffrages, étançonnages et échafaudages doivent être tels que les contraintes qui s'y produisent par l'action des charges qu'ils auront à porter pendant l'exécution du travail jusqu'au décoffrage ou au décintrement, ne dépassent pas les contraintes de sécurité consacrées par l'expérience pour les matériaux qui les composent. Il y a lieu notamment de se préoccuper du poids et de la poussée hydrostatique du béton en place, du choc résultant du déversage du béton, de la circulation du personnel, du

roulage des bennes, de l'entreposage des matériaux et de l'action du vent.

5.12 Rigidité des coffrages et contre-flèches.

Les déformations que peuvent subir les coffrages ne peuvent pas dépasser celles généralement adoptées pour les constructions permanentes, faites à l'aide des mêmes matériaux.

Pour les poutres et les dalles dont la portée dépasse 6 m, il faut en général poser le coffrage de telle façon qu'après mise en service, la poutre présente une légère contreflèche (de l'ordre du millième de la portée).

Des précautions doivent être prises pour que le coffrage n'empêche pas le retrait du béton, ce qui provoquerait une fissuration avant démoulage (par exemple: pièce en I).

5.13 Etanchéité des coffrages.

Les coffrages doivent présenter une étanchéité suffisante pour éviter les pertes de laitance. Il faut faire particulièrement attention lorsque le serrage du béton est fait par vibration.

5.14 Ouvertures de contrôle.

Lorsque des pièces de grande hauteur (voiles, colonnes) sont coffrées en une fois, on laisse dans les parois latérales des coffrages des ouvertures de dimensions suffisantes permettant le damage et la vibration des couches inférieures. Ces ouvertures, dont l'espacement tant en hauteur qu'horizontalement ne doit pas dépasser 1 m, ne sont à fermer que lorsque le bétonnage arrive à leur niveau.

5.15 Coffrages des surfaces de béton devant être ultérieurement bouchardées.

(+) Les documents d'adjudication renseignent les surfaces de béton devant être ultérieurement bouchardées.

Les coffrages de ces surfaces sont recouverts de tôle ou de plaques lisses en matériau dur ou sont réalisés au moyen de planches rabotées jointives, de même épaisseur et présentant une surface plane.

(+) Les travaux de bouchardage font l'objet d'un poste particulier au métré.

5.16 Coffrage des surfaces de béton devant rester apparentes ou devant être peintes.

(+) Sauf indication contraire aux documents d'adjudication, les prescriptions suivantes sont d'application pour les surfaces des bétons devant rester apparentes ou devant être peintes :

Les coffrages sont recouverts intérieurement de panneaux en bois bakélisé d'une épaisseur suffisante à agréer par le fonctionnaire dirigeant.

Les panneaux sont parfaitement plans et jointifs. Ils sont de dimensions aussi grandes que possible et de même module.

L'utilisation de panneaux de remploi ne peut être autorisée qu'après examen de ceux-ci par le fonctionnaire dirigeant et décision favorable. Les joints entre panneaux doivent être disposés de façon régulière.

Les coffrages des faces intérieures entre les poutres des tabliers de pont peuvent être réalisés au moyen de planches rabotées jointives.

Pour faciliter le décoffrage, l'adjudicataire peut utiliser des produits spéciaux, pour autant qu'ils ne provoquent pas de taches sur le béton. L'utilisation d'huile de vidange est interdite.

Après décoffrage, les irrégularités éventuelles sont meulées.

5.17 Nettoyage des coffrages.

Les coffrages doivent être nettoyés et débarrassés de tout corps étranger (clous, fils de fer, chutes d'armatures, cailloux, etc..), avant de procéder au bétonnage.

5.18 Plans des coffrages.

L'adjudicataire est tenu de soumettre les plans des coffrages et, le cas échéant, de leur revêtement intérieur en bois bakélisé, à l'approbation préalable du fonctionnaire dirigeant. Celui-ci se réserve de faire apporter les modifications qu'il estimerait nécessaires, sans que l'adjudicataire puisse prétendre à indemnité ou à prolongation de délai.

La responsabilité de l'adjudicataire reste entière malgré l'approbation du fonctionnaire dirigeant et malgré les modifications éventuellement demandées par celui-ci.

5.2 FERRAILLAGE.

5.21 Propreté des armatures.

Les armatures mises en oeuvre doivent être exemptes de toute trace de rouille non adhérente et de toute souillure (terre, huile, couleur) pouvant nuire à leur adhérence parfaite au béton.

Avant leur mise en oeuvre, elles doivent être brossées et nettoyées avec soin.

5.22 Façonnage des armatures.

Avant leur mise en place, les armatures sont façonnées suivant les formes et les dimensions indiquées aux plans et bordereaux.

Pour la détermination des rayons de courbure à utiliser, il est tenu compte des conditions de l'essai de pliage décrit dans la norme NBN 179-02.

Les rayons de courbure de l'arc formé par la fibre moyenne de la barre pliée ne peuvent être inférieurs aux valeurs données aux tableaux I et II ci-après.

TABLEAU I.

	Rapport du rayon de courbure de la fibre moyenne au diamètre de la barre					
	Etriers	Barres principales				
	d ⩽ 12mm	d ⩽ 12mm	d ⩽ 18mm	d ⩽ 26mm	d ⩽ 32mm	d ⩽ 40mm
Barre lisse BE 22	1,25	1,5	3	3	3	3
Barre à adhérence améliorée BE 22	1,25	1,5	3	3,75	4,5	5,25
BE 35	2,25	3	3,75	4,5	5,25	6
BE 40	2,75	3,75	4,5	6	7,5	9
BE 50	3,25	4,5	6	7,5	9	10,5

TABLEAU II.

	Rapport du diamètre du mandrin de pliage au diamètre de la barre					
	Etriers	Barres principales				
	d ⩽ 12mm	d ⩽ 12mm	d ⩽ 18mm	d ⩽ 26mm	d ⩽ 32mm	d ⩽ 40mm
Barre lisse BE 22	1,5	2	5	5	5	5
Barre à adhérence améliorée BE 22	1,5	2	5	6,5	8	9,5
BE 35	3,5	5	6,5	8	9,5	11
BE 40	4,5	6,5	8	11	14	17
BE 50	5,5	8	11	14	17	20

Le façonnage des barres est exécuté à la température ambiante, à condition que celle-ci ne descende pas en dessous de - 5°C. Toutefois, dès que la température est inférieure à +5°C, il est à conseiller de prendre des précautions contre le danger de rupture fragile des barres (par exemple, par l'emploi d'une coudeuse mécanique à vitesse réduite).

Il faut éviter de redresser les barres autres que celles de nuance BE 22.

5.23 Mise en place des armatures.

Les armatures sont disposées dans les coffrages exactement aux emplacements prévus au plan d'exécution et sont arrimées par ligature, soudure et cales judicieusement disposées, de solidité convenable et en nombre suffisant pour que ces armatures ne puissent se déplacer pendant la mise en place du béton, soit du fait des efforts développés par cette mise en place (charges lors du coulage, vibration..), soit du fait de la circulation des ouvriers.

A moins qu'elles ne soient parfaitement stables en raison de leurs formes mêmes, les cales de toutes natures sont munies de dispositifs permettant leur attache aux armatures de manière à ne pas se déplacer lors du bétonnage (fils de ligature, pinçage,..)

En cas d'utilisation de cales en béton, celles-ci

ont une section trapézoïdale et leur dosage en ciment est au moins égal à celui du béton dans lequel elles doivent être noyées.

La pose de morceaux de bois ou de barre entre les armatures et le coffrage n'est pas tolérée.

5.24 Soudure des armatures.

La soudure à la forge est interdite. Sont autorisées: la soudure électrique à l'arc, la soudure électrique par résistance, la soudure électrique par étincelage, la soudure au gaz.

Lorsque l'on désire souder des armatures, il y a lieu de s'assurer de l'aptitude de l'acier utilisé à la soudure (voir la norme NBN 179-02-§4).

5.241 Soudure aux croisements des barres.

La soudure est admise pour la fixation des barres qui se croisent, dans le but d'empêcher qu'elles ne se déplacent pendant le bétonnage. Toutefois, le mode opératoire doit être tel qu'il ne se produise pas de réduction de la résistance des barres par l'effet local d'entaille ou de morsure. La soudure à l'arc et particulièrement le pointage par électrode, requièrent une attention spéciale. La soudure des barres qui se croisent est interdite lorsque les armatures sont soumises à fatigue.

5.242 Joints soudés.

- La soudure est admise pour réaliser des joints dans les armatures.

  Les soudures doivent être prévues dans les zones les moins sollicitées et ne sont tolérées que dans la partie droite des armatures. En outre, il faut réduire de 10 % la contrainte admissible de l'acier dans les joints soudés.

  Lorsqu'un ferraillage est constitué de plusieurs barres parallèles, les soudures sont disposées de telle sorte qu'aucune section ne comporte plus d'une soudure par groupe de cinq barres.

- Dans le cas de soudure par recouvrement, la longueur des cordons doit être telle que, lors d'un essai de traction, la rupture se produise en dehors de l'assemblage.

- Dans le cas de soudure bout à bout, le chanfreinage des bouts de barres à souder peut être réalisé au chalumeau. Les surfaces doivent être meulées si le fonctionnaire dirigeant juge la chose nécessaire. La soudure doit être exécutée de façon à

assurer le parfait alignement des barres à assembler et des montages doivent être prévus pour empêcher le déplacement relatif des barres au cours de l'opération de soudage.

- Les soudeurs ne sont autorisés à travailler que s'ils ont exécuté des éprouvettes ayant satisfait aux essais décrits ci-dessous :

  - un essai de traction sur 3 échantillons de barres soudées doit donner, chaque fois, la rupture en pleine barre;

  - un essai de pliage en crochet aux dimensions normales sur trois échantillons de barres soudées doit pouvoir être exécuté sans criques, la soudure se trouvant au milieu du pli. En cas d'emploi de la soudure bout à bout en V, la pointe du V se trouve à l'intérieur du crochet;

  - un joint de barre soudé soumis à une fatigue ondulée variant entre 2 et 14 kg/mm2 ne peut se rompre avant 1.000.000 de pulsations.

  Les éprouvettes utilisées pour les essais doivent être confectionnées à l'aide des mêmes matériaux de base et d'apport et du même matériel que ceux mis en oeuvre sur le chantier.

- Pour pouvoir être admises, les soudures doivent satisfaire aux essais de traction et de pliage définis ci-avant.

  Chaque soudure doit être exécutée par un seul ouvrier et doit être marquée par un trait de couleur permettant d'identifier le soudeur.

  Pendant l'exécution des soudures, on prélève toutes les 200 soudures, au moins 2 joints soudés, confectionnés par le même ouvrier.

  L'un des joints est soumis à un essai de traction; la rupture doit se produire en pleine barre.

  L'autre joint est soumis à l'essai de pliage.

  Si les 2 essais ne sont pas satisfaisants, l'ouvrier qui a confectionné les joints ne pourra plus exécuter des soudures sur le chantier, tant qu'il n'aura pas subi avec succès une nouvelle épreuve d'aptitude comportant les essais de traction, de pliage et de fatigue.

  Si les défauts constatés sont importants, le fonctionnaire dirigeant peut lui interdire tout travail de soudure sur le chantier.

- Sont à charge de l'adjudicataire :

  - les frais de confection des éprouvettes en vue de l'agréation des soudeurs;

  - les frais de laboratoire afférents aux essais d'agréation des soudeurs;

  - les frais de prélèvement des soudures, en cours d'exécution, en vue du contrôle des soudures (lorsque les joints soudés sont prévus aux plans ou lorsque, non prévus aux plans, ils sont proposés par l'adjudicataire);

  - les frais de laboratoire afférents au contrôle des soudures, lorsque celles-ci sont proposées par l'adjudicataire.

  La S.N.C.B. prend en charge les frais de laboratoire afférents au contrôle des soudures prévues aux plans d'adjudication.

(+) - Quand il en est fait mention au cahier spécial des charges, la S.N.C.B. fait procéder à des essais dynamiques, de fatigue ou à des examens radiographiques. Les essais envisagés sont détaillés au cahier spécial des charges. Tous les frais s'y rapportant sont à charge de l'adjudicataire qui doit en tenir compte dans les prix soumissionnés.

5.3 BETONNAGE.

5.31 Confection du béton.

Le béton est confectionné mécaniquement. Les appareils sont soumis à l'agrément du fonctionnaire dirigeant. Celui-ci peut, sans que l'adjudicataire puisse prétendre à indemnité, les faire remplacer si la confection du béton laisse à désirer ou en faire augmenter le nombre si le rendement est insuffisant.

Lorsque le béton est confectionné à la bétonnière, le mélange du ciment, des matières inertes et de l'eau doit correspondre à un nombre entier de sacs de ciment. Exceptionnellement, le fonctionnaire dirigeant peut autoriser la confection de mélange par demi-sac de ciment pour les chantiers peu importants.

Dans le cas d'emploi de bétonnières continues à alimentation automatique, la régularité de dosages, surtout lors de la mise en route, doit faire l'objet de la plus grande vigilance.

Le béton peut être confectionné en centrale, aux conditions prévues à la norme NBN 690.

Pour les quantités très petites, le fonctionnaire dirigeant peut tolérer la confection à la main, sur une aire dure, propre et étanche, avec mélange préalable à sec des matériaux inertes et du ciment.

x
x x

Le béton est confectionné avec un minimum d'eau de gâchage. Celle-ci doit cependant être en quantité suffisante pour donner au béton la plasticité nécessaire au bon enrobage des armatures et au remplissage de tous les vides.

La quantité d'eau de gâchage doit être déterminée en fonction de la fluidité à obtenir et en tenant compte de l'humidité des matières inertes. La teneur en eau de ces matières doit être mesurée au moins une fois par jour.

L'attention est attirée sur le fait que le dosage en volume des matériaux inertes, et principalement du sable, conduit à des irrégularités assez fortes à cause de la variation du volume avec la teneur en eau et le degré de compacité. Le dosage des matériaux en poids est donc préférable au dosage en volume.

Le malaxage du béton est continué jusqu'au moment où son homogénéité ne paraît plus guère varier par un travail prolongé. Toutefois, lorsqu'un adjuvant est incorporé au mélange, il y a lieu de se conformer aux prescriptions du fournisseur, en ce qui concerne la durée du malaxage.

5.32 Transport et mise en place du béton.

Lors du transport du béton, il y a lieu d'éviter la ségrégation des matériaux, faute de quoi il faut procéder à un remalaxage avant la mise en place.

Le béton ne peut tomber librement de plus de 2 m de hauteur; pour des hauteurs de chûte plus grandes, employer des goulottes de déversement présentant une surface bien lisse.

Le béton doit être mis en place le plus rapidement possible après sa fabrication et, dans tous les cas, avant qu'il y ait un commencement de prise.

Le transport du béton par pompage est autorisé sous réserve que le matériel soit approprié à la composition du béton et agréé par le fonctionnaire dirigeant.

L'attention est attirée sur le fait que le tracé des conduites ne peut comporter des petits rayons de courbure susceptibles d'entraver l'écoulement du béton.

L'emploi de plastifiant, dans le but de diminuer le frottement dans les conduites est soumis à l'accord préalable du fonctionnaire dirigeant, sous l'entière responsabilité de l'adjudicataire.

5.33 Serrage du béton.

Le béton est serré dans les coffrages, par damage ou vibration.

Il est rappelé que :

- les bétons dont la qualité est imposée par la S.N.C.B. doivent être vibrés;

- (+) les bétons dont la composition est fixée par la S.N.C.B. sont damés, à moins que la vibration ne soit prescrite aux documents d'adjudication (l'adjudicataire peut toujours remplacer le damage par la vibration).

Le travail du béton (confection, mise en place et serrage) doit être terminé avant qu'il y ait eu commencement de prise, quelles que soient la qualité du ciment utilisé et la quantité d'eau de gâchage.

Le fonctionnaire dirigeant ou son délégué peut exiger le remplacement de tout ouvrier, chargé du serrage du béton et dont le travail ne le satisfait pas. Il peut également exiger le renforcement du personnel chargé du serrage du béton sans que l'adjudicataire puisse prétendre à indemnité.

5.331 Damage du béton.

Lorsque le béton est confectionné avec un minimum d'eau de gâchage, celle-ci doit cependant être en quantité suffisante pour donner au béton la plasticité nécessaire pour le bon enrobage des armatures et le remplissage de tous les vides. Ce béton doit être damé énergiquement par couches dont l'épaisseur est limitée de telle façon que le damage se fasse sentir dans toute l'épaisseur de la couche.

Lorsque exceptionnellement le béton est confectionné avec une quantité d'eau nettement supérieure à la quantité minimum, il doit être piqué et agité de façon à faire sortir les bulles d'air et à former une masse compacte et homogène. (Ce mode de confection du béton doit être évité dans toute la mesure du possible).

5.332 Vibration du béton.

Lorsque la vibration du béton est prescrite, l'adjudicataire est tenu:

- de soumettre les appareils vibrateurs à l'agréation du fonctionnaire dirigeant;

- de soigner la composition granulométrique du béton;

- d'utiliser l'eau de gâchage sans excès et de la maintenir constante;

- de conduire la vibration de manière à rendre le béton bien compact et à éviter toute ségrégation de ses constituants par survibration.

La revibration du béton peut se faire par exemple pour lier une première couche de béton déjà vibrée à la suivante, pour autant que le béton déjà vibré puisse encore reprendre un état semi-fluide sous la revibration. On peut se rendre compte de l'aptitude du béton à être revibré quand, en y introduisant l'aiguille vibrante puis en la retirant lentement, on observe que le béton referme entièrement le trou de pénétration de l'aiguille.

5.34 Reprises.

Les joints de reprise doivent être réduits au strict minimum.

(+) Le cahier spécial des charges précise les parties des ouvrages devant être bétonnées sans interruption.

Pour les parties des ouvrages pour lesquelles le bétonnage sans interruption n'est pas imposé, l'adjudicataire est tenu de soumettre son programme de bétonnage à l'agréation du fonctionnaire dirigeant. Celui-ci se réserve le droit d'apporter les modifications qu'il estime nécessaires, sans que l'adjudicataire puisse prétendre à indemnité ou à prolongation de délai.

Les joints de reprise vus en parement doivent être réguliers et particulièrement soignés.

Les prescriptions suivantes sont d'application pour les reprises au début de chaque journée de travail:

- Donner à la surface de reprise le maximum de rugosité.

- Débarasser cette surface de toute aspérité friable, ou de toute poussière.

- Mouiller abondamment la surface de reprise de façon à ce qu'elle soit bien imbibée au moment où l'on verse le béton frais.

- Augmenter la proportion de mortier dans le béton de soudure de façon à compenser l'effet de paroi provoqué par la surface de reprise.

- Orienter la reprise de façon qu'elle coïncide avec une surface comprimée.

- Prévoir les barres d'attente assurant la continuité du ferraillage.

Pour les reprises résultant d'une interruption de bétonnage de plus d'une nuit, les surfaces de reprise sont taillées à vif et sont ensuite traitées comme indiqué au paragraphe précédent.

5.35 Protection des surfaces.

Il faut éviter de circuler ou d'entreposer des matériaux sur du béton fraîchement mis en oeuvre.

Il faut conserver dans le béton l'humidité nécessaire pour en assurer la prise et le durcissement dans de bonnes conditions et ce, au moins jusqu'au moment où le béton a atteint une résistance suffisante pour permettre le décoffrage. Pendant les périodes de sécheresse ou de grands vents, il faut arroser ou couvrir le béton pour en éviter la dessiccation.

Cette humidification du béton est d'autant plus indispensable que l'élément de béton armé est mince par rapport à sa surface exposée à l'air. Elle doit être faite le plus tôt possible et particulièrement soignée quand on fait usage de coffrages glissants dégageant rapidement le béton de toute protection.

Le béton qui n'a pas fait prise doit également être protégé contre le délavement produit par un ruissellement d'eau.

5.36 Bétonnage en période hivernale.

5.361 Principe de base.

La température de la surface la plus exposée du béton doit être d'au moins + 5° C pendant les 72 heures qui suivent la mise en place du béton. On peut déroger à ce principe et adopter des délais plus courts, sur due justification en se référant par exemple aux abaques du "temps de prédurcissement" contenus dans les "compléments aux recommandations provisoires relatives au bétonnage en période hivernale", publiés par le Bureau Séco et le Centre Scientifique et Technique de la Construction -(1964).

5.362 Relevé des températures de l'air.

Sur chantier, il y a lieu de relever chaque jour les températures maximales et minimales au moyen d'un thermomètre à maximum-minimum, fourni par l'adjudicataire, placé à 1,50 m du sol, exposé au N-NO et abrité de la pluie par un auvent.

A la température minimale-tmin. de l'air sur 24 heures, correspond un type de temps défini conventionnellement comme suit :

Type de temps	Température minimale tmin.
0 temps doux	tmin $\geqslant$ + 5 ° C
I pas de gel	0° C $\leqslant$ tmin $<$ + 5° C
II faible gel	-3° C $\leqslant$ tmin $<$ 0° C
III gel modéré	-7° C $\leqslant$ tmin $<$ - 3° C
IV gel fort	-12° C $\leqslant$ tmin $<$ - 7° C
V gel très rigoureux	tmin $<$ -12° C

5.363 Précautions à prendre.

Aucune précaution spéciale n'est à prendre par temps doux.

Pour les autres types de temps, des mesures particulières faisant l'objet de l'article 5.364 doivent être prises par l'adjudicataire.

Les dispositions requises doivent être prises à titre préventif, en fonction des prévisions météorologiques à court terme (24 heures) ou 2 à 3 jours).

L'adjudicataire est tenu d'organiser son chantier en conséquence, afin de permettre la continuité du travail.

5.364 Mesures particulières.

Les mesures particulières sont reprises aux tableaux ci-après.

Légende : x : mesures imposées.
(x) : mesures souhaitables.

	Types de temps				
	I	II	III	IV	V
1. CIMENT					
- Stockage de courte durée et en ambiance sèche	X	X	X	X	X
- Dosage par mètre cube de béton : 325 à 400 kg de ciment 400 ou 500 (pour les éléments de dimensions courantes)	X	X	X	X	X
2. EAU					
- Consistance du béton mesurée à la table à secousses (NBN 748-05) inférieure à 1,9	X	X	X	X	X
- Chauffer l'eau à 80 ºC maximum et la mélanger aux granulats avant addition du ciment (la température du mélange eau/granulats ne peut dépasser 40 ºC)		(X)	X	X	X
3. GRANULATS					
- Stockage en silos ou sous bâche		(X)	X	X	X
- Prendre les granulats au milieu du tas		X	X	X	X
- Ne pas utiliser de granulats gelés	X	X	X	X	X
4. ADJUVANTS					
- Accélérateurs de prise et/ou de durcissement - Réducteurs d'eau - Antigels - Réducteurs d'eau-entraîneurs d'air	Voir les normes NBN 805				
5. COFFRAGES					
- Employer de préférence des coffrages en bois assez isolants, bien jointifs et huilés intérieurement	X	X	X	X	X
- En cas d'emploi de coffrages métalliques : calorifugeage		(X)	X	X	X

	Types de temps				
	I	II	III	IV	V
6. MISE EN PLACE DU BETON					
- Le bétonnage doit être continu et rapide (mise en place du béton dans les 30 min qui suivent son déversement hors de la bétonnière ou du camion malaxeur ou agitateur)	X	X	X	X	X
- Désenneiger et dégeler les coffrages, ferraillages et surfaces de reprise	X	X	X	X	X
- Température du béton à sa mise en place : supérieure à :	7ºC	10ºC	12ºC	15ºC	15ºC
- En cas de protection importante appliquée dès la mise en place du béton, la température peut être ramenée à :	5ºC	5ºC	10ºC	10ºC	10ºC
- Serrage du béton par vibration énergique	X	X	X	X	X
7. PROTECTION DU BETON FRAIS					
- Protection moyennement isolante (panneau en bois ou bâche avec vide d'air de 2 à 5 cm)	X	X			
- Protection très isolante (matelas de laine minérale dans une housse en feuille plastique; paillassons protégés par feuilles plastiques)			X	X	X
- Protection spéciale par enceinte chauffée				(X)	(X)
8. ENLEVEMENT DES PROTECTIONS					
- la durée du maintien des protections doit respecter le principe de base	X	X	X	X	X
9. DECOFFRAGE					
- Eviter de décoffrer par temps de gel			X	X	X
- S'assurer, avant tout décoffrage, que le béton a atteint la qualité admise dans les calculs	X	X	X	X	X

	Types de temps				
	I	II	III	IV	V
soit par les cubes de chantier soit par le calcul de l'âge fictif					
10. PRECAUTIONS APRES LE DEGEL - Auscultation du béton - Décapage complet des parties altérées - Repiquage, nettoyage, arrosage des surfaces de reprise	X	X	X	X	X

5.365 Cas des chantiers de la S.N.C.B.

(+) Le cahier spécial des charges précise jusqu'à quelle température minimale tmin le travail est poursuivi.

(+) A défaut d'indication au cahier spécial des charges, le travail est poursuivi pendant le temps type I mais est interrompu par le fonctionnaire dirigeant ou son délégué, pour les temps types II, III, IV et V.

5.366 Frais afférents aux mesures à prendre.

Ces frais sont à charge de l'adjudicataire.

Les parties des bétons ayant subi les atteintes du gel sont démolies et reconstruites; les joints de reprise sont traités comme prescrit à l'article 4.34. Ces sujétions sont également à charge de l'adjudicataire.

5.4 DECOFFRAGE ET DECINTREMENT.

Le décoffrage et le décintrement sont faits sans chocs et par des efforts purement statiques et seulement après que le béton a acquis une résistance suffisante pour supporter avec une sécurité normale les contraintes auxquelles il sera désormais soumis.

Le décoffrage et le décintrement sont opérés de telle manière que, au cours de ces opérations, il ne se développe pas d'efforts défavorables ou dangereux dans certaines parties de la construction.

L'attention est attirée sur l'incidence de l'âge du béton, au moment de sa mise en charge, sur les déformations initiales et différées (fluage) de la construction.

5.5 EPREUVES DES OUVRAGES.

(+) Pour les essais des ponts, les prescriptions de l'article 31.143 litt.A du fascicule 31, sont applicables.

5.6 PRIX SOUMISSIONNES POUR LES BETONS ET LES BETONS ARMES.

Les prix soumissionnés pour les bétons comprennent:

- les coffrages;
- la fourniture et la mise en oeuvre éventuelle de produits de décoffrage;
- la fourniture et la mise en oeuvre éventuelle d'adjuvants;
- la fourniture et la mise en oeuvre des bétons;
- le serrage du béton par damage, ou par vibration, lorsque ce dernier procédé est imposé;
- le décoffrage;
- les revêtements intérieurs des coffrages en bois bakélisé et le meulage des irrégularités, pour les surfaces des bétons devant rester apparentes ou devant être peintes, sauf dérogations des documents d'adjudication.

Pour les bétons armés, les prix soumissionnés comprennent en outre la fourniture, le façonnage et la mise en oeuvre des armatures indiquées aux plans et des armatures nécessaires aux recouvrements, à moins
(+) qu'un poste particulier ne soit prévu au métré pour les armatures.

Lorsque les armatures sont portées en compte dans un poste particulier du métré, les dispositions suivantes sont d'application :

- L'adjudicataire dresse les plans d'armatures; le bordereau des armatures, le bordereau récapitulatif et un tableau mentionnant la longueur totale des barres pour chaque diamètre utilisé. Les chutes d'armatures ne peuvent être reprises aux bordereaux.

- Le poids porté en compte est établi en multipliant les longueurs totales afférentes aux différents diamètres par les poids unitaires déterminés par pesage contradictoire au chantier.

- les armatures ne peuvent être façonnées et approvisionnées qu'après approbation des plans par la S.N.C.B.

5.7 PARACHEVEMENTS D'OUVRAGES EN BETON ET BETON ARME.

5.71 Peinture des surfaces de béton, au moyen d'une peinture au quartz.

(+) Le travail fait l'objet d'un poste particulier au métré; celui-ci précise les surfaces à traiter et la teinte de la peinture.

Les travaux de peinture comprennent :

1. La préparation des surfaces.

- Meulage des bavures, inégalités, aspérités, soufflures, etc...;

- Brossage des surfaces à la brosse métallique;

- Suppression des défauts trop visibles et obturation des trous au moyen de produits de remplissage à soumettre à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

2. L'application de la couche d'impression.

La couche d'impression a pour but de préparer le béton à recevoir la peinture au quartz.

Elle doit être adaptée à la couche de finition. Elle est appliquée à la brosse ou au rouleau à raison de 200/250 g/m2.

3. L'application de la peinture au quartz.

La couche de finition est une peinture en émulsion, structurée au quartz; elle est appliquée de préférence au pistolet à basse pression.

Pour camoufler les fentes et autres irrégularités, il est nécessaire d'appliquer à peu près 800 gr/m2 de couleur afin que le film présente partout un aspect uniforme.

x
x x

Composition de la peinture.

Couche d'impression: le choix est libre mais la peinture doit être adaptée à la peinture au quartz.

Afin d'obtenir la possibilité d'un meilleur contrôle du travail à exécuter, une légère pigmentation est souhaitable mais n'est pas indispensable.

Couche de finition: peinture au quartz.

Liant : à base de vinylpolymères, copolymères ou résines acryliques: 16 à 22 %.

Pigment: à base de Ti O2, type Rutiel W.F. un peu de Ca CO3, Ba SO4 et quartz calibré: 50 à 65 %.

Adjuvants: anti-mousse - stabilisateur - etc..

Teinte: à indiquer au métré.

x
x x

Caractéristiques de la peinture.

Propriétés d'application.

La peinture additionnée d'eau dans la proportion prévue doit être applicable à la brosse. Elle ne peut présenter ni brossabilité défectueuse, ni tendance à former des coulures ou autres défauts d'application.

Aspect du film sec.

Le film constitué d'une couche d'impression et d'une couche de finition appliquées à six heures d'intervalle sur un panneau en fibro-ciment, doit être uniforme, exempte de tous défauts de surface.

La teinte doit être rigoureusement conforme à la teinte imposée par le fonctionnaire dirigeant.

Pouvoir opacifiant.

Le pouvoir opacifiant de la peinture au quartz doit être tel que le film constitué d'une couche d'impression et d'une couche de finition masque totalement une base à contrastes noirs et blancs.

Adhérence au support à peindre.

Le film constitué d'une couche d'impression et d'une couche de finition doit présenter une adhérence

parfaite aux supports en ciment ou en fibro-ciment.

Stabilité de teinte.

La stabilité de teinte doit être satisfaisante. La tendance à jaunir ou à devenir grisâtre doit être très faible.

Résistance au frottement humide.

Le film constitué d'une couche d'impression et d'une couche de finition appliquées à six heures d'intervalle sur un panneau en fibro-ciment, ensuite séché dans un local où une température de 20° (+ 2°) et une humidité relative de 60 à 70 % sont maintenues, doit présenter une bonne résistance au frottement humide appliqué au panneau d'essai au moyen d'un linge humide de couleur noire pour les peintures blanches ou légèrement teintées et de couleur blanche pour les autres peintures.

Le linge ne peut présenter des taches, seules des traces de peintures peuvent être tolérées.

5.72 (+) Application d'un revêtement imperméable à base de résines sur les surfaces de béton et béton armé.

Le travail fait l'objet d'un poste particulier au métré. Celui-ci précise les surfaces à traiter et la teinte du revêtement.

Composition du produit.

Pigments et charges = ± 34 % comprenant :

- dioxyde de titane
- oxyde de zinc
- carbonate de calcium
- mica
- perlite
- amiante
- pigments de teinte claire

Liants: + 33 % :

- résines élastomères polyester plastifiées ne contenant ni eau ni autres matières gélives.

Solvant: (White spirit) : ± 33 %.

Exécution du travail.

Le travail comporte les opérations suivantes :

1. Préparation des surfaces.

- Elimination au moyen de jet de sable des parties non adhérentes et étrangères (poussière, résidus d'huile et de produits divers, mousses, etc..)

- Retouches des irrégularités des surfaces en béton.

Les surfaces à traiter doivent être sèches (l'hygromètre testé pour les surfaces à recouvrir ne peut pas indiquer plus de 15 %).

2. Application sur les surfaces d'une couche protectrice, à base de résines de silicones, formant par polymérisation un film de protection hydrofuge.

Quantité à employer par m2 :
au moins 12,5 gr de résines de silicones, solvant non compris.

3. Application par projection à haute pression (environ 45 kg/cm2) du produit de revêtement formant une couche adhérente durcissant lentement par polymérisation.

Quantité à employer par m2 :
au moins 1000 gr de produit de revêtement, solvant compris.

Remarque.

Là où il est nécessaire de rectifier les surfaces de béton, les silicones dont question en 2. sont mélangés avec le produit de revêtement dont question en 3.

Quantité à employer par m2 :
au moins 200 gr de mélange, solvant compris.
Le mélange se compose de 40 % de silicones et de 60 % du produit de revêtement.

Matériel.

Pour les silicones :

- pot à pression (pression minimum de 3 kg/cm2);
- appareil de projection à basse pression.

Pour le produit de revêtement :

- compresseur;
- pompe à haute pression;
- pistolet pour matière lourde.

Pour le mélange silicones + produit de revêtement :

- brosse ou appareil à haute pression;
- ensuite: couteau à enduire ou règle en métal.

Personnel.

Le travail doit être effectué, éventuellement en sous-traitance, par une firme spécialisée, ayant une expérience d'au moins 10 années et pouvant donner, comme références, des travaux exécutés en Belgique, durant les 10 dernières années.

Contrôle.

Le revêtement doit pouvoir répondre aux essais de laboratoire décrits ci-dessous :

- Essai d'abrasion par chute de sable.

L'essai est effectué selon les dispositions prescrites par l'ASTM - D968 - 51.

Le revêtement ne présente aucune trace d'usure après la chute de 500 kg de sable.

- Résistance aux variations rapides de température.

L'essai est effectué suivant les prescriptions du cahier des charges type n° 104 - index 07.1 - paragraphe 9.5.17 du Ministère des Travaux Publics.

Après l'essai, le film du revêtement ne présente ni fissures, ni décollements, ni autres altérations visibles à l'oeil nu.

- Perméabilité sous pluie artificielle.

L'éprouvette est séchée dans une étuve (110° C) jusqu'à masse constante.

Après avoir été arrosée d'eau tombant verticalement d'une hauteur de 2,50 m pendant 24 heures, la quantité d'eau absorbée par l'éprouvette est nulle (masse identique avant et après l'essai).

- Perméabilité sous pression d'eau.

L'éprouvette est séchée dans une étuve (110° C) jusqu'à masse constante.

Après être soumise pendant 7 jours à une pression d'eau de 1 kg/cm2, la quantité d'eau pénétrée dans l'éprouvette est nulle.

Garantie.

Le revêtement doit être garanti pendant 10 ans contre le décollement, l'écaillage et le défaut d'imperméabilisation.

5.73 Revêtement des surfaces de béton au moyen d'un enduit décoratif (tyrolien écrasé, enduit gratté..)

L'enduit a une épaisseur de 20 à 30 mm et est appliqué en 3 couches.

1. Préparation de la surface à enduire de manière à obtenir une bonne adhérence : bouchardage, lavage et réparations éventuelles. Avant d'appliquer la première couche les surfaces sont arrosées abondamment.

2. Application de la première couche (couche de fond) jetée fortement à la truelle ou à la brosse.

   Composition du mortier: une partie de ciment P 300 et deux à trois parties de sable de rivière; de la chaux peut être ajoutée.

3. Application d'une deuxième couche (couche d'égalisation) après prise de la première couche.

La deuxième couche est projetée à la truelle de maçon. La projection mécanique peut être effectuée si le fonctionnaire dirigeant approuve l'appareil à projeter.

La couche est égalisée par un dressage à la règle et un lissage à la truelle de plafonneur. Ensuite elle est traitée en vue d'assurer l'accrochage de la couche suivante (striage).

Epaisseur de la couche: 7 à 10 mm

Composition :

ou bien : 1 partie de ciment P 300
3 parties de sable de rivière lavé 0/5

ou bien : 1 partie de ciment P 300
2 parties de chaux hydraulique (Ch HN)
6 parties de sable de rivière lavé 0/5.

4. Application de la troisième couche (couche de finition).

Composition: quartz et calcaire, sable lavé, pierrailles calibrées, chaux choisies ne donnant pas de retraits, ciment blanc, produit hydrofuge, pigments.

Le produit hydrofuge permet d'obtenir un revêtement imperméabilisé dans la masse, tout en laissant respirer le béton.

Tous les matériaux préalablement déshydratés sont soumis à une cuisson dans des fours rotatifs.

Le mortier de consistance sèche, prêt à l'emploi, est fourni au chantier en sacs.

Il doit permettre d'obtenir un revêtement sans fissuration ni faïençage et de couleur uniforme et inaltérable.

Mise en oeuvre de la dernière couche:

- enduit du type tyrolien écrasé: la dernière couche est projetée au moulinet ou au balai en deux ou trois applications successives et ce, chaque fois, sous un angle différent; elle est aplatie fermement avec le plat de la truelle, immédiatement après projection;

- enduit du type gratté: la dernière couche est appliquée et égalisée à la truelle. Après la prise, l'enduit est gratté de façon régulière dans une direction au moyen d'une brosse à clous ou d'une lame de scie.

Protection.

L'adjudicataire prend toutes les mesures nécessaires pour protéger éventuellement l'enduit frais.

5.74 Revêtement des marches d'escaliers et des paliers au moyen d'un enduit au carborundum.

(+) Le travail fait l'objet d'un poste particulier au métré.

L'enduit comporte 2 couches :

- une première couche de mortier de ciment de 1,5 à 2 cm d'épaisseur, composée de 600 kg de ciment P 300 ou HK 300 par mètre cube de sable du Rhin. Cette couche est armée de fils d'acier de 3 mm de diamètre formant un quadrillage à mailles carrées de 10 cm de côté. Cette armature peut être remplacée par un treillis ayant les mêmes caractéristiques;
- une deuxième couche de 1 cm d'épaisseur, du même mortier, avec addition de cristaux de carborundum à raison de 4 kg par m2 de surface à recouvrir.

Les mortiers des 2 couches sont de consistance terre humide.

La deuxième couche est posée immédiatement après prise de la première couche et est serrée sur cette couche.

5.75 Revêtements étanches à base de résine époxy.

Le travail fait l'objet d'un poste particulier au métré, celui-ci précise les surfaces à couvrir.

Nature et propriétés.

Le revêtement se compose d'un produit à base de résine époxy liquide, de composants minéraux et de goudron spécial épuré. Il adhère parfaitement au béton.

Immédiatement avant l'application, on ajoute une quantité dosée de durcisseur spécial.

Après mélange intime, la masse liquide commence à durcir. Le temps de durcissement est tel que le mélange reste utilisable pendant deux heures.

Le produit mis en oeuvre ne peut pas comporter de dissolvant ni d'huile.

Le produit durcit dans la masse après application; ce durcissement essentiellement chimique se produit sans évaporation de solvant, ni réduction de volume.

Traitement préalable de la surface de béton à couvrir.

La surface à couvrir doit être complètement sèche, exempte d'huile, de graisse et de tout élément non adhérent. Elle est préalablement nettoyée par brossage à la brosse métallique, ou par léger sablage.

Application du revêtement.

Le revêtement ne peut être appliqué qu'après accord du fonctionnaire dirigeant.

Les deux éléments constitutifs du mélange, (résine et durcisseur) doivent être fournis sur le chantier en quantités dosées, dans des emballages séparés. Ils sont intimement mélangés par malaxage mécanique lent , pendant environ trois minutes.

La quantité préparée doit être utilisée dans un délai de deux heures.

Le produit doit être mis en oeuvre par des ouvriers spécialisés et suivant les prescriptions du fabricant.

L'application sur le béton se fait en deux couches:

- une couche d'imprégnation : 150 gr/m2.

- une couche de couverture de 250 microns : 400 gr/m2.

Pour l'application de la première couche sur le béton, on peut utiliser un diluant spécial.

La deuxième couche a une teinte claire.

Les couches appliquées doivent être protégées des intempéries pendant le durcissement.

L'entrepreneur doit veiller à ce que les couches ne soient pas abimées pendant toute la durée des opérations, durcissement compris.

Il effectue éventuellement les réparations nécessaires.

Réception et essais.

La demande de réception des produits doit être introduite à la Direction de la Voie, Division 33/1, rue de France 85 à 1070 Bruxelles.

5.76 Obturation de joints au moyen d'une matière synthétique à base de polysulfide.

Les parties des joints restant visibles sont obturées conformément aux dispositions des plans, au moyen d'une matière synthétique à base de polysulfide, composée d'un mélange d'éléments polymérisés sélectionnés.

La matière ne peut gonfler; elle doit rester élastique et adhérer parfaitement au béton.

Composition de la matière synthétique:

Résine à haute teneur en sulfure non dissout mélangée à un adjuvant spécial destiné à augmenter son pouvoir d'accrochage.

Couleur : gris clair.

Polymérisation: séchage du joint en 24 à 48 heures; polymérisation complète en 5 à 10 jours.

Résistance thermique: la matière doit conserver son élasticité entre -54° C et + 120° C.

Stabilité chimique : la matière doit résister aux produits à base d'huile et de pétrole et à la majorité des dissolvants acides faibles et alcalins.

Pouvoir élastique: rupture après 400 % à 20° C.

Poids spécifique: ± 1,85.

Mise en oeuvre.

Les surfaces de béton en contact avec la matière synthétique sont nettoyées avec soin.

La matière synthétique est injectée sous pression après mélange des différents constituants (matière de base et catalyseurs) dans un appareil spécial. Le mélange est effectué selon les directives du fournisseur.

5.77 Joint d'étanchéité en chlorure de polyvinyl.

Le ruban étanche en matière synthétique à base de chlorure de polyvinyl comporte des ailes latérales côtelées et :

- un anneau central et des anneaux d'ancrage extrêmes;
- ou un anneau central et des renflements extrêmes;
- ou un oméga central et des renflements extrêmes.

Caractéristiques de la matière synthétique.

- densité apparente : 1,2 à 1,25
- résistance à la traction : 100 kg/cm2.
- allongement à la rupture : 300 %.

Les bandes sont raccordées les unes aux autres en soudant leurs extrémités bout à bout. Celles-ci doivent être coupées proprement à angle droit et être débarrassées de toute bavure avant d'être engagées dans l'appareil à souder.

Le couteau à souder étant chauffé à la température convenable, on passe les extrémités des bandes de chaque côté et on les retire après 3 ou 4 secondes. On presse immédiatement les extrémités des bandes l'une contre l'autre. Le raccord doit être impeccable.

Toute soudure par colle ou solvant est interdite.

Les bandes doivent pouvoir être cintrées sous faible rayon de courbure sans présenter des coupes dans les angles et sans déformation de la partie médiane.

Un échantillon de ruban sera soumis à l'approbation du fonctionnaire dirigeant.

5.8 ELEMENTS PREFABRIQUES.

5.80 Tous les éléments préfabriqués, dont question ci-après, doivent obligatoirement être confectionnés dans un atelier spécialisé.

5.81 Marches, contremarches et dalles préfabriquées.

(+) Les dimensions sont indiquées aux plans d'adjudication.

Les éléments préfabriqués se composent de deux couches distinctes :.

- une couche inférieure en béton de gravier, sable et ciment, dont la résistance à la compression ne peut être inférieure à 350 kg/cm2 et la tension de rupture par flexion à 45 kg/cm2. Cette couche est armée d'un treillis à mailles carrées de 5 cm de côté, diamètre des fils: 3 mm;

- une couche d'usure en mortier de ciment, dont la composition est la suivante, exprimée en pourcentage de volume :

- marches et dalles

  30 % de ciment
  65 % de granulats de quartz blancs 4/5
   5 % de cristaux de carborundum;

- contremarches

  30 % de ciment
  70 % de granulats de quartz blancs 4/5.

La couche d'usure a au moins 10 mm d'épaisseur et est appliquée sur toutes les faces vues.

Conditions d'aspect.

La structure est uniforme dans chaque couche. La cassure ne présente ni clivage, ni feuilletage, ni alvéoles.

La teinte est uniforme.

Les faces visibles sont planes et adoucies. Elles ne présentent ni fissures, ni trous, ni craquelages.

Les arêtes des marches sont légèrement arrondies (5 mm de rayon maximum).

Un échantillon est soumis à l'agréation préalable du fonctionnaire dirigeant.

Tolérances.

Les écarts maxima admissibles sont ceux indiqués au tableau du paragraphe 2, 4, à la colonne : "Carreaux de ciments", de la NBN 224.

Essais.

Les éléments rendent un son clair au choc d'un corps métallique.

(+) Le cahier spécial des charges mentionne, parmi les suivants, les essais auxquels la S.N.C.B. fait procéder selon les dispositions de la norme NBN 224:

- Essai à l'usure: après 3.000 m de parcours, l'usure des dalles et des marches ne peut dépasser 2 mm.

- Essai de gélivité: après 15 cycles successifs de gel, suivi de dégel, il ne peut être constaté aucune trace d'altération.

- Absorption d'eau : l'absorption d'eau sera au maximum de 6 %.

5.82 Clôture composée de piquets en béton armé et de fils d'acier.

La clôture se compose :

- de piquets en béton armé, de section carrée de 10 cm de côté, entredistants de 2 mètres, de 1.50m de hauteur totale, dont 50 cm de fiche.
  Les piquets sont scellés dans une fondation en béton F de 50 cm d'épaisseur;

- de quatre cours de fils d'acier galvanisé de 3.1 mm de diamètre;

- de piquets spéciaux d'extrémité;

- de tendeurs galvanisés.

Le prix soumissionné pour la clôture comprend:

- les fouilles et la fondation en béton F;

- la fourniture, la pose et le réglage des éléments constitutifs;

- le scellement des piquets;

- l'évacuation des terres excédentaires en dehors des dépendances de la S.N.C.B.

5.83 Clôture normande.

La clôture est constituée de piquets et de 2 lisses en béton armé.

Les piquets ont une section carrée de 12 cm de côté et une hauteur totale de 1.60 m. Ils sont scellés dans une fondation en béton F de 50 cm d'épaisseur. Deux alvéoles sont prévus pour le scellement des lisses. Les axes de ces alvéoles sont situés à 21 et 71 cm de l'arête supérieure des piquets.

Les lisses ont une section comprise dans un rectangle de 12 x 6 cm de section. Leur partie supérieure est arrondie. Le scellement est effectué au moyen de mortier de ciment.

Les armatures des piquets et des lisses sont déterminées par l'adjudicataire et soumises à l'accord du fonctionnaire dirigeant.

Les surfaces apparentes sont parfaitement lisses.

Le prix soumissionné pour la clôture comprend :

- les fouilles et la fondation en béton F;

- la fourniture, la pose et le réglage des éléments constitutifs;

- les scellements des piquets et des lisses;

- l'évacuation des terres excédentaires en dehors des dépendances de la S.N.C.B.

5.84 Châssis préfabriqués en béton armé.

(+) Les châssis sont conformes aux indications des plans d'adjudication. A défaut d'indication, l'adjudicataire est tenu de dresser les plans et de les soumettre à l'agrément du fonctionnaire dirigeant.

Les châssis doivent résister à une pression du vent de 150 kg/m2.

Ils sont pourvus d'un seuil ou pièce d'appui comportant une rigole collectrice des eaux de condensation avec goulotte d'évacuation (une goulotte pour chacune des divisions des châssis).

Le ciment à utiliser est le ciment P 400.

La qualité du béton est de 500 kg/cm2 à 28 jours.

La porosité ne peut être supérieure à 5 %.

Les armatures sont en acier de nuance Aoo et sont soudées.

Le béton est coulé dans des moules rigides et lisses en acier de manière à obtenir des pièces à arêtes vives, parfaitement rectilignes.

Le béton est vibré.

Des dispositions sont prises afin de maintenir les armatures en place dans les moules, lors du bétonnage et de la vibration.

5.85 Tablettes de couronnement préfabriquées en béton P.

Les plans renseignent la section et la longueur des éléments, ainsi que les dispositions prévues pour les ancrages des tablettes et le cas échéant, les alvéoles à prévoir pour le scellement de garde-corps métalliques.

Les tablettes sont en béton P.

Le béton est vibré.

Les tablettes ne peuvent présenter aucun défaut. Dans ce but, le fabricant utilise des coffrages parfaitement rigides, avec revêtement intérieur métallique ou en bois bakélisé.

Les faces vues doivent être nettes. Les éléments présentant des défauts (nids de gravier, arêtes écornées, etc..) sont refusés.

Le prix soumissionné pour les tablettes comprend:

- la fourniture et le transport;
- la confection d'alvéoles pour l'ancrage des tablettes et, le cas échéant, pour le scellement des garde-corps métalliques;
- la fourniture des ancrages et leur scellement au mortier de ciment C300;
- la pose et le rejointoyage au mortier de ciment C300.

5.86 Eléments préfabriqués en béton simili-pierre de taille (couronnements, chaînes d'angles, etc..)

Le béton a la composition suivante :

- poussier de petit granit : 375 litres;
- plaquettes de petit granit : 800 litres;
- ciment P 500 : 400 kg;
- noir de fumée : 3 kg;
- bleu de prusse : 1 kg;
- sable du Rhin : 25 litres.

Le ciment est d'abord mélangé à sec avec le noir de fumée et le bleu de prusse. On ajoute ensuite le poussier, le sable et l'eau nécessaire.

L'adjudicataire confectionne préalablement des échantillons permettant à la S.N.C.B. de juger de l'effet pouvant être obtenu et d'en faire modifier éventuellement la composition.

Les éléments sont moulés dans des coffrages parfaitement rigides afin d'obtenir des surfaces planes et impeccables.

(+) Les surfaces apparentes sont ensuite taillées suivant les indications du métré.

5.9 REFECTION D'OUVRAGES EN BETON ET BETON ARME.

5.91 Réfection de surfaces dégradées au moyen de mortier à base de résine synthétique.

Les travaux de réfection comprennent des travaux préparatoires ainsi que l'enduisage et le reprofilage des surfaces dégradées.

Travaux préparatoires.

Après auscultation, les surfaces dégradées à réparer sont décapées ou nettoyées au jet de sable de façon à éliminer toutes les parties fragiles ou souillées et à mettre à vif le béton sain sous-jacent.

Les armatures éventuellement mises à nu sont sablées et dégagées, suivant les indications du fonctionnaire dirigeant, de façon à favoriser l'accrochage de l'enduit et le bon enrobement des armatures; les parties des surfaces dégradées où le béton sain est mis directement à nu par le décapage ne doivent pas être sablées.

Toutes les surfaces décapées ou sablées sont ensuite lavées au jet d'eau sous pression.

Les décombres sont évacués par l'adjudicataire en dehors des dépendances de la S.N.C.B.

Enduisage et reprofilage des surfaces dégradées.

Une résine synthétique, à agréer par le fonctionnaire dirigeant, est mise en oeuvre pour la confection du mortier d'enduit et comme couche d'accrochage de l'enduit destiné à reprofiler les surfaces dégradées.

La mise en oeuvre de cette résine, le dosage de celle-ci dans le mortier d'enduit et la composition du mortier d'enduit sont fixés par l'adjudicataire, en accord avec le fonctionnaire dirigeant et d'après les indications données par le fournisseur de la résine.

Lors de la mise en oeuvre du mortier d'enduit, celui-ci doit être fortement projeté et pressé sur la forme par couches successives de 1 à 1,5 cm d'épaisseur, jusqu'à rétablissement de la surface initiale du béton.

Chaque couche ne peut être mise en oeuvre que lorsque la couche précédente a eu le temps de commencer sa prise.

La fourniture, la mise en oeuvre de la résine synthétique et du mortier d'enduit sont comprises dans le prix soumissionné pour la réparation.

L'attention de l'adjudicataire est spécialement attirée sur le fait que les travaux d'enduisage ne peuvent en aucune façon être exécutés par une température inférieure à 5° C. Si le fonctionnaire dirigeant l'estime nécessaire, les zones fraîchement traitées doivent être protégées contre le froid par un écran protecteur (feuille de matière plastique souple) ou tout autre moyen adéquat.

L'adjudicataire est tenu de se conformer aux recommandations éventuelles du fabricant de la résine en ce qui concerne les mesures de protection à prendre lors de l'utilisation de la résine.

Documentation technique.

L'adjudicataire doit fournir au fonctionnaire dirigeant une documentation technique détaillée au sujet de la résine à mettre en oeuvre.

Cette documentation doit :

- mentionner le cas échéant les mesures complémentaires à prendre pour la préparation des surfaces à traiter;

- indiquer le dosage de la matière à mettre en oeuvre;

- donner des références au sujet de la mise en oeuvre du produit en Belgique.

Elle doit être accompagnée de procès-verbaux d'essais effectués par des laboratoires belges, concernant la résistance, le retrait et l'adhérence du mortier confectionné avec la résine.

Le fonctionnaire dirigeant se réserve le droit de refuser la mise en oeuvre du produit si la documentation dont question ci-dessus ne le satisfait pas.

Mode de mesurage.

Les mesurages sont effectués contradictoirement.

Les surfaces portées en compte sont les surfaces effectivement réparées. Toutefois, chaque zone dont la surface est inférieure à 0,10 m2 est comptée pour 0,10 m2.

5.92 Réfection de surfaces dégradées par gunitage.

Les travaux de gunitage comprennent les travaux préparatoires et le gunitage proprement dit.

Travaux préparatoires.

Après auscultation, le fonctionnaire dirigeant ou son délégué détermine les surfaces à guniter avec pose d'un treillis et celles à guniter sans ce treillis.

Le treillis est imposé lorsque l'épaisseur à guniter est égale ou supérieure à 5 cm.

Le treillis comporte des mailles carrées de 5 cm de côté, en fils d'acier galvanisé de 2 mm de diamètre, soudés aux croisements des fils. Il est fixé aux armatures mises à nu par des ligatures en fil d'acier de 1 mm de diamètre. Le nombre de points de fixation est d'au moins 4 par m2.

Le treillis doit se trouver à faible distance du béton sain à guniter; toutefois, cette distance ne peut en aucun point être inférieure à 1,5 cm; par ailleurs, le treillis doit se trouver au moins à

3 cm de la face apparente du gunitage terminé.

Les travaux préparatoires comprennent :

- l'enlèvement du béton dégradé et éventuellement du béton sain afin de dégager les armatures partout où c'est nécessaire; l'évacuation des décombres en dehors des dépendances de la S.N.C.B.;

- le décapage au jet de sable des surfaces à traiter;

- le lavage de ces surfaces au jet d'eau sous pression;

- la fourniture et la fixation du treillis dans les zones indiquées par le fonctionnaire dirigeant ou son délégué.

Composition de la gunite.

La gunite est composée de 600 kg de ciment P400 ou HK400 par mètre cube de sable.

Le sable doit présenter une granulométrie continue 0/5 et avoir un module de finesse compris entre 2,5 et 3. Il doit être parfaitement propre.

Le ciment ne peut présenter des grumeaux.

Le mélange sable-ciment est exécuté à sec, avec soin, avant d'être introduit dans l'appareil à guniter. Il est transporté par pression jusqu'à la base du "Cement gun" où se fait le mélange avec l'eau. Celle-ci est amenée par tuyau spécial.

L'éjection du mélange par le "Cement-gun" se fait sous une pression suffisante pour assurer une bonne adhérence de l'enduit sur les surfaces à enduire et entre les différentes couches successives.

La pression requise pour le transport et la projection de l'enduit doit être maintenue constante.

L'adjudicataire peut utiliser un accélérateur de prise, celui-ci doit être soumis à l'agrément du fonctionnaire dirigeant. La fourniture et la mise en oeuvre de l'accélérateur de prise sont comprises dans le prix soumissionné pour le gunitage.

Le fonctionnaire dirigeant se réserve le droit de faire ajouter un produit hydrofuge à l'eau de gâchage, sans que l'adjudicataire puisse prétendre à indemnité.

La fourniture de l'hydrofuge n'est pas comprise dans le prix du gunitage. Elle est portée en compte à l'adjudicataire, à concurrence des quantités utilisées au prix renseigné sur les factures dressées par le fournisseur, pour la fourniture du produit sur chantier.

Le dosage de l'hydrofuge dépend du type d'accélérateur de prise éventuellement mis en oeuvre et est fixé de commun accord entre l'adjudicataire et le fonctionnaire dirigeant, d'après les indications données par le fournisseur.

Matériel et personnel.

Le matériel utilisé pour le gunitage doit être agréé par le fonctionnaire dirigeant.

L'adjudicataire est tenu de fournir la preuve qu'il possède un personnel qualifié, spécialisé pour le gunitage.

Il peut éventuellement confier les travaux de gunitage, en sous-traitance, à une firme spécialisée. Dans ce cas, il doit indiquer le nom et l'adresse de cette firme dans sa soumission.

(+) L'adjudicataire annexe à sa soumission une liste de travaux de gunitage qu'il a exécutés récemment ou qui ont été exécutés récemment par son sous-traitant.

Exécution du gunitage.

Le gunitage doit avoir une épaisseur d'au moins 3cm; il est effectué par la projection successive de couches de 1,5 cm d'épaisseur.

Une couche ne peut être projetée sur la précédente que si celle-ci a commencé sa prise et a subi un léger brossage.

Les projections successives des différentes couches ne peuvent être différées; le gunitage d'une couche doit être effectué immédiatement après la prise de la couche précédente.

La dernière couche est lissée et doit se raccorder convenablement aux surfaces non gunitées; elle doit subir un traitement d'humidification répétée, pendant cinq jours, dès le début de sa prise.

Surfaces portées en compte.

Les surfaces à guniter sont mesurées contradictoirement après décapage des parties à traiter et avant gunitage.

Les surfaces portées en compte sont les surfaces effectivement traitées. Toutefois, chaque zone dont la surface est inférieure à 0,10 m2 est comptée pour 0,10 m2.

5.93 Réfection de surfaces dégradées par béton projeté.

Les maçonneries à réfectionner sont auscultées.

(+) Les maçonneries défectueuses sont démolies, conformément aux mesures prescrites au cahier spécial des charges et portées en compte dans un poste distinct du métré.

Les maçonneries saines, mises à nu sont nettoyées de manière à éliminer tout mortier non suffisamment adhérent; elles sont ensuite lavées à l'eau sous pression.

(+) Les documents d'adjudication précisent les caractéristiques du ferraillage à fixer aux maçonneries saines ainsi que les dispositifs de fixation.

Les maçonneries démolies sont ensuite remplacées par un voile en béton, réalisé par projection du béton.

(+) Les documents d'adjudication précisent les modalités suivant lesquelles le travail est porté en compte au métré.

Le prix unitaire remis pour l'établissement du voile comprend :

- le nettoyage et le lavage des surfaces à recouvrir;

- la fourniture et la fixation du ferraillage;

- la fourniture et la mise en oeuvre du béton;

Les dispositions suivantes sont d'application pour le béton projeté :

- Composition du béton.

Le béton contient 500 kg de ciment minimum par mètre cube d'agrégats non tassés.

Le pourcentage de sable 0/5 et de pierrailles ou de gravier est fixé par l'adjudicataire, en accord avec le fonctionnaire dirigeant.

Le sable doit présenter une granulométrie continue; son module de finesse doit être compris entre 2,5 et 3.

L'adjudicataire met en oeuvre le plus gros calibre qu'il lui est possible d'utiliser pour les pierrailles ou le gravier (calibre 4/8 minimum).

Le ciment ne peut comporter des grumeaux.

Le sable, les pierrailles ou les graviers doivent être propres.

L'adjudicataire est autorisé à utiliser un accélérateur de prise. La fourniture et la mise en oeuvre de cet accélérateur de prise sont à sa charge.

- Matériel et personnel.

Le matériel utilisé doit être agréé par le fonctionnaire dirigeant.

L'adjudicataire est tenu de fournir la preuve qu'il possède un personnel qualifié, spécialisé dans la mise en oeuvre de béton projeté.

Il peut éventuellement confier les travaux de projection de béton, en sous-traitance, à une firme spécialisée. Dans ce cas, il doit indiquer le nom et l'adresse de cette firme dans sa soumission.

L'adjudicataire annexe à sa soumission une liste de travaux identiques qu'il a exécutés récemment ou qui ont été exécutés récemment par un sous-traitant.

- Mise en oeuvre du béton projeté.

Les matériaux constituant le béton sont mélangés à sec, avec soin, avant d'être introduits dans l'appareil à projeter le béton. L'eau et, éventuellement l'accélérateur de prise, sont ensuite ajoutés.

La projection du mélange est faite sous une pression suffisante, de manière à assurer l'adhérence du béton sur les surfaces à recouvrir ainsi que l'adhérence des différentes couches entre elles.

La pression requise pour le transport du mélange et la projection du béton est maintenue constante.

Les maçonneries à recouvrir sont préalablement nettoyées et lavées à l'eau sous pression.

La projection du béton se fait par couches successives de 3 cm environ d'épaisseur.

Une couche ne peut être projetée sur la précédente que si celle-ci a commencé sa prise et a subi un léger brossage.

Les projections successives des différentes couches ne peuvent être différées. La projection d'une couche doit être effectuée immédiatement après la prise de la couche précédente.

La dernière couche est lissée, dès le début de sa prise. Elle doit subir un traitement d'humidification répétée, pendant cinq jours, dès le début de sa prise.

333.6 CONTRAINTES ADMISSIBLES POUR LE CALCUL SUIVANT LES HYPOTHESES HABITUELLES DE L'ELASTICITE.

Voir l'article 6 de la Norme NBN 15.

333.7 ETABLISSEMENT DU PROJET.

7.1 DISPOSITION DES ARMATURES.

7.11 Distance minimale entre armatures.

La distance libre entre deux barres voisines d'un même lit doit être au moins égale à la plus grande des dimensions suivantes :

- le diamètre de la plus grosse des deux barres;

- la dimension maximale du calibre nominal du granulat.

La distance libre entre deux barres voisines d'une même file verticale doit être au moins égale à la plus grande des dimensions suivantes :

- 0,75 fois le diamètre de la plus grosse des deux barres;

- 0,50 fois la dimension maximale du calibre nominal du granulat.

Le groupement de deux ou trois barres en contact est autorisé à condition que des dispositions soient prises pour permettre au béton de remplir parfaitement tous les vides et qu'il y ait entre deux groupes d'un même lit suffisamment de place pour que l'on puisse introduire un vibrateur.

La vérification des contraintes d'adhérence et des conditions d'enrobage est faite en remplaçant chaque groupement par une barre ronde fictive, de même centre de gravité, dont la section est la somme des sections des barres accolées.

7.12 Enrobage des armatures.

Les distances des bords des armatures aux parois du béton doivent toujours être égales ou supérieures

aux valeurs indiquées en 7.11 sans pouvoir descendre en-dessous de 20 mm. Une distance de 15 mm suffit cependant pour les armatures ne dépassant pas 10 mm de diamètre, de même que pour les étriers.

Toutefois pour les surfaces qui ne sont pas protégées contre la pluie ou qui sont soumises à l'action de substances pouvant attaquer les armatures, ou qui sont exposées à la chaleur, l'épaisseur d'enrobage est à augmenter. Elle doit atteindre selon que le béton est vibré ou damé sans vibration respectivement 30 mm et 40 mm.

Cependant, pour les armatures d'un diamètre inférieur à 10 mm et pour les étriers, les valeurs ci-dessus peuvent être réduites à respectivement 25 mm et 30 mm.

La distance entre les bords des armatures extérieures et les parois du béton ne peut jamais dépasser 40 mm. Des protections plus épaisses doivent être munies d'un réseau complémentaire d'armatures secondaires, de diamètre minimal de 2,5 mm, dont les dispositions constructives répondent aux prescriptions des alinéas précédents.

7.13 Armatures des dalles - Barres de répartition.

La distance d'axe en axe des armatures principales dans les dalles ne dépasse ni le double de la hauteur utile de la dalle, ni le chiffre absolu de 20 cm.

Dans le cas où la dalle est considérée dans les calculs comme fléchie dans une direction seulement, il faut prévoir des armatures de répartition dans l'autre direction; leur distance d'axe en axe ne dépasse, en général, pas le quintuple de la hauteur utile de la dalle et leur section est au moins égale au cinquième de la section des armatures principales.

Dans des cas spéciaux, on peut déroger à ces règles sur due justification.

Toutefois, en aucun cas, la distance d'axe en axe des armatures de répartition ne dépasse 30 cm.

7.14 Armatures des poutres de grande hauteur.

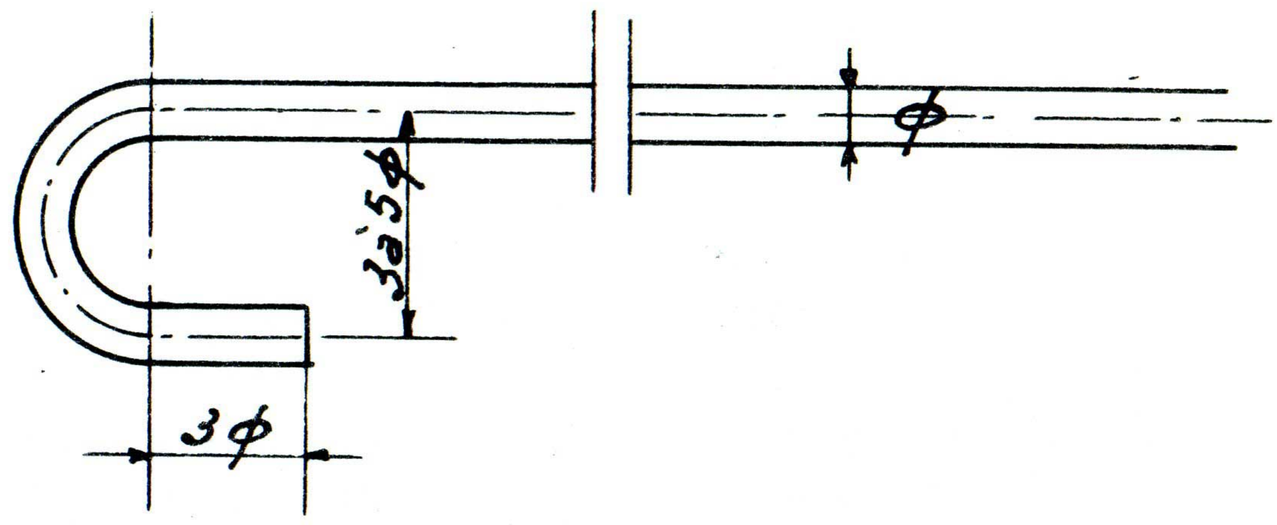
Lorsque la hauteur de l'âme dépasse 1 m, il faut placer près de ces faces latérales une armature longitudinale "de peau" de même nuance que l'armature principale, dont le pourcentage géométrique rapporté à l'âme est d'au moins 0,3 % sur chaque face et dont l'espacement des barres individuelles ne peut dépasser 30 cm.

7.6. RECOUVREMENT ET ANCRAGE DES BARRES.

7.61 Dimensions d'un crochet.

La partie courbe du crochet doit avoir un rayon de courbure, mesuré sur l'axe, compris entre 1,5 Ø et 2,5 Ø et être prolongée d'une partie droite d'au moins 3 Ø.

Ce rayon de courbure convient pour les aciers de la nuance BE 22; pour les aciers plus durs, il est recommandé de se référer aux prescriptions de l'article 5.22.



Pour les barres n'ayant pas une section circulaire, Ø désigne le diamètre d'une section circulaire de même surface que la section totale de la barre.

7.62 Joints dans les armatures - Recouvrement des barres.

Afin de réduire le nombre de joints d'armature, les barres mises en oeuvre ont une longueur de 12 à 14 m.

Les joints indiqués aux plans d'adjudication sont des joints soudés ou des joints par recouvrement. Ces joints doivent être exécutés comme prévu.

Pour les joints non indiqués aux plans, l'adjudicataire peut choisir la soudure ou le recouvrement, mais doit toutefois soumettre les dispositions qu'il envisage à l'agrément du fonctionnaire dirigeant.

Les prescriptions afférentes aux joints soudés font l'objet de l'article 5.242.

Ci-après, les dispositions relatives aux joints par recouvrement.

Les barres se recouvrant pour former un joint doivent être placées à une distance libre l'une de l'autre et à une distance des coffrages au moins égale au diamètre de la plus forte barre. L'attention est attirée sur le fait que ces barres ne peuvent être placées l'une contre l'autre.

7.63 Longueurs de recouvrement dans les cas les plus courants.

7.631 Barres tendues.

Barres de nuance BE 22, à surface extérieure lisse, pourvues d'un crochet.

- Armatures dont le diamètre ne dépasse pas 25 mm :
  ld = 20 Ø

  ld = longueur de recouvrement mesurée entre les naissances des parties courbes des crochets (en cm)

  Ø = diamètre de la barre (en cm)

- Armatures d'un diamètre supérieur à 25 mm :
  ld = 53 Ø - 65

Barres à adhérence améliorée des nuances BE 35 et BE 40 (sans crochet)

Les abaques 1 et 2 donnent les longueurs de recouvrement en fonction de la résistance du béton et du diamètre de la barre.

Treillis à mailles soudées.

La longueur de recouvrement pour les treillis à mailles soudées est la même que pour une extrémité avec crochet; la longueur de recouvrement est mesurée jusqu'au dernier noeud soudé; les barres transversales sont solidaires de trois barres longitudinales au moins et leur diamètre n'est pas inférieur à la moitié du diamètre des barres de l'armature principale.

7.632 Barres comprimées.

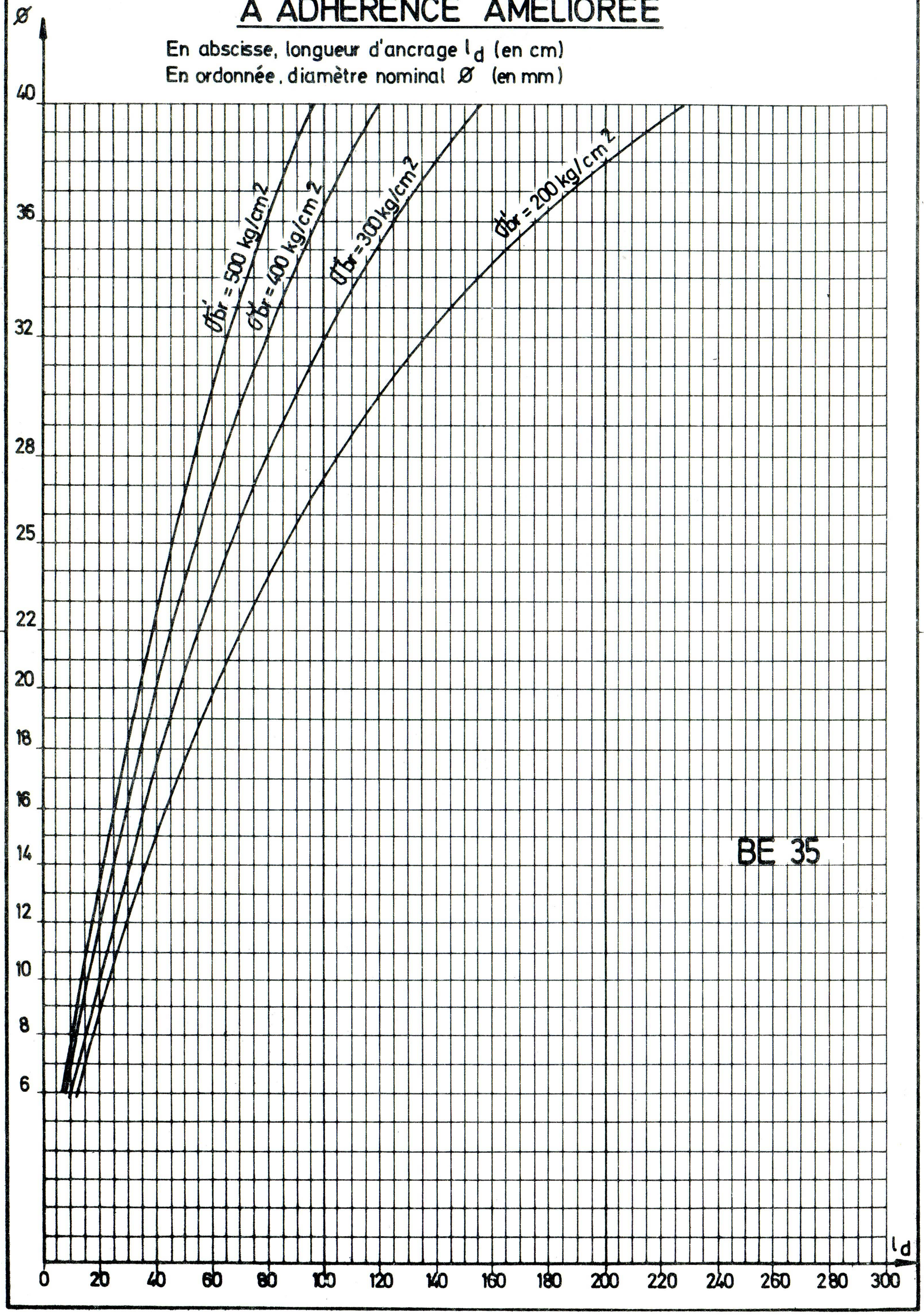
Le recouvrement de barres toujours comprimées peut être fait sans crochet.

La longueur de recouvrement ne peut être inférieure à 20 Ø.

ABAQUE 1.

LONGUEURS D'ANCRAGE DES BARRES A ADHERENCE AMELIOREE

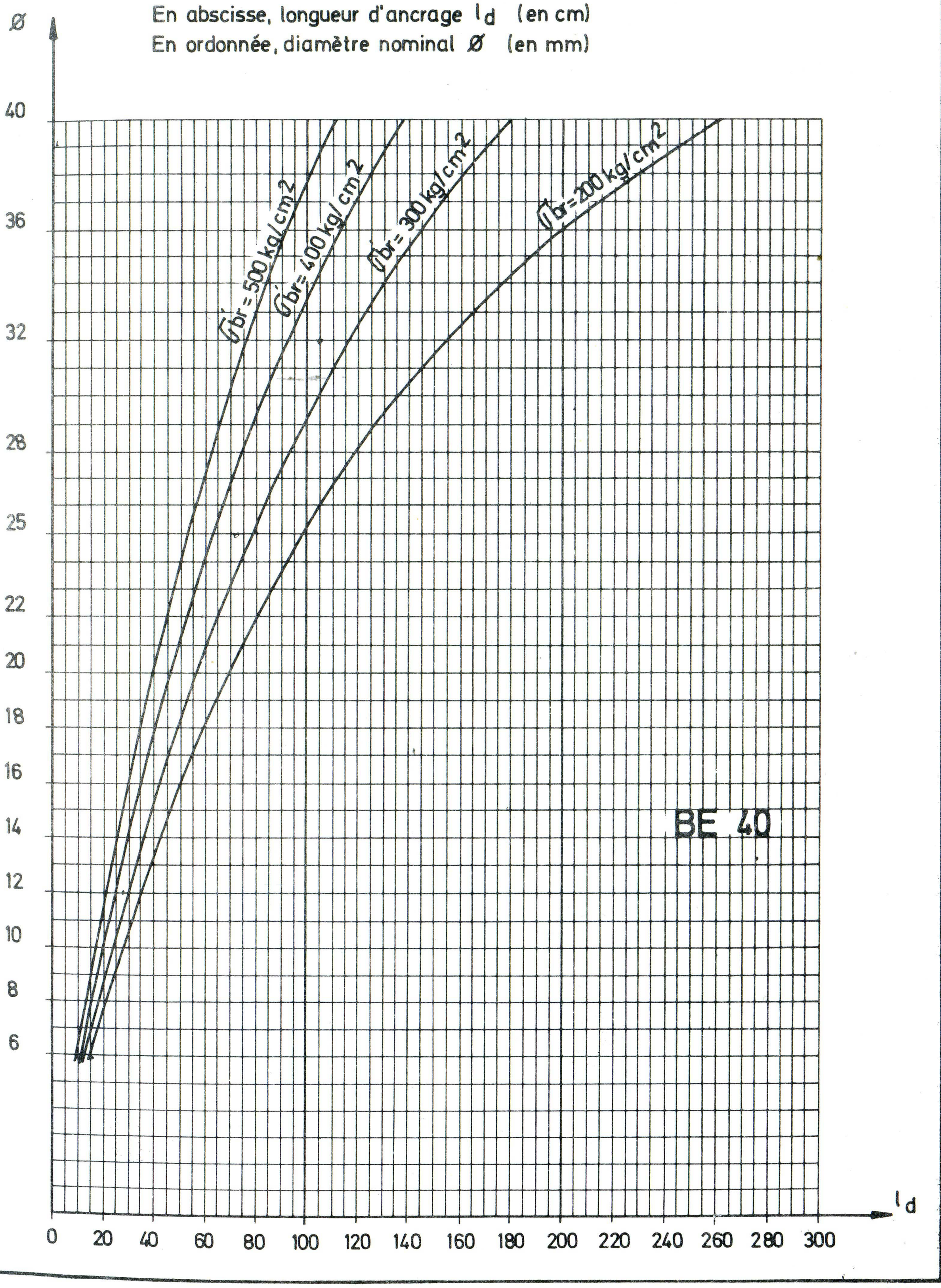
En abscisse, longueur d'ancrage l_d (en cm)
En ordonnée, diamètre nominal Ø (en mm)



313918

ABAQUE 2

LONGUEURS D'ANCRAGE DES BARRES A ADHERENCE AMELIOREE



313918

333.8 OUVRAGES EN BETON PRECONTRAINT.

8.1 PRESCRIPTIONS RELATIVES AU BETON INTERVENANT DANS LES OUVRAGES PRECONTRAINTS.

8.11 Contraintes admissibles dans le béton.

Les dispositions du paragraphe 8.11 de la norme NBN 15 sont d'application, sous réserve des modifications suivantes apportées aux articles 8.113 et 8.114. Ces modifications s'appliquent uniquement aux ponts en béton précontraint.

8.111 Qualité σ' br.

Sauf indication contraire aux documents d'adjudication, les qualités requises sont :

- Béton mis en oeuvre sur chantier :

  400 kg/cm2 au moment de la précontrainte

  480 kg/cm2 après 28 jours.

- Béton mis en oeuvre en usine :

  400 kg/cm2 au moment de la précontrainte en usine

  540 kg/cm2 après 28 jours.

Dans les calculs, on ne peut compter sur des valeurs de σ'br supérieures aux valeurs imposées.

8.113 Traction due à la flexion.

Les tractions locales suivantes sont autorisées pour les blocs d'about :

- 0,10 σ' br à la mise en tension
- 0,08 σ' br à la mise en service

moyennant la présence d'armatures de renfort reprenant toutes les tractions et calculées à la contrainte admissible normale 0,6 σ_e

Pour les autres éléments, la contrainte maximum admissible est limitée à 0,028 σ' br à la mise en tension. Aucune traction n'est admise à la mise en service; au contraire, une compression minimum est imposée :

- 10 kg/cm2 pour le béton mis en oeuvre sur chantier
- 5 kg/cm2 pour le béton mis en oeuvre en usine.

8.114 Traction principale due à l'effort tranchant.

La contrainte maximum admissible est limitée aux valeurs suivantes :

- Béton mis en oeuvre sur chantier :
  - sans armature d'effort tranchant : 0,0100 σ'_{br}
  - avec étriers calculés à 0,9 σ_e : 0,0200 σ'_{br}
  - avec étriers calculés à 0,6 σ_e : 0,0300 σ'_{br}
- Béton mis en oeuvre en usine :
  - sans armature d'effort tranchant : 0,0125 σ'_{br}
  - avec étriers calculés à 0,9 σ_e : 0,0250 σ'_{br}
  - avec étriers calculés à 0,6 σ_e : 0,0375 σ'_{br}.

8.2 PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ARMATURES NON PRECONTRAINTES INTERVENANT DANS LES OUVRAGES PRECONTRAINTS.

Les dispositions afférentes aux armatures utilisées pour le béton armé sont d'application.

8.3 PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ARMATURES DE PRECONTRAINTE.

8.30 Désignation des armatures utilisées.

Les torons doivent satisfaire aux prescriptions de la norme NBN 684.2 : elles sont complétées par les dispositions suivantes :

1. Caractéristiques d'exécution.

La mise en oeuvre de torons comportant des restes de bain de plomb est interdite.

La S.N.C.B. se réserve le droit de prélever des échantillons aux fins de vérification.

2. Caractéristiques géométriques.

Seuls sont admis les torons comprenant sept fils dont six sont disposés en hélice en une seule couche autour du fil central.

3. Assemblages.

Le soudage des fils est interdit.

4. Essais.

Traction.

Les valeurs individuelles concernant la charge de rupture doivent satisfaire aux valeurs garanties par le producteur.

Lors de l'essai de traction, la rupture des différents éléments du toron doit avoir lieu dans une même section transversale.

5. Valeurs à garantir par le fournisseur.

diamètre extérieur (en mm) : 12,4
section (en mm2) : 93
charge de rupture garantie (kg) : 16.800.

6. Relaxation.

Le fournisseur donne des valeurs triées d'essais de laboratoires effectués sur ses produits par une Université belge, pour une durée d'au moins mille heures.

8.31 Tractions admissibles dans les armatures de précontrainte.

Les dispositions de la norme NBN 15 sont d'application pour ce qui concerne l'exécution même.

Au stade des calculs, la tension maximale dans les armatures de précontrainte au vérin sera limitée à la plus petite des deux valeurs suivantes :

0,70 fois la limite de rupture
0,85 fois la limite élastique.

8.32 Facteurs influençant la sollicitation des armatures.

8.323 Frottement.

En cas d'utilisation de câbles, l'adjudicataire est tenu d'effectuer des mesures des pertes dues au frottement.

En principe les pertes de tous les câbles seront mesurées.

L'adjudicataire tient compte des résultats de ces mesures et modifie, le cas échéant, en accord avec le fonctionnaire dirigeant, les efforts de précontrainte à exercer.

8.33 Ancrages.

8.331 Armatures de précontrainte, mises en tension après le bétonnage de l'élément.

Seuls les ancrages mobiles sont autorisés. La résistance des ancrages doit être supérieure à la résistance à la rupture des armatures ancrées. En outre, la rupture ne peut pas être précédée d'un glissement important quelle que soit la durée de l'essai. Ces conditions sont à vérifier expérimentalement dans les circonstances d'emploi dans l'ouvrage et, le cas échéant, en tenant compte des conditions d'utilisation particulières telles que vibrations, basse température, etc...

Les ancrages doivent être placés d'après l'une des méthodes suivantes :

- soit placés contre le béton durci et fortement humidifié, avec interposition d'une couche d'environ 1 cm de mortier de ciment répartie sur toute la surface de contact. Ce mortier doit être gardé humide pendant au moins un jour (voir aussi 8.37 ci-après);

- soit, et de préférence, mis en place avant le bétonnage.

8.36 Dispositions des armatures de précontrainte.

Les plans sont dressés en tenant compte des prescriptions de l'article 8.36 de la norme NBN 15.

Les dispositions prévues aux plans doivent être strictement respectées.

8.37 Conservation des armatures et état des armatures lors de leur mise en oeuvre.

Pendant la période qui s'écoule entre leur réception et leur mise en oeuvre, les armatures doivent toujours être conservées dans un abri ventilé comportant un toit et des parois étanches à l'eau . En outre, elles doivent se trouver à au moins 20 cm du sol. Les appuis qui les supportent ne peuvent pas les attaquer : le chêne par exemple est à éliminer à cause du tanin qu'il contient.

Si l'état de surface des armatures fait craindre une dégradation de celles-ci, de nouveaux essais sont à effectuer immédiatement avant leur mise en oeuvre afin de vérifier si leurs caractéristiques mécaniques sont restées suffisantes.

De nouveaux essais doivent en tout cas être effectués si la période de stockage dépasse 8 mois. Cependant, si le lieu de stockage se trouve dans une atmosphère corrosive, le délai précité est ramené à 4 mois.

Au moment de leur mise en oeuvre, les fils, barres et torons doivent être propres. En outre, ils ne peuvent présenter ni blessures, ni pellicules de rouille détachables. S'assurer éventuellement que la rouille n'a pas diminué la qualité des fils (y compris ceux des torons) en soumettant ceux-ci à l'essai de pliage et (ou) d'enroulement; ce dernier essai est facile à exécuter sur chantier.

Les fils, barres ou torons destinés à être prétendus et enrobés directement de béton doivent être exempts de matières grasses.

Quand les fils sont munis de bulbes d'ancrage, une fissuration du bulbe non parallèle à l'axe du fil doit être exclue. En outre, chaque bulbe ne peut présenter sur son pourtour plus de 3 fissures parallèles à l'axe du fil. La largeur de chaque fissure ne peut pas dépasser 0,8 mm et la largeur totale des fissures dans un bulbe est limitée à 1,5 mm. Des fils bulbés ne répondant pas à ces exigences peuvent cependant être mis en oeuvre, pourvu que leur nombre total dans une pièce précontrainte donnée ne dépasse pas 2 % du nombre total des fils.

8.38 Mise en tension des armatures de précontrainte.

La mise en **tension** des armatures de précontrainte ne peut se faire qu'en présence du fonctionnaire dirigeant ou de son délégué.

Celui-ci doit être prévenu par l'adjudicataire au moins cinq jours ouvrables avant la date prévue pour la mise en tension des armatures.

8.381 Mesures de sécurité.

L'attention est attirée sur le risque d'accidents de personnes en cas de rupture d'armatures, en particulier sur le danger qu'il y a pendant la mise en précontrainte à circuler derrière les vérins et les ancrages s'il n'y a pas d'écran protecteur, dans les poutres-caisson et à proximité de câbles extérieurs.

8.382 Vérifications préliminaires.

Avant de commencer les opérations de précontrainte, le fonctionnaire dirigeant vérifie :

1) si le rapport entre la qualité du béton et les tensions qu'il subira pendant toute la durée des opérations atteint partout la valeur imposée par la norme NBN 15;

2) si les faces visibles du béton sont exemptes de défauts locaux et de fissures, en particulier à proximité des ancrages;

3) si la composition et la préparation du mortier sous les plaques de répartition des ancrages et, le cas échéant, du mortier de rejointoiement entre blocs préfabriqués sont telles qu'il ait acquis une résistance, mesurée sur cubes de 10 cm de côté, au moins égale à 1,35 fois la contrainte que le mortier subira pendant et après la mise en précontrainte. Cette résistance n'est suffisante que si l'épaisseur des galettes de mortier en question ne dépasse pas 20 mm,ni 1/10 de leur largeur. Si la galette est rétrécie localement, par exemple par suite du passage d'un alvéole à travers un joint entre blocs préfabriqués, la règle reste applicable pourvu que l'épaisseur ne dépasse pas 1/5 de la largeur réduite. Si l'épaisseur de la galette dépasse les limites indiquées ici, la résistance du mortier devra atteindre un minimum à justifier et supérieur au minimum indiqué ci-dessus;

4) si les dispositifs d'ancrage et, le cas échéant, de déviation et de séparation sont mis en place d'une façon impeccable, et entre autres si les surfaces d'appui des dispositifs d'ancrage sont perpendiculaires aux axes des armatures;

5) si toutes les armatures à mettre en traction glissent librement sur toute leur longueur et ne sont pas enchevêtrées;

6) si tous les fils ou torons devant être mis simultanément en tension présentent le même mou;

7) si les armatures ont des guides suffisamment nombreux pour empêcher leur enchevêtrement;

8) si les appareils de mesure des efforts de traction sont convenablement étalonnés et si les courbes d'étalonnage fournies sont encore valables.

8.383 Séquence des opérations.

La séquence des opérations doit être strictement conforme au programme arrêté par l'auteur du projet. Elle peut comporter, en sus de la création des précontraintes, des enlèvements d'étançons, des décintrements progressifs, des réglages d'appuis, des mises en charge partielles ou temporaires, etc.., certaines opérations devant parfois être effectuées simultanément.

Les armatures sont tendues dans l'ordre que l'auteur du projet doit établir en vue d'éviter entre autres des efforts excentrés, des contraintes exagérées et des coincements d'autres armatures. Tirer à une extrémité ou aux deux extrémités des armatures suivant les instructions de l'auteur du projet.

8.384 Mesure de l'effort et de l'allongement.

Dans tous les cas, mesurer, de préférence au moyen d'un dynamomètre, l'effort appliqué aux armatures. Mesurer également l'allongement qu'il produit. Quand on tire aux deux extrémités, l'effort exercé et le déplacement des repères solidaires de l'armature sont mesurés aux deux extrémités. Un mou éventuel de l'armature est éliminé en appliquant une fraction mesurée nF de l'effort F désiré après ancrage, et cela avant que le déplacement de ces repères ne soit mesuré. L'allongement total s'obtient en multipliant le déplacement mesuré entre nF et F par $\frac{1}{1-n}$. La valeur de n sera la plus petite possible.

L'allongement total, obtenu au moment où l'effort mesuré aux extrémités est égal à l'effort F désiré après ancrage, est comparé au cours de la mise en précontrainte à l'allongement théorique. Celui-ci est déterminé en tenant compte de la variation de la tension le long de l'armature due aux frottements précalculés et en tablant sur un module d'élasticité égal à la moyenne des modules relevés pour la même contrainte sur au moins trois éprouvettes par lot.

Si l'allongement total obtenu à ce moment est inférieur aux prévisions, tendre davantage, cependant sans dépasser aux extrémités les contraintes autorisées temporairement pendant la mise en traction. Si l'allongement prévu ne se réalise pas après application temporaire de ces efforts plus élevés et après détente jusqu'à la contrainte de service, les parties intéressées déterminent de commun accord si le fait que la précontrainte est inférieure au taux désiré dans une partie de l'armature (à moins que la déformabilité des armatures n'ait été

surestimée) est nuisible au bon comportement de l'ouvrage et, le cas échéant, elles décident des mesures à prendre.

En aucun cas, les contraintes maximales existant après ancrage ne peuvent dépasser les contraintes autorisées.

8.385 Rupture éventuelle d'armatures.

En cas de rupture d'armatures au cours de la mise en traction ou après celle-ci, l'auteur du projet en examine les conséquences et les parties intéressées décident des mesures à prendre éventuellement.

8.39 Protection des armatures et des pièces métalliques accessoires.

Quel que soit le système de précontrainte utilisé, il est nécessaire d'assurer la protection absolue des armatures contre la corrosion.

Les principaux cas courants sont envisagés ci-dessous.

8.391 Armatures logées dans des alvéoles.

(Evidements ménagés au moyen de mandrins ou évidements gainés).

8.391.1 Fils tréfilés, torons constitués de fils tréfilés, barres.

Les parties des fils, barres ou torons émergeant de l'élément en béton à précontraindre doivent être protégées contre la pluie ou tout autre agent corrosif pendant la période comprise entre la mise en place des armatures et l'enrobage des ancrages.

Une ouverture doit subsister à chaque extrémité de chaque alvéole après la mise en tension et l'ancrage des armatures; elle doit éviter toute occlusion d'air. En outre, un évent doit être prévu en chaque point haut du profil longitudinal de l'alvéole et rejoindre celui-ci à sa face supérieure.

Il faut empêcher que les armatures se trouvant dans des alvéoles ne baignent dans l'eau. A cet effet, il est recommandé :

1) de prévoir une ouverture permettant l'écoulement de tout liquide en chaque point bas du profil longitudinal de l'alvéole, ou, dans le cas d'un alvéole rectiligne horizontal, en son point milieu. Dans ce dernier cas, en outre, nettoyer régulièrement l'alvéole à l'air comprimé;

2) empêcher toute entrée d'eau par les extrémités.

Immédiatement avant l'injection des alvéoles, ou bien les nettoyer à l'eau chassée sous pression et y injecter ensuite de l'air comprimé, ou bien les nettoyer à l'air comprimé seul.

Pendant cette opération, vérifier si les alvéoles ne communiquent pas, et, dans l'affirmative, la séquence des injections doit être telle que les alvéoles en communication soient injectés simultanément.

8.391.2 Fils laminés à chaud et fils calibrés, trempés et revenus.

Les prescriptions de l'article 8.391.1 sont applicables, mais, en outre, créer des circonstances telles que ces fils ne soient nulle part ni à aucun moment mouillés avant d'être enrobés de mortier ou de pâte de ciment. Il n'est cependant pas interdit de nettoyer les alvéoles, immédiatement avant l'injection, à l'eau chassée sous pression, en faisant suivre cette opération d'une injection d'air comprimé.

8.391.3 Injections.

Les alvéoles doivent être remplis de mortier de ciment ou de pâte de ciment. La composition doit être telle que l'exsudation du coulis à 18° C n'excède pas 2 % du volume, 3 h après le malaxage, ni 4 % à n'importe quel moment. L'eau séparée doit être absorbée après 24 h. L'exsudation doit être mesurée dans un cylindre de verre ou de métal d'un diamètre intérieur d'approximativement 10 cm. La hauteur de la pâte ou du mortier dans le récipient doit être environ égale au diamètre de celui-ci, tout en n'étant pas inférieure à 10 cm. Durant l'essai, le récipient sera couvert afin de prévenir l'évaporation.

La mise en oeuvre d'entraîneurs d'air en vue d'atteindre les résultats imposés est autorisée.

L'injection se fait avec une pression suffisante pour que le mortier ou la pâte de ciment puisse aisément passer partout.
Elle se fait depuis une extrémité ou, de préférence, depuis une ouverture située en un point bas de l'alvéole approximativement au milieu de sa longueur.
Les évents et autres ouvertures sont bouchés au fur et à mesure de la progression de la pâte ou du mortier dans l'alvéole. Aucune ouverture ne peut être bouchée avant que le mortier ou la pâte qui en sort n'ait pratiquement la même consistance que le mortier ou la pâte injectée.

L'injection doit être poursuivie jusqu'à ce que l'alvéole soit complètement rempli, entre autres aux extrémités et au droit de l'ouverture d'injection.

L'opération de remplissage d'un alvéole doit être effectuée sans aucune interruption. Des précautions sont prises pour qu'aucune partie de matière injectée ne reflue de l'alvéole après la fin de l'opération.

Si du mortier ou de la pâte d'injection passe d'un alvéole dans un autre contenant des armatures non tendues, nettoyer ce dernier en vue d'assurer en permanence la liberté de mouvement des armatures.

Si du mortier ou de la pâte d'injection passe d'un alvéole dans un autre contenant des armatures tendues, ce dernier doit être injecté immédiatement.

Ne jamais procéder à des injections par temps de gelée ou quand la gelée menace. En cas de doute, abaisser le point de congélation du mélange en y ajoutant de l'alcool ou un autre antigel n'ayant pas d'effet nocif sur les matériaux en présence. La quantité ajoutée d'antigel ne peut être telle qu'il en résulte une altération sensible du mortier ou de la pâte. Dans le cas d'emploi d'alcool cette quantité ne peut dépasser 10 % de la quantité d'eau de gâchage. L'incorporation de chlorure est interdite dans tout mortier ou pâte de ciment qui est mis en contact direct avec les armatures de précontrainte.

8.392 Armatures logées dans des rainures ou placées à l'extérieur des âmes.

(Eventuellement à l'intérieur des poutres en caisson).

Un des procédés décrits ci-après doit être utilisé suivant le cas. Cependant, doivent obligatoirement être enrobés de béton ou de mortier de ciment :

- les armatures mises en oeuvre dans des éléments susceptibles d'être exposés à un incendie et dont la ruine aurait des conséquences graves;

- les fils laminés à chaud;

- les fils à empreintes;

- les fils calibrés, trempés et revenus.

De plus, il y aura éventuellement lieu d'ajouter une protection supplémentaire adéquate, telle qu'une chape d'étanchéité, pour protéger les armatures et leur enrobage de l'action des intempéries, de l'eau ou des atmosphères corrosives.

8.392.1 Fils tréfilés, torons constitués de fils tréfilés et barres, ces armatures étant protégées par enrobage de mortier de ciment.

Le mortier contient 400 kg de ciment normal ou à haute résistance par mètre cube de sable.

Quand il y a danger de gel, éventuellement ajouter au mortier un adjuvant comme dit à la fin de 8.391.3.

Les armatures doivent être suffisamment accessibles et leur entredistance doit être suffisante pour que le mortier puisse être mis en place et serré énergiquement.

Dans le cas d'armatures placées à l'extérieur des âmes, le mortier est mis dans des coffrages. Eviter de faire vibrer trop fort les armatures.

Dans le cas d'armatures placées à l'intérieur de poutres en caisson, il est indispensable que celles-ci soient bien ventilées.

L'épaisseur minimale du mortier couvrant les armatures est de 20 mm pour celles qui ne seront jamais exposées aux intempéries ou à des atmosphères corrosives et de 35 mm pour les autres.

Le minimum de 35 mm est toujours imposé pour des éléments susceptibles d'être exposés à un incendie et dont la ruine aurait des conséquences graves, comme par exemple l'effondrement de toute une toiture.

Quand le mortier d'enrobage peut être occasionnellement exposé à la pluie, il doit rester accessible; sa face supérieure doit avoir une (ou des)pente(s) transversale(s) supérieure(s) à 20 %, réalisée(s) en même temps que l'enrobage, et le mortier doit en outre être protégé sur les faces exposées à la pluie par une peinture de type souple qu'il faudra entretenir.

En cas d'exposition plus systématique, il y a lieu d'appliquer les prescriptions du paragraphe 8.392 dernier alinéa.

Quand une armature ou un faisceau d'armatures se trouve partiellement dans une rainure ou à l'extérieur des âmes et partiellement dans un alvéole, la partie se trouvant dans l'alvéole doit être traitée comme dit ci-dessus sous 8.391 et le raccord entre les deux protections exécutées différemment doit être particulièrement soigné.

Une protection à la pâte de ciment n'est pas admise.

8.392.2 Fils laminés à chaud et fils calibrés, trempés et revenus.

Les prescriptions de 8.392.1 sont applicables. En outre, créer des circonstances telles que ces fils ne soient à aucun moment ni nulle part mouillés avant d'être enrobés de mortier.

8.392.3 Armatures non enrobées de béton, de mortier ou de pâte de ciment.

Les fils lisses tréfilés, les torons et les barres filetées ou soudées, qui ne sont pas enrobés, doivent rester accessibles sur toute leur longueur, et leur entredistance doit être suffisante pour permettre leur protection. Ils doivent ou bien être protégés par une peinture de type souple qu'il faudra entretenir, ou par des bandes passivantes, ou bien être galvanisés. Ils doivent de toute façon être inspectés régulièrement.

Le cas échéant la protection doit être restaurée. Ainsi quand la galvanisation a été blessée, par exemple au droit des déviations, ou quand une tendance à la corrosion des armatures galvanisées se manifeste, celles-ci doivent être protégées par une peinture à base de chromate de zinc, qui doit être entretenue.

8.393 Fils et barres enveloppés individuellement de bandes passivantes et enrobés ensuite de béton.

Les bandes passivantes doivent recouvrir complètement les fils ou les barres et être partout en contact intime avec eux. Elles ne peuvent pas entraver le glissement des armatures lors de la mise en tension.

L'épaisseur minimale du béton d'enrobage doit être conforme aux prescriptions du paragraphe 8.361.24 de la norme NBN 15.

8.394 Armatures pré-tendues et enrobées directement de béton.

La mise en oeuvre de chlorure de calcium est interdite.

S'il s'agit de fils laminés à chaud ou de fils calibrés, trempés et revenus, ils ne peuvent nulle part ni à aucun moment être mouillés avant d'être enrobés de béton.

8.395 Protection des pièces métalliques accessoires.

Après les opérations d'injection ou d'enrobage,

enrober toutes les pièces métalliques extérieures en contact avec les armatures en veillant particulièrement à bien protéger les armatures à l'entrée et à la sortie de ces pièces et en assurant une bonne finition à tous les raccords.

Quand les armatures proprement dites sont peintes (8.392.3), les organes d'ancrage et autres pièces métalliques sont enrobés de béton ou de mortier ou sont également protégés par une peinture à entretenir. Dans ce cas également, il faut veiller particulièrement à bien protéger les armatures, au contact ainsi qu'à l'entrée et à la sortie de ces pièces.

Quand les armatures sont galvanisées, toutes les pièces métalliques avec lesquelles elles sont en contact sont également galvanisées. La galvanisation de ces pièces doit être effectuée après achèvement complet de leur usinage. Quand il s'avère nécessaire de peindre les armatures galvanisées (8.392.3), il faut veiller particulièrement à bien protéger les armatures, au contact ainsi qu'à l'entrée et à la sortie de ces pièces.

8.4 BETONNAGE ET DECOFFRAGE.

8.41 Bétonnage.

a) Opérations préliminaires.

L'adjudicataire soumet à l'agréation préalable du fonctionnaire dirigeant le programme complet du bétonnage.

En plus de la vibration à l'aide d'aiguilles, l'usage de vibrateurs latéraux est obligatoire pour l'exécution du bétonnage du tablier, si celui-ci est constitué de poutres.

En outre, il y a lieu de s'assurer :

1° de la rigidité et de l'étanchéité des coffrages;

2° de la pose rigoureuse des gaines ou mandrins, des tuyaux d'injection, des plaques d'appui des poutres, des plaques d'appui éventuelles du système d'ancrage, de toutes les armatures.

3° de la rigidité des dispositifs destinés à maintenir ces éléments en place en cours de bétonnage;

4° en cas d'utilisation de gaines : de leur étanchéité parfaite, ainsi que des raccords avec les tubes d'injection, les blocs d'ancrages, etc..;

5° que les fils sont classés régulièrement et le restent pendant la précontrainte;

6° de l'humidification des coffrages en vue d'assurer un décoffrage aisé; éventuellement utiliser des produits spéciaux de décoffrage;

7° de la rigidité des étançonnages et de la répartition de leurs charges sur le terrain.

b) Bétonnage proprement dit.

Il y a lieu :

1° d'assurer la composition exacte du béton;

2° de veiller à la bonne pénétration du béton jusque dans les moindres recoins;

3° de surveiller le maintien en place des câbles, etc...;

4° de ne jamais interrompre la vibration en cours de bétonnage d'une poutre;

5° de faire tourner régulièrement les fixations des mandrins et tuyaux d'injection à retirer après durcissement du béton;

6° de graver dans chaque poutre sa date de fabrication et son numéro;

7° s'il s'agit d'une dalle, de soumettre préalablement le programme de bétonnage au fonctionnaire dirigeant, pour approbation.

8.42 Décoffrage.

1° Les coffrages latéraux sont enlevés en temps voulu pour éviter la formation de fissures horizontales dans le cas de coffrages entravant l'action du retrait du béton.

2° Il en est de même des mandrins, en vue d'éviter qu'on ne sache plus les dégager.

3° Le décoffrage est effectué sans exercer d'efforts latéraux.

4° En cas de fissures, il y a lieu d'y appliquer immédiatement des témoins au mortier sur la surface rendue rugueuse. Il est strictement interdit de réparer les fissures, nids de gravier ou autres défauts avant autorisation du fonctionnaire dirigeant.

8.5 PRESCRIPTIONS PARTICULIERES RELATIVES AUX POUTRES PREFABRIQUEES.

8.51 Poutres standardisées.

Les poutres envisagées ci-après sont destinées en principe à être mises en oeuvre avec une dalle superposée coopérante pour former le tablier de l'ouvrage.

La précontrainte par adhérence est réalisée au moyen de torons de 1/2".

Le profil des poutres est en T renversé.

Les caractéristiques sont précisées dans la brochure "Standardisation des poutres préfabriquées en béton précontraint pour ouvrages d'art", éditée par l'U.A. C.B.

Dimensions longitudinales.

- Les longueurs de la partie de section courante sont admises multiples de 1 m; le profil y est constant.

- Les blocs d'about sont de largeur égale à celle de la semelle inférieure.

- La zone de transition entre la partie de section courante et le bloc d'about a une longueur égale à deux fois la saillie du bord extérieur de la semelle inférieure par rapport à l'âme.

8.52 Prescriptions relatives au calcul.

Les contraintes dans le béton et les aciers sont limitées aux valeurs ci-après :

8.521 Contraintes admissibles dans le béton.

Compression maximale due à la flexion.

Au moment de la précontrainte en usine :

Résistance du béton : σ'_{br} = 400 kg/cm2

Contrainte de compression max. admissible $0,50\ \sigma'_{br}$ soit : 200 kg/cm2

A la postcontrainte sur chantier: contrainte max. admissible: $0,40\ \sigma'_{br}$

A la mise en service:
résistance du béton : σ'_{br} = 540 kg/cm2

Contrainte de compression
max. admissible $0,33\sigma'_{br}$ soit: 180 kg/cm2

Traction maximale due à la flexion.

Règle générale.

Il y a lieu de se prémunir contre la corrosion des armatures de précontrainte nécessaire à la résistance.

Dans les zones traversées par ces armatures, une contrainte minimale de compression de 5 kg/cm2 est exigée notamment à la fibre inférieure sous charge complète et à la longue, et à la fibre supérieure sous charge permanente seule.

Exceptions.

1° Dans le bloc d'about: A condition de reprendre toutes les tractions au moyen d'armatures de renfort calculées à la contrainte admissible normale $0,6\sigma_t$ on peut admettre aux fibres extrêmes :

- au moment de la précontrainte:
  $0,10\sigma'_{br}$ = 0,10 x 400 = 40 kg/cm2;

- à la postcontrainte sur chantier :
  $0,08\sigma'_{br}$;

- à la mise en service :
  $0,08\sigma'_{br}$ = 0,08 x 540 = 43 kg/cm2.

2° Dans la section courante: dans les zones tendues de la section, qui ne sont pas traversées par des armatures de précontrainte nécessaires à la résistance, et à condition de reprendre toutes les tractions au moyen d'armatures de renfort, calculées à la contrainte admissible normale $0,6\sigma_t$ on peut admettre :

- à la mise en précontrainte :
  à la fibre supérieure: $0,028\sigma'_{br}$ soit 11 kg/cm2;

Contrainte principale de traction.

La contrainte admissible est fixée aux valeurs suivantes :

1) sans armature d'effort tranchant :
   0,0125 σ'_{br} soit 6,5 kg/cm2;

2) avec étriers calculés à une contrainte admissible de 0,9 : σ_e
   0,0250 σ'_{br} soit 13,5 kg/cm2;

3) avec étriers calculés à une contrainte admissible de 0,6 : σ_e
   0,0375 σ'_{br} soit 20 kg/cm2.

Remarques.

1) Les contraintes de traction admissibles dont question ci-dessus, doivent comprendre toutes les sollicitations, y compris les sollicitations de torsion.

2) Les sollicitations temporaires pouvánt apparaître lors des manipulations et du transport, avant mise en service des poutres, sont à étudier par les usines de préfabrication.

Un complément d'armature sera prévu, s'il y a lieu, pour reprendre les contraintes de tractions éventuelles pouvant naître dans le béton du fait de ces sollicitations.

8.522 Contrainte admissible dans les torons. Perte de précontrainte.

Spécifications concernant le toron de 1/2"

- qualité de l'acier utilisé: charge de rupture statistiquement garantie: 17.600 kg;
- section d'un toron de 1/2": 93 mm2 - diamètre extérieur 12,4 mm;
- constitution d'un toron: 1 fil central d'un diamètre de 4,2 mm - 6 fils périphériques de 4,1 mm.

Tractions maximales admissibles dans les torons.

- Au cours de la mise en tension des torons en usine: Valeur max. admissible : 85 % de la charge de rupture statistiquement garantie (15.000 kg, soit environ 161 kg/mm2.)
- Lors du sectionnement des fils (soit lors de la précontrainte effective des poutres):

1° Pour l'établissement du projet, valeur max. admissible: torons droits: 70 % de la charge de rupture statistiquement garantie (12.300 kg, soit environ 133 kg/mm2) - torons relevés: 65 % de la charge de rupture statistiquement garantie (11.450 kg, soit environ 123 kg/mm2).

2° A l'exécution, valeur max. admissible: 70 % de la charge de rupture statistiquement garantie (12.300 kg, soit environ 133 kg/mm2).

Remarque.

Si l'effort ne peut être mesuré avec une précision

de 2 %, il y a lieu d'appliquer une réduction des tensions de 10 %.

Calcul des pertes de tension dans les torons.

Pertes intervenant depuis la mise en tension des torons jusqu'à et y compris leur sectionnement.

1) Perte par déformation élastique des poutres.

Cette perte est calculée par la formule: $\sigma'_{br} \frac{E_j}{E_b}$

Si on ne dispose pas des données nécessaires à ce calcul, on estime cette perte à 9 kg/mm2.

2) Perte par retrait du béton.

Si on ne dispose pas des données nécessaires à ce calcul, on estime cette perte à 2 kg/mm2.

3) Perte par relaxation de l'acier.

Si on ne dispose pas des données nécessaires à ce calcul, on estime cette perte à 4 kg/mm2.

4) Perte éventuelle par frottement dans les déviateurs (torons relevés).

Ce calcul, étant fonction de la disposition des poutres sur les bancs de fabrication, sera laissé aux soins des ateliers de préfabrication.

Pertes intervenant après mise en précontrainte des poutres.

1) Perte par fluage du béton.

Cette perte est estimée au double de la valeur de la déformation élastique sous les charges permanentes (soit 18 kg/mm2 si on ne dispose pas des données nécessaires à ce calcul).

2) Perte par retrait du béton.

Si on ne dispose pas des données nécessaires à ce calcul on estime cette perte à 5 kg/mm2.

3) Perte par relaxation de l'acier.

Si on ne dispose pas des données nécessaires à ce calcul, on estime cette perte à 4 kg/mm2.

8.53 Exécution.

Les poutres préfabriquées en atelier sont exécutées conformément aux dispositions de la Brochure: "Standardisation des poutres préfabriquées en béton précontraint pour ouvrages d'art", publiée par l'Union des Agglomérés de Ciment de Belgique, Boulevard Auguste Reyers, n°s 207 - 209, Bruxelles, dont les principales sont reprises ci-après.

8.54 Relevage des torons de précontrainte.

Effort max. de relevage : 10 t pour les cas courants. Exceptionnellement et après consultation des usines: 12 t. Dans certaines usines, la pente de relevage est au maximum de 5 %.

Entre-distance des points de relevage utilisés par la S.N.C.B. :

portées de 12 à 15 m	entre-distance 4 m
15 à 18 m	5 m
18 à 21 m	6 m
21 à 24 m	7 m
24 m et au-delà (36 m au max.)	8 m

Les pièces incorporées dans les poutres et servant au relevage des torons ne peuvent faire des entailles dans ceux-ci, ni créer des interruptions transversales importantes dans la section du béton. En plus, lors d'un essai de traction, poussé jusqu'à rupture, sur un toron dévié de la même façon à l'aide d'une pièce analogue, la diminution de résistance ne peut dépasser 7 %.

8.55 Tolérances dimensionnelles.

8.551 Longueur :

L : longueur théorique, en mm;

L': longueur mesurée à mi-hauteur de la poutre et de chaque côté de celle-ci, en mm. Les deux valeurs L' doivent satisfaire à l'inégalité suivante :

$$L - 15\ mm - \frac{L}{2000} \leqslant L' \leqslant L + 5\ mm + \frac{L}{2000}$$

8.552 Largeur :

I : largeur théorique, en mm;

I': largeur mesurée, en mm.

Les valeurs I' mesurées pour l'âme et pour la, ou les semelles doivent satisfaire à l'inégalité suivante :

$$I - 5\ mm \leqslant I' \leqslant I + 10\ mm$$

8.553 Hauteur :

h : hauteur théorique en section courante, en mm;

h': hauteur mesurée en un endroit quelconque de la section courante, en mm.

Les valeurs de h' doivent satisfaire à l'inégalité suivante :

$$h - 5 \text{ mm} \leqslant h' \leqslant h + 5 \text{ mm} + \frac{h}{100}$$

8.554 Inclinaison des faces terminales :

1. Dans le plan horizontal

hors tracé $\Delta'_i \leqslant \frac{5}{100} l$

l : largeur théorique de l'extrémité de la poutre.

2. Dans le plan vertical, hors équerre :

$\Delta i \leqslant \frac{3}{100} h$ avec un max. de 3 cm.

h : hauteur théorique de l'extrémité de la poutre.

8.555 Appuis:

1. Planéité des faces d'appui : les dénivellations maximales, mesurées à la règle de 30 cm, ne peuvent dépasser les valeurs suivantes :
   3 mm (faces d'appui de poutres Cantilever);
   2 mm (faces d'appui ordinaires).

2. Niveau des appuis découpés (type Cantilever)
   tolérance : 10 mm.

8.556 Déversement de l'âme des poutres à axe de symétrie vertical.

déversement $d \leqslant \frac{2h}{100}$

h : hauteur théorique de la poutre.

8.557 Emplacement des armatures de précontrainte.

Un soin particulier sera apporté à la réalisation des positions des torons afin d'obtenir une localisation des efforts la plus proche possible de celle prévue dans les calculs.

8.56 Tolérances de forme.

Déformations transversales.

Les poutres précontraintes peuvent présenter des déformations transversales et cela d'autant plus que l'inertie de la section autour d'un axe vertical est faible par rapport à la portée.

Le tableau ci-dessous fixe différents états limites:

- état A pour lequel la poutre est considérée comme normalement déformée,

- état B pour lequel la poutre est considérée comme fortement déformée et qui impose, préalablement à son acceptation, un examen soigneux de la poutre ainsi que la vérification qu'elle ne présente pas de faiblesse particulière,

- état C conduisant au rebut.

Tableau : rapport de la flèche horizontale à la portée.

A	B	C
Admissible	Admissible après examen	Refusé
$\leq \frac{1}{500}$	$\leq \frac{1}{300}$	$\geq \frac{1}{300}$

8.57 Mise en tension des armatures de précontrainte agissant par adhérence.

8.571 Précision des efforts.

1) Efforts globaux.

La mise sous tension doit être réalisée de telle sorte qu'en toute section, l'écart entre l'effort global réel et l'effort théorique se situe entre - 0 et + 5 %. Les écarts admissibles cités ci-avant sont appréciés en considérant dans chaque section de la poutre la moyenne des tensions des torons groupés pour assurer une même fonction.

2) Efforts des torons déviés.

Lorsque des différences de tension peuvent se présenter entre les différents tronçons des armatures de précontrainte par l'effet des déviations, le programme de mise en tension de chaque armature est à approprier de manière à respecter les prescriptions ci-dessus. La mise au point du programme est basée sur les mesures faites, dans les différentes sections du câble, à l'aide du dynamomètre de contrôle.

3) Effort individuel des torons mis en tension simultanément.

Pour chaque toron, l'écart entre l'effort réel appliqué et l'effort théorique est limité à ± 5 %.

8.572 Sensibilité du dispositif de mise en tension.

L'effort appliqué aux armatures de précontrainte au moment de leur mise en tension est contrôlé avec une précision d'au moins 2 %.

8.573 Etalonnage périodique de l'appareillage de mise en tension.

Le système de mise en tension des câbles, c'est-à-dire le générateur d'effort et son équipement de mesure est vérifié et étalonné au moins une fois par an. Les dispositifs destinés à la mesure de l'effort appliqué sont étalonnés tous les trois mois. Des contrôles supplémentaires peuvent être imposés par le fonctionnaire dirigeant(ou son délégué) si des anomalies sont constatées qui conduisent à mettre en doute la valeur de la tension des câbles de précontrainte, notamment lors des vérifications dont il sera question à l'article ci-après. Les procès-verbaux d'étalonnage sont conservés par le fabricant pour être produits à toute demande.

Lorsque l'effort est appliqué par des vérins hydrauliques contrôlés par manomètre, le placement aisé d'un manomètre supplémentaire de contrôle sur la canalisation mère est à prévoir. Le manomètre de contrôle est fourni par le fabricant; cependant le fonctionnaire dirigeant (ou son délégué) peut procéder au contrôle de la pression du liquide avec un manomètre de son choix, dont l'étalonnage est garanti.

8.574 Vérifications.

L'appareillage de mise en tension n'est pas à l'abri d'un mauvais fonctionnement entre les périodes d'étalonnage. Il n'accorde pas la possibilité de déterminer la réduction de l'effort dans les différentes sections du câble due aux frottements parasites.

Des vérifications sont nécessaires.

Certaines sont opérées à l'aide d'un dynamomètre qui permet le contrôle direct de la tension d'un toron en toute section accessible; cet appareil offre une précision sur la détermination de l'effort auquel est soumis le toron, de l'ordre de

± 2 %. Cet appareil, appelé dynamomètre de contrôle dans le présent document fait partie du matériel dont doit disposer le fabricant, son étalonnage est renouvelé au moins tous les six mois.

1) Surveillance de l'appareillage de mise en tension.

Lors de la mise en tension, le fabricant note pour un certain nombre de torons par banc (au minimum quatre) :

- les allongements après reprise du mou;
- les efforts exercés au début et à la fin de la période d'allongement citée ci-dessus.

Les 4 mesures sont à répartir entre les torons droits et relevés et de préférence étalées entre le début et la fin des opérations.

Ces informations sont présentées au fonctionnaire dirigeant (ou son délégué); des anomalies dans ces résultats, ou des dispersions élevées conduisent à des vérifications supplémentaires à l'aide du dynamomètre de contrôle.

2) Un contrôle de l'appareillage de mise en tension est effectué une fois par mois par le fabricant par mesure directe sur des torons accessibles à l'aide du dynamomètre de contrôle.

8.58 Réparation du béton.

8.581 Généralités.

Les défectuosités (manque de matière, irrégularités de surface, fissures....) font l'objet d'un examen commun par le service de contrôle et le fabricant. Au cas où il résulte de cet examen que les poutres ne sont pas en état de réception, les propositions de restauration éventuelles sont présentées par le fabricant au fonctionnaire dirigeant.

8.582 Manque de matière. Irrégularité de surface.

Les défectuosités locales du béton et les corrections de forme parfois nécessaires aux abouts des poutres qui ne mettent pas en cause la résistance des poutres, ni leur utilisation dans l'ouvrage, ni leur aspect, peuvent être corrigées par ragrément durable après mise à vif des zones à réparer.

Seules les défectuosités de très faible importance, peuvent faire l'objet d'une réparation après la mise en précontrainte; dans tous les autres cas,

la réparation doit être faite avant la mise en précontrainte. Le béton de correction doit alors avoir acquis la résistance requise vis-à-vis du taux de travail.
Le retrait du béton ne peut réduire sa participation au travail de l'ouvrage.

8.583 Fissures.

Des fissures situées en dehors de la zone traversée par les armatures de précontrainte et dirigées perpendiculairement à l'axe longitudinal de la poutre ou légèrement obliques par rapport à cet axe, ne sont pas prises en considération avant mise en précontrainte, à moins qu'elles ne fassent douter de la qualité du béton de la poutre. Ces fissures doivent se refermer lors de la mise en précontrainte du béton, au point de devenir indiscernables.

Des fissures qui existent dans la zone traversée par les armatures de précontrainte avant mise en précontrainte et celles qui subsistent après la mise en précontrainte sont considérées comme défectuosités importantes. Au cas où des fissures apparaissent au moment de la précontrainte, il y a lieu d'en rechercher la cause (contraintes éventuelles de traction).

De toute manière, les fissures qui peuvent permettre la pénétration d'humidité ou d'eau chargée de produits agressifs pour l'acier doivent être colmatées à l'aide d'un produit qui en assure l'obturation définitive; la méthode proposée pour l'obturation reçoit l'agrément préalable du fonctionnaire dirigeant.

8.59 Mise en précontrainte du béton par les armatures a adhérence.

La mise en précontrainte n'est commencée que lorsque le béton a acquis la résistance requise. Elle est obligatoirement réalisée de manière progressive et sans choc, de manière à éviter la rupture d'adhérence dans les blocs d'about des poutres; pour cette raison, le coupage brutal des armatures sous tension est à proscrire (p.ex. : le coupage au chalumeau).

La méthode adoptée ne peut conduire à une augmentation exagérée de la tension dans les armatures de précontrainte au voisinage des abouts des poutres.

Bruxelles, le 7 mai 1973.
AU NOM DE LA SOCIETE,

O. DEBAIZE.
Directeur du Service de la Voie.

Imprimerie de la S. N. C. B.
Dirigeant : R. LATAIRE
— rue des Deux Gares —
B R U X E L L E S (Petite-Ile)

—— 320451.6.73 (440). ——