EXÉCUTION DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL EN BÉTON ARMÉ OU PRÉCONTRAINT

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES APPLICABLES AUX MARCHÉS PUBLICS DE TRAVAUX

FASCICULE N°65

Texte du fascicule et de ses annexes

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1 : DISPOSITIONS GÉNÉRALES 5
Article 11 : Domaine d'application 5
Article 12 : Principes généraux 5

CHAPITRE 2 : MANAGEMENT DE LA QUALITE. 6
Article 21 : Principes généraux 6
Article 22 : Rôle du maître d'œuvre 8
Article 23 : Contrôles 9
Article 24 : Épreuves 10
Article 25 : Traitement des non-conformités 11

CHAPITRE 3 : DOCUMENTS FOURNIS PAR L'ENTREPRENEUR 12
Article 31 : Généralités (*) 12
Article 32 : Documents d'études d'exécution 13
Article 33 : Programme d'exécution des travaux. 13
Article 34 : Plan qualité 14
Article 35: Projet des installations de chantier (*) 20
Article 36 : Récolement 21

CHAPITRE 4 : ETUDES D'EXECUTION (*) 22
Article 41 : Généralités. 22
Article 42 : Données d'entrée pour les études d'exécution. 23
Article 43 : Plans d'exécution et notes techniques. 24
Article 44 : Dossier des ouvrages exécutés. Partie relative aux études (*) .. 29

CHAPITRE 5 : OUVRAGES PROVISOIRES AUTRES QUE LES COFFRAGES 30
Article 51: Classement des ouvrages provisoires 30
Article 52 : Contenu du plan qualité 31
Article 53 : Projet des ouvrages provisoires 33
Article 54 : Réalisation et utilisation des ouvrages provisoires 35
Article 55 : Prescriptions complémentaires concernant les étaiements 37
Article 56 : Prescriptions complémentaires (*) 37
Article 57 : Prescriptions complémentaires concernant les échafaudages de service et plates-formes de travail (*) 38
Article 58 : Prescriptions complémentaires concernant les dispositifs de protection (*) 38
Article 59 : Bases de justifications de résistance et de comportement des ouvrages provisoires – Capacités portantes et épreuves 39

CHAPITRE 6 : PAREMENTS, PAROIS ET SURFACES NON-COFFREES. 47
Article 61 : Généralités. 47
Article 62 : Spécifications, classes de surface. 48
Article 63 : Prescriptions relatives aux coffrages et au béton en parement. 52
Article 64 : Traitements de surface 59
Article 65 : Maîtrise de la conformité des parements, parois et surfaces non-coffrées 60

CHAPITRE 7 : ARMATURES DE BÉTON ARMÉ 64
Article 71 : Fournitures. 64
Article 72 : Façonnage 67
Article 73 : Mise en œuvre. 69
Article 74 : Maîtrise de la conformité. 73

CHAPITRE 8 BETONS ET MORTIERS 75
Article 81 : Définitions et spécifications des bétons et mortiers. 75
Article 82 : Constituants des bétons et mortiers 83
Article 83 : Fabrication et transport des bétons 88
Article 84 : Mise en œuvre 90
Article 85 : Mise au point de la composition des bétons et mortiers et programme de bétonnage 98
Article 86 : Contrôle des bétons à la mise en oeuvre 103
Article 87 : Spécificités des BAP (*) 109
Article 88 : Traitements thermiques 114

Article 89 : Réalisation des essais sur béton. 124
Article 810 : Maîtrise de la conformité. 126

CHAPITRE 9 ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS 128
Article 91 : Généralités (*) 128
Article 92 : Fabrication ou fourniture. 128
Article 93 : Manutention, stockage 132
Article 94 : Mise en œuvre. 133
Article 95 : Maîtrise de la conformité 134

CHAPITRE 10 : PRECONTRAINTE PAR POST-TENSION 136
Article 101 : Domaine d'emploi 136
Article 102 : Fournitures 136
Article 103 : Mise en œuvre. 143
Article 104 : Particularités des unités courtes de précontrainte. 150
Article 105 : Particularités des armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire. 153
Article 106 : Particularités des structures continues comportant de nombreux joints de construction. 154
Article 107 : Maîtrise de la conformité 157

CHAPITRE 11 : PARTICULARITE DE LA PRÉCONTRAINTE EXTÉRIEURE 163
Article 111 : Dispositions générales. 163
Article 112 : Fournitures 164
Article 113 : Mise en œuvre. 173
Article 114 : Maîtrise de la conformité 181

CHAPITRE 12 : PRÉCONTRAINTE PAR PRÉ-TENSION 183
Article 121 : Domaine d'emploi (*) 183
Article 122 : Fournitures 184
Article 123 : Mise en œuvre. 185
Article 124 : Maîtrise de la conformité 189

CHAPITRE 13 : PROTECTION DES ARMATURES DE PRECONTRAINTE PAR COULIS DE CIMENT 193
Article 131 : Coulis. 193
Article 132 : Mise en œuvre. 197
Article 133 : Maîtrise de la conformité 200

CHAPITRE 14 : AUTRES SYSTEMES DE PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE 204
Article 141 : Protection par produits souples. 204
Article 142 : Cas particulier des torons protégés-gainés. 209
Article 143 : Autres techniques de protection (*) 209
Article 144 : Maîtrise de la conformité 209

CHAPITRE 15 : PEINTURES 211
Article 151 : Dispositions générales. 211
Article 152 : Dossier d'étude et procédure d'exécution. 213
Article 153 : Produits et matériaux. 214
Article 154 : Mise en œuvre. 217
Article 155 : Maîtrise de la conformité. 220
Article 156 : Contrôle extérieur. 221

CHAPITRE 16 : TOLÉRANCES SUR L'OUVRAGE FINI 223
Article 161 : Généralités 223
Article 162 : Tolérances générales de dimension. 224
Article 163 : Défaut d'aplomb. 224
Article 164 : Tolérance de rectitude. 224

CHAPITRE 17 : ACHÈVEMENT DE L'OUVRAGE 225
Article 171 : Reprise des imperfections ou des non-conformités éventuelles 225
Article 172 : Nettoyage final 227

ANNEXE A AU TEXTE (Annexe contractuelle)..... 228
NORMES APPLICABLES AUX TRAVAUX RÉGIS PAR LE FASCICULE 65 DU CCTG (citées dans le texte)..... 228
NORMES APPLICABLES AUX TRAVAUX RÉGIS PAR LE FASCICULE 65 DU CCTG (citées dans les commentaires) .. 229

ANNEXE B AU TEXTE Annexe contractuelle EQUIPEMENT DES CENTRALES À BÉTON..... 238
Article 1 : Gestion des produits pulvérulents..... 238
Article 2 : Gestion des adjuvants. 239
Article 3 : Dosage des constituants..... 239
Article 4 : Bascules et doseurs volumétriques. 241
Article 5 : Malaxage des constituants. 243
Article 6 : Automatisme..... 244
Article 7 : Pesées. 245
Article 8 : Laboratoire. 245
Article 9 : Essais. 246
Article 10 : Machine d'essais. 246

ANNEXE C AU TEXTE Annexe contractuelle MESURE DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION..... 247
I - Généralités 247
II - Fiche type de relevé de coefficient de transmission 250

ANNEXE D AU TEXTE Annexe contractuelle DÉFINITION DES PRESTATIONS DUES ET MÉTRÉ..... 254
Article 1 : Consistance des diverses prestations (*) 254
Article 2 : Détermination des quantités 264

ANNEXE 1 AUX COMMENTAIRES (Annexe non contractuelle) 268
Liste des textes de référence cités dans la partie "texte" du fascicule 65 du CCTG 268
Liste des textes de référence cités dans la partie "commentaires" du fascicule 65 du CCTG 268

COMMENTAIRES

CHAPITRE 1 :

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Article 11 : Domaine d'application.

* *Cf. article 92.1.*

Article 12 : Principes généraux

* *Le principe général, conformément au CCAG, est que l'entrepreneur soumet au maître d'œuvre ses propositions écrites concernant son organisation, les processus et moyens d'exécution, les modalités des contrôles qu'il assure, cela préalablement à l'exécution de toute partie d'ouvrage.*

Toutefois certains documents spécifiés par le présent fascicule sont seulement tenus à la disposition du maître d'œuvre.

TEXTE

CHAPITRE 1 :

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Article 11 : Domaine d'application

Le présent fascicule est destiné aux ouvrages de génie civil en béton armé et précontraint.

Il s'applique aux produits préfabriqués (*), en l'absence de norme spécifique.

Article 12 : Principes généraux

Le présent fascicule fixe les obligations de l'entrepreneur concernant :
– les règles techniques à observer pour l'exécution des ouvrages ;
– les règles de l'organisation à mettre en place en vue d'assurer l'obtention de la qualité requise (*).

COMMENTAIRES

CHAPITRE 2 :

MANAGEMENT DE LA QUALITÉ

Article 21 : Principes généraux

TEXTE

CHAPITRE 2 :

MANAGEMENT DE LA QUALITE

Article 21 : **Principes généraux**

Le management de la qualité, dont le présent fascicule ne présente que les obligations contractuelles de l'entrepreneur relatives à l'exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou en béton précontraint, a pour objectif l'obtention des performances requises par la mise en place d'une démarche méthodologique structurée sur les plans de l'organisation de la réalisation, de la maîtrise des risques, du contrôle de l'exécution, de la correction éventuelle des défauts et de la maîtrise des documents et des enregistrements.

Un des principes du management de la qualité est de prévenir les défauts plutôt que d'avoir à les corriger ; il privilégie donc les facteurs d'anticipation et de préparation par rapport au contrôle a posteriori.

Le management de la qualité repose sur une collaboration efficace entre l'entrepreneur et le maître d'œuvre qui implique :

– une détermination précise et réaliste des exigences relatives à la méthode d'exécution, à la prestation ou au produit ;

– une répartition clairement affichée et bien comprise des rôles de l'entrepreneur et des parties prenantes dont celui du maître d'œuvre ;

– un climat de confiance entre les intervenants, résultat notamment de la transparence des actions menées par chacun ;

– une communication organisée entre l'entrepreneur et les parties prenantes ;

– une revue systématique et régulière du respect des exigences entre l'entrepreneur et le maître d'œuvre conduisant le cas échéant à mener des corrections et / ou actions correctives ou préventives bien comprises.

COMMENTAIRES

** Les exigences portant sur les structures visent en outre à assurer :*

– la sécurité des personnes en cours de travaux ;

– la sécurité des structures en service dans les conditions d'exploitation prévues ;

– la durabilité des structures en service dans les conditions d'environnement prévues, étant observé que la durée de vie escomptée excède largement les périodes de garantie.

Les exigences d'aspect visent à assurer la régularité d'aspect des surfaces de béton et la durabilité de cet aspect dans les conditions d'environnement prévues.

Elles portent soit sur l'ouvrage fini, soit sur les matériaux entrant dans la composition des bétons, la constitution et la mise en œuvre des coffrages, la régularité de la fabrication et de la mise en œuvre des bétons, le mode de traitement des bétons qui ne sont pas laissés bruts de décoffrage.

L'entrepreneur organise alors, pour le chantier à réaliser, l'ensemble de ses tâches par des actions planifiées, systématiques et formalisées lui permettant :

– d'intégrer les exigences dans ses méthodes d'exécution ;

– de vérifier ensuite que ces exigences ont été respectées.

Ainsi, il donne au maître d'œuvre l'assurance qu'il s'est effectivement organisé pour respecter les exigences, en particulier par la mise en place d'un système de contrôle tout au long de l'exécution du projet.

*** Le plan qualité est établi spécifiquement pour une opération de construction donnée. Son contenu est adapté au niveau de complexité de l'opération à laquelle il se rapporte, et*

– il répond aux exigences du marché ;

– il doit rester un outil opérationnel pour l'entrepreneur ;

– il adapte les dispositions générales internes de l'entreprise pour l'opération, en particulier et par référence à la norme NF EN ISO 9000, il peut contenir les éléments utiles du manuel qualité de l'entreprise, s'il existe ;

TEXTE

La détermination des exigences (*) peut être :

– une spécification de résultat portant sur des grandeurs mesurables relatives au produit et fixant les tolérances ;

– une prescription de méthodes ou de moyens en particulier lorsque les performances visées du produit ne peuvent être vérifiées par une surveillance ou une mesure effectuée a posteriori ou dans des conditions techniques ou économiques raisonnables ;

– un programme d'exécution.

Le contrôle qui participera à créer le climat de confiance entre les intervenants peut être :

– un contrôle de la conformité des caractéristiques du produit par rapport aux exigences ;

– un contrôle du respect des méthodes ou procédures prévues ;

– la mise à jour du programme d'exécution.

Le management de la qualité s'attache en outre à définir l'organisation du contrôle, les rôles respectifs de l'entrepreneur et du maître d'œuvre dans ce contrôle ainsi que les dispositions prévues pour le traitement des éventuels écarts entre exigences et réalisations.

L'entrepreneur établit un plan qualité (**) afin de décrire et de référencer, pour lui-même et pour sa collaboration avec le maître d'œuvre :

– l'organisation générale du projet ou du chantier,

– les interactions avec les parties prenantes,

– les fonctions et missions de ses collaborateurs.

Ce plan qualité formalise tout ce qui relève :

– de la planification de la réalisation,

– de la maîtrise des documents,

– de la maîtrise de la conception et des études,

– de la maîtrise des achats (fournitures et sous-traitance),

– de la maîtrise des processus d'exécution, en particulier les procédures d'exécution pour les activités spécifiées dans les chapitres à suivre du présent fascicule,

– il contient les éléments que le maître d'œuvre doit raisonnablement avoir à connaître pour l'exercice de ses missions.

**** En particulier, les points d'arrêt considérés, le rôle du maître d'œuvre et les délais pour les lever.*

**** * Cf. articles 31 et 34 du présent fascicule.*

Article 22 : Rôle du maître d'œuvre

– du contrôle (***),
– de la maîtrise des non conformités éventuelles,
– et de la réception par le maître d'œuvre ou le client.

Le plan qualité, sous l'égide duquel est établi l'ensemble du système documentaire de management de la qualité propre au projet ou au chantier, a un statut identique à celui des documents d'études d'exécution et est soumis au visa du maître d'œuvre (*** *). En ce qui concerne les enregistrements de contrôle, seul leur cadre est soumis au visa du maître d'œuvre.

Article 22 : Rôle du maître d'œuvre

Dans les phases de préparation du chantier et d'exécution des travaux, le rôle du maître d'œuvre est de veiller à l'application du marché et des exigences réglementaires. Le contrôle de conformité aux stipulations du marché et des exigences réglementaires, y compris celles qui figurent dans le plan qualité de l'entrepreneur en application du marché, est donc une prérogative constante du maître d'œuvre dont les actions de contrôle extérieur consistent à :

– vérifier que l'entrepreneur s'est effectivement organisée pour respecter les exigences du contrat ;
– surveiller l'application et l'efficacité du contrôle intérieur de l'entrepreneur ;
– contrôler directement les étapes clefs de la construction en levant des points d'arrêt ;
– effectuer les contrôles supplémentaires qu'il estime nécessaires.

La nature et la fréquence des actions de ce contrôle extérieur sont modulées en fonction du niveau de confiance résultant du plan qualité et des risques vis-à-vis de l'obtention des exigences spécifiées.

Ces actions sont effectuées soit directement par le maître d'œuvre soit, à sa demande, par un prestataire de services mandaté.

COMMENTAIRES

Article 23 : Contrôles

23-1 CONTROLE INTERIEUR

** Les actions du contrôle intérieur doivent permettre une réaction aussi rapide et efficace que possible sur les processus de fabrication et d'exécution (maintien des réglages et des consignes ; actions correctives).*

On peut être amené à distinguer :
– le « contrôle interne » : contrôle par l'exécutant de ses propres tâches,
– le « contrôle externe » : surveillance et assistance du contrôle interne par un représentant indépendant de la chaîne de production concernée.
Le présent fascicule ne prévoit pas de « contrôle externe ». Cependant il peut être proposé par l'entrepreneur ou, exceptionnellement prescrit par le marché.
Le « contrôle externe » peut être effectué par des moyens (personnel, matériel) affectés au chantier de façon continue ou non, ou par des moyens de l'entreprise non affectés au chantier, ou même par des moyens extérieurs à l'entreprise agissant pour le compte de celle-ci.

Le jugement qu'implique une opération de contrôle ne peut en aucun cas être demandé au même organisme pour le contrôle intérieur et pour le contrôle extérieur relatifs à une même tâche.

*** Il est rappelé que, conformément au CCAG, la fourniture des prestations (y compris les études), des matériaux, composants ou autres produits fait partie de l'entreprise. Il appartient donc à l'entrepreneur d'imposer dans ses conventions avec un fournisseur ou un sous traitant toutes les obligations afférentes à cette fourniture résultant du marché.*
L'entrepreneur reste entièrement responsable à l'égard du maître de l'ouvrage du respect de ces obligations.

**** Les documents du contrôle intérieur n'entrent pas dans l'application de l'article 29.13 du CCAG.*

TEXTE

Article 23 : Contrôles

23-1 CONTROLE INTERIEUR (*)

Il appartient à l'entrepreneur de définir dans son plan qualité, et en particulier dans ses procédures d'exécution, l'organisation et les missions de son contrôle intérieur.

Fidèle aux dispositions des procédures d'exécution, le contrôle intérieur s'exerce de façon permanente et à tous les échelons de l'exécution sous l'autorité de la personne désignée de l'entrepreneur qui dirige le projet ou le chantier.

Il a pour but de s'assurer de la maîtrise des ressources et des moyens mis en œuvre pour respecter les exigences au plus près du terrain et de façon opérationnelle. Il s'applique :

– aux études et à la maîtrise de la conception,
– aux méthodes et processus d'exécution,
– aux matériaux et composants mis en œuvre sur le chantier (**),
– à la propriété du client,
– au produit final.

Les résultats du contrôle effectué par l'entrepreneur sont reportés sur les documents de contrôle ou de suivi annexes aux procédures d'exécution; ils sont tenus à la disposition du maître d'œuvre sur le chantier jusqu'à la fin des travaux ou lui sont adressés, s'il le demande, au fur et à mesure qu'ils sont obtenus (***).

COMMENTAIRES

23-2 CONTROLE EXTERIEUR

** Les modalités du contrôle extérieur sont décrites par le Schéma directeur de la qualité introduit par la recommandation T 1.87 du GPEM-T.*

*** Si les principales sujétions imposées à l'entrepreneur pour l'exercice du contrôle extérieur figurent dans le marché, le plan qualité les reprend ou peut proposer des adaptations ou des compléments. Dans le cas contraire, le plan qualité en propose les modalités.*

**** Cette surveillance inclut les vérifications, à l'initiative du maître d'œuvre, des résultats du contrôle intérieur et celles portant sur l'application des procédures de l'entrepreneur.*

**** * Sauf les exceptions prévues par le présent fascicule.*

**** ** Cf. commentaire (**) de l'article 34.1 du présent fascicule.*

Article 24 : Épreuves

** Epreuves : ensemble d'essais et de mesures servant à la validation d'un produit résultat d'un processus.*

Epreuves d'études : le processus concerne le produit avant sa mise en œuvre effective sur le chantier pour s'assurer que ses caractéristiques répondent aux exigences spécifiées.

Epreuves de convenance : le processus concerne la fabrication, le transport et la mise en œuvre du produit dans les conditions spécifiques à l'opération pour s'assurer a priori que ce processus permet effectivement

TEXTE

23-2 CONTROLE EXTERIEUR (*)

Le plan qualité de l'entrepreneur, et en particulier les procédures d'exécution précisent les modalités du contrôle extérieur et en particulier celles du contrôle effectué par le maître d'œuvre (**).

L'entrepreneur donne toutes facilités utiles pour l'exercice du contrôle propre au maître d'œuvre ou réalisé sous son autorité ; les dispositions correspondantes sont intégrées dans le plan qualité et en particulier dans les procédures d'exécution. Le contrôle du maître d'œuvre comporte :

– la surveillance de l'application du plan qualité (***)

– les actions de visa, de contrôle ou d'approbation des procédures d'exécution

– si requise, l'exécution d'épreuves de convenance (*** *) ou de conformité

– la levée des points d'arrêts (*** **), matérialisés sur les documents de contrôle ou de suivi sur chantier

– les opérations préalables à la réception

– la réception

Les visas matérialisant le résultat du contrôle extérieur sont reportés sur les documents de contrôle ou de suivi annexes aux procédures d'exécution.

Article 24 : Épreuves

Pour ce qui concerne les épreuves (*), le présent fascicule s'inspire des principes suivants :

– Les épreuves d'étude sont confiées à l'entrepreneur et leurs résultats sont soumis au maître d'œuvre.

– Les épreuves de convenance et les épreuves de conformité sont normalement effectuées par le contrôle intérieur ; la poursuite de l'exécution de l'ouvrage est assujettie à l'obtention de résultats conformes ou à la levée du point d'arrêt.

COMMENTAIRES

d'obtenir un produit qui réponde aux exigences spécifiées.

Epreuves de contrôle : le processus concerne la production effective d'un produit pour s'assurer que ses caractéristiques répondent aux exigences spécifiées.

Epreuves d'information : le processus concerne la production effective d'un produit pour s'assurer que ses caractéristiques répondent aux exigences que s'impose l'entrepreneur pour son utilisation particulière.

Article 25 : Traitement des non-conformités

** L'arrêt partiel ou total du chantier peut s'imposer en attendant les mises au point nécessaires. Les mesures à prendre concernent à la fois :*

- *les études d'exécution ;*
- *les changements à apporter dans le choix des matériaux et dans le processus d'exécution ;*
- *la réparation, le renforcement ou le rebut des éléments non conformes.*

En cas de non-conformité à un résultat spécifié, le mode de rétablissement des exigences spécifiées ou, à défaut, les dispositions à prendre sont stipulés au chapitre 17.

TEXTE

– Les épreuves d'information sont effectuées par l'entrepreneur et leurs résultats sont mis à disposition ou communiqués au maître d'œuvre suivant la nature du point de contrôle.

Article 25 : Traitement des non-conformités

En cas d'observation ou de non-conformité décelée par le contrôle de l'entrepreneur ou du maître d'œuvre, l'entrepreneur soumet à l'acceptation du maître d'œuvre les actions curatives qu'il propose de mener pour traiter le produit non conforme (*), assorties le cas échéant d'actions correctives.

Le traitement des observations et des non-conformités fait l'objet d'enregistrements et de suivi des actions.

COMMENTAIRES

CHAPITRE 3 :

DOCUMENTS FOURNIS PAR L'ENTREPRENEUR

Article 31 : Généralités

** Ces documents sont cités au CCAG (articles 28 et 29) complété par le CCAP et le CCTP*

*** Par exception, sont également concernés les documents relatifs aux ouvrages provisoires (Cf. article 51.2) qui sont transmis au maître d'œuvre sans qu'il ait à les viser.*

31.1 PRÉSENTATION DES DOCUMENTS

** Les formats, les conventions graphiques, les échelles, les caractères sont conformes aux normes NF P 02-001 et suivantes.*

Pour être lisibles, notamment dans les conditions du chantier, les caractères ont une hauteur minimale de 2 mm.

*** Si le marché ne précise rien, l'entrepreneur peut proposer un principe de codification des documents qu'il produit au moyen d'une procédure de maîtrise de la documentation (voir article 33.2.3)*

**** Ces signatures signifient qu'un contrôle intérieur a été effectué à ce niveau.*

**** * Cf. loi n° 94-665 du 4 août 1994, relative à l'emploi de la langue française. La règle reste applicable en cas d'usage de programmes de calcul.*

Le système international est défini par la norme NF X 02-203 ; les facteurs de conversion des différentes unités le sont par le fascicule de documentation FD X 02-051.

TEXTE

CHAPITRE 3 :

DOCUMENTS FOURNIS PAR L'ENTREPRENEUR

Article 31 : Généralités (*)

Il est question des documents prévus au marché (*) nécessaires à l'exécution et qui sont soumis au visa du maître d'œuvre (**)

Le présent chapitre précise les documents concernés, leur présentation et leur contenu.

31.1 PRÉSENTATION DES DOCUMENTS (*)

Les documents portent un titre et un numéro d'ordre, incluant un indice de révision (**). Ils sont datés et signés par leur auteur et, le cas échéant, par la personne de l'entreprise qui a délégation pour décider de leur envoi au maître d'œuvre. Toute modification est consignée sur les documents, datée et signée (***).

Tous les documents sont rédigés en français. Les unités utilisées sont celles du système international (SI) ou celles qui y sont aisément rattachables (*** *).

Les procédés d'établissement et de reproduction des documents sont compatibles avec leur stabilité dans le temps.

COMMENTAIRES

31.2 CORRECTION ET MISE À JOUR DES DOCUMENTS

** Il appartient au marché de fixer les délais de correction et de mise à jour des documents.*

Il n'est d'autre part pas exclu que des modifications, en principe mineures, soient apportées à certains plans sur le chantier lui-même pour tenir compte de certaines constatations. Mais il convient qu'elles soient assorties de toutes signatures autorisées et reportées ensuite sur les originaux dans les meilleurs délais ou tout du moins avant remise du dossier de récolement (Cf. article 36).

Article 32 : Documents d'études et d'exécution

Article 33 : Programme d'exécution des travaux.

** Le marché précise les sujétions dont le programme doit tenir compte, soit du fait de leur incidence technique, soit parce qu'elles s'imposent à l'entrepreneur au titre de la sécurité des personnes (Cf. articles 28.2 et 31 du CCAG). Il précise à quel moment ces documents sont remis.*

*** Le calendrier met en évidence les tâches dont dépend le délai d'exécution de l'ouvrage.*

**** Il vise notamment :*
– les phases de bétonnage ;
– les opérations de décoffrage et de décintrement ;
et, le cas échéant :

TEXTE

31.2 CORRECTION ET MISE À JOUR DES DOCUMENTS

Avant commencement de l'exécution d'un ouvrage, les documents le concernant sont rectifiés par l'entrepreneur pour tenir compte des observations du maître d'œuvre auxquelles ils auraient donné lieu (*).

Article 32 : Documents d'études d'exécution

Les documents d'études d'exécution sont traités au chapitre 4 du présent fascicule.

Article 33 : Programme d'exécution des travaux.

Compte tenu des sujétions précisées par le marché (*), le programme d'exécution des travaux précise :

- le calendrier des études d'exécution, s'il y a lieu ;
- la description générale des ressources (personnel, matériels, matériaux) nécessaires pour chaque phase de travaux ;
- le calendrier prévisionnel d'exécution des travaux, tenant compte des intempéries prévisibles (**) ;
- le calendrier d'établissement des procédures d'exécution nécessaires pour chaque phase de travaux.

Le calendrier des travaux fait apparaître l'enchaînement des phases d'exécution (***), leur durée et, s'il y a lieu, les délais à respecter entre celles-ci. Il est mis à jour périodiquement quand il en est besoin. La description générale et justification précise notamment :

COMMENTAIRES

– les opérations de préfabrication d'éléments et de mise en place de ces éléments ;

– les traitements de surface.

**** * De la résistance du béton f_{cj} à l'âge de chaque opération dépend la valeur du module d'élasticité entrant dans le calcul des déformations ; cette valeur doit être en conformité avec les hypothèses faites pour le calcul des contreflèches. Un décintrement prématuré ou trop tardif peut être préjudiciable, pour des raisons différentes (Cf. article 84.5 ci-après).*

Article 34 : Plan qualité

34.1 GÉNÉRALITÉS

** Le contrôle intérieur est l'objet principal du plan qualité. Les rubriques relatives aux moyens en personnel, aux matériels, aux fournitures et aux méthodes ne doivent être développées que dans la mesure où elles sont en relation directe avec la conformité du produit et où il est normal que le maître d'œuvre ait à en connaître.*

*** Un point sensible est un point de l'exécution qui doit particulièrement retenir l'attention.*

Un point critique est un point sensible qui nécessite une information préalable du maître d'œuvre et donne lieu en outre à l'établissement d'un document de suivi.

Un point d'arrêt est un point critique pour lequel un accord formel du maître d'œuvre est nécessaire à la poursuite de l'exécution.

**** Des compléments sont à apporter, notamment lorsque des non-conformités sont constatées, afin d'y remédier et d'en éviter le renouvellement (Cf. article 171 du présent fascicule).*

TEXTE

– les phases de bétonnage obligatoirement ininterrompu, les volumes correspondants et les cadences à respecter, les modalités de mise en place ;

– s'il y a lieu, la performance requise du béton par exemple sa résistance pour les opérations de décintrement et de mise en tension (*** *) ;

– dans le cas d'emploi d'éléments préfabriqués, les moyens généraux de fabrication et les engins de manutention, les cadences de fabrication et les délais de mise en œuvre, ainsi que les conditions du stockage, de la manutention, de la pose, de la stabilisation en phases transitoires, et de l'assemblage (y compris l'ordre des opérations) des éléments préfabriqués .

Article 34 : Plan qualité

34.1 GÉNÉRALITÉS

Le plan qualité présente les dispositions de moyens et d'organisation proposées par l'entrepreneur pour satisfaire aux exigences.

Le plan qualité traite :

– des facteurs contribuant à l'obtention des caractéristiques spécifiées du produit (*) :
- affectation des tâches, moyens en personnel ;
- matériels et fournitures ;
- méthodes et points sensibles de l'exécution (**) ;

– du contrôle intérieur.

Sont annexés au plan qualité des documents, dits de suivi d'exécution, qui seront remplis par l'entrepreneur au titre du contrôle intérieur.

Le plan qualité est mis à jour et complété en tant que de besoin (***)

COMMENTAIRES

34.2 COMPOSITION DU PLAN QUALITÉ

34.2.1 GÉNÉRALITÉS

** Ces procédures sont souvent issues du manuel qualité de l'entreprise et adaptées par celle-ci aux spécificités du projet.*

*** Une attention particulière doit être portée à la qualité des parements. Une procédure leur est consacrée, si le marché comporte l'exécution de parements fins et/ou ouvragés.*

34.2.2 ORGANISATION GÉNÉRALE

** Le plan qualité pourra utilement rappeler les organismes intervenant au titre du contrôle extérieur (laboratoires ou organismes de vérification), ainsi que les articles du CCAP et du CCTP qui traitent du plan qualité.*

*** Y compris responsable du laboratoire s'il y a lieu.*

**** Le CMP peut être un agent, soit de l'entreprise distributrice du procédé de précontrainte, soit de l'entreprise chargée des travaux de génie civil, agréé dans les conditions indiquées à l'article 103.*

Dans la plupart des cas, la mise en précontrainte est réalisée par l'entreprise titulaire de l'agrément du procédé, agissant comme sous-traitant.

TEXTE

34.2 COMPOSITION DU PLAN QUALITÉ

34.2.1 GÉNÉRALITÉS

Le plan qualité est constitué de :

– un document d'organisation générale ;

– un ou plusieurs documents particuliers à la maîtrise de certains aspects du management de l'opération, désignés en abrégé par procédures de maîtrise de la qualité (*) ;

– un ou plusieurs documents particuliers à une phase d'exécution, désignés en abrégé par procédures d'exécution (**) ;

– les cadres des documents de suivi ;

– des plans qualité des sous-traitants.

Le présent article définit le contenu minimal du document général du plan qualité et les éléments communs aux procédures de maîtrise et aux procédures d'exécution. Il est complété par les articles traitant de la maîtrise de la conformité dans les chapitres 5 et suivants.

34.2.2 ORGANISATION GÉNÉRALE

Le document d'organisation générale traite les points définis ci-après :

– affectation des tâches, moyens en personnel (*):

a) identification des parties concernées : maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entrepreneur, sous-traitants et fournisseurs principaux (**) ;

b) organigramme et encadrement : responsable du chantier, avec indication de sa qualification et de ses références professionnelles, responsable des études chargé qualité ;

c) désignation du « chargé de la mise en œuvre de la précontrainte » CMP (***)

Les missions du CMP comprennent au moins (Cf. chapitres 10 à 14) :

– le contrôle préalable à la mise en tension, du matériel et de la résistance du béton et la transmission au maître d'œuvre de l'attestation correspondante ;

**** * Divers COP peuvent être désignés pour divers ouvrages provisoires. Pour les ouvrages provisoires de deuxième catégorie (voir article 51.2), sauf prescriptions particulière du marché, le rôle peut être tenu par le responsable du chantier. Leur position doit être telle que les contrôles qu'ils effectuent puissent être considérés comme intérieurs.*

**** ** Maints accidents d'ouvrages provisoires ont été imputés à un oubli ou à un défaut de liaison entre bureau d'étude et chantier, ayant conduit à des erreurs de la part de ce dernier. C'est pourquoi le rôle de coordination dévolu au COP est primordial.*

**** *** Ce n'est pas le présent fascicule qui stipule d'établir une procédure pour les études d'exécution ; seules les interfaces entre études et exécution, et les bases des études des ouvrages provisoires, y font l'objet de*

– la direction de la mise en précontrainte c'est-à-dire notamment :

- le contrôle du bon ordonnancement et de la sécurité des opérations,
- l'établissement et la transmission au maître d'œuvre des fiches de mise en tension et d'anomalies éventuelles,
- la direction, s'il y a lieu, des mesures de coefficient de transmission ;

– la direction et le contrôle des opérations d'injection.

d) désignation du ou des « chargé(s) des ouvrages provisoires » COP (*** *).

Le COP assure toutes les coordinations (*** **) nécessaires au bon déroulement des opérations impliquées par les ouvrages provisoires, qu'il s'agisse de conception, d'exécution ou de sécurité du personnel et des tiers. Sa mission consiste à s'assurer que les réponses apportées à l'évaluation des risques relatifs aux ouvrages provisoires sont pertinentes pour leur maîtrise, et notamment à vérifier que (Cf. chapitre 5) :

- – l'étude des ouvrages provisoires repose sur les données convenables et comporte toutes les précisions nécessaires à l'exécution, depuis les fondations ou supports jusqu'aux surfaces coffrantes ;
- – l'interprétation des études fournies est correcte et l'exécution de ces ouvrages est conforme aux études fournies (dessins, charges exercées, programmes de mise en œuvre, consignes diverses).

e) désignation d'un responsable pour chaque tâche de contrôle intérieur ;

f) organigramme et encadrement des entreprises sous-traitantes et des fournisseurs principaux;

g) effectif moyen prévisible sur le chantier.

– organisation du contrôle intérieur :

Le document définit ou rappelle :

• la liste des procédures d'exécution et leur échéancier d'établissement (*** ***) ;

• la liste des épreuves d'étude et de convenance ;

règles suivant les méthodes de maîtrise de la qualité. L'établissement d'une procédure d'exécution n'est requis lorsque son absence crée un risque vis-à-vis de l'obtention des exigences spécifiées.

**** *** * Il pourra suffire de produire les extraits utiles du manuel qualité de l'entreprise.*

34.2.3 PROCÉDURES DE MAÎTRISE DE LA QUALITE

** A titre d'exemple, il peut s'agir de la maîtrise des documents, des enregistrements, des études d'exécution, des achats, des dispositifs de surveillance et de mesure, du produit non conforme, etc.*

34.2.4 PROCÉDURES D'EXÉCUTION

** Ces procédures d'exécution doivent constituer:*
– des outils d'appropriation des méthodes d'exécution ;
– des outils pédagogiques pour les équipes d'exécution.
A ce titre, il est recommandé qu'elles soient établies avec la collaboration participative des exécutants, en particulier des techniciens de maîtrise,

• les principes, les conditions d'organisation et de fonctionnement du contrôle intérieur (*** *** *) ;
• les conditions dans lesquelles les documents et dessins visés par le maître d'œuvre pour exécution sont mis à la disposition du chantier, en les distinguant des versions antérieures qui ont pu être distribuées.

De plus, ce document d'organisation générale fait référence si nécessaire à des procédures de maîtrise de la qualité établies pour le projet.

34.2.3 PROCÉDURES DE MAÎTRISE DE LA QUALITE

Les procédures de maîtrise de la qualité sont établies pour compléter si nécessaire certains aspects (*) de maîtrise du management de l'opération déjà décrits dans le document d'organisation générale.

34.2.4 PROCÉDURES D'EXÉCUTION

Avec l'objectif de maîtriser les processus d'exécution et de contrôler le respect des exigences, le plan qualité comprend des procédures d'exécution pour toutes les activités de réalisation des ouvrages de génie civil en béton armé ou en béton précontraint décrites dans le présent fascicule.

Les procédures d'exécution (*), outils de préparation de chantier pour l'entreprise et de communication opérationnelle entre l'entrepreneur et le maître d'œuvre, listent les tâches d'exécution dont le contrôle est requis pour assurer la respect final des exigences. Elles sont établies en prenant en compte les critères et les performances requises dans les spécifications des chapitres du présent fascicule et dans celles du contrat. Elles sont complétées par le cadre des documents de contrôle ou de suivi qui sont remplies sur site à l'exécution des travaux.

Les procédures d'exécution sont établies conformément aux prescriptions des chapitres 5 et suivants, et définissent notamment :
– la partie des études ou des travaux faisant l'objet de la procédure ;
– les ressources en personnel ;

COMMENTAIRES

*** Les moyens à décrire dans le cas général sont :*
– matériels d'étaiement, coffrages ;
– matériel spécial de préfabrication ;
– matériel de façonnage des armatures de béton armé : redressage des couronnes, coupe et cintrage, soudage ou manchonnage ;
– matériel de façonnage des armatures de précontrainte et d'enfilage des câbles ;
– matériel de fabrication des bétons et, s'il y a lieu, moyen de transport ;
– moyens de manutention et de mise en place du béton, de réglage et de finition des surfaces non coffrées, de traitement thermique, de cure ;
– matériels de mise en précontrainte et matériel d'injection ;
– matériels et moyens de secours en cas d'incident.

**** Les matériaux et produits visés sont dans les cas courants :*
– armatures pour béton armé ;
– armatures de précontrainte, dispositifs d'ancrage et accessoires de précontrainte, conduits pour câbles de précontrainte ;
– constituants des bétons, mortiers et coulis d'injection ;
– bétons prêts à l'emploi préparés en usine ;
– parois de coffrage, démoulant ;
– produits de cure ;
– composants ;
– matériaux et produits divers afférents à la précontrainte.

**** * Les procédures officielles de certification de conformité recouvrent notamment la marque NF, le marquage CE, les certificats ASQPE (Association pour la qualification de la précontrainte et des équipements), les certificats AFCAB (Association française pour la certification des armatures du béton) et la marque QualiF-IB.*

- *La marque de conformité à une norme française (marque NF), ou à une norme équivalente, concerne notamment les armatures de béton armé, les ciments, les granulats, les adjuvants, les additions, les produits de cure et le béton prêt à l'emploi. Dans ce dernier cas, la marque NF-BPE couvre à la fois la certification des bétons et celle de l'installation de certification.*

TEXTE

– les moyens matériels spécifiques utilisés (**) et leurs instructions d'emploi constituées par les notices techniques ;

– les matériaux, produits et composants (caractéristiques, certification, origine, marque et modèle exact lorsqu'il y a lieu) (***).

Pour ceux qui sont soumis à une procédure officielle de certification de conformité, les conditions d'identification sur le chantier des lots livrés (*** *).

En l'absence de procédure officielle de certification ou lorsque, par dérogation, le produit livré ne bénéficie pas de la certification, les modalités d'exécution du contrôle de conformité des lots en indiquant les opérations qui incombent aux fournisseurs ou sous-traitants (*** **) ;

– les points sensibles de l'exécution, par référence au programme d'exécution des travaux (*** ***) sur lesquels une attention particulière doit être portée, complété s'il y a lieu par une description des modes opératoires - méthodologie, instructions d'exécution et séquences - ;

– les interactions avec d'autres procédures d'exécution et les conditions préalables à remplir pour l'exécution ultérieure de certaines tâches, notamment lorsque celle-ci est soumise à l'accord explicite du maître d'œuvre ou à l'obtention de résultats du contrôle extérieur (points d'arrêt) ;

– les modalités du contrôle intérieur avec notamment la désignation des intervenants, la fréquence des contrôles, le rappel des spécifications et des tolérances admissibles et la description des outils de contrôle, conformément à ce qui suit ;

– les conditions d'exécution et d'interprétation des épreuves de convenance, lorsque celles-ci sont prescrites à l'origine ou s'avèrent nécessaires en cours d'exécution (*** *** *) ;

– le cadre des documents, dits de suivi d'exécution, à recueillir ou à établir au titre du contrôle intérieur, ainsi que les conditions de mise à disposition de ces documents au maître d'œuvre pour qu'il matérialise son contrôle extérieur,

- *La certification ASQPE s'applique aux armatures de précontrainte.*
- *Le marquage CE s'applique aux procédés de précontrainte.*
- *Les certificats AFCAB sont délivrés, d'une part pour les dispositifs de raboutage ou d'ancrage d'armatures du béton, d'autre part pour des opérations de pose, conformes aux stipulations des règlements de certification et de contrôle approuvés par le ministère de l'industrie et du commerce extérieur*
- *La marque QualiF-IB de conformité au cahier des charges FIB « Eléments architecturaux en béton fabriqués en usine » est délivrée par la Fédération de l'industrie du béton (FIB) en application du règlement technique publié au journal officiel.*

L'identification consiste à comparer d'une part le marquage ou les informations portées sur les documents accompagnant la livraison, d'autre part le marquage prévu par le règlement de la certification ou la décision accordant le bénéfice du certificat.

A la suite de l'identification, l'entrepreneur établit une attestation de conformité aux spécifications du marché et à la commande, et met le maître d'œuvre en mesure de s'assurer qu'il a bien été procédé à cette identification.

**** ** L'entrepreneur établit une attestation de conformité par lot contrôlé.*

**** *** Cf. commentaire ** de l'article 34.1.*

**** *** * Le plan qualité rappelle les conditions d'exécution et d'interprétation des épreuves lorsque celles-ci relèvent du contrôle extérieur.*

34.3 PHASES D'ÉTABLISSEMENT ET D'APPLICATION DU PLAN QUALITE

** Il est rappelé que les prescriptions de l'article 31 ci-dessus sont applicables au plan qualité.*

et de leur transmission au maître d'œuvre ou de leur tenue à sa disposition.

34.3 PHASES D'ÉTABLISSEMENT ET D'APPLICATION DU PLAN QUALITE (*)

Les composantes du plan qualité sont des documents non figés qui sont amenés à évoluer en fonction du déroulement des travaux et des éventuels évènements rencontrés (contrôles, non conformités, etc.) dans le management de la qualité.

COMMENTAIRES

*** Certains éléments du plan qualité peuvent être demandés avant signature du marché.*

Dès le stade de l'appel d'offres, le règlement de la consultation (RC) précise si les offres doivent comporter la présentation du cadre du plan qualité, comportant les principales dispositions du document d'organisation générale et la liste des procédures d'exécution.

Sur la base de l'acte d'engagement, le cadre du plan qualité est mis au point par accord entre le maître d'œuvre et l'entrepreneur attributaire ou susceptible de l'être, pour être incorporé au marché. A ce stade de mise au point du marché, sont présentés notamment :

– l'organigramme du chantier et l'encadrement responsable, avec sa qualification et ses références ;

– les principales entreprises sous-traitantes et les principaux fournisseurs ;

– les modalités d'organisation et de fonctionnement du contrôle intérieur.

**** Le CCAP fixe les délais de visa des pièces du plan qualité comme pour les autres documents fournis par l'entrepreneur.*

**** * A ce stade sont apportés les compléments nécessaires notamment sur :*

– les sous-traitants non désignés lors de la période de préparation des travaux ;

– les matériaux, produits ou composants à utiliser ;

– les épreuves de convenance qui se révèlent nécessaires.

**** ** Ces documents ainsi que ceux constituant le plan qualité sont remis au maître d'œuvre à l'achèvement des travaux (Cf. article 36).*

Article 35: Projet des installations de chantier

** Cf. article 31 du CCAG.*

*** Certains moyens ou matériels peuvent n'être choisis que lorsque les*

TEXTE

Les documents constituant et appliquant le plan qualité sont établis en plusieurs étapes (**) :

– période de préparation des travaux :

• mise au point du document d'organisation générale ;

• établissement des principales procédures de maîtrise de la qualité et des procédures d'exécution correspondant aux premières phases de travaux ;

– en cours de travaux, mais avant toute phase d'exécution et conformément aux délais prescrits par le marché (***), établissement des procédures d'exécution (*** *), y compris préparation des cadres de documents de suivi d'exécution correspondants ;

– au fur et à mesure de l'exécution : renseignement et tenue à disposition des documents de suivi d'exécution (*** **).

Article 35: Projet des installations de chantier (*)

Le projet des installations de chantier comporte la description des moyens et matériels principaux avec leurs caractéristiques (**), et précise notamment :

COMMENTAIRES

approvisionnements sont suffisamment définis.

**** Les aires couvertes par les grues fixes ou installées sur rails sont par exemple à représenter. Le commentaire ** de l'article 51.1 rappelle qu'une réglementation particulière est applicable aux engins de manutention.*

Article 36 : Récolement

** Le dossier d'ouvrage est la base de la gestion de l'ouvrage en service. Les présentes stipulations permettent au maître d'œuvre de le constituer valablement à partir de la remise prescrite à l'entrepreneur par l'article 40 du CCAG.*

Pour former ce dossier, les documents nécessaires à la réalisation sont complétés par les résultats des contrôles, épreuves et essais divers, par les comptes rendus d'incidents et, d'une manière générale par les constatations utiles en vue de la réception, puis de la gestion de l'ouvrage en service.

*** Il s'agit de tenir compte de toutes les données constatées (géométrie, caractéristiques des matériaux) ainsi que de tous les éléments de renforcement mis en œuvre.*

Voir aussi l'article 44.

**** Sauf s'ils lui ont déjà été transmis au cours de l'exécution de l'ouvrage.*

TEXTE

– les dispositions envisagées pour l'implantation, l'édification et l'aménagement des ateliers, bureaux, locaux de sécurité et d'hygiène, magasins et aires de stockage, laboratoire s'il y a lieu, et leurs raccordements aux différents réseaux ;

– les aires de circulation de toute nature à l'intérieur du chantier, les aires d'évolution des engins de manutention (***), l'implantation des moyens de fabrication des éléments préfabriqués sur le chantier ;

– les conditions d'accès au chantier, de stockage et de manutention des matériaux, composants, éléments préfabriqués et tous autres produits s'il y a lieu, la clôture, la signalisation et l'éclairage.

Article 36 : Récolement

Les documents définis aux articles 32 et 34 sont rendus conformes à l'exécution, de façon à pouvoir être versés dans leur état final au dossier de l'ouvrage (*).

Les dessins et notes de calculs sont complétés ou refaits de façon à être rendus conformes à l'exécution définitive (**).

Les documents constituant le plan qualité, les documents de suivi d'exécution, ainsi que les fiches d'anomalies éventuelles, sont regroupés et remis au maître d'œuvre (***). Sauf disposition différente du marché, ces documents sont fournis en un seul exemplaire facilement reproductible.

CHAPITRE 4

ETUDES D'EXÉCUTION

** Se reporter également à l'article 29 du CCAG.*

Le SETRA a publié un « Guide pour la commande et le pilotage des études d'ouvrages d'art » (1997).

Article 41 : Généralités.

** Sauf dispositions particulières définies au marché, les études d'exécution sont à la charge de l'entrepreneur.*

*** Le marché ne prévoit normalement la remise d'un programme des études d'exécution que pour les travaux dont la réalisation excède un délai de l'ordre de six mois.*

**** Les délais de visa sont, s'il y a lieu, modulés par le CCAP selon l'importance des vérifications correspondantes.*

CHAPITRE 4 :

ETUDES D'EXECUTION (*)

Article 41 : Généralités.

Les études d'exécution (*) ont pour but d'établir les documents nécessaires à la réalisation des ouvrages provisoires et définitifs, et qui sont fournis par l'entrepreneur

Si le marché le prescrit (**), l'entrepreneur fournit le programme des études qui comprend :

– la liste prévisionnelle des documents à fournir,

– le calendrier prévisionnel de production de ces documents, lequel comporte:

- l'échéancier d'envoi des documents,
- les dates prévues pour l'obtention des visas ou acceptations du maître d'œuvre (***).

La liste énumérant les documents à fournir est dressée en conformité avec le cadre des études tel qu'il est fixé au marché.

Ces documents contiennent au moins :

– des notes techniques (spécifications, notes de calcul, etc),

– des plans d'exécution (dessins de coffrage, d'armatures pour béton armé, d'armatures de précontrainte, etc).

COMMENTAIRES

**** * Que cette sous-traitance soit assortie ou non d'une sous-traitance de travaux.*

**** ** Comme il est dit en commentaire de l'article 1.2 de l'annexe D, le bordereau des prix peut fixer des forfaits élémentaires rémunérant les études ainsi effectuées à la diligence de l'entrepreneur.*

Article 42 : Données d'entrée pour les études d'exécution.

** Voir article 43.6.*

Toutes ces dispositions ont des conséquences sur le dimensionnement des ouvrages. Les plans contractuels et le marché définissent, autant qu'il en est besoin, les principes de ces dispositions.

*** L'étude des ouvrages provisoires est traitée à l'article 53 ci-après (projet des ouvrages provisoires).*

**** La soumission d'un tel document n'est normalement prévue que pour les ouvrages dont le caractère non courant de la conception ou la faible définition au niveau du marché entraînent un risque sérieux de discussion de ces données d'entrée.*

Le fait de ne pas prévoir cette soumission n'exclut nullement un échange de vues sur cette question à l'initiative de l'une quelconque des deux parties.

TEXTE

Le programme des études est intégré au plan qualité de l'entrepreneur pendant la période de préparation des travaux**.**

L'entrepreneur peut décider de sous-traiter (**** **) une partie ou la totalité des études d'exécution dont il a la charge.

L'entrepreneur précise alors ceux des documents dont l'établissement est confié à ce bureau d'études sous-traitant (**** ***). Dans ce cas, il impose à ce dernier toutes les obligations le concernant résultant du marché. L'entrepreneur reste cependant, à l'égard du maître de l'ouvrage, responsable du respect effectif de ces obligations.

Article 42 : Données d'entrée pour les études d'exécution.

Ces données d'entrée résultent d'une part, de choix du maître d'ouvrage (classes d'exposition des différentes parties d'ouvrage, dispositions pour la visite et l'entretien des ouvrages (*), etc) et d'autre part, des options prises par l'entrepreneur (action des ouvrages provisoires, charges provisoires et matériels de chantier sur les ouvrages définitifs (**), etc).

Ces dispositions sont précisées sur les dessins de coffrage et sur des dessins complémentaires s'il y a lieu, et reportées sur les dessins d'armatures et de précontrainte de manière à faire apparaître la compatibilité des dispositions proposées.

Si le marché le prescrit (***), l'entrepreneur, avant de procéder aux études d'exécution, soumet à l'avis du maître d'œuvre un document définissant les données d'entrée de ces études .

Pour établir ce document, l'entrepreneur peut demander toutes précisions utiles et dont il estime avoir besoin du fait de contradictions, manques d'information, ambiguïtés, etc.

COMMENTAIRES

**** * A titre d'exemple, relatives à tout équipement devant figurer sur les plans d'exécution et/ou pouvant apporter des sollicitations à l'ouvrage ou conduire à des prescriptions d'exécution.*

**** ** Les propositions techniques les plus importantes ont normalement été portées dans le marché à l'issue de l'appel d'offres.*

**** *** Sont notamment définies les simplifications et approximations éventuellement admises, ainsi que le recours à des programmes de calcul spécifiques.*

Article 43 : Plans d'exécution et notes techniques.

43.1 GÉNERALITÉS

** Par exemple, au cas où des parties d'ouvrage ne sont pas réalisées en place, les dessins définissent non seulement les éléments préfabriqués et leurs assemblages, mais aussi les dispositions adoptées pour leur mise en place. De même ils définissent, s'il y a lieu, les dispositions à prendre par l'entrepreneur pour assurer l'équilibre statique des structures partielles en phases provisoires.*

*** Comme l'étanchéité, les appareils d'appui, les joints, les barrières, les descentes d'eau, les inserts, etc.*

**** Cette règle ne doit pas faire obstacle à ce que les dessins de coffrage soient soumis de façon anticipée par rapport aux dessins de ferraillage. Cependant, une vérification séparée des dessins du coffrage et du ferraillage d'un même élément de structure n'est souvent pas possible, par exemple lorsque le ferraillage est dense.*

**** * Par exemple, les dessins d'une semelle de fondation doivent être accompagnés ou précédés de la note de calculs précisant les sollicitations agissant sur cet élément.*

TEXTE

Dans ce document figurent notamment :

– les propositions techniques complémentaires (*** *) s'ajoutant s'il y a lieu aux dispositions du marché (*** **) ;

– les méthodes et moyens de calcul (*** ***) ;

– les bases numériques des calculs.

Article 43 : Plans d'exécution et notes techniques.

43.1 GÉNÉRALITÉS

Les dessins définissent de façon complète les ouvrages définitifs, en tenant compte, s'il y a lieu, des phases successives d'exécution (*). Les dessins de la structure sont répartis en dessins de coffrage et d'armatures Ils incluent, le cas échéant, les dessins particuliers d'équipements et de pièces incorporées (**). Dans les zones très ferraillées, des dessins de détail communs sont fournis de façon à faire apparaître la compatibilité de l'ensemble des armatures avec les conditions de bétonnage et d'enrobage.

Les dessins sont groupés par parties d'ouvrages (***) ; ils sont accompagnés de notes techniques justifiant la ou les parties correspondantes (*** *) ou complétant les informations figurant sur ces dessins.

Les dessins établis par moyens informatiques doivent être complets (*** **), lisibles et compréhensibles pour l'exécution des travaux et leur contrôle.

COMMENTAIRES

**** ** Si les dessins ainsi établis ne précisaient pas tous les éléments nécessaires à l'exécution, il y aura lieu de les compléter.*

43.2 DESSINS DE COFFRAGE

*a) * Les précisions complémentaires concernent entre autres les résistances à obtenir lors des diverses phases d'exécution.*

*b) * Se reporter au chapitre 6 (Parements, parois et surfaces non-coffrées), notamment aux articles 63.2.1,5 (réservations, arêtes) et 63.2 (prescriptions particulières).*

Des précisions complémentaires sont à apporter notamment en cas de procédé spécifique tel que, par exemple, l'utilisation d'éléments préfabriqués de coffrage incorporés à la structure.

Lorsqu'un parement est à traiter avec enlèvement de matière, il convient d'expliciter les surépaisseurs correspondantes et les dimensions après traitement.

*** Ce sont par exemple les fenêtres provisoires de bétonnage, les trous prévus pour les besoins ou la commodité du chantier, les réservations pour les équipements et canalisations.*

Dans tous les cas, ces ouvertures doivent être compatibles avec les exigences mécaniques et esthétiques, et il importe d'éviter les refouillements, toujours préjudiciables. Pour cela il peut être utile d'identifier sur l'ouvrage après décoffrage la destination de chaque réservation par un marquage selon un code défini sur les dessins d'exécution.

**** Cf. article 33.*

**** * Il s'agit en particulier de profilés ou de platines métalliques, de fourreaux métalliques traversants ou non, par exemple dans un massif support de groupe turbo-alternateur ou de tout autre machine ou matériel.*

**** ** Pour la précontrainte complémentaire à ajouter éventuellement en cours d'exécution, il s'agit le plus souvent d'armatures de précontrainte*

TEXTE

43.2 DESSINS DE COFFRAGE

a) Les dessins de coffrage sont cotés dans toutes leurs dimensions. Ils portent la mention explicite et sans ambiguïté :

– des caractéristiques des bétons à mettre en œuvre, avec toutes précisions complémentaires utiles (*) ;
– des tolérances particulières ou générales, et des contreflèches.

b) Ils définissent ou rappellent tous les détails et toutes les sujétions afférents à l'exécution, notamment :

– les classes de parements, lorsqu'il y a lieu la disposition des joints de coffrage, le mode de traitement des arêtes, et toutes les précisions correspondantes ou complémentaires susceptibles d'être portées sur les dessins (*) ;
– l'état de surface des bétons requis pour une étanchéité ou une peinture lorsqu'il y a lieu ;
– les réservations (**), et leur mode de rebouchage lorsqu'elles sont provisoires ;
– le tracé des surfaces de reprise, en conformité avec les hypothèses prises en compte dans les notes de calculs, et en accord avec le programme d'exécution des travaux (***) ;
– les emplacements et dimensions des appareils d'appui (provisoires ou définitifs), qui doivent être représentés sur les éléments porteurs ou portés ;
– les emplacements et dimensions des pièces incorporées (inserts) destinées à la fixation de matériels dont l'ouvrage ou la partie d'ouvrage est le support (*** *) ;
– s'il y a lieu tous les éléments (bossages, conduits, déviateurs ...) nécessaires à la mise en œuvre de la précontrainte y compris de la précontrainte complémentaire à ajouter éventuellement en cours d'exécution (*** **).
– la référence des notes techniques auxquelles ils se rapportent.

intérieures au béton.

43.3 DESSINS D'ARMATURES POUR BÉTON ARMÉ

*a) * Il est fondamental d'éviter toute confusion sur la nature des armatures, qui doivent être désignées de façon précise : par exemple, Fe E 500-1 se rapporte à des armatures à haute adhérence de limite d'élasticité 500 MPa, non soudables.*

*** En cas de traitement du parement avec enlèvement de matière, la surépaisseur correspondante est à reporter sur les dessins d'armatures.*

*b) * C'est le cas par exemple des armatures de montage ou destinées à constituer le ferraillage longitudinal de certains hourdis. Comme il est dit à l'article 73.2, le nombre de recouvrements doit être minimisé.*

*** Ces mesures peuvent porter sur le façonnage ou l'équipement des armatures en attente ; se reporter à l'article 73.3.*

**** Cette prescription ne s'applique pas aux soudures de simple fixation. Pour celles-ci, se reporter à l'article 73.1.1.*

***** Cf. article 92.4.*

*c) * Il s'agit d'apporter la preuve de la possibilité de disposer les armatures suivant l'agencement prévu, ainsi que de mettre en place le béton compte tenu de la grosseur de son granulat, et des moyens de vibration. L'attention est attirée sur le fait que le diamètre d'encombrement des armatures à haute adhérence est supérieur au diamètre nominal (se reporter aux fiches d'identification).*

*** Par exemple, tracé des surfaces de reprise, zones où aucune reprise ne peut être admise, surépaisseurs à réserver pour traitement de parement avec enlèvement de matière, dimension maximale des granulats.*

43.3 DESSINS D'ARMATURES POUR BÉTON ARMÉ

a) Les dessins d'armatures pour béton armé sont cotés pour toutes les données géométriques relatives aux armatures et à leur calages (position, tracé, diamètre, longueur). Ils portent la mention explicite :

– de leur qualité (catégorie, nuance, aptitude au soudage s'il y a lieu) (*) ;

– des tolérances particulières ou générales (**).

b) Ils définissent ou rappellent tous les détails et sujétions afférents à l'exécution, en conformité avec les prescriptions du chapitre 7 et notamment :

– la position des recouvrements et les longueurs de ceux-ci, ou à défaut les formules forfaitaires permettant leur détermination sur le chantier (*) ;

– les dispositions à prendre au droit des reprises de bétonnage : façonnage des armatures en attente avec indication des possibilités de pliage-dépliage et des mesures adoptées pour assurer la sécurité du travail vis-à-vis des armatures en attente (**) ;

– la position des soudures avec référence aux méthodes d'exécution (***) ;

– la présence éventuelle d'éléments de raccordement avec leurs positions et dispositions particulières à respecter ;

– la position et les dimensions des cheminées de bétonnage et de vibration ;

– la disposition, la forme et la nature des dispositifs de calage ;

– en cas de préfabrication, la position et la nature des organes de levage incorporés (*** *).

c) Les parties où le ferraillage est dense sont représentées par des détails cotés à grande échelle (*), où les armatures sont reportées avec leurs vrais diamètres d'encombrement et rayons de courbure.

Les dessins d'armatures portent les références aux dessins de coffrage à consulter et reproduisent les indications de ces derniers qui intéressent directement le tracé et la position des armatures (**).

COMMENTAIRES

**** Pour les diamètres des mandrins de cintrage, il peut suffire lorsque le diamètre minimal autorisé par un texte général est applicable (Cf. article 72 du présent fascicule) de renvoyer globalement à un tableau de valeurs reproduit sur chaque plan concerné et accompagné d'une légende appropriée.*

43.4 DESSINS D'ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

*a) * Les dessins comportent des vues suffisamment rapprochées pour définir sans ambiguïté la position dans l'espace de chaque armature, en particulier dans les zones de déviation et de relevage. Ils définissent les points de raccordement entre parties courbes et rectilignes, les caractéristiques des courbes, les déviations des parties droites.*

*** Lorsque les écarts de position sont l'application pure et simple d'un article du CCTG ou d'une pièce particulière du marché, il est loisible de renvoyer simplement à la partie précise du document correspondant.*

*b) * Toute déviation angulaire, tout décalage des conduits augmentent les pertes par frottement et risquent de provoquer des ruptures de fils ou des éclatements de béton. Tout défaut d'étanchéité peut entraîner des entrées de laitance au bétonnage ou des sorties du coulis d'injection.*

*** Parmi ces dispositions figurent la position des évents, l'épaisseur minimale des cachetages.*

TEXTE

Des tableaux récapitulatifs des armatures utilisées (nomenclatures) donnent pour chacune un numéro de repérage, sa nature, son diamètre, le croquis du tracé avec le diamètre du mandrin de cintrage, la longueur développée, le poids nominal estimé et le nombre d'armatures semblables. Ces tableaux figurent sur les plans ou leur sont annexés (***).

43.4 DESSINS D'ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

a) Les dessins d'armatures de précontrainte sont cotés pour toutes les dimensions des conduits et des armatures, les tracés et les positions étant entièrement définis par des distances aisément mesurables à des repères fiables (*). Ils portent la mention explicite :

– de la qualité des armatures, par référence à leur homologation, de la nature et des dimensions des conduits ;
– des procédés de précontrainte, avec tous les détails utiles relatifs aux organes d'ancrage (type actif ou passif, modèle, encombrement, implantation), ainsi qu'aux frettages ;
– des tolérances générales ou particulières (**) ;
– des numéros d'identification des unités de précontrainte.

b) Les dessins définissent ou rappellent tous les détails et sujétions afférents à l'exécution, en conformité avec les prescriptions du chapitre 10, notamment :

– les caractéristiques des encoches et des plaques d'ancrage préfabriquées ;
– les dispositifs assurant la continuité de forme et d'étanchéité des conduits en section courante et aux joints et reprises du bétonnage et leur raccordement aux ancrages (*) ;
– la constitution, la position, les dimensions et les cotes de calage des supports des conduits ;
– les éléments nécessaires au calcul des coefficients de transmission (longueur entre plaques d'ancrage et total des déviations angulaires) ;
– la longueur de chaque unité de précontrainte, y compris les surlongueurs ou attentes nécessaires ;
– les dispositions prises pour assurer la protection des armatures (**) ;

*** *Cf. article 43.3 b.*

*** * *Il convient de préciser la ou les extrémités par lesquelles l'armature est mise en tension, les surlongueurs à conserver éventuellement en vue d'une reprise de tension.*

43.5 NOTES TECHNIQUES

* *Y compris les simplifications ou approximations admises (Cf. article 42). Il y a lieu, en outre, de porter dans le marché des prescriptions délimitant l'étendue des justifications à fournir et d'y définir la procédure à suivre au cas où le maître d'œuvre considérerait comme douteuse la note de calculs produite.*

Il est rappelé par ailleurs que la définition et l'interprétation des épreuves impliquent pour l'entrepreneur l'obligation d'établir une note de calculs à l'appui du programme des épreuves. Cette obligation résulte pour les ponts routiers des dispositions du fascicule 61, titre II du CPC. Le marché peut étendre une telle obligation au programme d'épreuves des réservoirs, silos, enceintes de confinement etc.

** *Par exemple, courbes enveloppes des sollicitations, diagramme des contraintes dans les diverses phases de construction et en service.*

*** *Par exemple, modification de l'ordre des opérations, modification importante du calendrier d'exécution, caractéristiques des matériaux différant dans un sens défavorable des valeurs projetées, mise en tension de câbles supplémentaires.*

43.6 DISPOSITIONS POUR LA VISITE ET L'ENTRETIEN

* *Il convient d'assurer l'accessibilité :*
– d'une part aux dispositifs et équipements (appareils d'appui,

– l'emplacement et les dimensions des cheminées de bétonnage et de vibration, compte tenu des armatures pour béton armé (***) ;
– tout renseignement utile relatif aux opérations de mise tension tel que ordre des mises en tension (selon la numérotation des unités) et résistances prescrites du béton en conformité avec les procédures d'exécution correspondantes (*** *);
– s'il y a lieu, l'emplacement des conduits laissés vides dans l'attente d'une précontrainte complémentaire éventuelle.

43.5 NOTES TECHNIQUES

Les résultats des notes de calculs sont représentés sous la forme de notes techniques qui définissent ou rappellent les méthodes utilisées, les hypothèses retenues et les valeurs numériques des différents paramètres ou coefficients. (*)

Elles fournissent les résultats intermédiaires nécessaires pour suivre le cheminement du calcul. Les résultats conditionnant le dimensionnement sont présentés sous forme de tableaux ou graphiques (**).

Dans le cas où les conditions d'exécution viennent modifier (***) de façon sensible les données prises en compte dans les notes de calculs, celles-ci sont mises à jour pour être jointes au dossier de l'ouvrage.

Doivent être parfaitement définis les programmes de calcul utilisés, les données introduites, les notations, les quantités faisant l'objet de sorties graphiques et les échelles correspondantes, et dans tous les cas les conventions de signes.

Les programmes de calcul comportent toutes les sorties nécessaires pour satisfaire les stipulations ci-dessus, et permettre d'interpréter aisément les résultats intermédiaires.

43.6 DISPOSITIONS POUR LA VISITE ET L'ENTRETIEN

Ces dispositions sont précisées sur les dessins de coffrage et sur des dessins complémentaires s'il y a lieu, et reportées sur les dessins d'armatures de

canalisations d'évacuation des eaux pluviales, joints, etc.) nécessaires au fonctionnement de la structure, ainsi que leur remplacement ultérieur ;

– d'autre part à l'intérieur des ouvrages lorsqu'il y a lieu.

Toutes ces dispositions ont des conséquences sur le dimensionnement des ouvrages. Les dessins contractuels et le marché définissent, autant qu'il en est besoin, les principes de ces dispositions.

En outre, pour les ouvrages de grandes dimensions ou d'accès particulièrement difficile, le marché peut prescrire la remise de documents supplémentaires particuliers, tels que par exemple une notice de visite et d'entretien.

***Article 44 : Dossier des ouvrages exécutés – Partie relative aux études**.*

** Voir article 36 du présent fascicule.*

manière à faire apparaître la compatibilité des dispositions proposées (*).

Article 44 : Dossier des ouvrages exécutés. Partie relative aux études (*)

Les modifications apportées lors de l'exécution par rapport aux dessins et notes techniques font l'objet d'enregistrements. Ces modifications sont portées sur les documents « conformes à exécution » faisant partie du dossier de l'ouvrage exécuté.

CHAPITRE 5 :

OUVRAGES PROVISOIRES AUTRES QUE LES COFFRAGES

Article 51 : Classement des ouvrages provisoires

51.1 NATURES DES OUVRAGES PROVISOIRES

** Ne sont pas concernés par le présent article les ouvrages provisoires qui ne sont pas directement liés à l'exécution du béton armé ou précontraint ou, tels par exemple les batardeaux, qui relèvent d'autres fascicules du CCTG.*

Pour les coffrages classiques, considérés comme ouvrages provisoires (c'est-à-dire à l'exclusion de ceux qui, tels par exemple les pré-dalles, sont incorporés à la structure définitive), il convient de se reporter au chapitre 6.

*** Parmi les matériels spéciaux on peut citer notamment les coffrages glissants et grimpants, les coffrages-outils de toute nature (les équipages mobiles, les coffrages « tunnel », etc.).*

Les engins de manutention, par exemple poutres de lancement, grues, portiques et engins de levage, sont soumis aux règles de sécurité qui leur sont propres et aux dispositions législatives et réglementaires.

*Voir aussi le commentaire ** de l'article 56.*

**** Il peut s'agir de protéger des personnes, des véhicules, d'autres ouvrages provisoires ou définitifs vis-à-vis de chutes de petites masses, de légers mouvements de grosses masses, de transfert inopiné de leurs poids, ou encore de chocs horizontaux de véhicules ou de corps flottants.*

Un exemple est constitué par les portiques rigides placés au-dessus des voies ouvertes à la circulation publique.

CHAPITRE 5 :

OUVRAGES PROVISOIRES AUTRES QUE LES COFFRAGES

Article 51: Classement des ouvrages provisoires

51.1 NATURES DES OUVRAGES PROVISOIRES

Les ouvrages provisoires concernés par le présent chapitre sont, selon leur fonction (*) :

– les étaiements (également appelés échafaudages porteurs ou cintres) qui sont destinés à supporter ou soutenir la structure en cours de réalisation ;

– les matériels spéciaux (**) liés aux procédés d'exécution prévus, à l'exclusion des engins de manutention ;

– les échafaudages de service (éventuellement désignés par le simple mot « échafaudages ») et plates-formes de travail, qui sont destinés à supporter seulement les déplacements du personnel, du matériel et des matériaux ;

– les dispositifs de protection vis-à-vis des risques de chutes d'éléments ou de matériels, et des risques de chocs accidentels (***).

– les dispositifs de brélages provisoires, en particulier par barres de précontraintes ou équivalent.

COMMENTAIRES

51.2 CATEGORIES D'OUVRAGES PROVISOIRES

** La complexité des ouvrages provisoires peut résulter notamment des conditions géométriques imposées par l'ouvrage (biais, pentes, etc.), du relief du terrain, de leurs conditions d'appui, de leur conception générale, ou du phasage des opérations.*

Dans la plupart des cas, l'existence d'un risque pour les tiers est liée à la réalisation de travaux dans une zone ouverte au public. L'importance probable des conséquences d'accident dépend alors largement du volume, de la vitesse et de la proximité de la circulation.

51.3 OBLIGATIONS DE L'ENTREPRENEUR

** Les obligations contractuelles de l'entrepreneur complètent, sans les reproduire, ses obligations légales résultant de la réglementation du travail.*

*** Par exemple, les étaiements et matériels spéciaux remplissent assez souvent des fonctions d'échafaudages de service et, parfois, de dispositif de protection.*

Article 52 : Le chargé des ouvrages provisoires Contenu du plan qualité

52.1 DÉSIGNATION ET RÔLE DU CHARGÉ DES OUVRAGES PROVISOIRES

** La position du COP doit être telle que les contrôles effectués par lui puissent être considérés comme internes.*

TEXTE

51.2 CATÉGORIES D'OUVRAGES PROVISOIRES

Les ouvrages provisoires sont répartis en deux catégories suivant leur complexité et le niveau de risque vis-à-vis de la sécurité au travail, vis-à-vis des tiers ou de l'ouvrage définitif.

Les ouvrages simples à faible niveau de risque sont rangés dans la deuxième catégorie. Les autres ouvrages provisoires sont rangés dans la première catégorie qui inclut en particulier les matériels spéciaux.(*)

En l'absence d'une répartition figurant au marché, la liste répartissant les ouvrages provisoires entre les deux catégories est justifiée et fournie par l'entrepreneur en même temps que le programme d'exécution, pour être soumise à l'approbation du maître d'œuvre. Elle est ensuite rappelée dans le plan qualité.

51.3 OBLIGATIONS DE L'ENTREPRENEUR

Les articles suivants (52 à 54) précisent les obligations contractuelles de l'entrepreneur en fonction des catégories retenues. Les articles 55 à 58 apportent des précisions complémentaires concernant les ouvrages provisoires des diverses natures (*).

Lorsqu'un ouvrage provisoire remplit des fonctions de plusieurs natures, l'ensemble des prescriptions relatives à ces natures lui est applicable (**).

Article 52 : Le chargé des ouvrages provisoires. Contenu du plan qualité

52.1 DÉSIGNATION ET RÔLE DU CHARGÉ DES OUVRAGES PROVISOIRES

L'entrepreneur soumet à l'acceptation du maître d'œuvre la désignation d'un « chargé des ouvrages provisoires », appelé COP dans la suite du texte. Cette proposition est présentée dans le cadre du document d'organisation générale, comme il est dit à l'article 34.2.2 ci-avant ; elle précise les références professionnelles de l'intéressé et sa situation dans l'entreprise ou vis-à-vis de celle-ci (*).

COMMENTAIRES

*** Maints accidents d'ouvrages provisoires ont été imputés à un oubli ou à un défaut de liaison entre bureau d'étude et chantier, ayant conduit à des erreurs de la part de ce dernier. C'est pourquoi le rôle de coordination dévolu au COP est primordial.*

*** Sont visées ici les opérations de montage, réglage, chargement, déplacement, démontage, ainsi que les conditions de remploi des ouvrages provisoires, y compris certains éléments essentiels tels que contrepoids, suspentes ou barres de brêlage .*

**** Il s'agit par exemple d'engins de chantier fixes ou mobiles, de stockage de matériaux sur les ouvrages (provisoire et définitif), etc.*

***** La solution adoptée consiste généralement à créer un deuxième niveau de sécurité (voir aussi commentaire * de l'article 93).*

52.2 CONTENU DU PLAN QUALITÉ

** Pour les ouvrages de première catégorie, ces documents sont soumis au visa du maître d'œuvre conformément aux dispositions des articles 55 à 58 ci-après.*

D'autres vérifications peuvent au choix de l'entrepreneur être ou non confiées au COP. Il s'agit notamment de celles consistant à vérifier que:

– les caractéristiques des matériaux et matériels approvisionnés pour

TEXTE

Divers COP peuvent être désignés pour divers ouvrages provisoires. Pour les ouvrages provisoires de deuxième catégorie, sauf prescription particulière du marché, le rôle peut être tenu par le responsable du chantier.

Le COP s'assure que les réponses apportées à l'évaluation des risques relatifs aux ouvrages provisoires sont pertinentes pour leur maîtrise (**). Sa mission consiste notamment à vérifier que :

– l'étude des ouvrages provisoires repose sur les données convenables et comporte toutes les précisions nécessaires à l'exécution, depuis les fondations ou supports jusqu'aux surfaces coffrantes ;

– l'interprétation des études fournies est correcte et l'exécution de ces ouvrages est conforme aux études fournies (dessins, charges exercées, programmes de mise en œuvre, consignes diverses).

Pour les ouvrages provisoires de première catégorie, le plan qualité définit les procédures et les consignes concernant la réalisation et l'utilisation des différents ouvrages provisoires (***), ainsi que l'utilisation de tout matériel exerçant une action sur ceux-ci ou sur l'ouvrage définitif en phase provisoire (*** *), et les dispositions prises à l'égard de tout élément dont la défaillance présenterait un risque appréciable pour la sécurité (*** **).

52.2 CONTENU DU PLAN QUALITÉ

Le plan qualité précise les modalités du contrôle interne des ouvrages provisoires, notamment de celui effectué par le COP. Si les dispositions du présent chapitre l'imposent ou si le marché le prescrit (*), le COP, avant tout début des opérations correspondantes, établit pour être transmises au maître d'œuvre les attestations récapitulant les vérifications obligatoirement effectuées par lui-même et certifiant qu'il a été remédié aux non-conformités constatées et qu'en conséquence les ouvrages provisoires concernés sont aptes

constituer les ouvrages provisoires sont conformes aux exigences ;

– les caractéristiques des matériaux et matériels utilisés ne sont pas altérées au cours de leurs emplois successifs ;

– les repères destinés à vérifier la géométrie des ouvrages (déformations, tassements) sont bien en place ;

– les ouvrages provisoires sont pérennes jusqu'à la fin de leur utilisation ;

– les ouvrages provisoires sont utilisés et démontés conformément aux exigences (notices, procédures, consignes, etc.).

Les modalités de ces vérifications n'en sont pas moins à porter au plan qualité.

Article 53 : Projet des ouvrages provisoires

53.1 GÉNÉRALITÉS

** Dans la conception des ouvrages provisoires, le souci d'économie ne doit pas l'emporter sur le souci de sécurité car ces ouvrages comptent parmi les constructions qui sont effectivement soumises aux charges prévues.*

L'attention est attirée notamment sur :

– les tassements prévisibles aux appuis sur le sol, pour lesquels il appartient à l'entrepreneur de compléter les données fournies par le maître d'œuvre ;

– les dispositions à prendre à l'égard de tous les risques d'instabilité ;

– la détermination des contreflèches en fonction des déformations prévues.

*** En sus des engins de manutention, certains ouvrages provisoires ou parties d'ouvrages provisoires relèvent des techniques de la construction mécanique. Il en résulte certaines différences dans le rôle possible du maître d'œuvre ; voir notamment à ce sujet le commentaire ** de l'article 56.*

Le marché peut compléter ou renforcer ces règles en fonction des problèmes particuliers posés par les conditions locales et la conception des ouvrages provisoires, dans la mesure où celle-ci est définie lors de la passation du marché.

à être mis en service.

Le plan qualité a essentiellement pour objet de décrire les dispositions pour la maîtrise de la conformité et de la sécurité des ouvrages provisoires eux-mêmes. Pour ce qui concerne la sécurité au travail, les dispositions du plan qualité sont complétées par celles du :

– PGCSPS (Plan général de coordination de la sécurité et de la protection de la santé), dont les exigences sont établies et contrôlées par le maître d'ouvrage ;

– PPSPS (Plan particulier de sécurité et de protection de la santé) et de ses additifs établis par l'entrepreneur.

Article 53 : Projet des ouvrages provisoires

53.1 GÉNÉRALITÉS

Le projet des ouvrages provisoires est à la charge de l'entrepreneur. Il comprend tous les documents nécessaires à leur définition, sous forme de dessins d'exécution, notices et consignes assortis de justifications correspondantes.

De façon générale les ouvrages provisoires sont conçus de telle sorte qu'ils présentent des degrés de sécurité adaptés à ceux des ouvrages définitifs (*).

Dans l'attente d'instructions définitives l'article 59 ci-après contient les principales règles à suivre pour les justifications, dans la mesure où il s'agit d'ouvrages provisoires relevant des techniques du génie civil (**).

Le projet tient compte des données imposées par l'ouvrage définitif et son environnement (***). En particulier les déformations des ouvrages provisoires ne doivent causer aucun dommage aux ouvrages définitifs en cours de prise ou de durcissement.

**** Il s'agit des données de toute nature y compris celles relatives à la qualité des parements, qui par exemple ne doit pas être compromise par des réservations ou fixations intempestives.*

Les parties de l'ouvrage définitif soumises à des sollicitations dues aux ouvrages provisoires ou aux procédés de construction utilisés sont justifiées compte tenu de la résistance du béton atteinte au moment de l'application des actions correspondantes. Les renforcements éventuels dus à ces actions (et qui restent incorporés à la structure achevée) sont à la charge de l'entrepreneur (Cf. article 1.4.2 de l'Annexe D au présent fascicule), à moins qu'ils aient été explicitement décomptés dans le marché.

**** * La stricte observation de l'ordre des opérations peut être fondamentale à la fois pour respecter les charges prévues sur les ouvrages provisoires ou définitifs et pour assurer la sécurité du personnel et des tiers.*

**** ** Les consistances et objets des pièces à soumettre au maître d'œuvre ou à tenir à sa disposition sont définis, en fonction de la nature et de la catégorie des ouvrages provisoires, dans les articles 55 à 58, et éventuellement complétés par le marché.*

Dans le cadre des vérifications que le maître d'œuvre doit assurer, la signature du COP représente une garantie importante.

53.2 DESSINS DES OUVRAGES PROVISOIRES

** Ils font apparaître les emplacements des efforts extérieurs appliqués.*

Il donne la succession détaillée de toutes les phases opératoires, avec les chargements et les réglages correspondants (*** *)

Les spécifications des matériels utilisés, qu'il s'agisse de matériels spéciaux ou de tout matériel en provenance d'un tiers fabriquant ainsi que les justifications correspondant à ces matériels, sous forme de notes de calculs, procès-verbaux d'essai, certificats de conformité, font partie des documents constituant le projet.

Avant l'exécution, tous les documents constituant le projet sont signés ou contresignés par le COP. Outre les dispositions des articles 55 à 58 ci-après, un jeu complet de ces documents, visé par le COP, est tenu en permanence sur le chantier, à la disposition du maître d'œuvre, jusqu'à la réception des ouvrages définitifs (*** **)

53.2 DESSINS DES OUVRAGES PROVISOIRES

Les dessins d'exécution définissent la géométrie des ouvrages provisoires (*), ainsi que la nature et les caractéristiques de tous leurs éléments constitutifs.

Les dessins précisent notamment, s'il y a lieu :

– les dispositions prises pour assurer la stabilité et la protection des fondations, faisant apparaître les zones de remblai récent, la présence de fouilles ou de canalisations, les zones de ruissellement et les dispositions prises pour éviter les affouillements ;

– les dispositions prises pour limiter les tassements du sol, par exemple par des semelles de répartition de dimensions suffisantes ;

– la nature des assemblages ;

– les conditions d'appui des éléments porteurs, qui doivent être compatibles avec leur stabilité propre et celle de leurs supports ;

– les dispositions assurant le contreventement, qui doit être assuré dans les trois dimensions de l'espace ;

– les dispositions à respecter pour la manutention et pour toutes les opérations de réglage, décalage, décintrement, décoffrage, démontage ;

– les contreflèches et les tolérances d'exécution ;

– les dispositions permettant d'assurer d'une part la mise en place et le serrage du béton, et d'autre part la liberté de déformation du béton sous les effets du retrait et de la mise en précontrainte ;

– les dispositifs de contrôle des déformations et des tassements en fonction du processus de mise en charge.

Cependant, pour les échafaudages de service et plates-formes de travail de deuxième catégorie, les dessins peuvent être simplifiés (par exemple simple schéma) sous réserve que les sujétions de mises en œuvre des ouvrages provisoires en question soient bien connues et bien comprises par les opérateurs (**).

*** Tous les ouvrages provisoires, cependant, doivent satisfaire aux conditions requises par la réglementation du travail.*

Article 54 : Réalisation et utilisation des ouvrages provisoires

Article 54 : Réalisation et utilisation des ouvrages provisoires

54.1 CARACTERISTIQUES DES MATÉRIAUX ET MATÉRIELS À UTILISER

54.1 CARACTERISTIQUES DES MATÉRIAUX ET MATÉRIELS À UTILISER

Lors de la livraison au chantier de tous matériaux ou matériels destinés aux ouvrages provisoires, le COP établit pour cette livraison un document de suivi attestant :

– soit qu'il s'agit de produits neufs ;

– soit, si les produits ne sont pas neufs dans la mesure où le marché ne l'interdit pas, qu'il s'agit de produits ayant été vérifiés, triés et remis en état suivant les règles de l'art de façon à donner des garanties équivalentes à celles des produits neufs (*)

Pour les ouvrages de deuxième catégorie, un exemplaire de ce document est tenu à la disposition du maître d'œuvre sur le chantier, avec les documents

** La sécurité de l'exécution impose l'élimination de tout risque de défectuosité cachée.*

Par exemple, on peut normalement considérer que des garanties équivalentes à celles des produits neufs sont compatibles avec la présence de trous pour clous ou boulons, provenant d'usages antérieurs, parce qu'il n'en résulte pas de diminution significative de la résistance. On doit par contre considérer de telles garanties comme incompatibles avec la présence de pièces métalliques faussées même redressées par la suite, ou ayant subi une

corrosion réduisant notablement leurs caractéristiques, ou de pièces en bois ayant subi un dommage accidentel (fente, brûlure, etc.).

*** La limite ainsi assignée au nombre de remplois est fixée par l'entrepreneur sous sa responsabilité.*

L'attention est attirée en outre sur ce que certains matériaux, tels que par exemple des barres de précontrainte, de par leur nature sont inaptes à tout remploi, même s'ils sont en parfait état apparent, ou ne sont réutilisables que moyennant la présence de deux niveaux de sécurité.

**** Par exemple, les barres de précontrainte utilisées comme moyen d'exécution (brélages provisoires) constituent un matériel à gros risque en cas de non respect des précautions impératives dont sont assortis à la fois leur emploi et leur stockage (interdiction de les soumettre à des efforts de flexion, de souder à proximité).*

54 .2 EXÉCUTION, UTILISATION, CONTRÔLES CORRESPONDANTS

** Se reporter au chapitre 17 ci-après.*

*** Pour éviter les déformations trop incertaines, en sus du respect des dispositions du projet rappelées à l'article 53.2 ci-dessus, on doit notamment s'attacher à éliminer ou, à défaut, rectifier les assemblages ou transmetteurs d'efforts susceptibles de jeux excessifs sous les actions exercées, par exemple, en bourrant de mortier les vides existants entre des pièces en bois.*

**** Il s'agit notamment de remédier à des jeux excessifs apparus avant le jour du bétonnage, par exemple par des bourrages au mortier ou resserrages de boulons.*

constituant le projet (Cf. article 53.1) jusqu'à la réception des ouvrages définitifs. Pour les ouvrages provisoires de première catégorie, ce document est transmis au maître d'œuvre.

Le remploi sur le chantier des matériaux ou matériels est autorisé, tant que leurs détériorations ou leur état de fatigue ne risquent pas de compromettre la sécurité de l'exécution (**). L'entrepreneur porte sur les dessins d'exécution, s'il y a lieu, le nombre de remplois admissible.

Les matériaux ou matériels dégradés sont rebutés (***) ou réparés en atelier sous le contrôle du COP.

54 .2 EXÉCUTION, UTILISATION, CONTRÔLES CORRESPONDANTS

Les tolérances applicables aux ouvrages provisoires sont fixées en fonction des tolérances retenues pour les ouvrages définitifs (*)

Les déformations des ouvrages provisoires sont contrôlées par des nivellements à la charge de l'entrepreneur, grâce à des repères établis par lui en des points soumis à l'acceptation du maître d'œuvre. Les documents de suivi correspondants sont transmis à mesure au maître d'œuvre.

L'entrepreneur prend toutes dispositions utiles pour éviter les déformations préjudiciables (**). Il assure l'entretien régulier des ouvrages provisoires (***)

COMMENTAIRES

Article 55 : Prescriptions complémentaires concernant les étaiements.

** Se reporter à la note d'information n° 07 « Limitation de la déformation des ouvrages provisoires sous le poids du béton frais » publiée à cet effet par le SETRA.*

Ce document contient une spécification qui est normalement à contractualiser pour les étaiements destinés à porter les tabliers des ponts pendant leur construction. Pour les autres étaiements et pour les échafaudages de service (Cf. article 57), il y a lieu de s'inspirer de ses dispositions.

*** Ce schéma a pour objet de permettre au maître d'œuvre de s'assurer que la conception générale de l'étaiement n'est pas d'une complexité incompatible avec un classement en deuxième catégorie et d'apprécier ses interférences éventuelles avec l'ouvrage définitif ou avec d'autres travaux.*

Dans tous les cas, il appartient au maître d'œuvre de veiller à ce que le COP intervienne conformément au présent fascicule. C'est, en effet, sur cette intervention que repose principalement la sécurité de l'étaiement.

Article 56: Prescriptions complémentaires concernant les matériels spéciaux

** Il est rappelé que ces ouvrages sont classés en première catégorie (Cf. article 51.2). Des prescriptions supplémentaires sont fixées par le marché, en tant que de besoin, en fonction des précisions fournies par l'entrepreneur à l'appel d'offres.*

Il est rappelé que les efforts induits sur les ouvrages définitifs doivent être pris en compte dans les études d'exécution (Cf. article 42).

*** Ces vérifications ne relèvent pas des techniques du génie civil.*

TEXTE

Article 55 : Prescriptions complémentaires concernant les étaiements

Pour les étaiements de première catégorie, avant tout début des opérations correspondantes, les documents constituant le projet et ceux attestant le contrôle interne du projet et de la réalisation sont soumis au visa du maître d'œuvre.

Pour les étaiements de deuxième catégorie, ces documents sont tenus à la disposition du maître d'œuvre, avant tout début des opérations correspondantes. Cependant, lorsque les étaiements sont destinés à supporter une partie d'ouvrage (*), un schéma définissant le principe de leur constitution est adressé au maître d'œuvre quinze jours au moins avant tout commencement d'exécution (**). Ce schéma comporte toutes cotes utiles d'un point de vue fonctionnel.

Article 56 : Prescriptions complémentaires concernant les matériels spéciaux (*)

Les documents définissant les matériels spéciaux, en vue d'assurer leur résistance interne et de limiter leur déformabilité, font l'objet de vérifications spécifiques effectuées par les soins d'un organisme habilité, même s'il s'agit de matériels ou d'engins faisant l'objet de secrets de fabrication (**). Les certificats et procès-verbaux d'essais correspondants sont contresignés par le COP et transmis au maître d'œuvre avant tout début d'utilisation.

COMMENTAIRES

Il est rappelé d'autre part que, dans les matériels spéciaux, ne sont pas classés les engins de manutention. Ceux-ci ne relevant pas non plus des techniques du génie civil, doivent en tant qu'appareils de levage faire l'objet, en vertu de la réglementation du travail, d'épreuves particulières, statiques ou dynamiques, sous le contrôle d'un organisme agréé. Il convient, le cas échéant, de faire appel à l'inspection du travail.

**** Ces autres documents sont donc tous ceux qui n'ont pas fait l'objet des vérifications spécifiques évoquées à l'alinéa précédent et à son commentaire.*

Article 57 : Prescriptions complémentaires concernant les échafaudages de service et plates-formes de travail

** Ces ouvrages provisoires doivent essentiellement satisfaire aux prescriptions réglementaires de nature fonctionnelle et structurale prévues pour assurer la sécurité du travail.*

Du point de vue structural, les règles de l'art sont analogues à celles relatives aux étaiements, mais fortement atténuées, dans la mesure où les charges à supporter ne sont pas du même ordre de grandeur.

*** C'est donc normalement sur la seule intervention du COP que repose directement la sécurité de ces ouvrages. Néanmoins un examen sommaire peut utilement être effectué occasionnellement par le maître d'œuvre sur le chantier, en particulier vis-à-vis des risques de perte d'équilibre statique (pièces éventuellement disposées en porte à faux) et de l'absence ou de l'insuffisance évidente de certains contreventements.*

Article 58 : Prescriptions complémentaires concernant les dispositifs de protection

** Ces prescriptions sont à compléter dans les marchés en fonction des protections à assurer. L'attention est appelée, d'une part sur l'importance des effets dynamiques éventuels, d'autre part sur la nécessité de s'en tenir à des prescriptions réalisables.*

TEXTE

Les autres documents constituant le projet de ces ouvrages (notamment ceux relatifs à leur équilibre statique, à leurs appuis et à leur fixation en cours d'utilisation), ceux attestant les contrôles internes correspondants et ceux attestant le contrôle interne de la réalisation et de l'utilisation, sont soumis au visa du maître d'œuvre (***)

Article 57 : Prescriptions complémentaires concernant les échafaudages de service et plates-formes de travail (*)

Pour les échafaudages de service et plates-formes de travail de première catégorie, les documents constituant le projet et ceux attestant le contrôle interne du projet et de la réalisation sont soumis au visa du maître d'œuvre, avant tout début des opérations correspondantes.

Pour les échafaudages de service et plates-formes de travail de deuxième catégorie, seules la tenue à disposition des documents (le projet des ouvrages provisoires), prescrite par l'article 53.1 du présent fascicule est applicable (**). Cependant, si le marché le prévoit, les attestations du contrôle interne des ouvrages provisoires effectué par le COP, visées à l'article 52.2, sont transmises au maître d'œuvre.

Article 58 : Prescriptions complémentaires concernant les dispositifs de protection (*)

Pour les dispositifs de première catégorie, les documents constituant le projet et les documents de suivi attestant le contrôle interne du projet et de la réalisation sont soumis au visa du maître d'œuvre avant tout début des opérations correspondantes.

COMMENTAIRES

*** En ce qui concerne les hypothèses de base de leur dimensionnement, il importe de bien distinguer les valeurs numériques des données à caractère accidentel de celles qui sont de nature permanente ou variable.*

Se reporter par ailleurs aux dispositions de l'article 53.1 sur la tenue à disposition des documents du projet.

Article 59 : Bases de justifications de résistance et de comportement des ouvrages provisoires – Capacités portantes et épreuves

Il est rappelé que le présent article n'est applicable qu'aux ouvrages provisoires relevant des techniques du génie civil (Cf. article 53.1). Elle ne s'applique que partiellement au dimensionnement des matériels spéciaux. Par contre, elle reste applicable aux éléments d'ouvrages provisoires justifiables par l'essai.

59.1 PRINCIPES DES JUSTIFICATIONS

** Les conséquences de la spécificité des ouvrages provisoires sont développées dans les articles 59.3 à 59.7.*

*** Il s'agit en particulier :*
– des normes spécifiques aux étaiements et ouvrages auxiliaires provisoires : EN 1065, EN 12811, EN 12812 ;
– des directives ayant fait l'objet de la circulaire n°79-25 du 13 mars 1979, remplacées à court terme par les normes NF-EN 1990 et NF-EN 1991 ;
– des fascicules du CCTG, remplacés à court terme par les eurocodes structuraux accompagnés de leur annexe nationale ;
– des eurocodes structuraux (normes NF-EN 1990 à NF-EN 1999) , au fur et à mesure de leur mise en vigueur.

TEXTE

Pour les dispositifs de deuxième catégorie, seuls les hypothèses qualitatives et numériques de base de leur dimensionnement et un schéma définissant le principe de leur constitution sont soumis au visa du maître d'œuvre (**). Cependant, si le marché le prévoit, les attestations du contrôle interne des ouvrages provisoires effectué par le COP, visées à l'article 52.2, sont transmises au maître d'œuvre.

Article 59 : Bases de justifications de résistance et de comportement des ouvrages provisoires – Capacités portantes et épreuves

59.1 PRINCIPES DES JUSTIFICATIONS

Sous réserve de leur spécificité (*), les ouvrages provisoires sont justifiés conformément aux règles en vigueur(**).

COMMENTAIRES

59.2 CHARGES ET AUTRES ACTIONS A PRENDRE EN COMPTE

59.2.1 CHARGES PERMANENTES

59.2.2 ACTIONS CLIMATIQUES

** De façon générale, l'évaluation des valeurs représentatives des actions climatiques :*
– doit tenir compte de toutes les circonstances particulières à chaque situation de projet considérée (par exemple variation des surfaces exposées au vent, à l'eau, à la glace et à la neige selon la situation de projet) ;
– peut tenir compte de la durée réduite de chaque situation de projet ;
– doit tenir compte des simultanéités prévisibles des diverses actions.

59.2.3 CHARGES DE CHANTIER

** L'attention est appelée sur l'importance que peuvent prendre certains effets dynamiques.*

59. 2.3.1

** Il s'agit de la norme EN 1991-1-6. L'action correspondante est l'action (a) donnée dans le tableau 4.11.2 de cette norme.*

*** Cette charge suppose une hauteur de chute du béton frais limitée à moins de 1 mètre et l'absence d'un impact violent d'une benne. Elle ne tient pas compte des matériaux et matériels généraux du chantier, stockés ou disposés sur les étaiements ou matériels spéciaux étudiés.*

59. 2.3.2

Il s'agit de la norme EN 1991-1-6.

*** Ces charges sont surtout à considérer pour le calcul des échafaudages de service. Elles ne tiennent pas compte des stocks éventuels de matériaux ni*

TEXTE

59.2 CHARGES ET AUTRES ACTIONS A PRENDRE EN COMPTE

59.2.1 CHARGES PERMANENTES

Il convient de se reporter aux règles en vigueur.

59.2.2 ACTIONS CLIMATIQUES

Il convient de se reporter aux règles en vigueur (*).

59.2.3 CHARGES DE CHANTIER

Il convient de se reporter aux règles en vigueur (*)

59. 2.3.1

En attente de la publication de l'annexe nationale à la norme pertinente (*), la charge localisée d'une équipe de bétonnage (personnel, matériel correspondant et surépaisseur temporaire de béton frais avant épandage), sera prise au moins égale à 5 KN/m² (**).

59. 2.3.2

En attente de la publication de l'annexe nationale à la norme pertinente (*), la valeur minimale de la charge d'une équipe au travail (personnel et matériel correspondant ainsi que matériaux transportés) pour déplacer ou installer certains matériaux ou matériels, sera modélisée de la manière suivante (**) :

des matériels généraux du chantier.

Dans la plupart des cas, on pourra considérer qu'une équipe de (n + 1) personnes occupe une surface de (n + 1) mètres carrés ; chaque partie de cette surface doit pouvoir supporter 1,8 KN en l'absence de charge sur les autres parties.

59.2.3.3

** Voir notamment le manuel de technologie «Coffrage» du Conseil international du bâtiment n° 85 (1985).*

Les facteurs les plus significatifs sont :
– la hauteur de béton frais, liée à la vitesse d'avancement du bétonnage, à la vitesse de prise et, par suite, à la température et à l'emploi éventuel de retardateurs ;
– l'affaissement, la vibration et l'effet de voûte lorsque l'épaisseur à bétonner est inférieure à 500 mm ;
– le caractère autoplaçant éventuel du béton.

59.2.3.4

** Voir le manuel cité à l'article précédent. Il s'agit généralement d'effets fortuits dus à des mouvements divers, à des projections de béton, à des réactions dans les coudes de tuyauteries destinées au pompage du béton. Les valeurs correspondantes sont généralement à évaluer de façon forfaitaire et prudente.*

59.2.4 ACTIONS ACCIDENTELLES

** Ces actions concernent systématiquement les ouvrages de protection. Cependant, de telles actions, quoique généralement moins grandes, peuvent fréquemment concerner les autres ouvrages provisoires ; elles représentent généralement l'effet de chocs divers liés à l'activité du chantier.*

59.3 MODES DE JUSTIFICATION DE LA REPONSE DES OUVRAGES PROVISOIRES

** Il s'agit non seulement de leur résistance, mais aussi des autres propriétés de leurs comportements (déformations, etc.).*

– 1,8 KN/m² uniformément répartis sur toute surface inférieure ou égale à 1 m² ;
– (1,8 + n) KN/m² uniformément répartis sur toute surface de plus de 1 m² pouvant porter (n + 1) personnes.

59.2.3.3

En ce qui concerne la poussée du béton frais, il convient de se reporter à la littérature technique (*).

59.2.3.4

En ce qui concerne les efforts latéraux divers, il convient de se reporter à la littérature technique (*).

59.2.4 ACTIONS ACCIDENTELLES (*)

Si elles ne sont pas fixées par le marché, elles sont à évaluer par l'auteur du projet et à porter, avec les justifications correspondantes, dans les documents à établir par l'entrepreneur (article 53 du présent chapitre).

59.3 MODES DE JUSTIFICATION DE LA REPONSE (*) DES OUVRAGES PROVISOIRES

Les évaluations des valeurs de calcul des réponses des ouvrages provisoires sont, selon le cas, basées sur des calculs ou sur des essais.

COMMENTAIRES

*** Ne peuvent être considérés, dans la plupart des cas, comme modélisables avec une bonne précision que des ouvrages constitués d'éléments et d'assemblages semblables à ceux couramment utilisés pour des ouvrages définitifs. Ainsi, par exemple, ne peuvent être considérés comme tels :*

– des structures triangulées dont la convergence des éléments aux nœuds n'est pas assurée (sauf pour les structures en bois à tenir compte des règlements en vigueur) ;

– des structures métalliques comportant des assemblages par emboîtement ou boulonnés avec du jeu autour des boulons ;

– des structures comportant des éléments de forme complexe ;

– des structures dont les déformations à prendre en compte pour l'évaluation des effets du deuxième ordre sont difficilement prévisibles.

Dans la plupart des cas, en revanche, les ouvrages provisoires en bois ou en béton sont modélisables avec une bonne précision.

**** C'est normalement en fonction de la gravité du risque couru en cas d'accident (et non pas systématiquement pour les ouvrages provisoires de première catégorie) qu'il y a lieu de prévoir ou non de telles épreuves ; il convient, en ce cas, d'en définir dans le marché les modalités par référence aux charges les plus agressives susceptibles d'être appliquées en cours de travaux. L'appréciation peut aussi tenir compte d'une conception particulière de l'ouvrage provisoire concerné et du coût d'épreuves.*

**** * Ces règles pourront être modifiées, en cas d'institution d'un régime de certification de qualité officiellement reconnu, pour les ouvrages ou parties d'ouvrages qui y seraient soumis.*

Les indications éventuellement fournies par un producteur sous forme de catalogue ou même d'attestations ne peuvent être présentement considérées comme entrant dans le cadre d'un régime officiellement reconnu.

TEXTE

Les justifications par le calcul ne peuvent être admises que pour des ouvrages ou parties d'ouvrages provisoires pouvant être modélisés avec une bonne précision (**).

Ces justifications sont complétées par des épreuves si le marché le prescrit (***).

De plus, lorsqu'il est prévu d'utiliser des éléments structuraux fabriqués en série, les justifications sont normalement basées sur des essais.

Des règles de détail sont données dans les articles qui suivent (*** *).

COMMENTAIRES

59.4 REGLES D'ABATTEMENT EN CAS DE REMPLOI

** A titre indicatif, le coefficient α peut, à défaut d'autre information (par exemple, résultat d'épreuves de comportement), être évalué comme suit pour des étaiements de conception classique :*

Nombre d'usages successifs	*2*	*3 ou 4*	*5 à 7*	*8 à 10*	*> 10*
Valeur de α	*0,95*	*0,90*	*0,85*	*0,80*	*0,75*

L'attention est attirée sur ce que ce coefficient peut ne pas suffire à couvrir les effets d'un dommage grave (par exemple pièce principale fortement faussée du fait d'un choc). Par ailleurs, ce coefficient n'a pas pour objet de couvrir les effets d'une réduction notable de section par corrosion.

Ces valeurs sont établies pour des ouvrages provisoires considérés dans leur ensemble et non pas nécessairement pour chacun de leurs éléments constitutifs. Elles ne sont pas applicables aux étaiements explicitement conçus et justifiés pour le remploi.

59.5 REGLES PARTICULIERES AUX OUVRAGES PROVISOIRES METALLIQUES

59.5.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

59.5.1.1

** Les modifications du coefficient γ_M par rapport aux ouvrages définitifs tiennent compte de ce que leur conception d'ensemble et de détail diffère de celle des ouvrages définitifs, de même que leurs conditions de réalisation, et de ce que l'évaluation des efforts auxquels ils sont soumis comporte moins de marges de sécurité que pour les ouvrages définitifs.*

TEXTE

59.4 REGLES D'ABATTEMENT EN CAS DE REMPLOI

Les règles données dans les articles suivants supposent qu'il est fait exclusivement usage d'éléments à l'état de neuf ou remis en état conformément aux stipulations du présent fascicule.

Au cas où des étaiements feraient l'objet, sans démontage, de plusieurs usages successifs sur un même chantier, il en est tenu compte par un abattement (application d'un coefficient réducteur α) de l'estimation de leur capacité portante à l'état de neuf (*).

59.5 REGLES PARTICULIERES AUX OUVRAGES PROVISOIRES METALLIQUES

59.5.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

59.5.1.1

En cas de justification par le calcul, le coefficient de sécurité partiel global γ_M défini dans le règlement en vigueur sera majoré par 1,10 (*)

Si la nuance de l'acier n'est pas identifiée et contrôlée pour l'ensemble de l'ouvrage provisoire avec la même certitude et les mêmes assurances que pour un ouvrage définitif, la valeur caractéristique de la limite élastique est estimée comme la valeur minimale raisonnablement envisageable.

COMMENTAIRES

59.5.1.2

59.5.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE DES ÉLÉMENTS UTILISES

** On se réfère normalement à des essais faits antérieurement, lors de la mise au point des modèles des éléments qui seront effectivement utilisés. On ne peut cependant se référer qu'à des essais effectués sur des éléments identiques à ceux qui seront effectivement utilisés. Une référence à des catalogues n'est pas admise comme substitut à des procès-verbaux d'essais.*

*** La dispersion des capacités portantes des éléments non modélisables avec précision est souvent élevée. Il serait extrêmement dangereux d'assimiler leur capacité portante caractéristique à une estimation assez grossière de leur résistance moyenne (moins de six résultats d'essais).*

**** Une modélisation a posteriori doit faire apparaître non seulement le mode de ruine, mais aussi plus généralement un comportement conforme aux essais.*

59.6 REGLES PARTICULIERES AUX OUVRAGES PROVISOIRES EN BOIS

TEXTE

59.5.1.2

S'il est ensuite procédé à des épreuves, celles-ci sont effectuées dans des conditions telles que ni des tiers ni le personnel susceptible d'être impliqué ne soient mis en danger par un effondrement éventuel. Elles sont poussées jusqu'à *k* fois les charges les plus agressives susceptibles d'être appliquées en cours de travaux, avec $k = 1{,}15$, sauf stipulation contraire du marché. Il devra être vérifié que le comportement de l'ouvrage reste élastique jusqu'à la fin des épreuves.

59.5.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE DES ÉLÉMENTS UTILISÉS (*)

En cas de justification par des essais, ceux-ci sont poussés jusqu'à détermination de la capacité portante maximale.

Si moins de six essais sont effectués sur des éléments structuraux d'un modèle donné, il est retenu comme capacité portante ultime de calcul la moyenne des résultats des essais, divisée par un coefficient γ_M pris égal à 1,25, sans que ce quotient puisse dépasser le résultat le plus petit divisé par 1,10 (**).

S'il est effectué de six à quinze essais, il est procédé comme ci-dessus en donnant à γ_M la valeur de 1,15, sans que le quotient puisse dépasser le résultat le plus petit.

Toutefois, si l'élément a pu, avant ou après les essais, être modélisé avec une bonne précision, il est admis de retenir la capacité portante déduite du modèle de calcul divisée par un coefficient γ_M pris égal à 1,10, si ce quotient est plus favorable que le quotient retenu en application des alinéas qui précèdent, mais à condition qu'aucun résultat d'essai ne soit inférieur de plus de 5 % à la capacité portante évaluée par le modèle de calcul (***).

59.6 REGLES PARTICULIERES AUX OUVRAGES PROVISOIRES EN BOIS

COMMENTAIRES

** En attendant l'application de l'Eurocode NF-EN 1995, le règlement en vigueur est le DTU P21-701, dit règles CB 71, modifiées en 1975. Les majorations des contraintes admissibles fixées par l'article 1.2.2 et l'article 4.9.1.5 des règles CB 71 sont applicables.*

59.6.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

** Dans les cas courants, l'humidité du bois peut être forfaitairement fixée à 20 %.*

59.6.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE DES ÉLÉMENTS UTILISES

59.7 REGLES PARTICULIERES AUX OUVRAGES PROVISOIRES EN BETON

59.7.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

** En général, les éléments en béton d'ouvrages provisoires sont de conception semblable à ceux d'éléments d'ouvrages définitifs.*

*** Il s'agit généralement d'éléments de coffrage pouvant avoir aussi un rôle d'étaiement, d'échafaudage de service ou de dispositif de protection.*

TEXTE

Il est fait application des règles en vigueur. (*).

59.6.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

Si des épreuves sont prescrites, les contraintes admissibles sont réduites, le cas échéant, comme indiqué à l'article 59.5.1.1 ci-dessus, et les épreuves sont effectuées conformément à l'article 59.5.1.2 (*).

59.6.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE DES ÉLÉMENTS UTILISÉS

Si, conformément aux règles en vigueur, des justifications sont basées sur des essais, ceux-ci sont effectués sur des éprouvettes préalablement soumises à une immersion prolongée, et accompagnés de mesures de déformation.

Les règles données à l'article 59.5.2 ci-dessus sont applicables pour les essais et leur interprétation. Il est ensuite fait application, pour déterminer les sollicitations admissibles, des coefficients de sécurité fixés dans les règles en vigueur.

59.7 REGLES PARTICULIERES AUX OUVRAGES PROVISOIRES EN BETON

59.7.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL (*)

En cas de justification par le calcul, il est fait application des règles en vigueur , moyennant les précautions suivantes en cas d'emploi d'éléments minces (**).

Ces éléments, lorsque leur épaisseur est inférieure à dix centimètres, sont justifiés en prenant en compte une position des armatures par rapport aux parois, déplacée de deux centimètres dans un sens défavorable par rapport à leur position théorique.

COMMENTAIRES

**** Pour être probantes vis-à-vis des états-limites ultimes, des épreuves devraient être effectuées à un niveau de charge tel que les éléments éprouvés seraient gravement endommagés par fissuration.*

59.7.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE DES ÉLÉMENTS UTILISES

** Eu égard à l'impossibilité de reconnaître a posteriori, en raison du caractère interne des armatures, les anomalies éventuelles présentées par certains lots de fabrication ou même par certains éléments isolés, et aux risques de rupture fragile des éléments en béton en cas d'insuffisance, une justification par des essais nécessite des conditions qu'on ne peut présentement guère escompter pour les éléments en béton d'ouvrages provisoires.*

*Pour la raison donnée dans le commentaire * de l'article 59.7.1 précédent, une telle justification ne présenterait d'ailleurs qu'un intérêt limité.*

TEXTE

Sauf éventuellement pour les pieux, il n'est normalement pas procédé à des épreuves pour les ouvrages provisoires en béton (***).

59.7.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE DES ÉLÉMENTS UTILISÉS

En l'absence d'indication dans les marchés, de telles justifications ne seront admises que dans le cadre d'un régime de certification de qualité officiellement reconnu (*).

COMMENTAIRES

CHAPITRE 6 :

PAREMENTS, PAROIS ET SURFACES NON-COFFRÉES

** Lorsque des surfaces de béton sont destinées à être revêtues, le parement désigne donc la surface livrée, après mise en œuvre des revêtements.*

*** Le marché peut prévoir la possibilité de réaliser des parements avec des surfaces non coffrées. Des essais de convenance sont alors nécessaires (Cf. article 84.4 ci-après).*

Article 61 : Généralités.

** Une lasure transparente laisse apparaître la texture et le degré d'homogénéité de clarté de teinte.*

*** Ce peut être par exemple le cas de faces internes de certaines structures (poutres-caissons, réservoirs, silos, aéroréfrigérants) pour assurer le respect des tolérances sur les épaisseurs d'âmes et de hourdis ou de voiles.*

**** Ces exigences peuvent porter sur l'aspect ou la texture.*

TEXTE

CHAPITRE 6 :

PAREMENTS, PAROIS ET SURFACES NON-COFFREES

Le présent chapitre traite, d'une part des surfaces coffrées de béton destinées ou non à rester brutes de décoffrage, et d'autre part des surfaces non coffrées destinées à rester brutes ou à recevoir une couche d'étanchéité horizontale. Les traitements de surface (*) tels que peintures, lasures, enduits et couches d'étanchéité adhérentes ou non au support ne sont pas traités dans le présent chapitre.

Le chapitre traite en outre du choix des peaux coffrantes, de leur préparation et de leur entretien. Les coffrages glissants ou perdus ne sont pas traités dans le présent chapitre et doivent faire l'objet de spécifications particulières dans le marché.

Les coffrages et traitements de surface non considérés dans ce chapitre ne sont admis que lorsque le marché le prévoit (**)

Article 61 : Généralités.

Les surfaces de béton sont classées en trois catégories :

– les surfaces coffrées de béton qui sont laissées brutes de décoffrage ou destinées à ne recevoir qu'une lasure transparente (*) et qui sont soumises à des exigences portant sur l'aspect. Ces surfaces sont dénommées parements.

– les autres surfaces coffrées, qui ne sont soumises qu'à des exigences de texture et de précision dimensionnelle. Ces surfaces sont appelées parois (**).

– les surfaces non coffrées qui peuvent être soumises ou non à des exigences particulières (***).

COMMENTAIRES

Article 62 : Spécifications, classes de surface.

62.1 LES PAREMENTS

62.1.1 CLASSIFICATION

** Ce doit être le cas le plus fréquent. En particulier, l'obtention de parements fins entraîne des sujétions souvent coûteuses.*

*** La régularité vis-à-vis des divers critères, exigée à des degrés inégaux selon la classe de parement et à une échelle définie par les pièces particulières du marché, est un élément fondamental pour la qualité d'aspect. Le marché peut fixer pour les parements simples des spécifications complémentaires :*

– respect d'une tonalité générale : blanc, ocre, gris clair ou gris foncé par exemple ;

– conformité de l'aspect à un béton de convenance réalisé en début de chantier.

**** Le marché définit si les parements ouvragés sont préfabriqués ou coulés en place.*

62.1.2 PAREMENTS SIMPLES

TEXTE

Sauf disposition différente du marché, les surfaces de béton visibles du public sont classées dans la première catégorie

Article 62 : Spécifications, classes de surface.

62.1 LES PAREMENTS

62.1.1 CLASSIFICATION

Les exigences portant sur l'aspect des surfaces de béton dépendent des classes de parements définies ci après :

– les parements simples (*), laissés bruts de décoffrage et dont l'aspect ne fait l'objet que d'une exigence de régularité générale (**) ;

– les parements fins, laissés bruts de décoffrage et dont l'aspect fait l'objet d'une exigence de régularité générale, et d'exigences particulières relatives à la texture, la teinte et les formes géométriques, et définies par le marché ;

– les parements ouvragés, préfabriqués ou coulés en place, qui doivent satisfaire à des exigences d'ordre décoratif définies par le marché. Dans certains cas ces parements peuvent recevoir un traitement de surface.(***)

Le marché précise à quelles classes appartiennent les parements. En l'absence de précision, les parements sont réputés parements simples.

62.1.2 PAREMENTS SIMPLES

À l'échelle d'un panneau de coffrage et à l'échelle d'un même élément de structure, la teinte paraît uniforme sans taches ni marbrures. Elle présente une unité à l'échelle de l'ouvrage telle qu'il ne soit pas possible de déceler de différences sensibles entre éléments semblables voisins, ni de différences importantes entre éléments éloignés.

COMMENTAIRES

** En référence aux critères du fascicule de documentation P 18-503 paragraphes 5.2 et 6, ces tolérances de texture correspondent au niveau E (2-2-3).*

*** En référence aux critères du fascicule de documentation P 18-503 paragraphe 5.1, ces tolérances de forme correspondent au niveau P2 quand il s'agit de planéité.*

62.1.3. PAREMENTS FINS

** Les variations maximales de teinte dans le cas d'une texture relativement lisse peuvent être appréciées à l'aide d'une échelle de gris, (par exemple conforme à celle du document 24 du Comité international du béton repris dans le fascicule de documentation P 18-503), dans des conditions bien définies (béton sec, lumière diffuse, point d'observation situé à une certaine distance du parement, l'échelle étant placée sur l'élément à tester).*

Le marché peut fixer également les valeurs extrêmes à ne pas dépasser, sur cette même échelle. Pour des bétons diversement colorés, les différences de teinte peuvent être appréciées par l'intermédiaire d'une photographie en nuances de gris pur.

*** Une surface maximale S de défauts peut être définie en fonction de la distance L à laquelle le béton est vu. L'importance des trous (tassures, bulles)*

TEXTE

Ces panneaux sont également exempts des défauts de texture suivants (*) :
– bullage moyen réparti sur l'ensemble de la surface considérée : niveau E2
– zones de bullage concentré : niveau E2 ;
– ségrégation de surface (nids de cailloux, ressuage, écaillage et fuites de laitance) ;
– microfissuration étendue ;
– tassures et faïençage.

La distance d'observation est de niveau 3 pour tous les aspects relatifs à la texture.

La distribution des joints apparents de coffrage est régulière.

Les tolérances de forme (**) sont fixées par référence à un gabarit reproduisant les formes théoriques. La différence entre les écarts minimal et maximal par rapport au gabarit ne doit pas excéder les valeurs suivantes:
– gabarit de 2 m : 8 mm
– gabarit de 0,2 m : 3 mm

62.1.3 PAREMENTS FINS

Les exigences sur les parements fins sont celles des parements simples complétées et renforcées de la façon suivante.

La teinte est définie par le marché ou à défaut proposée par l'entrepreneur, par référence à une surface étalon, un parement existant, ou un niveau d'un nuancier défini de teinte. Le marché précise le degré d'homogénéité de teinte et les écarts admissibles par référence aux niveaux d'un nuancier de teinte à contractualiser (*).

La texture est définie par le marché, ou à défaut proposée par l'entrepreneur, par référence à une surface étalon ou un parement existant.

Dans le cas du bullage de surface, la spécification est définie par le marché,

peut être appréciée sur des parements existants ou à l'aide de photographies de référence. Des indications complémentaires peuvent être trouvées dans le fascicule de documentation P 18-503 « Surfaces et parements de béton. Eléments d'identification ». Il importe dans tous les cas d'éviter toute hétérogénéité de nature ou de remploi d'un coffrage.

**** En référence aux critères du FD P 18-503 paragraphe 5.1, ces tolérances de forme correspondent au niveau P3 quand il s'agit de planéité pour les ouvrages coulés en place et à la classe A du cahier des charges Qualif-IB pour les éléments architecturaux préfabriqués en usine.*

62.1.4 PAREMENTS OUVRAGES

** L'enlèvement de matière peut apporter dans certains cas une altération de la durabilité esthétique. L'enlèvement de matière ne peut être envisagé que dans les limites prévues à la conception du projet.*

*** L'obtention de parements ouvragés fins est facilitée par le recours à la préfabrication ou à des bétons adaptés à l'usage prévu (bétons auto-plaçants par exemple).*

62.2. PAROIS

** Les revêtements peuvent être constitués par une peinture, par un élément panneau rapporté ou par un produit opaque assurant l'étanchéité.*

par référence à un niveau d'échelle de bullage, une surface étalon ou un parement existant (**).

L'entrepreneur, dans son étude d'exécution, indique la distribution et la constitution des joints de coffrage.

Les tolérances de forme (***) sont fixées par référence à un gabarit reproduisant les formes théoriques. La différence entre les écarts minimal et maximal par rapport au gabarit ne doit pas excéder les valeurs suivantes:

– gabarit de 2 m : 5 mm
– gabarit de 0,2 m : 2 mm

62.1.4 PAREMENTS OUVRAGES

Les parements ouvragés peuvent être :

– laissés bruts de décoffrage et présenter un modelé ou des formes particulières,

– obtenus par enlèvement de matière (*),

– revêtus.

Ces dispositions sont définies par le marché (**) ou, à défaut, proposées par l'entrepreneur.

En l'absence de précisions du marché, les spécifications relatives à la teinte et à la texture sont celles des parements simples.

62.2. PAROIS

Les parois ne sont pas destinées à être vues par le public. Elles peuvent rester brutes de décoffrage ou recevoir un revêtement non transparent (*).

Elles sont exemptes des défauts dont l'importance est susceptible d'engager

la durabilité du béton armé :
– nids de cailloux,
– fuites de laitance,
– fractures, certaines épaufrures, écornures, fissures ou tassures.
La teinte des parois ne fait pas l'objet de spécification.
Une limitation du bullage de surface peut être spécifiée au marché dans le cas d'application de peinture, mais le bullage ne fait pas l'objet de spécification dans les autres cas .

62.3. SURFACES NON COFFRÉES

62.3. SURFACES NON COFFRÉES

Les surfaces non coffrées sont horizontales ou faiblement inclinées. Il s'agit le plus souvent d'extrados de tabliers, de radiers ou autres dalles. Les tabliers sont appelés à recevoir une couche d'étanchéité. Les dalles peuvent requérir un état de surface particulier suivant l'usage.
Ces surfaces sont exemptes de défauts susceptibles d'engager la durabilité du béton armé : nids de cailloux, fractures, écornures, fissures importantes.

De plus dans le cas de surfaces visibles par le public, le marché peut imposer des tolérances dimensionnelles ou spécifiques relatives aux parements simples ou fins.

Pour les tabliers destinés à recevoir une couche d'étanchéité, le support prescrit doit être compatible avec le complexe d'étanchéité prévu (*). Dans tous les cas, les produits de cure appliqués sur le béton non coffré doivent être éliminés avant l'application du complexe.

La rugosité du support est prescrite en fonction du type d'étanchéité envisagé :
– asphaltes coulés en semi-indépendance ;
– feuilles préfabriquées soudées ;
– film mince adhérant au support.

De façon générale, la surface doit être dégagée de toutes matières sans cohésion :

** Dans le cas d'un revêtement d'étanchéité, les spécifications correspondantes sont données dans l'article 9 du fascicule 67 du CCTG.*

COMMENTAIRES

Article 63 : Prescriptions relatives aux coffrages et au béton en parement.

63.1 PRESCRIPTIONS COMMUNES AUX SURFACES COFFRÉES

63.1.1 CONCEPTION DES COFFRAGES

** Cela implique en particulier que les coffrages puissent supporter sans dommage et sans déformation excessive les actions de toute nature exercées pendant les travaux.*

L'attention est attirée sur la grande diversité des actions exercées : circulation du personnel, pose et fixation du ferraillage, déversement, poids propre et poussées horizontales et d'Archimède du béton frais, transfert de sollicitations lors de la mise en précontrainte, effets thermiques, intempéries, etc.

*** Il convient en particulier de :*

– faciliter la mise en place et le maintien en position des armatures durant le bétonnage ;

– permettre la mise en place correcte du béton, si nécessaire en utilisant des coffrages avec éléments amovibles ;

– ne pas entraver les déformations du béton aux jeunes âges en ménageant des joints de dilatation, assurant l'étanchéité au cours du serrage du béton ;

– faciliter le démoulage du béton.

Lorsque les conditions prévues au projet l'imposent, il convient de faciliter le durcissement du béton, par exemple par l'emploi de calorifugeages

TEXTE

– laitance, produit de cure, coulis durci ;
– terre, argile ;
– graisse ;
– poussière ou autres souillures de chantier.

Article 63 : Prescriptions relatives aux coffrages et au béton en parement.

Les prescriptions énoncées dans le présent article définissent des conditions nécessaires, mais dont le respect ne dispense nullement de satisfaire les spécifications relatives aux ouvrages terminés.

63.1 PRESCRIPTIONS COMMUNES AUX SURFACES COFFRÉES

63.1.1 CONCEPTION DES COFFRAGES

Les coffrages doivent être aptes à assurer leurs fonctions essentielles :

– réalisation des formes prévues, sans aucune déformation imprévue (*) ;
– respect des caractéristiques d'aspect spécifiées, conformément à l'article 62 ci-avant, grâce à la nature, au degré de remploi, à la propreté des peaux coffrantes d'une part et à l'étanchéité aux droits des joints d'autre part ;
– possibilité de mise en œuvre soignée des armatures et du béton, avec prise en compte des moyens d'exécution prévus (**).

L'entrepreneur s'assure de la résistance et de la rigidité de la structure coffrante (ossature des coffrages) (***), en considérant notamment :
– la poussée du béton frais, tenant compte de la nature du béton, du mode et de la vitesse de montée du béton dans le coffrage (*** *) ;
– les dispositifs d'appui sur les étaiements (*** **) ;
– l'agencement des assemblages entre les différents éléments de cette structure coffrante, pour éviter toute ouverture de joint (se traduisant par des fuites de laitance) ou désaffleurement (préjudiciable à l'aspect général du parement).

COMMENTAIRES

**** Il y aura lieu de s'inspirer des règles relatives aux étaiements.*

**** * Une attention particulière doit être portée dans le cas d'utilisation des bétons auto-plaçants (BAP).*

**** ** Les dispositions prévues concernent la descente des charges (qui doit être la plus directe possible), les calages compensant les dévers, la reprise des efforts horizontaux ou dissymétriques.*

63.1.2 MISE EN ŒUVRE DES COFFRAGES

63.1.2,1 ÉTANCHEITE DES JOINTS

** La prescription s'applique aux remplois éventuels des éléments de coffrages.*

Pour les coffrages de parements, l'étanchéité est souvent assurée :

– pour les planches de bois, par rainure et languette ;

– pour les panneaux, par remplissage par un mastic adhérent dans l'épaisseur du joint.

63.1.2,2 PROPRETE DES COFFRAGES

** Il résulte de cette prescription qu'il faut, entre autres précautions, reboucher les trous apparaissant sur le coffrage et remplacer les parois en mauvais état.*

TEXTE

63.1.2 MISE EN ŒUVRE DES COFFRAGES

63.1.2,1 ÉTANCHEITE DES JOINTS

Les joints entre parois de coffrage doivent être étanches à la laitance (*).

63.1.2,2 PROPRETE DES COFFRAGES

Les coffrages doivent être propres. En particulier :

– avant humidification ou enduction d'un démoulant, les coffrages sont débarrassés de toute souillure susceptible de tacher la surface du béton, la finition du nettoyage étant assurée à l'air comprimé ;

– les coffrages métalliques subissent un décapage avant la première utilisation ;

– en cas de remploi, les panneaux de coffrages sont nettoyés, remis en état (*) et protégés des intempéries ;

– aucun élément de fixation (tête de clou etc.) ne doit rester en saillie sur les coffrages.

COMMENTAIRES

63.1.2,3 DEMOULANT

** Le démoulant doit présenter les caractéristiques suivantes :*

– temps de séchage rapide ;

– inhibition du bullage, des variations de teinte et autres défauts de surface;

– inhibition de la rouille et de la moisissure ;

– non-miscibilité avec l'eau.

Il convient d'utiliser des huiles additionnées d'un agent tensio-actif, des émulsions d'eau dans l'huile (recommandées pour réduire les soufflures), des agents chimiques de démoulage ou des cires. En revanche l'emploi d'émulsions en phase aqueuse est déconseillé car elles ont tendance à donner une surface poudreuse et tachée de porosité variable.

*** Ceci s'applique notamment à la mise en œuvre de revêtements tels que peintures et enduits.*

**** Sur les revêtements non absorbants et particulièrement les surfaces inclinées, il est conseillé d'utiliser des produits qui sèchent en formant une pellicule adhérente, afin d'éviter les coulures en fond de moule.*

Sur les revêtements absorbants, il est préférable de passer au moins deux couches de démoulant avant le premier bétonnage.

En cas d'excès local, fréquent pour les coffrages en relief ou horizontaux, il convient d'essuyer le coffrage dans les instants qui précèdent immédiatement le bétonnage.

63.1.2,4 FIXATIONS ET AUTRES DISPOSITIFS INTEGRES DANS LE BETON

TEXTE

63.1.2,3 DEMOULANT

Si les peaux coffrantes sont en bois, il est procédé avant bétonnage à un arrosage prolongé, effectué en plusieurs phases échelonnées et en évacuant l'eau en excès.

Dans les autres cas on enduit les peaux coffrantes avec un produit de démoulage.

Le démoulant (*) doit être compatible avec la nature de la peau coffrante (notamment métallique), le béton, l'aspect des parements (absence de taches ou de farinage) et les traitements de surface ultérieurs (**). Il est appliqué sur surface propre, en couche mince et uniforme, avant la mise en place des armatures. Lors de la mise en place du béton des précautions sont prises pour éviter que celui-ci n'entraîne le produit (***).

L'application d'un démoulant ne dispense pas de la cure des surfaces décoffrées.

63.1.2,4 FIXATIONS ET AUTRES DISPOSITIFS INTEGRES DANS LE BETON

Les dispositifs utilisés pour la fixation des coffrages ou des armatures ne doivent nuire ni à la résistance des ouvrages, ni à la durabilité du béton armé.

COMMENTAIRES

** Le marché peut interdire les dispositifs de fixation intérieurs au béton, en particulier dans la mesure où ils peuvent nuire à l'étanchéité d'une partie d'ouvrage vis-à-vis d'un liquide ou d'un gaz.*

*** Dans le cas des parements fins, des protections particulières peuvent être nécessaires dès la mise en œuvre selon l'état d'enrouillement des armatures à la pose*

63.1.2,5 RESERVATIONS, ARETES

** Il est important d'éviter tout refouillement des ouvrages après exécution. Des forages mécaniques peuvent être toutefois exécutés pour remédier à des situations imprévues.*

*** Il convient, par temps froid, d'éviter la présence d'eau dans les trous ménagés à l'avance. Les vides figurant au projet doivent être débarrassés de toute matière ; en particulier il ne peut être toléré d'encombrer par des matériaux quelconques le voisinage des appareils d'appui ou des abouts de poutre, ou des joints de construction destinés à compenser les éventuels mouvements relatifs (tassements différentiels), ce qui risquerait de modifier la transmission des sollicitations.*

**** Les arêtes vives ont le défaut d'être fragiles. Pour éviter les épaufrures, on peut réaliser (en bois ou, mieux, en matière plastique) des chanfreins ou arrondis ; il faut compter un minimum de 2 cm pour les chanfreins, 1 ou 2 cm pour les rayons des arrondis, mais leurs dimensions doivent être limitées pour ne pas amollir les formes. Ces chanfreins doivent être parfaitement adhérents à la peau coffrante.*

63.2 PRESCRIPTIONS PARTICULIERES A DIVERSES NATURES DE SURFACES

63.2.1 SURFACES NON COFFREES

** En se référant à la procédure détaillée dans le fascicule 2 du « Guide de chantier pour le surfaçage des tabliers d'ouvrages d'art » (STER 81).*

TEXTE

Les dispositifs de fixation noyés dans le béton et y restant sont conçus de façon que, après décoffrage, aucun élément métallique ne se trouve à une distance de la surface inférieure à l'enrobage minimal prescrit pour les armatures de béton armé (*). En particulier l'emploi de tiges ou fils coupés au voisinage immédiat de la surface est interdit.

Les armatures destinées à rester en attente pendant plus d'un mois sont protégées de manière à éviter toutes coulures de rouille sur les parements (**).

63.1.2,5 RESERVATIONS, ARETES

Les trous et vides à ménager sont réservés (*) par la mise en place de coffrages appropriés, agencés de manière à pouvoir être aisément retirés en totalité au décoffrage (**). Cependant, certains éléments de coffrage peuvent être noyés dans le béton (par exemple pour obtenir des élégissements) ; dans ce dernier cas ils sont fixés de façon à conserver leur position durant le bétonnage, et des drainages sont ménagés en tant que de besoin pour évacuer les eaux (de ressuage ou d'infiltration) susceptibles de se concentrer à leur niveau.

Les arêtes sont abattues, sauf prescription contraire du marché (***) ou moyennant le visa d'une disposition explicite des dessins d'exécution.

63.2 PRESCRIPTIONS PARTICULIERES A DIVERSES NATURES DE SURFACES

63.2.1 SURFACES NON COFFREES

Les prescriptions portent essentiellement sur la forme et sur la texture superficielle (rugosité). La rugosité est spécifiée à partir de plaquettes étalons (*).

Les prescriptions établies par référence aux plaquettes étalons peuvent être complétées par des mesures de hauteurs au sable.

63.2.2 SURFACES COFFREES SANS SPECIFICATIONS D'ASPECT NI DE PLANEITE

63.2.2 SURFACES COFFREES SANS SPECIFICATIONS D'ASPECT NI DE PLANEITE

Dans le cas des surfaces coffrées sans spécifications d'aspect ni de planéité, les peaux coffrantes constituées, soit de planches de bois sciées et simplement juxtaposées, soit de panneaux convenablement jointifs et de niveau, sont admises. L'écartement maximal dans les joints est de 2 mm et leur désaffleurement toléré est de 3 mm. Cependant, pour les coffrages d'arrêt, d'autres dispositions peuvent être prévues, telles que des grillages métalliques ou en composite.

63.2.3 PAREMENTS SIMPLES ET SURFACES COFFREES AVEC CONDITIONS DE PRECISION DIMENSIONNELLE

63.2.3 PAREMENTS SIMPLES ET SURFACES COFFREES AVEC CONDITIONS DE PRECISION DIMENSIONNELLE

63.2.3,1 PEAUX COFFRANTES

63.2.3,1 PEAUX COFFRANTES

Dans le cas de ces parements simples et surfaces coffrées avec conditions de précision dimensionnelle le choix du matériau constitutif des peaux coffrantes est laissé, sauf disposition particulière du marché, à l'initiative de l'entrepreneur. Pour les matériaux les plus courants, les prescriptions suivantes sont applicables :

– les sciages de bois sont disposés parallèlement, ils sont à arêtes vives, et rabotés sur les quatre faces (*) ;

– les panneaux non métalliques ne sont remployés que dans la mesure où une protection contre l'usure des arêtes et la pénétration de l'eau du béton a été assurée (**) ;

– dans le cas de panneaux métalliques, les surfaces de tôle au contact du béton doivent être soigneusement planes, propres et exemptes de rouille.

** Le marché peut cependant prescrire l'utilisation de bois bruts si un effet décoratif est attendu pour les parements.*

*** Entrent dans cette catégorie les panneaux de contreplaqué et les panneaux de particules ou de fibres, ces derniers étant utiles pour le coffrage des surfaces courbes. Les éléments coffrants à base de fibres de verre sont déconseillés en raison des risques d'altération par l'alcalinité du ciment ; ils peuvent cependant être utilisés à titre exceptionnel pour la réalisation de formes inhabituelles, sous réserve de l'homogénéité des parements concernés.*

COMMENTAIRES

**** Le respect des prescriptions sur la déformation des coffrages (Cf. articles 63.1.1 et 62) peut imposer le raidissage des panneaux de coffrage, si leur épaisseur ne leur assure pas à elle seule une rigidité suffisante :*

– le contreplaqué est généralement raidi si son épaisseur est inférieure à 18 mm ;

– les panneaux de particules ou de fibres sont fixés sur un support rigide ;

- les tôles métalliques sont raidies et ont une épaisseur au moins égale à 3 mm, et même parfois 5 mm, par exemple pour les cellules de préfabrication de gros éléments

63.2.3,2 CONSTITUANTS ET MISE EN ŒUVRE DU BETON

** Les principaux caractères dont l'homogénéité doit être assurée concernent l'état de saturation, la forme, la variation de teinte du granulat mouillé ou la permanence de blancheur pour les granulats blancs, la stabilité chimique.*

Il est rappelé que la norme XP P 18-545 ne garantit pas l'homogénéité de teinte des granulats ; le marché peut donc imposer des stipulations particulières (Cf. article 82.2. du présent fascicule).

*** Telles que pyrites, argiles, charbons et matières organiques.*

**** Toute variation des conditions d'adjuvantation peut engendrer des modifications des conditions de serrage du béton, elles-mêmes susceptibles d'entraîner une hétérogénéité de teinte et de texture.*

**** * La procédure de mise en œuvre prévoit une hauteur maximale de chute du béton pour éviter la ségrégation dans la partie d'ouvrage.*

TEXTE

Quel que soit le matériau constitutif des peaux coffrantes, l'écartement maximal des joints est de 1 mm et leur désaffleurement toléré est de 2 mm (***).

63.2.3,2 CONSTITUANTS ET MISE EN ŒUVRE DU BETON

En vue d'obtenir la qualité des parements, les prescriptions suivantes sont applicables :

– le ciment doit être d'une même catégorie et d'une même provenance pour assurer une teinte homogène. Les ciments contenant des cendres volantes doivent provenir d'un même lot d'approvisionnement ou, à défaut, faire l'objet dans le plan qualité d'une description préalable des dispositions assurant l'homogénéité de l'approvisionnement ;

– l'origine des granulats est unique pour l'ensemble des parements dont l'uniformité est requise à l'échelle de l'ouvrage, leur approvisionnement est homogène (*) ;

– les granulats doivent être exempts de particules susceptibles d'altérer la teinte (**) ;

– la teneur en fines des granulats doit être maîtrisée ;

– l'origine des additions minérales est unique pour l'ensemble des parements dont l'uniformité est requise à l'échelle de la partie d'ouvrage ;

– l'eau de gâchage doit être propre et, en particulier, ne pas contenir de particules ferrugineuses ou de colorants en suspension ;

– l'adjuvantation ne doit avoir aucune action sur la régularité de la teinte du béton (***) ;

– les pigments, si leur emploi est prescrit, sont d'origine minérale et leur dosage inférieur à trois pour cent (3%) du poids de liant équivalent ;

– les matériels de fabrication et de transport doivent être propres et les

COMMENTAIRES

63.2.3,3 PROTECTION DES SURFACES

** Il s'agit essentiellement d'une protection des surfaces contre les souillures et projections diverses et d'une protection mécanique des arêtes contre les épaufrures.*

63.2.4 PAREMENTS FINS

** En l'état présent de la technologie, l'adhérence des bandes est très aléatoire du fait de la présence fréquente d'huiles ou de graisses.*

*** Il convient d'éviter l'emploi de procédés entraînant de fortes inégalités de l'intensité et de la durée de vibration, tels que la vibration par le coffrage des éléments de grandes dimensions.*

**** Dans le cas où une esthétique très soignée est exigée, l'homogénéité de teinte des granulats ne pouvant pas être garantie, le marché peut apporter toutes les restrictions utiles au choix des granulats du béton et même imposer leur origine (Cf. article 82.2).*

63.2.5. PAREMENTS OUVRAGES

** Pour les parements ouvragés non revêtus préfabriqués en usine, la certification Qualif-IB est réputée satisfaire les prescriptions du présent*

TEXTE

moyens de mise en œuvre du béton conçus pour éviter la ségrégation (*** *).

Dans le cas où les trous subsistants sont obturés, l'emplacement, la forme et les dimensions des trous sont définis après étude d'aspect et l'obturation est faite au moyen de dispositifs ou matériaux de la teinte du béton.

63.2.3,3 PROTECTION DES SURFACES

Jusqu'à la réception des ouvrages, l'entrepreneur assure la protection, y compris la cure au jeune âge, des surfaces des parements (*).

63.2.4 PAREMENTS FINS

Les prescriptions des articles 63.1 et 63.2.3 sont complétées par les prescriptions suivantes :

– Si le matériau constitutif des peaux coffrantes n'est pas fixé par le marché, son choix est soumis par l'entrepreneur à l'acceptation du maître d'œuvre.

– Le remploi des peaux coffrantes doit être organisé de façon à assurer la régularité requise (Cf. article 62) de la teinte, de la texture et de la forme géométrique spécifiées pour ces parements fins.

– Les joints de coffrage constitués par simple contact entre arêtes régulières avec bandes adhésives sont interdits (*).

– Les procédés et plans de vibration des bétons sont définis dans le plan qualité (**).

– Pour chaque partie d'ouvrage, le ciment provient d'un même lot d'approvisionnement.

– Les spécifications de l'article 82.3 du présent fascicule, relatives à l'eau recyclée s'appliquent.

– La fourniture des granulats doit assurer la régularité de teinte et de texture prescrite par le marché (***).

63.2.5. PAREMENTS OUVRAGES

En l'absence de dispositions fixées par le marché, les prescriptions applicables aux parements ouvragés sont celles des parements simples (*)

COMMENTAIRES

article 63.

*** Consistant par exemple en motifs en relief ou en creux pour lesquels des matrices spéciales en polyuréthanne, polystyrène expansé, caoutchouc etc., peuvent être utilisées.*

Article 64 : Traitements de surface.

** Le bouchardage n'est autorisé que sur des éléments massifs faiblement sollicités. Le bouchardage a en effet l'inconvénient de créer de multiples et fines fissures susceptibles d'être l'amorce de dégradations ultérieures (corrosion par exemple) dues aux intempéries telles que le gel.*

Les autres traitements présentent moins d'inconvénients que le bouchardage et le flammage et peuvent conduire à de beaux parements ; l'opération doit cependant être conduite avec prudence, car le décapage peut accentuer les défauts initiaux du parement (bullage ou nids de sable). Dans le cas du sablage, l'utilisation d'un abrasif fin sous pression moyenne (0,2 à 0,4 MPa) est souhaitable afin d'éviter la détérioration des surfaces. Si l'épaisseur détruite est importante, les surépaisseurs correspondantes sont portées aux dessins d'exécution. Des précautions doivent être prises pour limiter la pollution à proximité des surfaces traitées. L'opération est suivie d'un dépoussiérage. Dans le cas de désactivation, il peut être fait usage de retardateurs de prise uniformément appliqués sur le coffrage.

*** Il est recommandé de se référer à l'ouvrage de synthèse du Projet National CALIBE et à la monographie « Les traitements de surface des produits en béton » (n°11, 1994, CERIB)*

**** Il est recommandé de se référer au guide relatif à la protection des bétons par application de produits à la surface du parement (LCPC-SETRA , 2002).*

TEXTE

Dans le cas des parements ouvragés avec modelé (**), la forme de ce dernier doit permettre d'assurer l'enrobage prescrit des armatures. Les modelés présentent une dépouille appropriée devant permettre un décoffrage sans épaufrures.

Article 64 : Traitements de surface.

Les traitements de surface, applicables aux parements ouvragés, peuvent être réalisés par des procédés mécaniques (bouchardage, sablage, gommage, polissage, grésage, …), chimiques (acidage, désactivation, …) ou thermiques (flammage, …). Parmi ces procédés, le bouchardage et le flammage sont interdits sur les éléments en béton précontraint ou fortement armés et fortement sollicités (*).

Des essais de convenance sont effectués pour vérifier la texture obtenue, la profondeur du traitement et l'efficacité du nettoyage (**).

Pour les surfaces destinées à recevoir un revêtement à traiter en vue d'assurer leur protection à l'égard des agents extérieurs (***), le plan qualité doit préciser :

– le détail du système de protection et son épaisseur minimale, s'il y a lieu,

– le mode de préparation du support ainsi que les produits prévus pour remédier aux défectuosités éventuelles.

Avant application, l'entrepreneur soumet au maître d'œuvre, s'il y a lieu, la délimitation des zones à reprendre en raison de leurs défectuosités superficielles.

COMMENTAIRES

Article 65 : Maîtrise de la conformité des parements, parois et surfaces non-coffrées

** Cette procédure est destinée à récapituler les prescriptions d'origines diverses (parements, béton, armatures) relatives à la qualité des parements et aux mesures à prendre en cas de non-conformité.*

65.1 MOYENS DE L'ENTREPRISE

** En l'absence de précautions, les parements réalisés par le premier emploi d'une peau coffrante sont généralement d'une autre teinte que ceux réalisés par remploi.*

65.2 FOURNITURES

** Dans le cas de parements fins, le marché peut interdire certaines natures et caractéristiques des matériaux constitutifs des peaux coffrantes.*

L'utilisation de certains matériaux peut compromettre l'aspect du parement :
– par des déformations excessives,
– par l'absorption d'eau,
– par teinture du parement.
Elle peut être également contre-indiquée selon la géométrie.

*** A cet effet, il est fait normalement renvoi à la notice du fabricant qui*

TEXTE

Article 65 : Maîtrise de la conformité des parements, parois et surfaces non-coffrées

Une procédure particulière du plan qualité est consacrée aux parements (*)

65.1 MOYENS DE L'ENTREPRISE

La procédure précise la nature des peaux coffrantes que l'entrepreneur propose d'employer pour chaque type de surface. Elle précise les conditions de premier emploi et de remploi des coffrages lorsque celui-ci n'est pas interdit (*).

Les moyens de fabrication et de mise en place du béton pour atteindre les caractéristiques requises relatives à l'aspect de parements sont décrits au regard des prescriptions de l'article relatif à la fabrication et à la mise en œuvre des bétons.

En cas de traitement des surfaces, le matériel prévu et les moyens d'accès aux surfaces à traiter sont décrits.

65.2 FOURNITURES

La procédure précise les caractéristiques :
– des constituants du béton ;
– des peaux coffrantes (*) ;
– des modes de raidissage des peaux coffrantes (**) ;
– du produit de démoulage ;
– du type de cure.

Dans le cas des parements fins et, s'il y a lieu, dans le cas de parements ouvragés, la procédure définit les dispositions assurant l'homogénéité de l'approvisionnement du ciment, de l'addition éventuelle et des granulats.
Le cas échéant, elle précise les caractéristiques et la provenance des

COMMENTAIRES

précise les conditions d'emploi en fonction de la nature de la peau coffrante.

65.3 MODES OPERATOIRES

** Cette obturation est nécessaire dans certains cas, par exemple pour les parois maintenant des terres lorsqu'il existe un dispositif de drainage, sur la face au contact de celles-ci.*

*** L'étude d'aspect est particulièrement importante pour les parements fins ou ouvragés. Il peut être préférable de laisser des trous (plutôt que de les masquer), à condition de les disposer convenablement par rapport aux joints et surfaces de parements.*

Ainsi, il est possible d'autoriser des réservations situées dans des zones d'ombre, si elles s'avèrent utiles pour l'exécution.

Il est rappelé que les ouvertures ménagées dans le béton doivent figurer sur les dessins de coffrage (Cf. article 43 du présent fascicule).

**** Les justifications sont présentées à l'égard des exigences particulières : teinte, texture, étanchéité, durabilité.*

65.4 CONTROLE INTERIEUR

TEXTE

colorants, des panneaux préfabriqués en béton incorporés à l'ouvrage, qui sont proposés à l'acceptation du maître d'œuvre.

65.3 MODES OPERATOIRES

La procédure précise pour chaque groupe de coffrages destinés à des surfaces de parement et faisant l'objet des mêmes exigences :

– les conditions de mise en place des différentes parties ;

– les dispositifs intérieurs au béton utilisés pour la fixation des coffrages et le calage des armatures ;

– les consignes relatives à la préparation des coffrages, à leur mise en œuvre et au décoffrage.

En outre, pour les parements fins et/ou ouvragés, la procédure précise :

– le plan de remploi des coffrages lorsque le remploi n'est pas interdit ;

– les procédures d'entretien entre chaque remploi lorsque le remploi est autorisé ;

– les conditions de renouvellement de peaux coffrantes en cas de nécessité lorsque le remploi est autorisé ;

– les conditions de vibration du béton, en vue d'assurer l'homogénéité du béton en place.

La procédure précise si les trous subsistant après décoffrage sont obturés ou non (*). Dans l'affirmative, elle définit les conditions de réalisation de l'étude d'aspect qui est alors nécessaire (**).

Dans le cas où des traitements de surface sont à effectuer après décoffrage, elle justifie l'aptitude du matériel d'exécution et la qualification du personnel (***).

65.4 CONTROLE INTERIEUR

La procédure complète pour les parements les dispositions du contrôle intérieur relatives aux constituants et à la fabrication des bétons, notamment

en ce qui concerne la provenance des ciments, la régularité des granulats (composition granulométrique, propreté, ...).

Pour les parements fins ou ouvragés une épreuve de convenance préalable avec exécution d'un élément témoin est obligatoire. Elle doit être effectuée dans les conditions exactes de l'exécution quant à la composition et la mise en œuvre des bétons, à la nature des peaux coffrantes, du démoulant et du type de cure, à une échelle représentative pour qu'il soit possible de s'y référer après caractérisation des résultats (*). Sauf disposition différente du marché, les conditions de réalisation et d'interprétation de cette épreuve de convenance sont soumises au visa du maître d'œuvre.

** Cette épreuve est, dans la mesure du possible, jumelée avec l'épreuve de convenance du béton.*

Pour chaque phase de mise en œuvre des coffrages, les documents de suivi correspondants sont transmis au maître d'œuvre avant tout début de mise en place des armatures dans les coffrages, et de nouveau avant bétonnage, pour les propriétés concernées respectivement à chacun de ces stades .

65.5 REPARATION D'IMPERFECTIONS OU DE NON-CONFORMITES

65.5 REPARATION D'IMPERFECTIONS OU DE NON-CONFORMITES

S'il y a lieu de procéder à la réparation d'imperfections ou de non-conformités, le plan qualité en définit les conditions de réalisation et les produits prévus.

Dans le cas de parements, un essai de convenance est préalablement effectué (*), sauf si ces réparations sont suivies d'un traitement de surface (**), ou bien si elles portent sur des éléments préfabriqués de petites dimensions pour lesquels l'entrepreneur accepterait le risque de mise au rebut en cas de non-conformité après réparation.

** Les ragréages improvisés peuvent avoir des effets désastreux sur l'aspect final. Dans le cas d'un ragréage, le mortier utilisé fait l'objet d'une étude. Pour le choix du produit, on peut se reporter au guide relatif à la protection des bétons par application de produits à la surface du parement (LCPC-SETRA , 2002).*

*** Peinture par exemple.*

Au vu des résultats de cet essai de convenance, le maître d'œuvre spécifie les modes de traitement applicables. L'entrepreneur complète le plan qualité en conséquence.

COMMENTAIRES

**** Il s'agit des normes NF P 18-800 et NF P 18-840.*

**** * La marque NF « Produits spéciaux pour constructions en béton hydraulique » constitue un telle certification de conformité.*

TEXTE

Dans le cas d'un ragréage le mortier utilisé doit faire l'objet d'une étude de composition spécifique, ou être un produit prêt à l'emploi conforme au normes en vigueur (***) et bénéficiant d'une certification de conformité émanant d'un organisme certificateur officiel (*** *).

COMMENTAIRES

CHAPITRE 7 :

ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

Article 71 : Fournitures.

71.1 CHOIX ET PROVENANCE DES ACIERS

** Il s'agit de la norme NF EN 10080, et des normes de produits en accord avec elle.*

Les différentes catégories d'aciers relèvent des normes suivantes :

XP A35-014 - Aciers pour béton armé - Barres et couronnes lisses, à verrous ou à empreintes en acier inoxydable ;

NF A35-015 - Aciers pour béton armé - Aciers soudables lisses - Barres et couronnes

NF A35-016-1 - Aciers pour béton armé - Aciers soudables à verrous - Partie 1 : Barres et couronnes ;

NF A35-016-2 - Aciers pour béton armé - Aciers soudables à verrous - Partie 2 : Treillis soudés ;

NF A35-017 - Armatures pour béton armé - Barres et fils machine non soudables à verrous ;

NF A35-019-1 - Aciers pour béton armé - Aciers soudables à empreintes - Partie 1 : Barres et couronnes ;

NF A35-019-2 - Aciers pour béton armé - Aciers soudables à empreintes - Partie 2 : Treillis soudés ;

NF A35-021 - Aciers pour béton - Fils soudables utilisés pour la fabrication d'armatures pour béton ;

NF A35-024 - Aciers pour béton - Treillis soudés constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm ;

XP A35-025 - Produits en acier – Barres et couronnes pour béton armé galvanisées à chaud – Fils destinés à la fabrication d'armatures pour béton armé galvanisées à chaud ;

TEXTE

CHAPITRE 7 :

ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

Article 71 : Fournitures.

71.1 CHOIX ET PROVENANCE DES ACIERS

Les aciers utilisés sont conformes aux normes en vigueur (*).

*** La marque NF-Aciers pour béton armé constitue une telle certification de conformité. Cette marque est gérée par l'AFCAB (Association française pour la certification des armatures du béton), accréditée par le COFRAC.*

**** La nuance est définie dans les normes ci-dessus par la valeur requise de la limite d'élasticité.*

De plus, les aciers à haute adhérence bénéficient d'une certification de conformité émanant d'un organisme certificateur officiel (**).

Quand, pour des aciers de mêmes catégorie et nuance (***), il existe plusieurs caractéristiques de différents niveaux technologiques, le produit choisi est soumis à l'acceptation du maître d'œuvre s'il n'est pas spécifié par le marché.

Il est interdit d'utiliser dans un même ouvrage des ronds lisses de même diamètre et de nuances différentes.

71.2 ÉLÉMENTS DE RACCORDEMENT DES ARMATURES

71.2 ÉLÉMENTS DE RACCORDEMENT DES ARMATURES

** Les normes concernées sont les suivantes :*

NF A35-020-1 *- Produits en acier - Dispositifs de raboutage ou d'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé. Partie 1 : Prescriptions relatives aux performances mécaniques.*

NF A35-020-2 *- Produits en acier - Dispositifs de raboutage ou d'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé. Partie 2 : Méthodes d'essai.*

Les dispositifs de raccordement et d'ancrage des armatures sont conformes aux normes en vigueur (*).

*** La certification AFCAB "Dispositifs de raboutage ou d'ancrage des armatures du béton" constitue une telle certification de conformité. Il reste en outre nécessaire de s'assurer que ces éléments conviennent à l'ouvrage, compte tenu de leur encombrement.*

Ces éléments doivent bénéficier d'une certification de conformité émanant d'un organisme certificateur officiel. Ils sont soumis à l'acceptation du maître d'œuvre (**).

71.3 CONDITIONNEMENT

71.3 CONDITIONNEMENT

** Le marché stipule, le cas échéant, les longueurs à approvisionner.*

Les aciers pour béton armé sont livrés sur le chantier, soit en barres droites (*), soit en couronnes, soit sous forme de panneaux ou rouleaux, soit sous forme d'éléments préfaçonnés en atelier, qui sont alors appelés « Armatures» (**).

*** Ces éléments étaient précédemment appelés « Armatures industrielles pour le béton » (AIB).*

COMMENTAIRES

**** Il s'agit de la norme NF A35-027.*

**** * La marque NF-Armatures constitue une telle certification de conformité.*

Le certificat NF-AFCAB précise les catégories d'armatures concernées (armatures sur plans, armatures sur catalogue, armatures spéciales) et les opérations effectuées (dressage, coupe, façonnage, assemblage).

Dans le cas où l'atelier n'est pas certifié, l'acceptation par le maître d'œuvre se fait sur la base de l'épreuve de réception par un organisme habilité, visée par l'article 7 de la norme NF A35-027.

**** ** Ces essais doivent porter sur un acier et un matériel donnés. L'essai de convenance doit permettre de vérifier la géométrie des armatures redressées, notamment en ce qui concerne les verrous pour les barres à haute adhérence.*

71.4 TRANSPORT, MANUTENTION ET STOCKAGE

71.5 ACCEPTATION DES LOTS D'ACIERS ET D'ARMATURES

TEXTE

Les armatures sont conformes aux normes dont elles relèvent (***) et doivent bénéficier d'une certification de conformité émanant d'un organisme certificateur officiel (*** *).

Si l'entrepreneur n'exécute pas lui-même le façonnage, il tient à la disposition du maître d'œuvre la partie technique de sa commande à l'armaturier.

Le redressage de barres qui auraient dû être livrées droites mais ont été ployées accidentellement en cours de fabrication, transport ou manutention, est interdit. De telles barres sont refusées. Cependant, leurs parties demeurées droites après élimination des parties ployées peuvent être utilisées.

Les aciers livrés sur chantier en couronnes, ou en rouleaux, ne peuvent être mis en œuvre que si l'entrepreneur dispose d'un atelier de redressage adéquat. En l'absence de références probantes du matériel de redressage, il est procédé à des essais de convenance de ce matériel (*** **).

71.4 TRANSPORT, MANUTENTION ET STOCKAGE

D'une façon générale, les transports et manutentions sont organisés et effectués de manière que les armatures ne subissent pas d'altérations (déformations permanentes accidentelles, blessures, souillures, ruptures d'assemblages).

Les aciers et les armatures sont stockés dans un parc spécial soit sur le chantier, soit à l'atelier de fabrication d'éléments assemblés s'il est distinct du chantier. Ils sont classés par catégories, nuances et diamètres. Le parc de stockage est organisé de manière à éviter toute altération préjudiciable aux armatures.

71.5 ACCEPTATION DES LOTS D'ACIERS ET D'ARMATURES

Le contrôle intérieur des aciers et des armatures par l'entrepreneur est limité, sauf disposition particulière du marché, à leur identification et à la

COMMENTAIRES

** Il s'agit de vérifier la présence du marquage prévu par l'organisme certificateur évoqué à l'article 71.1.*

*** Il s'agit de vérifier la conformité à la norme NF A35-027.*

Si le lot d'armatures provient d'un producteur bénéficiant de la marque NF-Armatures, les produits ont été contrôlés dans les conditions définies par la certification. Ils ne font normalement l'objet, de la part de l'utilisateur, que d'une vérification d'identification et d'aspect.

Sinon, il est soumis à une réception effectuée généralement en usine et avant expédition par un organisme indépendant suivant les règles définies à l'article 7 de la norme NF A35-027.

Article 72 : Façonnage.

72.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

** Le façonnage dans le coffrage entraîne des risques de non-conformité aux dessins d'exécution et de blessures aux parois de coffrage.*

*** Le non-respect de ces précautions risque de créer des décohésions de l'acier dans la zone de ployure, susceptibles de provoquer ultérieurement une rupture de l'armature.*

**** Il convient de vérifier avant mise en œuvre que les appareils à cintrer sont munis de tous les jeux de mandrins nécessaires pour réaliser les courbures prévues.*

TEXTE

vérification de leur conformité.

A cette fin, pour les aciers à haute adhérence et les treillis soudés, l'entrepreneur vérifie la conformité des aciers d'après leur étiquetage (*).

Pour les aciers lisses, il dispose du bordereau de livraison certifiant leur origine et leur nuance, et doit en vérifier la conformité à la commande.

L'acceptation des armatures préfaçonnées (**) est, en outre, subordonnée à une vérification par sondage de la conformité aux dessins d'exécution.

Article 72 : Façonnage.

72.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Le façonnage dans les coffrages n'est admis (*) que pour la fermeture des cadres et étriers constitués de ronds lisses de diamètre au plus égal à 12 millimètres ou de fils à haute adhérence de diamètre au plus égal à 8 millimètres.

La coupe des aciers est effectuée mécaniquement ; si des aciers à haute adhérence présentent des extrémités défectueuses (par exemple lisses), celles-ci sont éliminées.

Le cintrage est exécuté mécaniquement, à vitesse constante suffisamment modérée, à l'aide de mandrins de façon à assurer un rayon de courbure constant de la partie pliée (**). Aucune tolérance en moins n'est admise sur le diamètre des mandrins (***) ; des tolérances en plus peuvent être accordées sous réserve de leur compatibilité avec le fonctionnement de la structure et les prescriptions des articles 72.2 et 72.3 ci-après.

COMMENTAIRES

**** * Un chauffage localisé excessif risque, en effet, de modifier profondément les caractéristiques du métal.*

**** ** Cf. article 73.3 pour les armatures en attente.*

72.2 RONDS LISSES

** Il s'agit de la norme NF A 35-027.*

72.3 ACIERS À HAUTE ADHÉRENCE

** En tout état de cause, il y a lieu de vérifier le respect de la condition de non-écrasement du béton.*

*** Il s'agit de la norme NF A35-027.*

72.4 TREILLIS SOUDÉS

** Il s'agit de la norme NF A35-027.*

TEXTE

Le chauffage des aciers, en vue de faciliter leur façonnage, est interdit (*** *).

Les armatures laissées en attente entre deux phases de bétonnage sont protégées contre les pliages accidentels (*** **).

72.2 RONDS LISSES

Les diamètres des mandrins de façonnage sont au moins égaux à ceux définis par les normes en vigueur (*).

72.3 ACIERS À HAUTE ADHÉRENCE

Les diamètres des mandrins de façonnage sont au moins égaux (*) à ceux définis par les normes en vigueur (**).

Les appareils utilisés pour le cintrage sont conçus de façon à ne pas altérer les reliefs des armatures.

Si la température des aciers est comprise entre + 5°C et – 5°C, des précautions particulières sont à prendre : soit réduction de la vitesse de cintrage, soit augmentation des diamètres des mandrins, sous la réserve indiquée à l'article 72.1.

Si la température des aciers est inférieure à – 5°C, le façonnage est interdit, sauf justification sur la base d'essais de convenance probants.

Toute armature dont le cintrage excessif serait incompatible avec sa fonction est rebutée. Les armatures rebutées sont identifiées comme telles et transportées hors du chantier.

72.4 TREILLIS SOUDÉS

Les diamètres des mandrins de façonnage sont au moins égaux à ceux définis par les normes en vigueur (*).

COMMENTAIRES

Article 73 : Mise en œuvre.

** C'est le cas de la certification AFCAB « Pose d'armatures du béton ».*

Dans le cas où l'entreprise de pose n'est pas certifiée, l'acceptation par le maître d'œuvre se fait sur la base des critères des règles de certification de la marque.

73.1 ARRIMAGE ET CALAGE DES ARMATURES

** La nature, la résistance et le nombre des arrimages et calages doivent donc être tels que ceux-ci puissent supporter les manutentions diverses, la circulation du personnel, la mise en place du béton (déversement et vibration).*

73.1.1 ARRIMAGE

** L'arrimage est destiné à assurer le maintien en position des armatures. L'attention est attirée sur la nécessité de constituer des carcasses suffisamment rigides, notamment pour les ensembles d'armatures montés en dehors du coffrage.*

*** Cette solution est celle généralement adoptée sur le chantier.*

**** Il faut éviter que les ligatures (y compris leurs extrémités) empiètent sur la zone d'enrobage.*

**** * Les soudages en croix, généralement réalisés sur chantier selon le procédé du « fil fourré », sont autorisés s'ils sont exécutés par un ouvrier soudeur compétent. Le pointage à l'arc est toléré pour les fixations d'éléments (barrettes et supports de conduits) qui ne participent pas à la résistance des pièces et qui sont notés comme tels sur les dessins d'exécution.*

TEXTE

Article 73 : Mise en œuvre.

Si l'entrepreneur n'exécute pas lui-même les opérations de pose des armatures, ces opérations sont confiées à une entreprise bénéficiant d'une certification émanant d'un organisme de certification officiel (*).

L'entrepreneur tient à la disposition du maître d'œuvre la partie technique de sa commande à l'entreprise de pose.

73.1 ARRIMAGE ET CALAGE DES ARMATURES

Les armatures sont maintenues par arrimages et calages suffisants pour qu'elles ne puissent subir, lors de la mise en œuvre du béton (*), des déplacements ou déformations excédant les tolérances admises.

73.1.1 ARRIMAGE (*)

Les armatures sont assemblées par des ligatures (**) ou par soudages en croix, de façon à assurer leur maintien en place.

Les ligatures sont en fil d'acier doux recuit, éventuellement galvanisé, fortement serré (***). Toutes les chutes de fils d'acier sont éliminées avant le bétonnage.

Les soudages en croix (*** *) ne sont autorisés que pour les ronds lisses de la nuance FeE235 et les armatures à haute adhérence reconnues aptes au soudage.

COMMENTAIRES

73.1.2 CALAGE

** Le calage est destiné à assurer la position des armatures vis-à-vis des coffrages, ainsi que le maintien en groupes d'armatures distincts. En particulier, lorsque la position des armatures supérieures ne résulte pas de leur arrimage dans l'ensemble d'une carcasse, il convient de prévoir des chaises métalliques aux dimensions précises ou tout autre dispositif jouant ce rôle.*

*** C'est-à-dire qu'il est interdit de disposer les armatures inférieures au contact du coffrage et de les soulever pendant le bétonnage pour assurer leur enrobage.*

**** Cela implique que la quantité de ciment par rapport au sable soit sensiblement la même dans l'ouvrage et dans les cales.*

73.1.3 TOLERANCES SUR LA POSITION DES ARMATURES

** Concernant les enrobages, la norme EN 1992-1-1 Section 4 fournit les définitions suivantes :*

– c_{min} est l'enrobage minimal ;
– Δc_{dev} est la marge de calcul pour tolérances d'exécution ; elle est en général fixée à 10 mm. Si une valeur plus faible est retenue (par exemple dans le cas où les opérations de pose sont couvertes par une certification émanant d'un organisme officiel), elle est portée sur les dessins d'exécution ;
– $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ est l'enrobage nominal.

TEXTE

73.1.2 CALAGE (*)

Le calage est obligatoire (**). Il doit permettre le respect des tolérances définies à l'article 73.1.3.

La disposition, la forme et la nature des dispositifs de calage sont soumis à l'acceptation du maître d'œuvre et figurent sur les dessins d'exécution.

Les cales doivent être stables et ne pas altérer la résistance mécanique de la structure ni sa durabilité (risques de corrosion) ni la qualité des parements.

Les cales métalliques au contact des coffrages sont interdites.

Les cales en béton ou mortier présentent des propriétés analogues à celles du béton de la structure (notamment pour l'aspect des parements) (***).

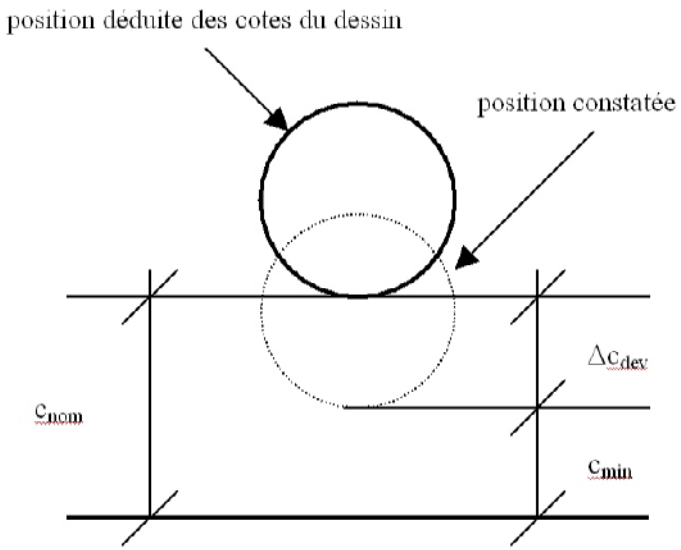
Les cales en matière plastique ne sont admises que si elles présentent une résistance suffisante, de petites surfaces de contact avec les coffrages (de l'ordre de quelques millimètres de dimension), et une teinte compatible avec les spécifications relatives aux parements.

73.1.3 TOLERANCES SUR LA POSITION DES ARMATURES (*)

Sauf prescriptions particulières du marché pour tenir compte de risques tels qu'incendie ou milieux agressifs, les tolérances suivantes sont à respecter :

– en aucun cas, l'enrobage ne peut être inférieur à c_{min} ;

– la tolérance $\Delta_{(plus)}$ dans la direction h (hauteur ou épaisseur de l'élément), où l'écart de l'armature diminue la résistance, est prise égale à :
– pour h $\leq$ 150 mm $\Delta_{(plus)}$ = 10 mm
– pour h = 400 mm $\Delta_{(plus)}$ = 15 mm
– pour h $\geq$ 2500 mm $\Delta_{(plus)}$ = 20 mm
avec une interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires.



L'enrobage nominal est spécifié sur les dessins d'exécution ; il détermine la dimension des cales à utiliser.

Il est rappelé que l'enrobage est défini comme la distance de l'axe d'une armature à la paroi la plus voisine diminuées du rayon nominal de cette armature, après enlèvements éventuels de matière postérieurs à la mise en place du béton (par exemple, bouchardage).

73.2 CONTINUITÉ DES ARMATURES

** L'utilisation systématique de treillis peut conduire à multiplier le nombre des recouvrements, donc à majorer sensiblement les quantités d'armatures.*

Il est d'ailleurs recommandé de ne pas grouper dans une même section les jonctions d'armatures faisant partie d'une même nappe; cette recommandation a pour but d'éviter de lier la sécurité de la structure à la tenue d'un type de

– pour les armatures parallèles dont l'espacement est au plus égal à 100 mm, la tolérance sur cet espacement est fixée à 10 mm ;

– dans les autres cas, l'écart toléré est de 20 mm dans toutes les directions.

73.2 CONTINUITÉ DES ARMATURES

Dans les limites permises par le marché, la continuité mécanique des armatures (jonctions) peut être obtenue par recouvrements, par soudure ou par manchons. Le nombre des jonctions est à réduire au minimum (*).

Les jonctions par manchons sont conformes aux prescriptions résultant des

jonction qui constitue un point singulier dans la transmission des efforts (Cf. article 43.3).

*** Il s'agit des normes NF A35-020-1 et NF A35-020-2.*

**** La mention d'aptitude au soudage figure dans la fiche descriptive de l'armature certifiée NF-AFCAB.*

***** Il s'agit du fascicule de documentation FD A35-029.*

73.3 ARMATURES EN ATTENTE

** Cette nuance de ronds lisses est la seule qui soit normalisée.*

*** La mention d'aptitude au pliage-redressage figure dans la fiche descriptive de l'armature certifiée NF-AFCAB.*

Il convient d'utiliser un matériel permettant de limiter les contraintes locales dans l'acier.

**** Les armatures en attente droites libres sont un danger permanent pour les personnes et, de plus, elles peuvent être bien souvent un facteur aggravant lors de chutes ou de heurts.*

Voir d'autre part à l'article 63.1.2,4 les précautions à prendre pour protéger les parements.

***** Dans le respect des règles du béton armé, il est par exemple possible :*

- de modifier la nature et/ou la forme des armatures ;

- de ceinturer les attentes à leur partie haute par un cadre solidement fixé, ou de mettre en place des panneaux d'armatures dont l'acier de répartition est

normes en vigueur (**). Les règles générales d'enrobage sont appliquées compte tenu du diamètre nominal des armatures rendues continues à condition que l'enrobage au droit des manchons soit au moins de vingt millimètres.

Les jonctions par soudage ne sont autorisées que sur les parties rectilignes des ronds lisses de la nuance FeE235 ou des armatures à haute adhérence de qualité soudable (***). En ce cas, le procédé de soudage et l'opérateur sont qualifiés en conformité avec les normes en vigueur (***** *).

Il est interdit de souder côte à côte deux armatures. Il est possible de souder bout à bout ou sur éclisses deux armatures en prolongement l'une de l'autre. Ce dernier mode opératoire doit avoir été prévu aux dessins d'exécution, après vérification que les flexions parasites éventuelles sont compatibles avec le fonctionnement de la structure.

73.3 ARMATURES EN ATTENTE

Les armatures à haute adhérence ne sont laissées en attente que s'il n'existe aucun risque de ployure ou si l'entrepreneur dispose d'un moyen approprié de ployure et de redressement.

Le pliage et le dépliage systématique des armatures en attente n'est admis, une seule fois, que pour les ronds lisses de nuance FeE235 (*).

Le pliage et le redressage des armatures à haute adhérence en attente n'est admis, une seule fois, que pour les armatures possédant cette aptitude (**).

Les armatures libres en attente sont façonnées ou équipées (***) de manière à éliminer les risques graves pour la sécurité des personnes. Les dispositions adoptées (***** *) sont portées sur les dessins d'exécution .

proche de l'extrémité des aciers en attente ;

- de remonter le niveau de recouvrement des armatures verticales en attente.

A défaut, les postes de travail et les circulations des zones dangereuses doivent être matériellement isolés.

73.4 PROPRETÉ DES ARMATURES

** Il appartient à l'entrepreneur de veiller à la propreté des armatures à tous les stades de l'exécution de façon à éliminer les souillures d'huile, de graisse, de peinture, de terre, de particules non adhérentes de rouille, béton ou mortier. Il y a lieu également de dégager les coffrages, avant bétonnage, des chutes diverses liées à la mise en œuvre du ferraillage.*

Article 74 : Maîtrise de la conformité.

74.1 CONTENU DES PROCÉDURES D'EXÉCUTION

** Ces indications sont identiques à celles figurant notamment sur les dessins d'exécution (Cf. article 43.3) qui précisent également les diamètres nominaux des aciers.*

*** Conformément à l'article 23.1, l'entrepreneur, dans ses conventions avec l'armaturier, lui impose les obligations résultant du marché. Si l'armaturier bénéficie du certificat NF-AFCAB « Armatures » (Cf. commentaire *** * de l'article 71.3), son plan qualité incluant la procédure d'exécution et le contrôle est reconnu comme conforme aux exigences du fascicule.*

**** Conformément à l'article 23.1, l'entrepreneur, dans ses conventions avec l'entreprise de pose, lui impose les obligations résultant du marché. Si l'entreprise de pose bénéficie du certificat AFCAB « Pose d'armatures du béton » (Cf. commentaire * de l'article 73), son plan qualité incluant la procédure d'exécution et le contrôle est reconnu comme conforme aux*

73.4 PROPRETÉ DES ARMATURES

Au moment de la mise en œuvre du béton, les armatures en place doivent être propres, sans souillure susceptible de nuire à l'adhérence du béton (*).

Article 74 : Maîtrise de la conformité.

74.1 CONTENU DES PROCÉDURES D'EXÉCUTION

Le plan qualité (*) présente les catégories, nuances et provenances des aciers pour béton armé ; toute modification est soumise à l'acceptation du maître d'œuvre.

Si l'entrepreneur fait appel à un armaturier, pour des opérations de coupe, dressage, façonnage ou assemblage, il soumet son choix à l'acceptation du maître d'œuvre (**).

Si l'entrepreneur fait appel à une entreprise de pose, pour les opérations de pose des armatures, il soumet son choix à l'acceptation du maître d'œuvre (***).

L'entrepreneur précise avant exécution le processus de soudage avec toutes les modalités d'exécution correspondantes ; des essais de convenance sont effectués dans les conditions réelles d'exécution (*** *).

COMMENTAIRES

exigences du fascicule.

**** * Les essais de convenance ont pour but d'apporter la preuve de la convenance du procédé compte tenu du matériel utilisé et du personnel chargé de la mise en œuvre. Ils sont interprétés conformément au fascicule de documentation FD A35-029.*

74.2 CONTRÔLE

** Les insuffisances d'enrobage réduisent la protection des armatures, dont la corrosion provoque des défauts d'aspect des parements et diminue la durabilité de l'ouvrage.*

Le marché stipule, en tant que de besoin, les conditions de contrôle de l'enrobage des armatures après bétonnage (type de matériel, procédures, interprétation des contrôles).

TEXTE

Le plan qualité explicite les dispositions prises pour assurer la sécurité vis-à-vis des armatures en attente.

74.2 CONTRÔLE

Le contrôle de la mise en œuvre des armatures pour béton armé est effectué dans le cadre du contrôle intérieur selon les modalités prévues au plan qualité.

L'entrepreneur met le maître d'œuvre en mesure de s'assurer du bon déroulement du contrôle intérieur du ferraillage, avec un préavis suffisant pour lui permettre d'assurer un contrôle extérieur.

Le plan qualité explicite les dispositions prises pour contrôler l'enrobage des armatures après bétonnage (*).

COMMENTAIRES

CHAPITRE 8

BÉTONS ET MORTIERS

Article 81 : Définitions et spécifications des bétons et mortiers.

** Il s'agit de la norme NF EN 206-1 incluant son annexe nationale qui, dans l'introduction et le chapitre 3, définit les fonctions de prescripteur, de producteur et d'utilisateur.*

Pour les produits préfabriqués structuraux autres que les blocs, la référence à la norme NF EN 206-1 se fait par l'intermédiaire des normes de produits et de la norme NF EN 13369. Il convient de se reporter en outre au chapitre 9 du présent fascicule.

*** NF EN 206-1, chapitre 6 « Spécifications du béton » ; des indications peuvent être trouvées dans les documents suivants :*

– Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction (LCPC, 1994), complétées par le Guide de rédaction des pièces écrites (SETRA, 1996) ;

– Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel (LCPC, 2003) ;

– Recommandations pour la prévention de la réaction sulfatique interne du béton (LCPC, à paraître) ;

– Recommandations pour maîtriser la fissuration des dalles de ponts-mixtes (SETRA 1995) ;

– Guide technique « Défauts d'aspect des parements en béton » (LCPC 1991) ;

Le marché fixe des spécifications et prescriptions particulières en cas d'emploi de béton léger et peut le faire, lorsqu'il y a emploi de béton précontraint (type de ciment, résistance au jeune âge) ou pour des conditions spécifiques de mise en œuvre (temps froid ou temps chaud, bétons pompés, bétonnage en grande masse).

TEXTE

CHAPITRE 8

BETONS ET MORTIERS

Article 81 : Définitions et spécifications des bétons et mortiers.

Les bétons utilisés sont conformes à leur norme de référence (*)

La définition et les spécifications particulières des bétons sont fixées par le prescripteur, conformément aux exigences de la norme de référence (**). Elles intègrent les exigences spécifiques des documents particuliers du marché et doivent prendre en compte les exigences concernant :

– la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction ;

– la prévention des désordres dus aux réactions sulfatiques internes ;

– la durabilité des bétons durcis soumis au gel, ou au gel et aux fondants, selon la classe d'exposition ;

– la limitation de la fissuration du béton ;

– la limitation des retraits thermique, endogène, de dessiccation ;

– la qualité des parements.

Les documents particuliers du marché attribuent à chaque partie d'ouvrage un béton à propriétés spécifiées, pour lequel ils définissent au moins les caractères énumérés dans les articles 81.1 à 81.6.

Le prescripteur fait valider par le maître d'œuvre la spécification du béton, avant transmission au producteur.

Dans le cas général, le prescripteur recourt à un béton à propriétés spécifiées. Dans certains cas particuliers, le prescripteur peut recourir à un béton à composition prescrite, sous réserve de justifier que cette composition permet de respecter les spécifications du béton définies dans les documents particuliers du marché.

COMMENTAIRES

81.1 TYPE DE BÉTON

** Sont visées ici les parties d'ouvrages en béton ne contenant ni armatures en acier ni pièces métalliques noyées, à l'exception des pièces de levage résistant à la corrosion*

81.2 EXPOSITION

81.2.1 CLASSES D'EXPOSITION

** NF EN 206-1, article 4.1.*

*** Les zones de gel modéré et de gel sévère sont définies dans la norme NF EN 206-1.*

On considère que le salage est :
– peu fréquent, lorsque le nombre de jours de salage est inférieur à 10 ;
– fréquent, lorsque le nombre de jours de salage est compris entre 10 et 30 ;
– très fréquent, lorsque le nombre de jours de salage est supérieur ou égal à 30.

La classification de l'exposition au salage doit être définie en prenant en compte le niveau du service hivernal fixé pour l'itinéraire et la rigueur de l'hiver Hi de la zone considérée.

TEXTE

81.1 TYPE DE BETON

Le béton peut être :
– non armé : (NA) (*)
– armé : (BA)
– précontraint : (BP)

81.2 EXPOSITION

81.2.1 CLASSES D'EXPOSITION

Pour chaque partie d'ouvrage, les classes d'exposition sont choisies parmi celles définies par la norme de référence (*). Un même béton peut être classé dans plusieurs classes d'exposition différentes. Dans ce cas, le béton doit respecter toutes les exigences définies pour chaque classe.

Sauf dispositions différentes du marché, les classes d'exposition retenues sont les suivantes :

– vis-à-vis des attaques par le gel et les sels de déverglaçage (**) :

	Zones de gel modéré	Zones de gel sévère
Salage peu fréquent	XF1	XF3
Salage fréquent	XD3 + XF2 pour les éléments très exposés (***)	XF4
Salage très fréquent	XF4	XF4

COMMENTAIRES

Les zones de rigueur hivernale sont définies dans le guide méthodologique « Viabilité hivernale - Définition des objectifs de qualité » (SETRA, juillet 1992) et dans le guide pratique « Aide à l'élaboration du dossier d'organisation de la viabilité hivernale » (SETRA, novembre 1994). On trouvera également ces éléments en annexe aux « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel ».

A défaut de pouvoir préciser ces données, le cahier des charges mentionnera le niveau de salage à partir de la classification suivante, pour les ouvrages situés sur des itinéraires à forte circulation (par exemple le réseau routier structurant) :
– salage peu fréquent ou inexistant pour la zone de rigueur hivernale H1,
– salage fréquent pour la zone de rigueur hivernale H2,
– salage très fréquent pour les zones de rigueur hivernale H3 et H4.

Une classification moins sévère est envisageable pour des ouvrages situés sur des itinéraires peu circulés, soumis à un niveau de service hivernal moins exigeant que sur le réseau structurant.

**** Les éléments très exposés des ouvrages d'art sont les éléments saturés en eau et soumis aux projections directes de sels de déverglaçage : corniches, solins d'ancrage des joints de chaussée, longrines d'ancrage des dispositifs de retenue.*

81.2.2 SPÉCIFICATIONS LIÉES A LA CLASSE D'EXPOSITION

** Les présentes spécifications qui renforcent celles de la norme NF EN 206-1 ne modifient pas l'application de la norme NF EN 1992 (notamment les parties 1-1 et 2 ainsi que les annexes nationales correspondantes) pour ce qui concerne les dispositions de l'Eurocode participant à la durabilité de l'ouvrage : enrobage et contrôle de l'ouverture des fissures. Cependant, la qualité supérieure du béton vers laquelle tendent les présentes spécifications est de nature, dans certains cas, à autoriser une réduction de la classe structurale permettant de calculer l'enrobage, en application du tableau 4.3 NF et de sa note 1, ce tableau faisant partie de la clause 4.4.1.2.(5) note de l'annexe nationale à la norme NF EN 1992-1-1 (NF P 18-711-1/NA).*

TEXTE

– vis-à-vis de la carbonatation :

Les bétons exposés à l'air situés en atmosphère extérieure relèvent de la classe d'exposition XC4.

81.2.2 SPÉCIFICATIONS LIÉES A LA CLASSE D'EXPOSITION

Sauf dispositions différentes du marché, les spécifications destinées à assurer la durabilité du béton sont celles données dans la norme de référence, complétées par les spécifications suivantes (*) :

	TYPE DE BETON	CLASSES D'EXPOSITION				
SPECIFICA-TIONS		XC1-XC2-XC3	XC4 XS1-XS2 XD1-XD2 XF1-XF2 XA1	XF3	XS3 XD3 XA2	XF4
E_{eff} / Liant équiv. Rapport maximal	BA-BP	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45
Classe minimale de résistance	BA BP	C25/30 C30/37	C30/37 C30/37	C30/37 C35/45	C35/45 C35/45	C35/45 C35/45
Teneur minimale en liant équivalent (Kg/m^3) [1]	BA-BP	280	330	385	350	385
Caractère du ciment	BP	CP	CP	CP	CP	CP

[1] Pour les bétons relevant de la classe d'exposition XF3 ou XF4, il est autorisé de réduire les dosages en liant équivalent en dessous de 385 kg/m^3, dans la limite de 350 kg/m^3 pour la classe XF3 et de 370 kg/m^3 pour la classe XF4, sous réserve de justifier de la résistance au gel interne par l'essai pertinent (**) selon le degré de saturation en eau du béton (***).

Pour les bétons soumis aux classes d'exposition XS, le ciment utilisé doit avoir le caractère PM (*** *).

Sauf disposition différente du marché, pour les bétons soumis aux classes d'exposition XF2 et XF4, le ciment utilisé doit avoir le caractère PM ou ES (*** **). Il en est de même en classe d'exposition XD, si l'agression par les

*** Il s'agit de l'un des essais définis dans les normes P 18-424 ou P 18-425.*

**** Il s'agit donc d'un assouplissement des exigences des « Recommandations pour la durabilité des bétons soumis au gel » (LCPC 2003).*

Il est rappelé que ces recommandations imposent de plus, et dans tous les cas, la réalisation de l'essai de résistance à l'écaillage défini dans la norme XP 18-420 en cas de gel en présence de sels de déverglaçage. Il observé expérimentalement qu'il est difficile de satisfaire à cet essai lorsque la teneur en liant équivalent est inférieure à 385 kg/m^3.

COMMENTAIRES

**** * La signification des abréviations utilisées est la suivante :*

– CP : ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint, selon la norme NF P 15-318 ;

– PM : ciments pour travaux à la mer, selon la norme NF P 15-317 ;

– ES : ciments pour travaux en eau à haute teneur en sulfates, selon la norme XP P 15-319.

**** ** Il est recommandé d'utiliser des ciments PM ou ES pour réduire les risques de réaction sulfatique en présence de sels de déverglaçage dont la teneur en sulfates solubles est supérieure à 3 %. L'utilisation de ciments n'ayant ni le caractère PM, ni le caractère ES, est envisageable si l'on vérifie que le béton est soumis à des sels dont la teneur en sulfates solubles est inférieure ou égale à 3 %.*

**** *** Par exemple, l'approche performantielle préconisée dans le guide « Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages » (AFGC 2003).*

**** *** * Le choix du liant tient compte du résultat de l'étude, selon les prescriptions du fascicule de documentation P 18-011.*

**** *** ** NF EN 206-1, tableau NAF.1 ou 2.*

Il convient en ce cas de tenir compte des restrictions complémentaires données dans les « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel » (LCPC 2003).

**** *** *** A ce jour, le seul essai de référence est l'essai de résistance à l'écaillage défini dans la norme XP 18-420.*

**** *** *** * Cf. article 84.6.*

TEXTE

chlorures provient de sels de déverglaçage ou d'agents agressifs contenant des sulfates.

Pour les bétons ne relevant pas des classes XF3, XF4, ou XA, il est autorisé de modifier les spécifications relatives au dosage en liant équivalent sous réserve de justifier, par une approche performantielle validée, la durabilité du béton (*** ***).

Pour la classe d'exposition XA3, le prescripteur réalise une étude spécifique prenant en compte l'agressivité du milieu, sur la base des données fournies par le maître d'ouvrage (*** *** *).

Sauf disposition différente du marché, lorsque le ciment utilisé est un CEM I, il est loisible de lui substituer partiellement une addition dont la nature et la quantité relative en masse est donnée dans la norme de référence (*** *** **).

La présence de cendres volantes, y compris dans le ciment, est interdite dans les bétons soumis aux classes d'exposition XF3 et XF4. Il en est de même en zone de salage fréquent et gel modéré, quelle que soit la classe d'exposition retenue, sauf si la résistance à l'écaillage est justifiée par des essais performantiels probants (*** *** ***).

Lorsque leur utilisation est permise, la cure doit être particulièrement soignée et longue (*** *** *** *).

COMMENTAIRES

81.3 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION À VINGT-HUIT JOURS

** NF EN 206-1, article 4.3.*

*** NF EN 206-1, article 5.5.*
Si une seule valeur est indiquée, elle est réputée être mesurée sur cylindre.

81.4 DONNEES DE BASE ET EXIGENCES COMPLEMENTAIRES

** NF EN 206-1, article 6.2.2*

*** Par exemple, l'alcali-réaction ou les réactions sulfatiques internes.*

**** NF EN 206-1, article NA 5.4.1*

TEXTE

81.3 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION À VINGT-HUIT JOURS

La résistance à la compression à vingt-huit jours est spécifiée conformément aux classes prévues dans la norme de référence (*).

Elle est mesurée selon les prescriptions données dans la norme de référence (**).

81.4 DONNEES DE BASE ET EXIGENCES COMPLEMENTAIRES

Les données de base sont définies par la norme de référence (*).

Le prescripteur spécifie en outre les données complémentaires résultant de la prise en compte des points suivants :
– les spécifications du marché ;
– les méthodes d'exécution ;
– la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction ;
– la prévention des désordres dus aux réactions sulfatiques internes ;
– la durabilité des bétons durcis soumis au gel, ou au gel et aux fondants ;
– la limitation de la fissuration du béton ;
– la limitation des retraits thermique, endogène, de dessiccation ;
– la qualité des parements.

Les choix pour la prévention de certains risques (**) qui relèvent du maître d'ouvrage doivent être définis dans le marché.

Dans une note remise au maître d'œuvre, le prescripteur justifie que les spécifications retenues prennent en compte les exigences énoncées ci-dessus, et permettent la bonne mise en œuvre du béton, compte tenu des méthodes prévues.

De plus, le prescripteur impose au producteur :
– une valeur cible de la consistance (***) ;
– la fourniture d'un bon de livraison détaillé et du bon de pesée. Ces bons doivent définir précisément la nature et la quantité de tous les constituants du béton livré. Une copie de ces bons est remise au maître d'œuvre.

COMMENTAIRES

81.5 DIMENSION MAXIMALE DU GRANULAT

** NF EN 206-1, article 4.2. Ce caractère concourt également à l'aptitude à la mise en œuvre. La dimension maximale est choisie en tenant compte des distances des armatures entre elles et aux parois.*

81.6 TENEUR EN CHLORURE

** NF EN 206-1, tableau 10 de l'article 5.2.7 de l'annexe nationale.*

L'attention est attirée sur la nécessité de fournir un bilan complet de la teneur en chlorure du béton, distinguant l'apport de tous les constituants.

81.7 BETONS A HAUTES PERFORMANCES

** Selon le ou les objectifs recherchés, la mise au point d'une formule de BHP peut permettre, de plus, l'amélioration de certaines des performances suivantes :*

– sur béton frais :
– ouvrabilité accrue facilitant la mise en place dans les coffrages,
– aptitude au pompage améliorée.

– sur béton durci :
– augmentation des résistances aux jeunes âges (compression et traction),
– diminution du fluage (en cas d'addition de fumée de silice),
– augmentation du module d'élasticité,
– très faible perméabilité à l'air, aux gaz, à l'eau,
– résistance accrue aux agents agressifs,
– résistance accrue aux cycles de gel-dégel,
– résistance accrue à l'abrasion liquide et solide.

L'utilisation des BHP permet également de réaliser des structures moins lourdes et plus durables.

On pourra se reporter aux publications suivantes :

– Valorisation des bétons à hautes performances dans les piles et pylônes de grande hauteur des ouvrages d'art (Guide Technique LCPC, juin 2003) ;

TEXTE

81.5 DIMENSION MAXIMALE DU GRANULAT (*)

Le marché fixe la dimension maximale des granulats conformément aux dispositions de la norme de référence (*).

81.6 TENEUR EN CHLORURE.

Sauf dispositions différentes du marché, la classe de teneur en chlorure est retenue conformément aux indications données dans la norme de référence (*).

Sauf dispositions plus sévères du marché, la classe Cl 0,15 % est retenue pour les bétons précontraints par pré-tension.

81.7 BETONS A HAUTES PERFORMANCES

Les bétons à hautes performances (BHP) présentent des performances supérieures (*) à celles des bétons traditionnels. Ils se caractérisent par :

– une classe de résistance égale ou supérieure à C60/75 si le béton n'est pas soumis aux attaques gel/dégel ;
– une classe de résistance égale ou supérieure à C50/60 si le béton est soumis aux attaques gel/dégel (classes d'exposition XF) ;
– un rapport pondéral Eau/Liants inférieur à 0,40.

COMMENTAIRES

– Valorisation des bétons à hautes et très hautes performances dans les structures d'ouvrages d'art (Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 246-247, 2003).

– Synthèse des travaux du Projet National BHP.

81.8 BETONS AUTOPLAÇANTS

** On pourra se référer aux recommandations AFGC et aux publications à paraître du Projet National BAP.*

Il est également possible de s'appuyer sur des études spécifiques.

*** Il s'agit de l'un des essais définis dans les normes P 18-424 ou P 18-425.*

**** Lorsque leur proportion de pâte est significativement plus importante, les déformations à long terme des BAP peuvent être sensiblement plus élevées que celles déterminées par les modèles de fluage réglementaires (BPEL, puis NF EN 1992).*

81.9 CAS PARTICULIERS

** Pour les produits de calage et de scellement, il convient de se reporter aux normes P 18-821, P 18-822 et à la série de normes P 18-831 à P 18-837.*

*** Le marché ne fixe pas de spécifications pour ces bétons.*

TEXTE

81.8 BETONS AUTOPLAÇANTS

Les bétons autoplaçants (BAP) sont des bétons de haute technicité, destinés à être mis en œuvre sans vibration.

L'entrepreneur définit précisément dans le programme de bétonnage :
– les essais permettant de contrôler la rhéologie avant mise en œuvre ;
– les conditions de mise en œuvre.

Les dispositions prévues sont justifiées par référence à des recommandations techniques reconnues (*).

Les BAP soumis aux attaques gel/dégel (classes d'exposition XF3 et XF4) font l'objet de l'essai pertinent de résistance au gel interne (**) selon le degré de saturation en eau du béton.

De plus, bien qu'étant exclus de son domaine d'application, ils respectent les exigences relatives aux constituants du guide technique « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel » (LCPC 2003).

Des essais de fluage spécifiques sont prévus pour la réalisation des structures en béton précontraint sensibles aux déformations à long terme (***).

81.9 CAS PARTICULIERS

Les compositions des mortiers (*) tels que mortiers de pose, de calage ou de scellement, et de certains bétons (**) tels que bétons de propreté ou de remplissage, sont présentées dans le plan qualité.

COMMENTAIRES

Article 82 : Constituants des bétons et mortiers

** Cf. articles 83.3 «Transport et manutention » et 84 « Mise en œuvre ».*

82.1 CIMENTS

** Le fascicule de documentation P 15-010 présente un guide d'utilisation des ciments.*

*** Les normes concernées sont la norme NF EN 197-1 et, le cas échéant, les normes :*
– NF P 15-317 : Ciments pour travaux à la mer (PM),
– NF P 15-318 : Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint (CP),

– XP P 15-319 : Ciments pour travaux en eau à haute teneur en sulfates (ES).
– NF P 15-302 : Ciments à usage tropical.

**** La marque NF-Liants Hydrauliques constitue une telle certification de conformité.*

82.2 GRANULATS

** Il s'agit des gravillons, des sables, des fillers d'apport et des sablons.*

*** En particulier, les granulats de béton concassé ne sont pas autorisés pour la fabrication des bétons.*
*Les granulats légers peuvent l'être, sous réserve de prescriptions et spécifications particulières, comme il est indiqué au commentaire ** de*

TEXTE

Article 82 : Constituants des bétons et mortiers

Le choix et le dosage des différents constituants doivent conférer aux bétons une compacité convenable et leur permettre :
– d'atteindre les niveaux de performances requis, soit au titre des spécifications, soit au titre des conditions particulières résultant notamment des choix relatifs aux conditions de transport et de mise en œuvre (*) ;
– de respecter les exigences relatives aux parements ;
– de satisfaire aux conditions liées à l'environnement et au type du béton.

82.1 CIMENTS

Les ciments (*) sont conformes aux normes en vigueur (**) et bénéficient d'une certification de conformité émanant d'un organisme certificateur officiel (***).

Le choix du ciment tient compte de l'agressivité chimique du milieu selon les dispositions des normes en vigueur.

82.2 GRANULATS (*).

Les granulats sont des granulats naturels courants (**), conformes aux normes en vigueur (***) relatives aux granulats pour bétons hydrauliques.

Ils bénéficient d'une certification de conformité émanant d'un organisme certificateur officiel (*** *), ou font l'objet d'une procédure de contrôle reconnue équivalente.

COMMENTAIRES

l'article 81 du présent fascicule.

**** Il s'agit des normes NF EN 12 620 et XP P 18-545.*

L'article 10.7 de la norme XP P18-545 fixe des exigences particulières pour les granulats destinés aux bétons soumis à des environnements particulièrement agressifs (classes d'exposition XF4 et XA3).

*Se reporter également au commentaire ** de l'article 81 du présent fascicule.*

**** * La marque NF-Granulats constitue une telle certification de conformité.*

**** ** Les granulats récupérés sur l'installation de production considérée et traités dans une installation de lavage/criblage ne sont pas concernés par ces clauses.*

**** *** La justification des caractéristiques correspondants à une catégorie directement inférieure à celle globalement spécifiée (B en-dessous de C35/45, A pour C35/45 et au-delà) doit être basée sur :*

– l'obtention de performances satisfaisantes pour le béton ainsi constitué,

– le maintien de ce niveau de performances dans le domaine de variabilité des caractéristiques considérées des granulats.

Par exemple, si la teneur en fines d'un sable est supérieure à 10% (limite Ls16 de la norme XP P18-545) pour un béton de résistance supérieure ou égale à C35/45, le dossier initial doit intégrer l'étude de l'influence de la variabilité de la teneur en fines sur les performances du béton.

Pour les bétons à hautes performances (BHP) et les bétons autoplaçants (BAP), les granulats doivent en outre présenter un coefficient d'absorption d'eau inférieur à 2,5% à moins qu'il n'ait pu être démontré que le maintien de rhéologie du béton dans les conditions réelles de transport (pompage en particulier) et de mise en œuvre était assuré.

Pour les BAP, l'étendue de finesse des sables et l'étendue de la teneur en fines des sables doivent de plus être au minimum de code indicé B.

TEXTE

Les granulats récupérés (*** **) sur l'installation de production considérée, à partir des eaux de lavage ou de béton frais, sont interdits pour les bétons dont la classe de résistance en compression est supérieure ou égale à C35/45.

Pour les bétons de classe de résistance inférieure, leur utilisation est autorisée dans la mesure où :

– la proportion de granulats récupérés n'est pas supérieure à 5% de la quantité totale de granulats

– des dispositions justificatives adaptées sont décrites dans le plan qualité concernant la production des bétons

Sauf dispositions différentes du marché, les granulats appartiennent à l'un des deux codes suivants :

– bétons de classe de résistance inférieure à C35/45 : code B (avec une ou deux caractéristiques pouvant être indicées C après études ou références) (*** ***).

– bétons de classe de résistance égale ou supérieure à C35/45 : code A (avec une ou deux caractéristiques pouvant être indicées B après études ou références) (*** ***).

Pour les bétons apparents ou devant subir une mise en peinture à l'état brut de décoffrage, la présence de pyrite (ou autres sulfures métalliques) sous forme de grains de dimension supérieure à 2 mm est interdite (*** *** *).

COMMENTAIRES

**** *** * La note de l'article 10.3.4 de la norme XP P 18-545 attire l'attention sur les défauts d'aspect qui pourraient en résulter.*

Il est rappelé que, la norme ne garantissant pas l'homogénéité de teinte des granulats, il appartient au marché de fixer, s'il y a lieu, des exigences complémentaires.

82.3 EAU DE GÂCHAGE

** Il s'agit de la norme NF EN 1008.*

Il est rappelé que l'eau de gâchage doit en outre respecter les prescriptions relatives aux parements (Cf. article 63.2.3,2).

82.4 ADJUVANTS

** Il s'agit de la norme NF EN 934-2.*

*** La marque NF-Adjuvants constitue une telle certification de conformité.*

**** Les dosages en superplastifiants / hauts réducteurs d'eau ou plastifiants / réducteurs d'eau sont généralement supérieurs à ceux utilisés dans les bétons classiques.*

**** * On a souvent recours aux superplastifiants pour l'obtention de bétons fluides. Afin de prolonger la durée pratique d'utilisation du béton fluidifié, il peut être nécessaire d'employer un retardateur de prise.*

**** ** En cas d'emploi de fumée de silice, la défloculation de ce matériau est assurée par la présence de superplastifiant.*

TEXTE

82.3 EAU DE GÂCHAGE

L'eau de gâchage satisfait aux prescriptions des normes en vigueur (*). L'eau provenant d'un réseau public d'eau potable est réputée conforme à la norme.

L'emploi d'eau de mer est interdit.

L'utilisation des eaux recyclées issues de la production de béton est interdite dans le cas de bétons apparents pour lesquels le marché contient des exigences particulières de régularité de teinte.

82.4 ADJUVANTS

Les adjuvants sont conformes aux normes en vigueur (*) et bénéficient d'une certification de conformité émanant d'un organisme certificateur officiel (**).

Dans le cas de BHP, la formulation incorpore notamment, parmi ces adjuvants (***), des superplastifiants / hauts réducteurs d'eau (*** *) ou plastifiants / réducteurs d'eau.

La compatibilité des différents adjuvants entre eux, ainsi qu'avec les liants et additions, telles que les fumées de silice (*** **), doit être vérifiée.

COMMENTAIRES

82.5 AJOUTS.

** La norme NF EN 206-1 donne la définition de ces ajouts (NA.3.1.47) et en précise les règles d'emploi (NA .5.1.7).*

*** Ces produits, minéraux ou organiques, ont pour but de diminuer la sensibilité du béton frais vis-à-vis du ressuage et de la ségrégation, augmentant ainsi la robustesse de la formule de béton.*

**** Il s'agit de la norme NF EN 934-2.*

**** * Cet essai préliminaire est prévu dans la norme NF EN 206-1 et peut être réalisé directement sur la formule de béton considérée (conformité au cahier des charges) ou bien se référer à des essais réalisés sur un béton ou un mortier de référence. Dans ce dernier cas, les essais auront été effectués avec le dosage usuel et le dosage maximal recommandé (pour les applications BAP) déclarés par le fournisseur.*

Ces essais comparatifs concernent les exigences correspondant à la catégorie "rétenteur d'eau" de la norme NF EN 934.2 à l'exception du ressuage, les résultats devant être conformes aux prescriptions de la norme.

**** ** Ceci correspond aux exigences de l'article 4 de la norme NF EN 934-2 et peut être mesuré en utilisant par exemple la méthode de détermination de stabilité dimensionnelle décrite dans l'ASTM C494, sur un mortier de référence conforme à l'EN 480-1. La comparaison s'effectue alors entre un mortier de référence suffisamment fluide et le même mortier (avec le même dosage en eau) de fluidité éventuellement amoindrie incorporant l'agent de cohésion. La différence de retrait ne doit pas excéder 35 % si le mortier de référence présente un retrait de plus de 0.3 mm/m et ne doit pas excéder 0.1 mm/m dans le cas contraire.*

TEXTE

82.5 AJOUTS.

Des ajouts peuvent être incorporés au béton, conformément aux normes en vigueur (*), pour améliorer certaines de ses propriétés ou pour lui conférer des propriétés particulières. La non-nocivité de ces ajouts vis-à-vis du béton et des armatures est à justifier au niveau du dossier d'études, soit par référence à des normes, soit par des résultats d'essais spécifiques.

Certaines compositions de BAP peuvent contenir des produits appelés agents de cohésion ou aussi agents de viscosité (**).

Les agents de cohésion proposés doivent satisfaire à l'un des deux cas suivants :

Cas 1 : L'agent est un adjuvant (rétenteur d'eau par exemple) conforme aux stipulations techniques de la norme concernée (***).

Cas 2 : L'agent est considéré comme un ajout. Il convient alors de vérifier l'effet lié à l'adjonction de l'agent de cohésion par l'intermédiaire d'un essai préliminaire (*** *).

De plus, l'agent de cohésion ne doit pas modifier de façon significative le retrait du béton durci (*** **).

COMMENTAIRES

82.6 ADDITIONS.

** Il s'agit des normes suivantes :*
– NF EN 450, pour les cendres volantes,
– NF P 18-502 puis NF EN 13263-1, pour les fumées de silice,
– NF P 18-508, pour les additions calcaires,
– NF P 18-509, pour les additions siliceuses,
– NF P 18-506, pour les laitiers vitrifiés broyés de haut-fourneau de classe B.

*** La marque NF-Additions constitue une telle certification de conformité.*

**** Il s'agit des normes suivantes :*
– XP P 18-545, pour les additions qui relèvent de cette norme,
*– les normes figurant au commentaire * ci-dessus, pour les autres additions.*

**** * Les ultrafines sont des poudres de granulométrie nettement plus fine que celle des ciments.*
L'incorporation d'ultrafines peut devenir nécessaire lorsqu'une résistance caractéristique à 28 jours supérieure à 80 MPa est recherchée.

82.7 COMPATIBILITÉ ET DOSAGE DES DIFFÉRENTS CONSTITUANTS.

** Le problème de la compatibilité granulats-additions-ciments doit être considéré. Se reporter à l'article 10.3.3 de la norme XP P 18-545 et aux documents visés au commentaire ** de l'article 81 du présent fascicule.*

*** Ces informations sont fournies avec les résultats de l'épreuve d'étude, prévue au plan qualité, conformément à l'article 810 du présent fascicule.*

TEXTE

82.6 ADDITIONS.

Les additions admises en substitution partielle du ciment sont conformes aux normes en vigueur (*).

Elles bénéficient d'une certification de conformité émanant d'un organisme certificateur officiel (**) ou font l'objet d'une procédure de contrôle reconnue équivalente.

Les mêmes additions peuvent être utilisées comme correcteur granulométrique et respectent alors les normes qui les concernent (***).

Si la formulation du BHP incorpore des ultrafines (*** *) autres que la fumée de silice, ces ultrafines, en l'absence de norme de référence, sont traitées comme des ajouts (Cf. article 82.5).

82.7 COMPATIBILITÉ ET DOSAGE DES DIFFÉRENTS CONSTITUANTS.

Les constituants du béton doivent être choisis de façon à être compatibles entre eux (*) et ne pas altérer les armatures ; en particulier la quantité maximale d'ions-chlore (Cl^-) susceptible d'être solubilisée, rapportée à la masse de ciment, doit être conforme aux dispositions de l'article 81.6 .

Les teneurs en alcalins actifs (cas des granulats PR, PRP et NQ), en sulfates et en chlorures de l'ensemble des constituants des bétons doivent être communiquées au maître d'œuvre en même temps que leurs fiches techniques. (**)

COMMENTAIRES

Article 83 : Fabrication et transport des bétons

83.1 BÉTONS PRÊTS À L'EMPLOI (BPE) PRÉPARÉS EN USINE.

** La marque NF-BPE couvre à la fois la certification des bétons et celle de l'installation de fabrication.*

*** Il s'agit de la norme NF EN 206-1.*

**** Les spécifications du béton peuvent contenir des caractéristiques complémentaires qui ne correspondent pas à des exigences de la norme NF EN 206-1.*

83.2 FABRICATION SUR SITE.

** Cette acceptation se fait sur la base du référentiel particulier de certification utilisé pour la certification du béton (par exemple celui de la marque NF-BPE).*

83.3 TRANSPORT ET MANUTENTION

** Cette prescription ne vise pas la manutention à courte distance.*

TEXTE

Article 83 : Fabrication et transport des bétons

83.1 BÉTONS PRÊTS À L'EMPLOI (BPE) PRÉPARÉS EN USINE.

Les bétons et l'installation de fabrication bénéficient d'une certification émanant d'un organisme certificateur officiel (*).

Pour les bétons, cette certification atteste de la conformité à la norme en vigueur (**).

De plus, l'installation de fabrication doit respecter les spécifications complémentaires données dans l'annexe B au présent fascicule.

Les commandes de l'entreprise se réfèrent à la norme en vigueur (***), en contractualisant les clauses relatives aux conditions de préparation, aux contrôles et essais en cours de fabrication, à la commande et à la livraison. La partie technique de la commande est tenue à la disposition du maître d'œuvre.

Dans le cas général d'emploi de bétons à propriétés spécifiées (BPS), la commande précise en outre les valeurs requises des données de base et, le cas échéant, des exigences complémentaires.

83.2 FABRICATION SUR SITE

La centrale est soumise à l'acceptation du maître d'œuvre (*) et doit respecter les spécifications complémentaires données dans l'annexe B au présent fascicule.

83.3 TRANSPORT ET MANUTENTION.

Le transport et la manutention depuis le lieu de fabrication jusqu'à celui de la mise en place sont exécutés de façon à ne donner lieu ni à ségrégation sensible, ni à évaporation excessive, ni à intrusion de matières étrangères, ni à commencement de prise.

Lorsque l'éloignement de la centrale de malaxage (*) oblige à transporter le

béton par camion, le béton est transporté par bétonnière portée équipée d'un tambour comportant au moins deux vitesses de rotation, l'une pour l'agitation (de l'ordre de 2 à 3 tours par minute), l'autre pour le brassage (de l'ordre de 12 à 15 tours par minute).

Avant chargement, le producteur s'assure, en faisant tourner la bétonnière à grande vitesse de déchargement, que la cuve est bien vidée et ne contient plus d'eau. Il est interdit d'ajouter de l'eau en cours de transport ou avant mise en œuvre.

Dans certains cas particuliers, il est loisible d'ajouter un fluidifiant, ce qui est alors précisé dans le programme de bétonnage.

*** L'attention est attirée sur le fait que l'emploi des pompes à béton implique le respect d'exigences particulières portant sur la composition du béton, à vérifier lors des épreuves préalables (se reporter à l'article 85.2 ci-après, ainsi qu'au guide technique LCPC/CALIBÉ/IREX [2002]).*

Lorsque l'entrepreneur utilise des pompes à béton (**), des transporteurs pneumatiques ou des bandes, les canalisations ou les bandes sont nettoyées après chaque arrêt prolongé ; les canalisations exposées au soleil sont convenablement protégées.

Dans le cas d'un béton fluidifié, la centrale de malaxage ou, le cas échéant, le camion transportant le béton sont équipés d'un réservoir spécial et les conditions d'introduction du fluidifiant et du malaxage complémentaire sont décrites de manière précise par le programme de bétonnage.

**** La prise en considération du temps de transport est un élément de jugement pour l'acceptation de l'origine du béton proposé par l'entrepreneur.*

Le temps maximal de transport est spécifié par l'entrepreneur au fournisseur de béton (***). Ce temps est obtenu en soustrayant du délai maximal entre la fin de la fabrication et la fin de la mise en place (*** *), les temps d'attente et le délai nécessaire pour la manutention et la mise en œuvre.

**** * Le délai maximal d'utilisation du béton, compté à partir de la fin de sa fabrication jusqu'à sa mise en place dans le coffrage, n'excède pas 1 heure 30, en règle générale, lorsque la température est voisine de 20° C. Cette limite est à modifier lorsque la température s'écarte sensiblement de cette valeur et dans le cas d'emploi de certains adjuvants.*

Le délai maximal d'utilisation du béton est mentionné dans le programme de bétonnage.

COMMENTAIRES

Article 84 : Mise en œuvre

84.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

** Cf. article 85.3*

*** L'utilisation de béton auto plaçant conduit à une augmentation de la pression exercée sur les coffrages. En l'absence de justifications, une distribution hydrostatique sera prise en compte pour le calcul de ces pressions sur les coffrages.*

84.2 VIBRATION DU BÉTON

** Dans le cas d'emploi d'un béton fluidifié, la nécessité éventuelle d'une vibration et ses modalités sont fixées dans le programme de bétonnage et vérifiées par l'épreuve de convenance.*

*** La vibration superficielle peut être exécutée à l'aide de dames, règles ou taloches vibrantes. En dehors de l'exécution des dalles minces, elle est recommandée pour la finition des dalles épaisses.*

**** Voir aussi le commentaire ** de l'article 63.2.4.*

TEXTE

Article 84 : Mise en œuvre

84.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Les résultats de l'épreuve de convenance (*), si celle-ci est prévue, sont portés à la connaissance du maître d'œuvre et le bétonnage ne peut commencer qu'après accord du maître d'œuvre, ou écoulement du temps de préavis fixé par le marché, ou à défaut proposé dans le plan qualité.

Le béton qui n'aurait pas été mis en place dans le délai préalablement fixé pour cette mise en place, ou qui aurait commencé à faire prise, est rejeté.

La mise en place doit conserver au béton son homogénéité, ne pas provoquer de déplacement d'armatures ni de déformation des conduits de précontrainte, ni de bouchons dans ces mêmes conduits. Elle doit éviter une déformation anormale des coffrages et assurer la conformité des parements aux exigences les concernant (**).

84.2 VIBRATION DU BÉTON

Sauf éventuellement dans le cas d'emploi de béton fluidifié (*), les bétons pour béton armé ou précontraint sont mis en œuvre par vibration ; la vibration interne ou les procédés utilisés doivent assurer le remplissage des moules ainsi que l'homogénéité et la compacité du béton en place.

L'épaisseur des couches serrées par vibration superficielle (**) est limitée à 20 cm pour les bétons non ou faiblement armés et 15 cm pour les bétons fortement armés ou précontraints.

La vibration des bétons autoplaçants est interdite.

En cas de recours à la vibration des coffrages, une épreuve de convenance doit être effectuée (***)

COMMENTAIRES

84.3 REPRISE DE BÉTONNAGE

** Le nettoyage de la surface d'un béton âgé d'au moins deux jours peut utilement être effectué par un jet d'eau à haute pression (supérieure à 10 MPa). Les traitements mécaniques tels que le bouchardage sont contre-indiqués.*

Dans le paragraphe 6.2.5 de la pr EN 1992-1-1, « cisaillement le long des surfaces de reprise », des aspérités de hauteur au moins égale à 3 mm permettent de classer la reprise de bétonnage dans la catégorie rugueuse.

*** Les dispositions éventuellement prévues par le marché ont pour but d'améliorer l'adhérence entre béton ancien et béton nouveau (Cf. le document « Recommandations pour l'exécution des reprises de bétonnage »[CEBTP, FFB, SETRA], mars 2000).*

Pour des surfaces verticales ou fortement inclinées, la surface de reprise est généralement matérialisée par un grillage (ou du métal déployé) fixé à un cadre incorporé au coffrage ou sur ce dernier si la surface de reprise est coffrée.

L'emploi d'un coffrage badigeonné avec un retardateur de prise est également possible, mais un soin attentif est demandé pour assurer un épandage régulier. De plus l'efficacité du produit dépend des conditions de température. L'usage d'un désactivant est déconseillé car il impose son élimination parfaite avant le coulage du béton de deuxième phase.

Une bonne liaison entre béton ancien et nouveau béton peut être obtenue par la mise en place dans le béton frais de première phase d'armatures de faible diamètre (environ 10 mm).

L'accrochage sur un béton ancien peut être amélioré par emploi de résine, mais cette technique est d'un emploi délicat.

**** L'absence d'eau libre signifie l'élimination des flaques, films ou gouttes d'eau en surface. Elle sera généralement réalisée par soufflage d'air déshuilé. Une humidification de la surface de reprise n'est pas nécessaire. En effet la porosité du béton durci conduit à l'absorption d'une très faible*

TEXTE

84.3 REPRISE DE BÉTONNAGE

A chaque reprise sur béton durci, la surface de l'ancien béton est débarrassée de sa laitance et nettoyée par un traitement approprié défini au plan qualité (*).

En l'absence de dispositions particulières prévues par le marché (**), les conditions minimales à respecter sont la propreté de la surface de reprise et l'absence d'eau libre sur celle-ci (***).

Le plan qualité décrit les dispositions particulières à prévoir pour les reprises prévues aux dessins de coffrage (*** *) et pour les reprises inopinées.

COMMENTAIRES

quantité d'eau qui conduit à un enrichissement en ciment au voisinage de la reprise, donc à un meilleur collage.

**** * Sur le plan esthétique, il est généralement préférable de souligner les reprises plutôt que de les dissimuler. Le marché peut prévoir, par exemple, que le tracé de ces lignes soit matérialisé par des règles fixées au coffrage et enlevées par la suite.*

84.4 SURFACES NON COFFRÉES

** Pour la définition de cette texture, le marché ou le plan qualité peut se référer à des plaquettes-étalons de l'état de surface. Une épreuve de convenance exécutée sur une surface significative (environ 10 mètres carrés) est souvent utile pour mettre au point la méthode et servir de référence pour le reste de la surface.*

84.5 DÉCOFFRAGE, DÉCINTREMENT

** L'échéance de décoffrage peut être déterminée par la technique maturométrique, sous réserve de la compatibilité avec les autres fonctions du coffrage : isolation thermique, cure.*

La technique maturométrique a pour but de prévoir la résistance du béton de l'ouvrage à partir de la mesure de l'évolution dans le temps de la température du béton de l'ouvrage en cours de durcissement, et d'un étalonnage préalable (Cf. le guide technique « La résistance du béton dans l'ouvrage : la maturométrie », coédition LCPC/IREX/CALIBE, Techniques et méthodes des LPC).

*** Si les contraintes appliquées au béton à la suite du décintrement paraissent devoir dépasser $0{,}4 f_{ck}(j)$, $f_{ck}(j)$ désignant la résistance caractéristique à la date prévue compte tenu de l'effet estimé des intempéries éventuelles, des épreuves d'information sont nécessaires.*

TEXTE

84.4 SURFACES NON COFFRÉES

Le réglage et la finition des surfaces non coffrées s'effectuent sans apport de mortier.

Sauf disposition différente du marché, les parements non coffrés doivent présenter un uni qui s'apparente à celui des parements adjacents.

Les surfaces non coffrées devant recevoir une couche de protection ou un revêtement présentent la texture compatible avec la nature de cette couche (*).

84.5 DÉCOFFRAGE, DÉCINTREMENT

Les coffrages et étaiements ne peuvent être enlevés que lorsque le béton a atteint une résistance suffisante pour ne pas engendrer des détériorations superficielles dues au décoffrage, résister aux actions qui lui sont alors appliquées et éviter des flèches différées dépassant les tolérances spécifiées (*).

Le décintrement ne peut être effectué avant que le béton supporté ait vingt-huit jours d'âge que si les conditions de l'opération sont définies au préalable et présentées dans le plan qualité (**). Si les conditions fixées ne sont pas satisfaites à la date prévue, le décintrement est retardé en tant que de besoin.

Les opérations sont conduites progressivement et sans chocs avec une séquence assurant la stabilité et la résistance des autres éléments de l'étaiement.

COMMENTAIRES

Le marché peut rendre les épreuves d'information obligatoires si les dispositions du projet à elles seules conduisent à penser que les contraintes appliquées dépasseront la limite ci-dessus.

**** En première approche le décoffrage pourra être retardé de la durée du gel.*

84.6 PROTECTION DES BETONS AU JEUNE AGE

84.6.1 GENERALITES

(*) Cf. le guide AFGC « Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages – Maîtrise de la durabilité vis-à-vis de la corrosion des armatures et de l'alcali-réaction », 2004.

(**) Le retrait thermique, dû à la chaleur d'hydratation du ciment, peut entraîner :

– par déformation gênée, des fissures à la surface des pièces massives, ou dans les parties minces d'éléments associant parties minces et épaisses (âmes, hourdis et goussets), en cas de différences de température importantes entre le cœur et la peau des éléments ou entre la peau et le milieu ambiant ;

– des déformations parasites dans le cas de structures coulées en plusieurs phases selon un calendrier ne permettant pas le refroidissement des pièces. Ces déformations peuvent provoquer des fissurations par auto-décintrement ou des défauts de contact entre éléments dits à joints conjugués.

Le CCTP peut inclure des exigences portant sur l'écart maximal de température à l'intérieur d'une section coulée, ou entre la section coulée et précédente. La fissuration peut être limitée en minimisant les gradients de contraintes de traction de la peau du béton. Ces gradients peuvent être évalués par un calcul aux éléments finis prenant en compte l'ensemble des causes à l'origine des contraintes en peau.

TEXTE

En cas de gel pendant la durée de prise et de durcissement, les opérations sont retardées sur proposition de l'entrepreneur (***) et accord du maître d'œuvre.

La protection du béton, assurée par le coffrage, et éventuellement complétée par une isolation thermique, est poursuivie en tant que de besoin immédiatement après le décoffrage.

84.6 PROTECTION DES BETONS AU JEUNE AGE

84.6.1 GENERALITES

La protection du béton a pour but de lutter contre la dessiccation au jeune âge et les chocs thermiques. Elle permet de minimiser les risques de fissuration induits et de conférer au béton d'enrobage une qualité satisfaisante (perméabilité et porosité en rapport avec le niveau de durabilité requis) (*).

Il y a lieu en outre de tenir compte de l'effet des retraits thermique et endogène, ainsi que de l'influence de la température extérieure, au stade de la conception des ouvrages (calcul, dispositions constructives …) et à celui de leur exécution (choix des matériaux, protection contre le froid et l'ensoleillement, voire circuits de refroidissement …) (**).

COMMENTAIRES

Le retrait endogène, dû à la contraction du béton pendant sa période de prise et de durcissement, peut lui-aussi provoquer des déformations gênées. Le phénomène est d'autant plus important que la teneur en eau du béton est faible, ce qui est notamment le cas des bétons à hautes et très hautes performances.

84.6.2 CURE

** Pratiquement tous les coffrages peuvent être considérés comme imperméables.*

La technique maturométrique, réalisée en plaçant des sondes à une profondeur maximale de 10 mm par rapport à la surface du béton, peut être un moyen d'évaluer la résistance du béton de peau.

Le maintien des coffrages peut devoir être limité dans le temps pour éviter la fissuration par retrait gêné, et ainsi ne pas être un moyen de cure suffisant.

*** Il s'agit des normes NF P 18-370 et NF P 18-371.*

**** La marque NF-Produits de cure constitue une telle certification de conformité.*

**** * Le marché peut imposer la présence continue sur le chantier d'un thermomètre à maxima, d'un hygromètre et d'un anémomètre.*

TEXTE

84.6.2 CURE

La cure est indispensable et doit être appliquée le plus tôt possible après la mise en œuvre du béton. Elle peut faire appel, successivement ou de manière séparée, aux méthodes suivantes :

– maintien du coffrage en place (*) ;

– application sur le béton d'une bâche hermétique et étanche à la vapeur ;

– mise en place sur la surface du béton de couvertures mouillées et maintien de leur surface humide ;

– apport d'eau en quantité appropriée pour maintenir la surface du béton visiblement humide ;

– application sur la surface de béton d'un produit de cure conforme aux normes en vigueur (**) et bénéficiant d'une certification de conformité émanant d'un organisme certificateur officiel (***).

De même, des conditions ambiantes humides (HR > 80 % et vent de vitesse maximale inférieure à 30 km/h, ou temps pluvieux) assurent des conditions de cure satisfaisantes pour le béton. Elles doivent faire l'objet d'un enregistrement sur chantier (*** *).

Les procédés de cure par humidification, arrosage ou immersion ne peuvent pas être employés par temps de gel.

La mise en place de bâches étanches maintenues en permanence doit, soit assurer un contact complet avec le béton, ce qui est exclu dans le cas des parements, soit laisser un vide d'air continu de façon que le traitement soit homogène.

COMMENTAIRES

**** ** Les produits teintés permettent de contrôler facilement la continuité du film.*

84.6.3 DÉBUT ET DURÉE DE LA CURE

TEXTE

L'application des produits de cure doit être compatible avec les revêtements définitifs éventuels ; les produits de cure teintés ne doivent pas être utilisés pour les parements (*** **), sauf essai de convenance favorable.

84.6.3 DÉBUT ET DURÉE DE LA CURE

La cure commence à partir de la fin de la mise en œuvre du béton. Sa durée minimale est donnée dans le tableau suivant :

Température à la surface du béton (t) en °C (1)	Délai minimal de cure			
	Développement de la résistance, r, du béton (2) j : jours, h : heures			
	Rapide r≥0,50	Moyen 0,50>r≥0,30	Lent 0,30>r≥0,15	Très lent r<0,15
t ≥ 25	14 h	1,5 j	2 j	2 j
25 > t ≥ 15	1 j	2,5 j	4 j	5 j
15 > t ≥ 10	1,5 j	4 j	7 j	9 j
10 > t ≥ 5 (3)	2 j	5 j	10 j	15 j

(1) Il s'agit de la température mesurée à la surface du béton et non pas à l'extérieur du coffrage. En pratique, en l'absence de mesure directe de température à la surface du béton, on retiendra la température ambiante moyenne sur la durée de la cure. Cette température moyenne peut être estimée à partir de la moyenne des températures journalières mesurées à midi sous abri.

(2) Le développement de la résistance, r, du béton est le rapport de la résistance moyenne à 2 jours à la résistance moyenne à 28 jours, déterminée par des essais préalables ou basé sur l'expérience d'un béton de composition comparable.

(3) Le décompte de la durée de cure est suspendu lorsque la température de la surface du béton est inférieure à 5°C.

COMMENTAIRES

(*) La mesure de la maturité du béton de surface est en général effectuée par enregistrement de la température du béton à une distance inférieure à 10 mm du parement. Une méthode simplifiée consiste à procéder à l'écrasement d'éprouvettes d'informations conservées dans des conditions similaires à l'ouvrage.

(**) Le degré d'hydratation permettant la segmentation de la porosité capillaire peut être estimé par des suivis de perte de masse d'éprouvettes placées en ambiance dessiccative à différentes échéances de démoulage (il correspond à un changement du régime de dessiccation).

84.7 CONDITIONS DE TEMPÉRATURE PARTICULIÈRES

84.7.1 BÉTONNAGE PAR TEMPS FROID

** Le maître de l'ouvrage peut souhaiter éviter une longue interruption d'activité dans un site soumis à des gels prolongés.*

*** Le bétonnage par temps froid est généralement assorti d'un traitement thermique passif. En effet, les risques subsistent tant que la résistance du béton n'a pas atteint 5 MPa.*

TEXTE

Les durées indiquées dans le précédent tableau peuvent cependant être optimisées par le biais d'une étude spécifique basée sur les principes de maturométrie en déterminant un âge équivalent du béton par rapport à la température de référence de 20 °C.

Dans ce cas, la durée minimale de la cure est égale au délai nécessaire à l'obtention d'une maturité suffisante du béton de surface (*) pour minimiser la sensibilité à la dessiccation.

Cette maturité critique, qui correspond au degré d'hydratation du béton permettant la segmentation de la porosité capillaire, est prise forfaitairement à 35% de la résistance moyenne en compression à 28 jours, sauf si une étude expérimentale (**) permet de justifier une valeur différente.

84.7 CONDITIONS DE TEMPÉRATURE PARTICULIÈRES

Les prescriptions précédentes de fabrication, de mise en œuvre et de cure du béton s'appliquent pour des conditions ambiantes courantes.

Lorsque la température mesurée sur chantier est inférieure à 5 °C ou lorsque la température du béton au moment de sa mise en œuvre est susceptible de dépasser 32 °C, des dispositions particulières, préalablement définies, sont adoptées.

84.7.1 BETONNAGE PAR TEMPS FROID

Lorsque la température mesurée sur chantier est inférieure à – 5 °C, la mise en place du béton n'est pas autorisée, sauf disposition contraire du marché prévoyant le recours à des solutions appropriées (*).

Lorsque cette température est comprise entre – 5 °C et + 5 °C, la mise en place du béton n'est autorisée que sous réserve de l'emploi de moyens (**) efficaces pour prévenir les effets dommageables du froid. Le programme de bétonnage précise alors les dispositions à prendre.

COMMENTAIRES

84.7.2 BÉTONNAGE PAR TEMPS CHAUD

** L'effet nocif de certains facteurs atmosphériques tels que le vent, l'ensoleillement, une hygrométrie basse, est considérablement accru par temps chaud.*

Ces facteurs peuvent notamment compromettre l'obtention des résistances requises, augmenter le retrait, provoquer des fissurations superficielles nuisibles à l'aspect et à la durabilité. On insiste aussi sur le fait que, en l'absence de choix d'un liant approprié (faibles teneurs en sulfates, aluminate tricalcique, et alcalins) l'atteinte de température élevée du béton (à partir de 65°C) accroît les risques de développement de réactions sulfatiques internes.

*** Le respect des prescriptions contenues dans cet article est particulièrement important par temps chaud.*

Parmi les dispositions complémentaires, on peut citer :
– l'utilisation de ciments à faible chaleur d'hydratation ;
– une formulation du béton adaptée permettant de minimiser le dégagement de chaleur ;
– l'utilisation d'eau refroidie ;
– la réduction du délai entre la fabrication du béton et sa mise en place ;
– le recours au travail de nuit.

De même, des dispositions particulières (par exemple l'emploi de circuits de refroidissement dans la masse du béton) peuvent devoir être nécessaires, quel que soit le temps, pour du béton exécuté en grande masse, en raison du risque qui est alors celui de fissuration due aux gradients thermiques.

TEXTE

Après interruption de bétonnage due au froid, le béton éventuellement endommagé est démoli, et il est opéré comme dans le cas des reprises accidentelles.

84.7.2 BÉTONNAGE PAR TEMPS CHAUD (*)

Pour les périodes où la température ambiante, mesurée sur le chantier, est durablement supérieure à 35 °C, l'entrepreneur soumet au maître d'œuvre, dans le cadre du programme de bétonnage, les dispositions qu'il propose de prendre pour limiter la température maximale du béton frais, et en complément de celles qui résultent de l'article 84.6 ci-dessus (**), relatif à la cure du béton.

Lorsque la température du béton au moment de sa mise en œuvre est susceptible de dépasser 32 °C, le niveau le plus contraignant de ces dispositions complémentaires doit être prévu.

COMMENTAIRES

Article 85 : Mise au point de la composition des bétons et mortiers et programme de bétonnage

85.1 ÉPREUVES D'ETUDE

** La résistance prescrite est alors présumée pouvoir être respectée, si la composition respecte les règles de l'art.*

A - Le béton dispose de références probantes

** Les résultats datent de moins de deux ans.*
L'équivalence est appréciée en fonction des critères suivants :
– matériaux de mêmes spécifications et de mêmes provenances,
– identité du matériel de fabrication ou qualité au moins égale,
– durée prévisible de transport et d'attente du béton pas plus défavorable, en tenant compte des conditions d'ambiance prévisibles.

TEXTE

Article 85 : Mise au point de la composition des bétons et mortiers et programme de bétonnage

85.1 ÉPREUVES D'ETUDE

Une justification de la résistance caractéristique n'est pas demandée pour :
– les bétons et mortiers qui ne font pas l'objet d'une résistance caractéristique spécifiée (Cf. article 81.9) ;
– les bétons dont la résistance caractéristique à la compression à 28 jours spécifiée est inférieure ou égale à C25/30 (*) et dont le dosage en ciment est conforme aux spécifications de l'article 81.2.2 ci-dessus.

Pour les autres bétons, une justification est prescrite qui doit être effectuée comme suit :

A - Le béton dispose de références probantes

Le béton est considéré comme disposant de références probantes si les deux conditions suivantes sont remplies :

1. Il a été antérieurement fabriqué et mis en œuvre dans des conditions équivalentes (*) à celles de la fourniture considérée.

2. Les n résultats (obtenus sur n prélèvements différents) d'essai de résistance à la compression à 28 jours obtenus dans le cadre des épreuves de contrôle des fournitures de référence ayant donné lieu à une mesure de consistance située dans la fourchette requise, vérifient les trois conditions suivantes :

condition 1 : $n \geq 12$

condition 2 : $\overline{f_c} \geq f_{ck} + K(n)\,S$

condition 3 : $\overline{f_c} \geq f_{ck} + 6$

expressions dans lesquelles :

COMMENTAIRES

*** La valeur de S est censée inclure les conséquences de la variabilité des différents facteurs et, en particulier, de la résistance du ciment ; elle doit donc être calculée à partir de n résultats obtenus de manière étalée sur une période de référence significative (voisine de un an).*

Elle ne garantit pas contre les conséquences d'événements qui ne se sont pas produits pendant la période de référence, par exemple une diminution brutale de la résistance du ciment vers la borne inférieure spécifiée. Des garanties ou marges complémentaires peuvent donc être nécessaires vis-à-vis de telles éventualités.

B. Le béton ne dispose pas de références probantes : épreuve d'étude.

** Cette clause correspond à l'annexe A de la norme NF EN 206-1.*

S est au minimum égal à 3 et la valeur retenue doit être justifiée par des résultats d'essai obtenus dans des conditions similaires à celles prévues pour le chantier (type de formule, type d'installation et contrôles de production).

*** En cas de justifications expérimentales probantes (qui peuvent être fondées sur des lois de passage de type Bolomey ou Féret), une valeur inférieure à 1 peut être appliquée au facteur ($C_E - C_{min}$). Cette interprétation*

TEXTE

$\overline{f_c}$ est la moyenne arithmétique des n résultats,

S est l'estimateur de l'écart type de la distribution des résistances (**),

f_{ck} est la résistance caractéristique spécifiée,

K (n) est un coefficient, fonction du nombre de résultats selon le tableau ci-après :

n	12	40	75	100	200
K (n)	2,0	2,0	1,9	1,86	1,80

B. Le béton ne dispose pas de références probantes : épreuve d'étude.

L'épreuve d'étude, exécutée en laboratoire par l'entrepreneur et sous sa responsabilité, consiste à fabriquer une gâchée répondant à la formule nominale qui donne lieu à l'exécution d'un essai de consistance et à la confection de trois éprouvettes pour essai de résistance à la compression à 28 jours.

L'épreuve est probante si la consistance mesurée se trouve dans la fourchette requise et si le résultat f_{CE} de l'essai de compression (moyenne des mesures sur les trois éprouvettes) satisfait les deux conditions suivantes :

Condition 1 : $f_{CE} \geq f_{ck} + \lambda (C_E - C_{min})$

Condition 2 : $f_{CE} \geq f_{ck} + 2\,S$ (*)

Expressions dans lesquelles:

f_{Ck} est la résistance caractéristique spécifiée,

C_{min} est la valeur minimale de la résistance à la compression à 28 jours pouvant être respectée pour le ciment choisi, observée pendant une durée significative au cours de l'autocontrôle du fournisseur ;

C_E est la résistance à la compression à 28 jours du ciment utilisé pour l'exécution de l'épreuve ;

COMMENTAIRES

tient compte du fait que le ciment livré pour l'exécution du chantier peut avoir une résistance sensiblement différente de celle du ciment de même classe et même provenance utilisé pour l'épreuve d'étude.

**** Il s'agit de la norme NF EN 197-1 article 9.2.3 et, le cas échéant, de la norme NF P 15-302.*

**** * C'est notamment le cas pour les ouvrages caractérisés par l'une des situations suivantes :*

– un niveau élevé de complexité des études d'exécution,
– un volume de béton important (plus de 1000 m^3),
– un nombre important de phases de bétonnage,
– une longue durée prévisible d'exécution (plus de 6 mois),
– une exposition au gel ou au gel et au sel.

**** ** L'épreuve d'étude implique alors l'exécution :*

– pour les bétons soumis aux classes d'exposition XF3 ou XF4 :

– des gâchées prévues dans les Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel ;

– pour les autres bétons :

– d'une gâchée répondant à la formule nominale ;

– de deux gâchées dérivées de la formule nominale, par une modification de la quantité d'eau de gâchage, respectivement de plus et de moins 10 litres (cette valeur peut être ramenée à plus ou moins 5 litres si nécessaire, notamment pour les BHP) ;

– de deux gâchées dérivées de la formule nominale, par une modification du rapport entre le poids de sable et le poids total des granulats, respectivement de plus et de moins 10 pour 100 ;

– éventuellement , de deux gâchées dérivées de la formule nominale, par une modification de la quantité de ciment de plus ou moins 20 kg par mètre cube de béton ;

– éventuellement de gâchées dérivées de la formule nominale, par une modification du dosage des adjuvants, compatible avec leur zone d'efficacité.

TEXTE

λ un coefficient pris égal à 1 (**), sauf justification probante
S l'écart-type prévisionnel de la distribution des résistances.

A défaut de résultats de l'autocontrôle du fournisseur, C_{min} est pris égal à la valeur minimale de la résistance du ciment, ressortant de la norme correspondante (***).

Dans le cas de bétons en classe d'exposition XF3 ou XF4, les dispositions additionnelles des Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel sont à respecter.

De plus, si le marché le prévoit (*** *), les prescriptions ci-dessus peuvent être complétées par une étude particulière (*** **) portant sur la sensibilité de la formule au dosage des constituants du béton, à l'aide de formules dérivées de la formule nominale.

Les constituants du béton concernés sont les suivants :
– granulats,
– eau de gâchage,
– ciment,
– adjuvants,
– additions éventuelles

Un programme d'étude spécifique est également requis pour les BAP et est défini (détail des gâchées dérivées) à l'article 87.3.

COMMENTAIRES

Ces gâchées ont pour objet la mise en évidence de la susceptibilité du béton à une variation de la proportion de ses constituants.

L'intervalle de variation qu'il est possible d'en déduire englobe l'intervalle de tolérances de fabrication.

Chaque gâchée donne lieu à un prélèvement à partir duquel sont effectués :

– un essai de consistance ;

– un essai de détermination de la résistance à la compression à 28 jours dont le résultat sera pris égal à la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur 3 éprouvettes ;

– les essais relatifs aux autres caractères spécifiés par le CCTP, qui peuvent être, par exemple, la résistance à la compression à un âge différent de 28 jours, la résistance à la traction, la masse volumique, etc.

**** *** f_{CE} est le résultat de l'essai de compression à 28 jours (moyenne des mesures sur les trois éprouvettes) correspondant à la formule nominale.*

85.2 PROGRAMME DE BÉTONNAGE

** Selon les cas, le programme de bétonnage peut se présenter comme un mémoire d'ensemble ou comporter des compléments relatifs à une ou plusieurs phases d'exécution soulevant des problèmes particuliers de mise en œuvre. Il devra être compatible avec les dispositions du programme d'exécution des travaux ayant reçu le visa du maître d'œuvre.*

*** Cf. article 81.8.*

TEXTE

L'épreuve d'étude est réputée probante si, outre les conditions énumérées ci-dessus, les exigences suivantes sont également respectées :

a) les résultats des essais de résistances à la compression à 28 jours effectués sur les formules dérivées de la formule nominale sont compris dans la fourchette $f_{CE} \pm 15\% f_{CE}$ (*** ***).

b) les résultats des essais complémentaires éventuels satisfont les valeurs requises correspondantes fixées au CCTP.

c) les résultats des essais de consistance effectués sur toutes les formules sont compris dans la fourchette spécifiée.

Si les résultats obtenus sur les formules dérivées de la formule nominale ne satisfont pas la condition a) ou c), il y a lieu d'adapter la formule nominale afin d'éviter une sensibilité trop grande ou de restreindre les variations admissibles dans la mesure où elles resteraient compatibles avec les possibilités de fabrication.

85.2 PROGRAMME DE BÉTONNAGE.

Le programme de bétonnage (*) précise, pour chaque phase s'il y a lieu :

– la méthode de mise en œuvre,

– le matériel employé (nature, répartition et caractéristiques) pour la manutention et la mise en place, les moyens en réserve et les dispositions destinées à pallier les défaillances éventuelles à tous les stades, depuis la fabrication jusqu'au serrage,

– le temps maximal entre la fin de la fabrication du béton et la fin de sa mise en place,

– les essais de contrôle de la rhéologie des BAP (**),

– l'ordre de réalisation du bétonnage tenant compte de la déformation des ouvrages provisoires,

– si nécessaire, la disposition des parois de coffrage à mettre en place en cours de phase,

COMMENTAIRES

**** Des surépaisseurs locales importantes, au surplus éventuelle-ment affectées d'effets dynamiques, peuvent survenir, par exemple lors du déchargement d'une benne de béton frais.*

**** * Cf. chapitre 6.*

**** ** Ces dispositions doivent non seulement assurer la résistance de la structure mais également préserver l'aspect des parements.*

**** *** Ces épreuves d'information ont pour but de vérifier que la résistance du béton est compatible avec les modalités de construction (décoffrage, décintrement, cf. article 84.5 ci-dessus, circulation d'engins de chantier, mise en précontrainte).*

**** *** * Cf. article 83 et commentaire * de l'article 84.2.*

**** *** ** Cf. article 87.*

**** *** *** Cf. article 88.6.*

85.3 EPREUVE DE CONVENANCE

** Il s'agit de vérifier que les moyens mis en œuvre permettent d'obtenir dans les conditions du chantier avec une grande probabilité les résultats visés, notamment de résistance du béton, ainsi qu'une mise en place correcte. Les conditions particulières au chantier sont notamment : les conditions d'approvisionnement des constituants, le matériel de fabrication du béton, les moyens de contrôle en cours de fabrication, la durée et les conditions de transport et de déchargement du béton.*

*** L'attention est attirée sur le fait que le délai entre l'épreuve et la fabrication du béton considéré doit être suffisant pour permettre l'exécution et l'exploitation des essais et, en cas de résultats défavorables, de procéder aux adaptations nécessaires et à une nouvelle épreuve.*

**** La période d'utilisation est le délai entre la date de réalisation de l'épreuve de convenance et la dernière utilisation de la formule de béton.*

**** * Ces trois gâchées peuvent être mélangées dans un camion-malaxeur pour effectuer un contrôle du maintien de rhéologie.*

TEXTE

– la position et le mode de traitement des reprises,
– les surépaisseurs maximales avant réglage des surfaces non coffrées admises pour l'étude des ouvrages provisoires (***),
– les moyens de réglage et de finition des surfaces non coffrées,
– les dispositions à prendre pour lutter contre la fissuration du béton jeune,
– les moyens et l'exécution de la cure,
– les dispositions à prendre par temps froid ou par temps chaud,
– les conditions relatives aux parements (*** *),
– les dispositions à prendre en cas de reprise accidentelle (*** **),
– les épreuves d'information à effectuer s'il y a lieu (*** ***),
– les dispositions relatives aux bétons fluidifiés sur chantier (*** *** *),
– les dispositions relatives aux BAP (*** *** **),
– les dispositions relatives aux traitements thermiques (*** *** ***).

85.3 EPREUVE DE CONVENANCE

L'épreuve de convenance, effectuée par l'entrepreneur et sous sa responsabilité, a pour but de vérifier a priori que le béton défini par sa formule nominale et fabriqué, transporté et mis en œuvre dans les conditions du chantier satisfera aux exigences du marché (*).

Elle implique :

- pour chaque béton désigné au marché disposant de références probantes, la fourniture par l'entrepreneur d'une gâchée répondant à la formule nominale pour effectuer un contrôle de conformité aux spécifications. Les prélèvements et l'exécution des essais se font dans les conditions définies à l'article 86.1.1 pour l'épreuve de contrôle (**), leur interprétation se faisant selon l'article 85.1.B (la condition 1 ne s'appliquant que pour des périodes d'utilisation (***) du béton d'une durée supérieure à 3 mois).
- pour chaque béton désigné au marché ne disposant pas de références probantes, la fourniture par l'entrepreneur de trois gâchées minimum répondant à la formule nominale pour effectuer un contrôle de conformité aux spécifications (*** *). Les prélèvements et l'exécution des essais se font dans les conditions définies à l'article 86.1.1 pour l'épreuve de contrôle (**), leur interprétation se faisant selon l'article 85.1.B (la condition 1 ne s'appliquant

COMMENTAIRES

**** ** Le marché prévoit l'exécution d'un élément témoin représentatif lorsque la partie d'ouvrage concernée présente des difficultés de mise en place du béton pouvant faire redouter des défauts structuraux ou d'aspect. Il est rappelé (Cf. article 65.4) que le présent fascicule impose un béton témoin pour les parements fins et, s'il y a lieu, ouvragés.*

**** *** C'est le cas lorsqu'il existe un risque d'altération de la rhéologie du béton, liée aux variations des conditions climatiques extrêmes entre l'été et l'hiver. L'épreuve de convenance simplifiée est destinée à adapter le processus de fabrication et les dosages des constituants, en particulier l'adjuvantation.*

Article 86 : Contrôle des bétons à la mise en oeuvre

86.1 ÉPREUVE DE CONTRÔLE

** Ils ne relèvent pas des spécifications de la norme NF-EN206-1 qui s'applique aux contrôles de production et de conformité de l'installation de fabrication*

Le contrôle extérieur s'exerce avec pour objectif de valider le contrôle intérieur.

86.1.1 DÉFINITION ET EXÉCUTION DES PRÉLÈVEMENTS

** Pour chaque béton, le marché prévoit l'exécution des épreuves de contrôle et indique la définition des lots, avec la définition et les*

TEXTE

que pour des périodes d'utilisation (***) du béton d'une durée supérieure à 3 mois).

– l'exécution par l'entrepreneur d'un élément témoin (traditionnellement appelé « béton témoin ») si le marché le prévoit (*** **) ; les dispositions de mise en œuvre sont alors représentatives de celles qui sont prévues pour la construction de la partie d'ouvrage concernée.

Dans le cas de bétons en classe d'exposition XF3 ou XF4, les dispositions des Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel sont à respecter. En cas de pompage, des mesures de teneur en air en entrée et en sortie de tuyau sont à réaliser.

Pour les BAP, l'épreuve de convenance est définie à l'article 87.3.

Les résultats de l'épreuve de convenance constituent un point d'arrêt.

Dans le cas où la formulation de béton considérée nécessite une adaptation saisonnière de l'adjuvantation (*** ***), une épreuve de convenance simplifiée complémentaire est à réaliser suivant les principes définis ci-dessus pour les bétons disposant de références probantes.

Article 86 : Contrôle des bétons à la mise en oeuvre

86.1 ÉPREUVE DE CONTRÔLE

Les contrôles définis dans cet article sont effectués à la mise en œuvre, dans le cadre du contrôle intérieur (*). Ils impliquent l'exécution préalable du contrôle intérieur à toutes les phases de la production, la vérification de l'obtention des résultats prévus, le respect des prescriptions de fabrication, de transport et de mise en œuvre.

86.1.1 DÉFINITION ET EXÉCUTION DES PRÉLÈVEMENTS

Une épreuve de contrôle constitue le contrôle de conformité d'un lot de béton préalablement défini (*)

COMMENTAIRES

spécifications du béton. Le contrôle extérieur garde toujours la possibilité d'effectuer une épreuve en cas de doute. Compte tenu des hypothèses sous-jacentes aux règles d'interprétation des épreuves de contrôle, il convient que le lot soit un lot d'emploi homogène, et, lorsque c'est possible, coulé en une seule fois.

Les actions de contrôle extérieur visent notamment à vérifier la traçabilité et les « performances » de la chaîne de traitement des éprouvettes de béton ainsi que la validité des résultats obtenus (contrôles de conformité croisés par exemple). Dans ce cas le maître d'œuvre doit être particulièrement vigilant sur le niveau d'accréditation du laboratoire de contrôle qui peut être spécifié au marché et, dans le cas où le laboratoire n'est pas accrédité, faire réaliser un audit du laboratoire sur la base d'un référentiel d'accréditation équivalent. Les rapports d'essais relatifs aux résultats du contrôle de conformité doivent être transmis au maître d'œuvre au fur et à mesure de l'obtention des résultats.

Le contrôle extérieur comprend, en outre, la vérification et l'analyse des résultats du contrôle intérieur de l'utilisateur/prescripteur et du contrôle de production du producteur.

*** Pour qu'un prélèvement soit représentatif vis-à-vis de l'aptitude à la mise en œuvre. Dans le cas d'un béton dont la durée de transport jusqu'au lieu d'emploi n'est pas négligeable, une différence significative de consistance peut exister selon qu'elle est mesurée à l'arrivée du camion, à son déchargement ou au moment de la mise en place du béton.*

**** Il est recommandé d'organiser les différents lots de façon que les volumes correspondants soient au moins de 20 m^3 .*

**** * Il convient de disposer de trois éprouvettes pour obtenir, du fait de la dispersion de l'essai, un résultat fiable.*

TEXTE

Elle comprend les prélèvements pour l'exécution d'essais de consistance, de résistance à la compression à vingt-huit jours et, le cas échéant, de teneur en air occlus.

Les prélèvements destinés aux essais sont effectués sur le chantier immédiatement avant la mise en place du béton (**). Chaque prélèvement est issu d'une seule charge, et une charge ne peut donner lieu qu'à un seul prélèvement; il comporte un volume de béton égal à 1,5 fois environ le volume nécessaire aux essais. En cas de pompage, la mesure d'air occlus est faite dans la mesure du possible à la sortie du tuyau.

Sauf dispositions différentes du marché, le nombre n (***) de prélèvements par lot est au minimum égal à :

– trois pour un lot de béton d'un volume inférieur à 100 m^3 ,

– trois, plus un par tranche de 100 m^3 supplémentaires ou fraction restante.

Les charges correspondantes sont choisies au hasard, par exemple en les désignant par leurs numéros d'ordre avant le début de la fabrication. Toutefois, un prélèvement supplémentaire peut être effectué sur toute charge à la demande du maître d'œuvre. A partir d'un prélèvement sont réalisés :

– une mesure de consistance ;

– trois éprouvettes pour la détermination de la résistance à la compression à vingt-huit jours, le résultat applicable au prélèvement étant la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur ces trois éprouvettes (*** *)

– une mesure de la teneur en air pour les bétons formulés avec entraîneur d'air.

COMMENTAIRES

86.1.2 CRITÈRES DE CONFORMITÉ

A) Consistance du béton frais.

** Cf. la norme NF EN 206-1, article NA 5.4.1 et tableau 11.*

B) Résistance à la compression à vingt-huit jours.

TEXTE

86.1.2 CRITÈRES DE CONFORMITÉ

A) Consistance du béton frais.

Le lot est réputé conforme à la spécification de la valeur cible(*) de consistance si tous les résultats se trouvent dans la fourchette requise.

Si le résultat d'un essai est extérieur à cette fourchette, la gâchée ou charge correspondante peut être rebutée et la gâchée ou charge suivante fait l'objet d'un nouvel essai.

Si le résultat de cet essai est encore à l'extérieur de la fourchette, la gâchée ou charge correspondante est rebutée et le bétonnage est arrêté jusqu'à détection des causes de l'anomalie et modification du réglage.

La première gâchée fabriquée à partir de ce nouveau réglage fait l'objet d'un essai qui doit se situer dans la fourchette requise.

B) Résistance à la compression à vingt-huit jours.

Le lot est réputé conforme à la résistance caractéristique requise si les deux conditions suivantes sont remplies :

relation 1 : $\overline{f_c} \geq f_{ck} + k_1$

relation 2 : $f_{c1} \geq f_{ck} - 4$ (MPa)

en désignant par :

$\overline{f_c}$ la moyenne arithmétique des résultats,

f_{c1} le plus petit résultat,

f_{ck} la résistance caractéristique requise,

k_1 grandeur dont la valeur numérique en MPa est donnée dans le tableau ci-après :

Valeurs de k_1		
n	Premier cas	Autres cas
3	2	2,7
6	3	3,4
9	3,3	3,7
12	3,5	3,8
≥ 15	1,2 S	1,3 S

n est le nombre de prélèvements par lot.

S est l'estimateur de l'écart type de la population représentée par les résultats.

Premier cas :

Le béton est, soit un béton entrant dans la fabrication d'éléments préfabriqués bénéficiant d'une certification reconnue, soit un béton provenant d'une usine de béton prêt à l'emploi conforme à l'article 83 du présent fascicule (*).

** C'est-à-dire que l'usine bénéficie d'une certification et que son équipement satisfait aux stipulations de l'annexe B au présent fascicule.*

Autres cas :

Il s'agit des bétons qui respectent les stipulations du présent fascicule et pour lesquels les résultats de l'épreuve de convenance ont été probants.

C) Autres propriétés spécifiées :

C) Autres propriétés spécifiées :

Il s'agit de la vérification sur chaque lot de béton des autres propriétés spécifiées par le prescripteur et relatives :

– au béton frais, telles que le dosage en ciment, le rapport eau/ciment et la teneur en air,

– au béton durci, telles que la résistance à la traction par fendage, la masse volumique.

La conformité est évaluée par rapport à l'une des caractéristiques suivantes :

– valeurs limites spécifiées,

– limites de classes spécifiées,

– valeurs cibles.

** Cf. la norme NF EN 206-1, paragraphes 5.4, 5.5, 8.2.2 et 8.2.3 ainsi que les tableaux 16, 17, 18, 19a et 19b.*

Pour la vérification de ces critères de conformité, on adopte les dispositions prévues dans la norme de référence (*) en tenant compte des tolérances et des écarts maximaux admissibles. La vérification est faite pour chaque prélèvement.

COMMENTAIRES

86.2 ACCEPTATION DU BÉTON

** Les résultats des épreuves de contrôle peuvent être insuffisamment représentatifs des caractéristiques du béton en place en fonction des conditions de l'exécution et du durcissement et de l'effectif de l'échantillon.*

Des investigations complémentaires peuvent donc être utiles, telles que carottages du béton en place et/ou essais non destructifs (par exemple auscultation sonique). Ces derniers nécessitent cependant un étalonnage pour obtenir des informations quantitatives; cet étalonnage doit, pour être valable, être effectué sur un béton ayant la même composition nominale que celle du béton contesté.

La décision finale peut être :

– l'acceptation du lot accompagnée, s'il y a lieu, de travaux confortatifs et/ou d'une garantie particulière de l'élément correspondant (Cf. article 44.3 du CCAG) ;

– l'application d'une réfaction sur le prix en application de l'article 41.7 du CCAG ;

– le refus de cet élément, ce qui entraîne sa démolition ou son rebut (élément préfabriqué).

86.3 SUIVI DES RESISTANCES MECANIQUES EN PRODUCTION

** Par exemple sur de grosses opérations de construction, impliquant un important volume de béton mis en œuvre sur une longue période de fabrication. Ce suivi ne présente pas d'intérêt sur de trop courtes durées de chantier même si les volumes mis en œuvre sont importants.*

Le suivi réalisé doit permettre de corriger les dérives dans les performances des bétons et de vérifier l'écart type de production en comparaison avec la valeur de S prise en compte en étude.

*** Ce suivi peut être effectué selon le tableau 14 de la norme NF EN 206-1 effectués sur les différents groupes de 15 résultats consécutifs.*

Dans le cas où moins de 15 résultats seraient disponibles sur la période d'évaluation, le critère de production initiale sur groupes de 3 résultats consécutifs peut être appliqué.

TEXTE

86.2 ACCEPTATION DU BÉTON

Un lot reconnu conforme aux stipulations est accepté par le maître d'œuvre.

Si un lot est reconnu non conforme aux stipulations, l'entrepreneur procède éventuellement à des investigations complémentaires avant décision du maître d'œuvre qui est alors prise après appréciation de l'ensemble des informations (*).

86.3 SUIVI DES RESISTANCES MECANIQUES EN PRODUCTION

Si le marché le prévoit (*), la résistance caractéristique réelle des bétons mis en œuvre est à suivre en continu pour chaque formule sur la base de calculs statistiques (**).

La période d'évaluation est au maximum de 3 mois.

COMMENTAIRES

86.4 EPREUVES D'INFORMATION

** Elles sont notamment indispensables lorsqu'une borne inférieure de la résistance à la compression est prescrite à un âge j correspondant à une phase de construction. Elles visent à déterminer la résistance du béton dans l'ouvrage à cet âge j, qui est différente de la résistance obtenue au même âge sur des éprouvettes de contrôle conservées en conditions normalisées.*

*** Par exemple : module d'élasticité, résistance à la traction, résistances à long terme (dans ce cas, les éprouvettes peuvent être conservées en conditions normalisées), retrait.*

86.4.1 ESSAIS D'INFORMATION SYSTÉMATIQUES

** L'écrasement d'éprouvettes peut être complété ou remplacé par des méthodes non destructives sous réserve :*

– de l'établissement préalable d'une corrélation entre les résultats de la méthode et la résistance à la compression du béton,

– d'une précision au moins égale dans l'information.

En particulier, si la résistance requise est inférieure à 50% de la résistance à 28 jours, la résistance au jeune âge peut être déterminée à partir d'un suivi maturométrique (Cf. le guide technique «La résistance du béton dans l'ouvrage : la maturométrie», coédition LCPC/IREX/CALIBÉ, Techniques et méthodes des LPC, 2004)

** L'attention est attirée sur la nécessaire prudence dans l'interprétation des résultats des essais au jeune âge, en raison de leur incidence potentielle sur la sécurité des phases provisoires de chantier, aggravée par l'incertitude sur le résultat des mesures.

86.4.2 ESSAIS D'INFORMATION COMPLÉMENTAIRES

TEXTE

86.4 ÉPREUVES D'INFORMATION

Les épreuves d'information ont un double but :

– vérifier que les caractéristiques du béton sont compatibles avec les méthodes de construction et prendre les mesures nécessaires en cas de non-conformité (*),

– permettre d'acquérir des données autres que celles fournies par l'épreuve de contrôle (**).

86.4.1 ESSAIS D'INFORMATION SYSTÉMATIQUES

Ces essais ont pour but de déterminer la résistance du béton au jeune âge et sont réalisés sur des éprouvettes d'information (*) confectionnées et conservées dans des conditions étudiées pour représenter au mieux les conditions de mise en place et de maturation du béton dans la partie d'ouvrage concernée.

Les résultats obtenus sont enregistrés et comparés aux critères correspondants pour autoriser ou non les opérations de construction (décoffrage, mise en précontrainte,…) imposant un niveau minimal de résistance mécanique (**).

86.4.2 ESSAIS D'INFORMATION COMPLÉMENTAIRES

Ces essais sont demandés et interprétés par le maître d'œuvre.

COMMENTAIRES

Article 87 : Spécificités des BAP.

** Les bétons autoplaçants (BAP) sont des bétons très fluides, homogènes et stables qui sont mis en œuvre sans vibration, la compaction s'effectuant par le seul effet gravitaire.*

Ils présentent de multiples avantages :
– garantie de bon remplissage d'ouvrages complexes et/ou très ferraillés,
– amélioration des conditions de travail (réduction du bruit en particulier),
– accélération des cadences de bétonnage,
– possibilité d'obtention de parements architectoniques,
– garantie d'homogénéité du béton in situ.
mais nécessitent un suivi rigoureux des phases de préparation de chantier, de fabrication et de mise en œuvre.

87.1 CLASSIFICATION

** L'intervalle d'écoulement I est l'intervalle le plus petit par lequel doit passer le béton autoplaçant pour se mettre en place. Il tient compte de la géométrie des coffrages, de la disposition des armatures et des différents accès à un point donné pour le béton.*

On pourra se référer aux recommandations du projet national BAP pour plus d'informations sur la détermination de I.

*** Lorsque I est inférieur à 60 mm, la réalisation d'un élément témoin dans les conditions de l'ouvrage à réaliser (pompage, ferraillage, coffrage, etc.) est à prévoir au marché afin de s'assurer que les exigences attendues sont respectées.*

TEXTE

Article 87 : Spécificités des BAP (*).

87.1 CLASSIFICATION

Les BAP sont classés en trois catégories (numérotées de 1 à 3) suivant leur domaine d'utilisation.

Le classement s'effectue suivant la valeur (en mm) de l'intervalle d'écoulement I (*), le type d'application (horizontal ou vertical) et l'épaisseur (dans le cas d'application horizontale) et selon le tableau ci-après :

	Application horizontale		Application verticale
	Epaisseur ≤ 300 mm	Epaisseur > 300 mm	
I ≥ 100	①	②	②
80 ≤ I < 100	②	②	②
I < 80 (**)	③	③	③

COMMENTAIRES

**** La longueur horizontale d'écoulement est limitée à 10 m.*

87.2 SPECIFICATIONS

** Les modes opératoires de ces essais sont donnés dans les recommandations du Projet National BAP, dans l'attente des normes européennes correspondantes.*

TEXTE

La catégorie 1 correspond aux BAP utilisés dans le cas de coulages horizontaux de faible épaisseur (inférieure ou égale à 300 mm) et ayant un intervalle d'écoulement supérieur à 100 mm (communément appelés BAN).

La catégorie 2 couvre principalement les BAP utilisés pour des applications horizontales de forte épaisseur (supérieure à 300 mm) ou pour des coulages courants en vertical. L'intervalle d'écoulement I est supérieur ou égal à 80 mm.

La catégorie 3 est réservée aux BAP pour lesquels l'intervalle d'écoulement I est inférieur à 80 mm (parties d'ouvrage exiguës ou fortement ferraillées).

Pour les catégories 2 et 3, on distingue de plus deux sous-classes (2a et 2b ; 3a et 3b) en fonction de la longueur maximale de cheminement horizontal du BAP (5 m pour 2a et 3a, 10 m pour 2b et 3b) (***).

L'entrepreneur doit définir et justifier la catégorie de BAP correspondant au type d'ouvrage (ou partie d'ouvrage) et au mode de mise en œuvre correspondants.

87.2 SPECIFICATIONS

Les propriétés des BAP à l'état frais sont caractérisées par les essais suivants (*):

– étalement au cône d'Abrams,
– écoulement à la boîte en L,
– stabilité au tamis.

En plus des spécifications de l'article 81, les propriétés requises pour les BAP sont données ci-après, en fonction de leur catégorie :

COMMENTAIRES

*** La valeur limite autorisée au tamis ne peut en aucun cas être supérieure à 30 %.*

Elle peut être supérieure à la valeur spécifiée dans le tableau si l'on dispose de mesures probantes de non-ségrégation pour des applications similaires. Il ne doit pas y avoir de signe de ressuage lors de l'essai. Dans le cas de bétonnage en grande hauteur, une attention particulière est à porter sur la stabilité du béton vis-à-vis du ressuage, lequel peut nuire à l'homogénéité du béton et à l'aspect du parement.

*** T_m est en général au moins égal à 60 minutes*

87.3 JUSTIFICATION DE LA COMPOSITION

TEXTE

	Cat. 1	Cat. 2a	Cat. 2b	Cat. 3a	Cat. 3b
Valeur limite au tamis (**)	Inférieure à 20 %	Inférieure à 20 %	Inférieure à 15 %	Inférieure à 15 %	Inférieure à 10 %
Valeur limite de la boîte en L	Pas de prescription particulière	0.80 mini avec 2 barres	0.80 mini avec 2 barres	0.80 mini avec 3 barres	0.80 mini avec 3 barres

Les seuils du tableau correspondent aux valeurs à vérifier au stade de la qualification de la formulation. Ils sont à respecter pendant toute la durée pratique d'utilisation T_m (***).

La valeur cible d'étalement est définie suite aux épreuves d'étude et de convenance, ainsi que les variations admissibles (en général l'étendue de la fourchette admissible est de 100 mm).

Dans tous les cas, les BAP ne doivent présenter aucun signe visible de ségrégation ou de ressuage lors de l'essai d'étalement.

87.3 JUSTIFICATION DE LA COMPOSITION

L'entrepreneur détermine la fourchette d'étalement à la réception (FER) dans laquelle le BAP conserve toutes les propriétés requises (voir 87.2).

La formulation du béton est présentée dans un dossier technique qui consiste en un ensemble de résultats d'essais permettant de justifier que le béton autoplaçant est conforme aux propriétés requises dans toute la fourchette d'étalement à la réception proposée et pendant toute la durée pratique d'utilisation T_m . Ces résultats peuvent provenir soit d'essais de laboratoire (étude) soit de fabrication en centrale à l'occasion de chantier(s) précédent(s) ou d'essais de mise au point de formule (références probantes). Les essais de laboratoire doivent être validés par des essais en centrale, dans le cadre des essais de convenance. Ce dossier technique est inclus dans le plan qualité.

En l'absence de références probantes, l'épreuve d'étude, exécutée en laboratoire, consiste à fabriquer une gâchée nominale et un ensemble de gâchées correspondant à des formules dérivées destinées à évaluer la sensibilité de la formule aux variations de composition.

Chaque gâchée donne lieu à un prélèvement à partir duquel sont effectués :

– un suivi d'étalement dans le temps (jusqu'à T_m),

– un suivi de stabilité au tamis (à t0 et t30),

– un suivi d'écoulement à la boîte en L (à t0 et T_m),

– un essai de détermination de la résistance à la compression à 28 jours dont le résultat sera pris égal à la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur trois éprouvettes.

Les gâchées dérivées sont les suivantes :

– deux gâchées dérivées sur la quantité d'eau (± X l/m³ par rapport à la formule nominale, X est défini par le producteur en fonction de ses moyens de fabrication tout en restant compris entre 5 et 10),

– dans le cas de sable fillérisé à plus de 6 % de passant à 0,063 mm et lorsque l'étendue de la teneur en fines du sable est supérieure à 3, deux gâchées dérivées correspondant à des variations de ± 25 kg/m³ de la fraction de liant (ciment + addition), au prorata des dosages respectifs en ciment et en addition, pour simuler les variations de teneur en fines.

L'épreuve d'étude est réputée probante si :

– pour la formule nominale et chacune des gâchées dérivées, les résultats de caractérisation sur béton frais (étalement, stabilité au tamis, boîte en L) sont satisfaisants sur toute la durée d'utilisation Tm,

– pour la formule nominale, le résultat f_{CE} de l'essai de compression satisfait aux conditions de l'article 85.1.B,

– pour les formules dérivées, les résultats de résistance à la compression à 28 jours satisfont aux conditions de l'article 85.1.B.

L'épreuve de convenance consiste en la fabrication de trois gâchées pour lesquelles on fait varier la teneur en eau dans les limites admissibles prévues à l'étude (gâchée nominale et deux dérivées) afin de parcourir l'étendue de la

COMMENTAIRES

** En cas d'écart de valeur d'étalement sur la formule nominale par rapport aux résultats de l'étude, une adaptation du dosage en superplastifiant dans la fourchette ± 20 % est tolérable pour s'adapter aux conditions réelles de malaxage.*

87.4 FABRICATION ET TRANSPORT

87.5 MISE EN OEUVRE

TEXTE

fourchette d'étalement admissible à la réception (*). Les critères d'interprétation sont, outre ceux mentionnés à l'article 85.3 pour les bétons ne disposant pas de références probantes, ceux correspondant à une résistance à la ségrégation satisfaisante pour la valeur haute d'étalement et à un écoulement satisfaisant à la boîte en L pour la valeur basse.

87.4 FABRICATION ET TRANSPORT

Le producteur définit une fourchette d'étalement à la fabrication (FEF) qui tient compte du temps de transport éventuel entre le site de production et le chantier.

La valeur cible de la FEF est généralement comprise entre 600 et 750 mm et peut être légèrement supérieure d'une part à la FER et d'autre part à la valeur cible obtenue lors de l'essai de qualification. Cette FEF est renseignée au niveau du dossier technique.

Le producteur porte une attention particulière à la régularité de la fabrication et notamment la régularité de la teneur en eau. Une procédure spécifique pour ce type de béton doit être rédigée et utilisée par le producteur. Elle doit mentionner en particulier la fréquence de contrôle de l'étalement à la fabrication.

87.5 MISE EN OEUVRE

Lors de la livraison, un brassage du béton à grande vitesse est effectuée pendant une minute au moins avant début du déchargement.

Il est réalisé une inspection visuelle à chaque charge livrée et une mesure d'étalement au minimum sur la première charge de la journée de bétonnage et systématiquement en cas de doute.

Quelle que soit la méthode retenue pour mettre en place le béton frais et en l'absence de références probantes au-delà de cette valeur, il convient de limiter

Article 88 : Traitements thermiques

88.1 DISPOSITIONS GENERALES

88.1.1 DÉFINITION DES TRAITEMENTS THERMIQUES

** Ces températures, variables dans le temps (cf. article 88.3 ci-après), sont normalement différentes de la température ambiante et des températures qu'atteindrait le béton sous le seul effet non maîtrisé du dégagement de chaleur provoqué par la réaction exothermique d'hydratation du ciment.*

à une longueur maximale de 10 m le cheminement horizontal dans les coffrages.

De même, la hauteur de chute libre est limitée à 5 m.

Les exigences de cure de l'article 84.6 sont à respecter.

Article 88 : Traitements thermiques

88.1 DISPOSITIONS GENERALES

88.1.1 DÉFINITION DES TRAITEMENTS THERMIQUES

Un traitement thermique consiste à assujettir, par un procédé quelconque, la température du béton, juste après sa mise en œuvre et pendant une durée limitée, à des valeurs fixées a priori (*).

Il a pour objectif principal de conférer au béton des performances mécaniques accrues au jeune âge et/ou de rendre les températures homogènes dans l'ensemble du béton constituant l'élément traité ; il peut avoir en outre pour effet, recherché ou non, de modifier certaines propriétés du béton.

On distingue deux familles de traitements thermiques des bétons :

– les traitements dits «actifs» comportent un apport de chaleur, soit directement à l'élément traité (généralement par effet Joule), soit par sa périphérie (étuvage, chauffage des coffrages, etc...) ;

– les traitements dits «passifs» ne comportent pas d'apport extérieur de chaleur autre qu'un éventuel chauffage du béton avant sa mise en place dans l'élément ; ils consistent à maîtriser les échanges de chaleur de l'élément avec l'extérieur pour bénéficier au mieux de la chaleur dégagée par la réaction exothermique d'hydratation du ciment.

COMMENTAIRES

88.1.2 DOMAINE D'APPLICATION

** Lorsque le seul objectif vise à homogénéiser les températures, notamment pour éviter la fissuration, le présent chapitre n'est pas intégralement applicable.*

*** Les données à prendre en compte dans les calculs, dans le cas de bétons traités thermiquement, figurent notamment à l'annexe B de la norme NF EN 1992-1.*

88.2 PRODUITS ET MATERIAUX

** L'épreuve de contrôle (Cf. article 88.6.2 ci-après) utilise donc des éprouvettes traitées dans les mêmes conditions que le béton de l'élément construit.*

*** L'épreuve de contrôle est alors complétée en conséquence (Cf. article 88.6.2 ci-après).*

**** La valeur f_{cj} correspondante est normalement prescrite par une borne inférieure, j étant choisi en fonction du déroulement des phases d'exécution de l'ouvrage. La vérification du respect de f_{cj} relève de l'épreuve d'information (Cf. article 88.5.2 ci-après).*

TEXTE

88.1.2 DOMAINE D'APPLICATION

Le présent chapitre a pour objet de présenter les stipulations applicables aux bétons traités thermiquement, lorsque l'un au moins des objectifs visés est l'augmentation des résistances du béton au jeune âge (*). Il est applicable dès lors que le projet retient une au moins des données à prendre en compte dans les calculs spécifiques des bétons traités thermiquement (**) et que la température du béton dépasse 40 °C pendant 6 heures.

88.2 PRODUITS ET MATERIAUX

L'objet de cet article est de préciser les stipulations modificatives ou complémentaires à celles des articles 81 (Définition et spécifications des bétons et mortiers), 82 (Constituants des bétons et mortiers) et 83 (Fabrication et transport des bétons) du présent fascicule.

Les spécifications du béton faisant l'objet de l'article 81 du présent fascicule s'appliquent avec les deux conditions suivantes :

– la valeur caractéristique notée f_{ck} se rapporte au béton traité (*). Cependant, dans le cas où le béton est un béton prêt à l'emploi préparé en usine, une deuxième valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton à vingt-huit jours, au moins égale à f_{ck} et se rapportant à un béton conservé dans les conditions normalisées, doit être spécifiée et garantie par le fournisseur (**) ;

– la résistance à la compression à un âge j inférieur à vingt-huit jours constitue un caractère obligatoire (***).

COMMENTAIRES

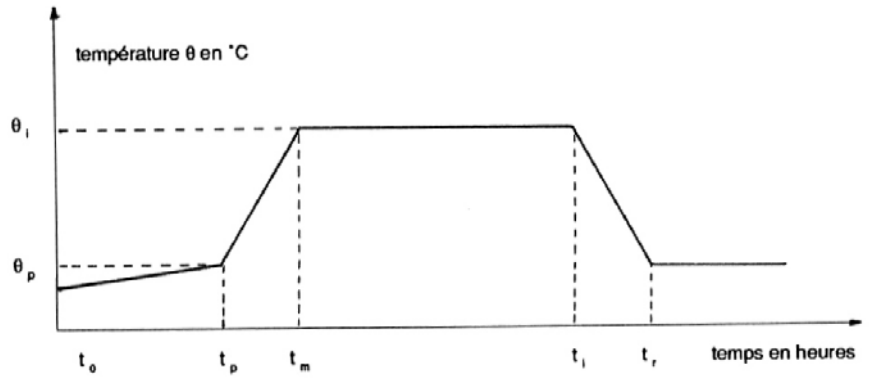
88.3 PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX CYCLES DE TEMPERATURE

88.3.1 PHASE DE PRÉ-PRISE

TEXTE

88.3 PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX CYCLES DE TEMPERATURE

Un traitement thermique se manifeste, en chaque point de l'élément traité, par un cycle de température que l'on caractérise en distinguant quatre phases selon le schéma suivant :



$t_p - t_0$: durée de la phase de pré-prise ;
$t_m - t_p$: durée de la phase de montée en température ;
$t_i - t_m$: durée de la phase isotherme à la température maximale ;
$t_r - t_i$: durée de la phase de refroidissement.

88.3.1 PHASE DE PRÉ-PRISE

A partir de la fin du bétonnage t0 , la température □p reste sensiblement constante et égale à la température du béton à l'état frais jusqu'au moment tp correspondant soit au début de la prise du ciment, soit au début du chauffage.

Aucune prescription générale ne porte sur la durée de la phase de pré-prise. Il est généralement admis qu'elle doit être d'autant plus longue que la température initiale du béton est plus faible et que la vitesse de montée en température ainsi que la température maximale sont plus élevées. Elle est normalement comprise entre 1 et 4 heures ; sa valeur est fixée, à 30 minutes près, après l'épreuve de convenance (cf. article 88.6.1 ci-après).

COMMENTAIRES

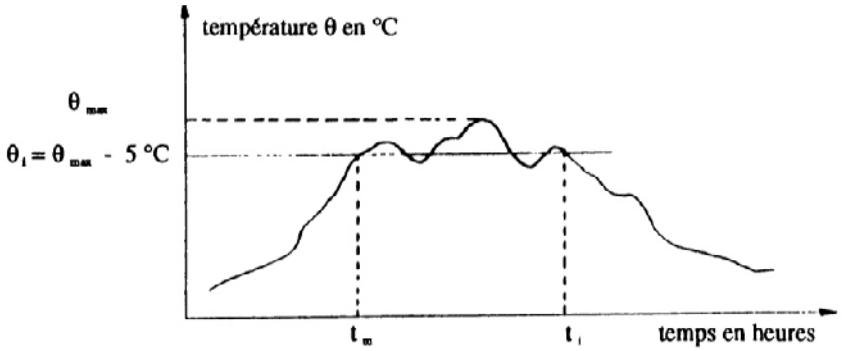
88.3.2 PHASE DE MONTÉE EN TEMPÉRATURE

** Une vitesse de montée en température trop élevée conduit à des pertes de résistance par défaut d'hydratation du ciment et à des hétérogénéités de température dans l'élément traité pouvant notamment provoquer une fissuration du béton.*

*** Il peut s'agir de justifications expérimentales, montrant l'adéquation du traitement thermique à la composition du béton et à la dimension de la pièce.*

88.3.3 PHASE ISOTHERME À LA TEMPÉRATURE

** La température n'est jamais rigoureusement constante au cours de cette phase dite « isotherme ». Par convention, sauf anomalie ponctuelle importante décelée sur l'enregistrement, on retiendra comme valeur θ_i du palier la température maximale θ_{max} diminuée de 5°C, la durée étant comptée entre le moment où le béton atteint θ_i pour la première fois (au temps t_m) et le moment où il l'atteint pour la dernière fois (au temps t_i)*



*** Il s'agit de la norme NF EN 13-369.*

Dans l'attente de la parution des « Recommandations pour la prévention de la réaction sulfatique interne du béton », on pourra retenir une valeur de 65°C à 85°C, selon les conditions d'exposition à l'humidité.

TEXTE

88.3.2 PHASE DE MONTÉE EN TEMPÉRATURE

Au cours de cette phase, la température augmente de la valeur θ_p de la phase de pré-prise à la valeur θ_i de la phase isotherme. La vitesse de montée en température n'est généralement pas constante ; elle ne doit pas dépasser 20°C / heure (*), sauf justifications probantes (**).

88.3.3 PHASE ISOTHERME À LA TEMPÉRATURE MAXIMALE

Au cours de cette phase, la température est maintenue à une température θ_i sensiblement constante (*); le choix de cette température θ_i et de la durée de son maintien détermine, dans une large mesure, le gain de résistance du béton au jeune âge.

La température θ_i ne doit pas dépasser les limites fixées par les règles communes en vigueur concernant les éléments préfabriqués (**), la durée de maintien pouvant varier selon les résultats de l'épreuve d'information sans descendre en deçà d'une valeur fixée après l'épreuve de convenance.

COMMENTAIRES

88.3.4 PHASE DE REFROIDISSEMENT

88.4 ETUDES ET REFERENCES DES BETONS

88.4.1 FORMULE NOMINALE DU BÉTON

88.4.2 ANALYSE DE LA RÉPARTITION DES TEMPÉRATURES

** Les références sont constituées d'au moins deux enregistrements simultanés, dans une même section, de l'évolution de la température en fonction du temps, obtenus lors du traitement dans des conditions analogues, d'éléments de mêmes cotes géométriques et constitués de béton de même formule nominale (même ciment, notamment), respectivement en un point situé au cœur de la zone la plus massive de la pièce et en un point situé à deux centimètres environ de la surface (dans la zone la plus sensible à la température extérieure). Les écarts entre les courbes peuvent alors être interprétés directement.*

*** Selon la méthode LCPC (présentée dans le bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées n°126, juillet-août 1983, pages 115 à 118, information 2 824), ou toute autre méthode fournissant des informations équivalentes.*

TEXTE

88.3.4 PHASE DE REFROIDISSEMENT

Au cours de cette phase, la température décroît de θ_i à la température ambiante.

La vitesse de refroidissement doit être suffisamment faible pour éviter les chocs thermiques et les écarts de température dans l'élément traité provoquant une fissuration du béton.

88.4 ETUDES ET REFERENCES DES BETONS

Dans le cas d'un béton traité thermiquement, les études comportent :
– la détermination de la formule nominale du béton,
– l'analyse de la répartition des températures dans les éléments traités,
– l'épreuve d'étude.

88.4.1 FORMULE NOMINALE DU BÉTON

La formule nominale d'un béton traité thermiquement répond aux mêmes exigences que celle d'un béton non traité (Cf. article 85.1 du présent fascicule)

88.4.2 ANALYSE DE LA RÉPARTITION DES TEMPÉRATURES

Cette analyse est fondée, soit sur des références (*), soit sur une étude par simulation (**) utilisant le résultat d'un « essai de détermination de la chaleur d'hydratation dégagée dans le béton » (***) et, dans le cas d'un traitement actif, le cycle de chauffage extérieur visé.

COMMENTAIRES

**** Méthode d'essai du Laboratoire central des ponts et chaussées. Cet essai fournit directement la courbe de température en fonction du temps qui sera respectée, dans le cas d'un traitement passif, au cœur des zones massives et en tout point, d'autant mieux que les échanges de chaleur avec l'extérieur seront réduits.*

88.4.3 ÉPREUVE D'ÉTUDE

89.4.3.1 LE BÉTON DISPOSE DE RÉFÉRENCES

TEXTE

88.4.3 ÉPREUVE D'ÉTUDE

88.4.3.1 LE BÉTON DISPOSE DE RÉFÉRENCES

Les références peuvent concerner :

– le béton lui-même par des résultats de mesure de résistances à la compression à vingt-huit jours obtenus dans les conditions normalisées. Ces références ne peuvent être utilisées que pour justifier la valeur caractéristique correspondante dans le cas où elle est spécifiée (cf. article 88.2 ci-dessus), et dans les conditions décrites par l'article 85.1.A du présent fascicule ;

– le même béton traité thermiquement dans des conditions analogues à celles qui sont proposées.

Les populations de référence, répondant aux mêmes conditions que celles qui sont rappelées à l'alinéa ci-dessus, sont alors constituées des résultats de mesures des résistances à la compression obtenus à vingt-huit jours, d'une part, et j jours, d'autre part, sur éprouvettes traitées thermiquement dans des conditions représentatives de celles qui agissent sur le béton des éléments de structure traités.

Ces deux populations de référence tiennent lieu d'épreuve d'étude probante si :

a) $\overline{f_{c28}} \geq f_{ck} + K_1 S_{28}$

condition dans laquelle :

$\overline{f_{c28}}$ est la moyenne arithmétique et S_{28} l'estimateur de l'écart type des résultats obtenus à vingt-huit jours (si $S_{28} < 0{,}07 \ \overline{f_{c28}}$, il sera pris égal à $0{,}07 \ \overline{f_{c28}}$) ;

COMMENTAIRES

88.4.3.2 LE BÉTON NE DISPOSE PAS DE RÉFÉRENCES

** Les éprouvettes sont conservées dans les conditions normalisées.*

*** Les éprouvettes sont traitées dans les conditions du traitement thermique proposé puis, après refroidissement, conservées dans les conditions normalisées.*

TEXTE

f_{ck} est la valeur caractéristique requise de la résistance à la compression à vingt-huit jours et K_1 est un coefficient dont la valeur est forfaitairement prise égale à 2.

b) $\overline{f_{cj}} \geq f_{cj} + K_2 S_j$

condition dans laquelle $\overline{f_{cj}}$ est la moyenne arithmétique et S_j l'estimateur de l'écart type des résultats obtenus à j jours (si $S_j < 0{,}07\ \overline{f_{cj}}$, il sera pris égal à $0{,}07\ \overline{f_{cj}}$).

f_{cj} est la borne inférieure prescrite pour la résistance à j jours, et K_2 est un coefficient dont la valeur est forfaitairement prise égale à 1,5.

88.4.3.2 LE BÉTON NE DISPOSE PAS DE RÉFÉRENCES

Si le béton ne dispose pas de références, au sens de l'article précédent, l'épreuve d'étude implique l'exécution en laboratoire d'une gâchée répondant à la formule nominale du béton.

Cette gâchée donne lieu à un prélèvement permettant la confection des éprouvettes dont le nombre minimal est fixé dans le tableau ci-après :

	Pour la mesure de	
Sur béton non traité(indice NT) (*)	(f_{c28NT})	3
Sur béton traité thermiquement (indice T) (**)	(f_{cjT})	3
	(f_{c28T})	3

L'épreuve d'étude est probante si les trois conditions suivantes sont respectées :

a) $(\overline{f_{cjT}}) \geq 1{,}1\ f_{cj}$

$(\overline{f_{cjT}})$: moyenne arithmétique des éprouvettes traitées ;

COMMENTAIRES

88.5 CONVENANCE ET CONTROLE DES BETONS

88.5.1 ÉPREUVE DE CONVENANCE

** Dans le cas de fabrication en usine dans des conditions analogues à des fabrications antérieures, lorsque le dossier d'étude inclus dans le plan qualité s'appuie sur des références probantes, le maître d'œuvre peut se dispenser de faire procéder à une épreuve de convenance. Celle-ci peut alors se limiter à une vérification des conditions d'application du plan qualité.*

88.5.1.1 ANALYSE DE LA REPARTITION DES TEMPÉRATURES DANS UN ÉLÉMENT

** L'opportunité de procéder à cette vérification est à analyser en fonction de la géométrie des pièces traitées et des phases de fabrication et de traitement ; les défauts sont à redouter lorsque des parties grêles sont proches de parties massives ou aux reprises entre bétons d'âges différents.*

TEXTE

b) $(\overline{f_{c28T}}) \geq 1{,}2\, f_{c28}$

$(\overline{f_{c28T}})$: moyenne arithmétique des éprouvettes traitées ;

c) $\dfrac{(\overline{f_{c28T}})}{(\overline{f_{c28NT}})} \geq 0{,}9$

$(\overline{f_{c28NT}})$: moyenne arithmétique des éprouvettes non traitées.

88.5 CONVENANCE ET CONTROLE DES BETONS

88.5.1 ÉPREUVE DE CONVENANCE (*)

L'épreuve de convenance d'un béton traité thermiquement répond aux objectifs définis, dans le cas général, par l'article 85.3 du présent fascicule qui demeure intégralement applicable. Elle doit permettre :

– la reconnaissance de l'aptitude du matériel de fabrication du béton ;

– la vérification du respect des prescriptions de fabrication inscrites au marché et des dispositions prévues par le plan qualité, notamment en matière de qualité des constituants, contrôles en cours de fabrication, conditions de transport et de manutention du béton ;

– la vérification du respect des dispositions de fabrication décrites par le plan qualité dans les conditions de l'article 88.5.1.1 ci-après ;

– la vérification du respect des caractères spécifiés ou prescrits dans les conditions de l'article 88.5.1.2 ci-après.

88.5.1.1 ANALYSE DE LA REPARTITION DES TEMPÉRATURESDANS UN ÉLÉMENT

L'objectif de l'analyse est de :

– vérifier l'absence d'écarts de température (*) susceptibles d'entraîner des altérations, dégradations ou fissurations du béton ;

– déterminer les conditions de la représentativité des éprouvettes de contrôle et d'information ;

*** Le marché fixe la (ou les) section(s) représentative(s).*

**** Dans le cas d'éléments précontraints par pré-tension, cette sonde est placée approximativement au centre de gravité des armatures de précontrainte.*

***** En fonction du nombre de voies d'enregistrement dont on peut disposer, il est recommandé d'ajouter des sondes de température en divers points judicieusement choisis.*

****** Si tel n'est pas le cas, les éprouvettes utilisées ultérieurement dans le cadre des épreuves de contrôle et d'information devront être traitées en les assujettissant à une évolution de température située entre les deux enregistrements issus des sondes 1 et 2.*

88.5.1.2 VÉRIFICATION DU RESPECT DES CARACTÈRESSPÉCIFIÉS OU PRESCRITS

– préciser les paramètres caractérisant le (ou les) cycle(s) de températures régnant dans le béton.

L'épreuve de convenance exige la confection d'un béton témoin et porte sur l'étude d'au moins une section représentative des éléments à traiter thermiquement (**).

L'expérimentation nécessite la mise en place de trois sondes de température :

• La sonde numéro 1 est noyée, dans le cas général (***), à cœur de la zone la plus massive.

• La sonde numéro 2 est noyée dans le béton, dans la zone déterminée à l'étude où l'écart de température avec la précédente est maximal.

• La sonde numéro 3 est noyée au cœur d'une éprouvette cylindrique 16 × 32 d'information (cf. article 88.6.2 ci-après).

Les sondes de température (***** *) sont reliées à un enregistreur permettant de tracer les courbes d'évolution de la température en fonction du temps.

Le béton témoin est soumis au traitement thermique proposé. Les enregistrements des sondes 1 et 2 définissent les limites de tolérance des paramètres des cycles de température. L'enregistrement de la sonde 3 doit se situer entre les deux enregistrements précédents (***** **).

88.5.1.2 VÉRIFICATION DU RESPECT DES CARACTÈRES SPÉCIFIÉS OU PRESCRITS

L'une des gâchées utilisées pour la confection du béton témoin donne lieu aux prélèvements permettant la confection des éprouvettes selon le tableau de l'article 88.4.3.2 ci-dessus, l'interprétation des essais étant celle visée dans ce même article si le béton ne dispose pas de références.

COMMENTAIRES

88.5.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

88.5.3 COMPLÉMENTS AUX ÉPREUVES D'INFORMATION

** Les essais d'information systématiques sont traités à l'article 88.6.2 ci-après, les essais complémentaires peuvent être, par exemple, des essais de résistance à la compression à un âge supérieur à vingt-huit jours.*

88.6 MAITRISE DE LA CONFORMITE DES BETONS TRAITES THERMIQUEMENT

88.6.1 PROCEDURE SPECIFIQUE

TEXTE

88.5.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

L'article 86.1 du présent fascicule est applicable, les éprouvettes étant traitées dans les conditions définies après l'épreuve de convenance.

Dans le cas particulier où une valeur caractéristique f_{c28}, se rapportant à des résistances mesurées dans des conditions normalisées, serait spécifiée (Cf. article 88.2.1 ci-dessus), le contrôle complémentaire serait effectué comme dans le cas d'un béton non traité.

88.5.3 COMPLÉMENTS AUX ÉPREUVES D'INFORMATION

Si le marché prévoit des essais complémentaires (*) d'information, ceux-ci relèvent directement du contrôle extérieur.

88.6 MAITRISE DE LA CONFORMITE DES BETONS TRAITES THERMIQUEMENT

88.6.1 PROCEDURE SPECIFIQUE

Le plan qualité, dans son chapitre consacré aux bétons (Cf. article 810 du présent fascicule) est complété et, sur certains points, modifié, pour tenir compte du traitement thermique. Il comporte sur ce sujet une procédure spécifique qui présente :

– les études et/ou références du béton traité ;

– les moyens de fabrication, de transport, de manutention, et de mise en place du béton, visés à l'article 83 du présent fascicule, ainsi que la méthode de traitement thermique et les moyens correspondants. Elle précise le (ou les) cycle(s) de température devant régner à l'intérieur du béton des éléments, assorti(s) de tolérances cohérentes avec l'étude (cf. article 88.4.2 ci-dessus) et indique les moyens devant permettre de vérifier que les cycles réels respectent ces tolérances.

– les modalités d'exécution et d'interprétation des épreuves qui incombent à l'entreprise.

COMMENTAIRES

88.6.2 CONTRÔLE INTERNE

Article 89 : Réalisation des essais sur béton

89.1 GÉNÉRALITÉS

** La norme NF EN 206-1 autorise la prise en compte d'une expérience nationale ou une convention explicite entre utilisateur et producteur pour la réalisation de certains essais (paragraphes 5.4.1, 5.5.1,…).*

Le fascicule FD P 18-457 donne des prescriptions tirées de l'expérience française. Il donne un certain nombre de précisions nécessaires pour optimiser la répétabilité et la reproductibilité des essais.

89.2 SERRAGE A REFUS DU BETON

** Dans la réalisation des corps d'épreuve pour un certain nombre d'essais (masse volumique, teneur en air et confection des éprouvettes de résistance), il est prévu un serrage du béton jusqu'à obtenir un « serrage à refus ».*

Le serrage à refus est caractérisé selon les normes d'essai par l'obtention d'une "surface du béton lisse et luisante, exempte d'apparition de grosses bulles". La reconnaissance de cet état est subjective et nécessite de préciser les méthodes de serrage en fonction de la consistance.

*** C'est le cas par exemple pour l'essai d'écaillage qui spécifie une vibration externe et des temps de vibration en fonction de la consistance.*

TEXTE

88.6.2 CONTRÔLE INTERNE

Les dispositions de l'article 810 du présent fascicule sont applicables. Les essais d'information relèvent de l'article 86.4 du présent fascicule. Les éprouvettes d'information servant à la vérification de la valeur f_{cj} prescrite sont traitées dans les conditions présentées par la procédure spécifique, éventuellement adaptées après l'épreuve de convenance.

Article 89 : Réalisation des essais sur béton.

89.1 GÉNÉRALITÉS

Les essais sur béton frais et durci sont à réaliser en suivant les prescriptions tirées de l'expérience française (*) et les dispositions ci-après.

89.2 SERRAGE A REFUS DU BETON

Le serrage à refus **(*)** est obtenu, en l'absence de spécifications contraires dans les normes d'essai (**), par les méthodes de serrage suivantes adaptées à la consistance du béton :

– affaissement au cône d'Abrams inférieur à 10 mm : le serrage est effectué à l'aide de la barre de damage à raison d'au moins 25 coups par couche ou d'une table vibrante pendant au moins 20 secondes,

– affaissement au cône d'Abrams compris entre 10 et 90 mm (bornes incluses), le serrage est effectué par couche à l'aide d'une aiguille vibrante ou d'une table vibrante pendant au moins 10 secondes par couche,

COMMENTAIRES

**** la notion de rapport E/C est utilisée pour quantifier la viscosité du béton et peut être utilisée en calculant le rapport de l'eau efficace à la quantité de fines (particules inférieures à 0,063 mm) de la formulation*

89.3 ESSAIS DE CONSISTANCE

** La norme d'essai est la norme NF EN 12350-2.*

*** La norme d'essai est la norme NF EN 12350-3.*

**** Les modes opératoires de ces essais sont donnés dans les recommandations du projet national BAP, en attendant la parution des normes européennes correspondantes.*

89.4 CONSERVATION DES EPROUVETTES DE CONTROLE

** Il est préférable de limiter la capacité de la caisse calorifugée à 9 éprouvettes 16×32 afin d'éviter un échauffement trop important.*

De même, l'utilisation de caisse calorifugée est fortement déconseillée par temps chaud car ceci risque d'altérer les résultats mécaniques à 28 jours.

TEXTE

– affaissement au cône d'Abrams supérieur ou égal à 100 mm :

– cas des bétons qui ont un rapport E/C (***) supérieur à 0,50 : le serrage est effectué à l'aide d'une tige de piquage à raison de 25 coups par couche,

– cas des bétons qui ont un rapport E/C inférieur à 0,50 : le serrage est effectué à l'aide d'une aiguille vibrante ou d'une table vibrante pendant au moins 5 secondes par couche.

Pour les bétons autoplaçants, le serrage est effectué naturellement par le seul effet de la pesanteur (aucun moyen externe de serrage ou de vibration ne doit être exercé) au moment du déversement du béton dans le récipient.

Pour le serrage par vibration interne ou externe des bétons à air entraîné le temps de vibration par couche sera inférieur à 6 secondes si l'affaissement au cône d'Abrams est supérieur ou égal à 100 mm, ou à 12 secondes si l'affaissement au cône d'Abrams est compris entre 10 et 90 mm, afin de limiter la perte d'air entraîné.

89.3 ESSAIS DE CONSISTANCE

L'essai de consistance de référence est l'affaissement au cône d'Abrams (*) pour les bétons dont l'affaissement est compris entre 10 mm et 210 mm. Pour les bétons très fluides dont la mesure de l'affaissement pourrait conduire à des valeurs non significatives (supérieures à 210 mm), on utilisera l'essai d'étalement à la table à chocs (**).

Pour les bétons autoplaçants, l'essai de consistance est l'étalement au cône d'Abrams. Il est complété par d'autres essais de caractérisation à l'état frais : écoulement à la boite en L et stabilité au tamis (***).

89.4 CONSERVATION DES EPROUVETTES DE CONTROLE

Les éprouvettes de béton sont conservées avant démoulage à l'abri des intempéries, dans un local dont la température est comprise entre 15 et 30°C.

Il est admis, lorsqu'un tel local n'est pas disponible, que les éprouvettes

COMMENTAIRES

Il est recommandé de vérifier la montée en température au sein de la caisse.

Il convient de noter que le but recherché est ici de maintenir la température du béton dans la gamme demandée par la norme et non de simuler l'élévation de température du béton in situ (comme ce pourrait être le cas pour la conservation d'éprouvettes d'information).

*** Il est rappelé que le transport au laboratoire et le démoulage sont à réaliser dans les trois jours après la confection des éprouvettes.*

Article 810 : Maîtrise de la conformité

** Les épreuves d'étude sont effectuées en laboratoire. A défaut d'épreuves d'étude ou de références probantes, il est recommandé d'effectuer une épreuve de convenance (Cf. article 85.3).*

TEXTE

puissent être conservées sur chantier en caisse calorifugée lorsque la température ambiante est inférieure à 15°C (*).

Dans les trois heures suivant le démoulage (**), les éprouvettes sont placées en atmosphère normalisée.

Article 810 : Maîtrise de la conformité.

Le plan qualité :

– présente les formules nominales qui fixent la nature et les caractéristiques des constituants par référence aux normes en vigueur les concernant, leur provenance et leur dosage en masse par m^3 de béton compacté ;

– présente les résultats des épreuves d'étude (*) ou des références probantes pour les bétons dont la résistance caractéristique est supérieure à 25 MPa ;

– propose les compositions de certains bétons, tels que bétons de propreté ou de remplissage, et des mortiers de calage, lorsqu'elles ne sont pas fixées par le marché ;

– mentionne, s'il y a lieu, les dispositions justifiant l'utilisation de granulats récupérés (Cf. article 82.2) ;

– fixe le délai de préavis pour commencer le bétonnage après les résultats de l'épreuve de convenance (Cf. article 84.1) ;

– décrit les dispositions particulières adoptées pour les reprises de bétonnage (Cf. article 84.3) ;

*** Le contrôle intérieur porte normalement sur :*
– la vérification et les conditions d'acceptation des constituants ;
– les modalités de contrôle de fabrication des bétons, portant sur le stockage des constituants, le respect des dosages, l'homogénéité du mélange;
– la vérification du temps de transport et d'attente du béton ;
– les conditions d'acceptation du béton frais ;
– les épreuves d'information, s'il y a lieu (Cf. article 86.4).

Dans le cas de fourniture par une centrale de béton prêt à l'emploi, les deux premiers points sont à la charge du fournisseur.

– présente le programme de bétonnage (Cf. article 85.2).

S'il y a lieu, il comprend :
– le dossier technique des BAP (Cf. article 87.3) ;
– la procédure spécifique relative aux traitements thermiques des bétons (Cf. article 86.6.1).

Le plan qualité présente les dispositions du contrôle intérieur (**) relatives aux opérations de fabrication, de transport et de manutention, de mise en place et de cure, dont les résultats sont portés sur les documents de suivi.

COMMENTAIRES

CHAPITRE 9

ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

Article 91 : Généralités.

** Le marché stipule, s'il y a lieu, les éléments d'ouvrage qui sont à préfabriquer et les exigences auxquelles ils doivent satisfaire. A contrario, le marché peut stipuler ceux des éléments pour lesquels la préfabrication n'est pas admise. Dans ces deux cas, cela n'exclut pas que d'autres éléments puissent être préfabriqués sur proposition de l'entrepreneur.*

Article 92 : Fabrication ou fourniture.

92.1 PROVENANCE ET QUALITÉ

** Si les produits relèvent d'une norme dont le domaine d'emploi correspond à celui du présent fascicule, celle-ci s'applique au produit ; il en est de même s'ils bénéficient en outre d'une certification de conformité à cette norme. La norme NF EN 13369 « Règles communes pour les produits préfabriqués en béton » fournit de nombreuses informations utiles en matière de spécifications relatives aux produits en béton.*

Les prescriptions relatives à la pose sont l'objet de l'article 94.

*** Pour les éléments préfabriqués n'ayant pas de rôle porteur tels que, par exemple, les parements préfabriqués ou certaines corniches, les contrôles de la qualité structurale sont allégés en fonction des exigences contractuelles, mais les exigences en matière de durabilité et de qualité d'aspect sont maintenues intégralement lorsqu'il y a lieu, et les contrôles le sont en conséquence.*

TEXTE

CHAPITRE 9

ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

Article 91 : Généralités (*)

Le présent chapitre s'applique aux éléments d'ouvrages préfabriqués :
– soit en usine, et ils sont alors dénommés produits préfabriqués ;
– soit sur le chantier ou bien sur un emplacement forain.

D'autre part, les dispositions du présent fascicule formulées pour les éléments coulés en place sont appliquées aux éléments préfabriqués, moyennant les adaptations de détail éventuellement nécessaires.

Article 92 : Fabrication ou fourniture.

92.1 PROVENANCE ET QUALITÉ

L'entrepreneur ne peut utiliser, sauf indication contraire du marché, des produits préfabriqués que s'ils sont conformes aux normes (*) en vigueur et aux dispositions du présent fascicule (**).

COMMENTAIRES

**** Il s'agit notamment de la certification QualiF-IB « Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine ».*

Les vérifications faites aussi bien en usine que sur chantier, au titre du contrôle intérieur et du contrôle extérieur font l'objet de modalités particulières complétant le règlement de la marque et précisées par le marché.

Comme il est dit à l'article 23.2 du présent fascicule, l'entrepreneur doit imposer au producteur l'obligation de donner toutes facilités au maître d'œuvre pour l'exercice de son contrôle extérieur.

92.2 BETONS AUTOPLACANTS

92.3 SPECIFICATIONS POUR LA DURABILITE

** Les méthodes d'essai sont définies par les normes suivantes :*

XP P 18-420	*Béton - Essai d'écaillage des surfaces de béton durci exposées au gel en présence d'une solution saline.*
P 18-424	*Béton - Essai de gel sur béton durci - Gel dans l'eau - Dégel dans l'eau.*
P 18-425	*Béton - Essai de gel sur béton durci - Gel dans l'air - Dégel dans l'eau.*

TEXTE

Dans le cas où leur production est soumise à une procédure officielle de certification, les produits préfabriqués utilisés sont titulaires de cette certification (***), sauf disposition différente du marché.

92.2 BETONS AUTOPLACANTS

La compaction des bétons autoplaçants s'effectue essentiellement sous le seul effet gravitaire. En complément à l'article 84.2 du présent fascicule, après la mise en place, une légère vibration externe peut être appliquée afin de favoriser le débullage de la peau du béton. Les conditions de réalisation sont précisées dans le plan qualité.

92.3 SPECIFICATIONS POUR LA DURABILITE

Lorsque les conditions climatiques le justifient, les exigences de durabilité au gel prévues dans le présent fascicule s'appliquent en complément du cahier des charges de la certification.

La commande doit faire référence aux dispositions du présent fascicule et l'entrepreneur tient à la disposition du maître d'œuvre la partie technique de la commande au fabricant.

Pour les produits préfabriqués, les essais indiqués ci-après constituent une alternative à l'exigence de teneur minimale en air.

CLASSE D'EXPOSITION	ESSAI (*)
XF1, XF3	Essai de gel sur béton durci
XF2, XF4	Essai de gel sur béton durci + Essai d'écaillage

COMMENTAIRES

Les critères d'acceptation recommandés sont définis dans les « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel ». Il est à noter que les dispositions et les exigences prévues par ces recommandations tiennent compte du type de béton : béton traditionnel, béton à hautes performances, béton à démoulage immédiat.

*** Les normes NF EN 206-1 et NF EN 13369 présentent les concepts et les principes applicables pour une approche performancielle de la durabilité des bétons.*

Le guide AFGC « Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages – maîtrise de la durabilité vis-à-vis de la corrosion des armatures et de l'alcali-réaction » (2004) présente une méthodologie détaillée basée notamment sur l'utilisation d'un certain nombre d'indicateurs de durabilité.

**** Il s'agit de la norme NF EN 13369.*

92.4 DISPOSITIFS D'ACCROCHAGE INCORPORÉS AU BÉTON

** Ces dispositifs sont notamment des douilles ou inserts utilisés pour la manutention. S'ils sont incorporés au béton à titre définitif, ils ne doivent pas nuire à la durabilité de la pièce concernée.*

*** L'emploi de ces dispositifs doit notamment être conforme aux stipulations des notices techniques relatives à ces derniers.*

**** Par exemple rond lisse de nuance FeE235.*

Le dédoublement des épingles de manutention est à exclure en raison de la répartition aléatoire des efforts. Cette pratique dangereuse ne saurait être admise sous le prétexte que les aciers disponibles sur parc seraient de trop faible section.

TEXTE

Il est autorisé de modifier les spécifications relatives au dosage en liant équivalent sous réserve de justifier par une approche performancielle (**) validée la durabilité du béton

S'agissant du traitement thermique, les dispositions de l'article 88 s'appliquent.

S'agissant de la cure, il convient d'appliquer les dispositions prévues dans la norme pertinente (***).

92.4 DISPOSITIFS D'ACCROCHAGE INCORPORÉS AU BÉTON

L'entrepreneur ne peut utiliser que des dispositifs d'accrochage (*) faisant l'objet d'une procédure officielle de certification de conformité ou, à défaut, des dispositifs dont l'emploi est soumis à l'acceptation du maître d'œuvre (**), ou bien des épingles de manutention, conformes aux dispositions du présent fascicule.

On appelle ici épingles les barres en acier utilisées pour la manutention d'éléments en béton préfabriqué, ancrées par courbure dans l'élément.

Elles sont réalisées obligatoirement en acier présentant des garanties de ductilité suffisantes pour cet usage (***).

COMMENTAIRES

**** * Pour les diamètres d'épingles les plus couramment utilisés, les valeurs de F sont données dans le tableau suivant :*

Ø (mm)		*10*	*12*	*14*	*16*	*20*	*25*	*32*
F (kN)	*Valeurs exactes*	*15*	*21,6*	*29,4*	*38,4*	*60*	*93,5*	*153,6*
	Valeurs arrondies	*15*	*22*	*30*	*40*	*60*	*95*	*155*

**** ** Le tableau ci-dessous donne, en fonction du diamètre Ø d'une épingle, le diamètre intérieur minimal de la boucle.*

Ø (mm)	*Diamètre intérieur minimal d de la boucle (mm)*	*Rayon de courbure r du crochet en acier forgé à utiliser (mm)*	
		minimal	*maximal*
10	*40*	*12*	*20*
12	*48*	*14,4*	*24*
14	*56*	*16,8*	*28*
16	*64*	*19,2*	*32*
20	*100*	*30*	*50*
25	*125*	*37,5*	*62,5*
32	*160*	*48*	*80*

92.5 MARQUAGE

** Il importe, en effet, de distinguer les éléments dans la mesure où certains d'entre eux ont une destination précise (par exemple éléments préfabriqués à joints conjugués). Le marquage doit aussi donner toutes indications utiles, précisées à la commande, telles que, par exemple, le poids des éléments lourds (voussoirs et poutres de grandes dimensions). Dans le cas des produits préfabriqués, le marquage est, s'il y a lieu, complété en conséquence .*

TEXTE

La valeur maximale de l'effort statique que l'on peut appliquer à une épingle de diamètre Ø (mm) a pour intensité dans les conditions les plus favorables :

$$F\ (kN) = 0{,}15\ Ø^2 \quad (*** *)$$

Le diamètre intérieur d de la boucle de l'épingle doit être supérieur à quatre fois le diamètre de celle-ci, et à l'épaisseur du crochet utilisé au cours des manutentions.

Enfin, si r est le rayon de courbure de la section de crochet en contact avec la boucle, on doit avoir :

$$0{,}30\ d < r < 0{,}50\ d \quad (*** **).$$

Pour chaque élément préfabriqué, les dessins indiquent le rayon du crochet en acier forgé à utiliser, qui doit être le même pour les diverses manutentions.

La boucle doit former un demi-cercle complet et non être constituée de deux parties parallèles raccordées par une partie rectiligne.

Les crochets d'ancrage des deux branches de l'épingle présentent un rayon de courbure intérieur au moins égal à 2,5 Ø.

92.5 MARQUAGE

Tout élément préfabriqué reçoit un marquage propre à permettre son identification et à préciser ses conditions d'utilisation (*). Le marquage est conforme aux indications des dessins d'exécution. Pour les composants, il se réfère, le cas échéant, au catalogue du producteur, convenablement complété par les spécifications particulières de la commande ou les caractéristiques correspondantes figurant aux plans d'exécution. Il comporte en outre la date de fabrication.

COMMENTAIRES

92.6 TRANSPORT ET RÉCEPTION DES PRODUITS PREFABRIQUES SUR CHANTIER

** Tout incident survenu en cours de manutention ou de transport est reporté sur le bulletin de livraison.*

*** L'identification des produits préfabriqués comprend en particulier la vérification de la conformité des marques indiquées sur le bulletin de livraison avec celles portées sur les éléments livrés.*

Article 93 : Manutention, stockage.

** Il est rappelé que ces opérations doivent être conduites en assurant la sécurité des personnes, et en évitant notamment tout risque d'instabilité des éléments eux-mêmes ou des dispositifs et des engins de levage et de bardage. A cette fin, les documents d'exécution portent la mention des conditions à respecter ou des dispositions à prendre pour assurer la stabilité des éléments préfabriqués.*

Pour les dispositifs et engins devant être dotés d'un deuxième niveau de sécurité, la solution adoptée peut consister à doubler un dispositif stabilisateur par un mécanisme de butée, limiter la course des vérins par un dispositif d'arrêt de chute, mettre en place un dispositif préalable d'alerte, doubler certains éléments tels que suspentes, brêlages, etc.

TEXTE

92.6 TRANSPORT ET RÉCEPTION DES PRODUITS PREFABRIQUES SUR CHANTIER

Les prescriptions de l'article 94 ci-après s'appliquent à la manutention et au transport jusqu'au chantier.

Ne sont mis en œuvre que des produits préfabriqués livrés avec un bulletin de livraison comportant la déclaration de leur conformité aux spécifications de la commande. Il reproduit les indications du marquage, complétées par la mention du transporteur (*), et la date de livraison.

Pour les produits préfabriqués faisant l'objet d'une certification officielle, l'apposition du sigle du certificat dispense de faire figurer la déclaration de conformité sur le bon de livraison, dans la mesure où la certification couvre l'ensemble des spécifications de la commande.

Outre l'identification des produits préfabriqués (**), la réception de ceux-ci comprend la vérification qu'ils n'ont subi aucun dommage depuis leur sortie d'usine jusqu'à la livraison sur chantier. Elle est effectuée contradictoirement par le maître d'œuvre et l'entrepreneur.

Article 93 : Manutention, stockage

Les opérations de manutention (*), y compris les transports sur le chantier, et de stockage sont conduites de façon à :

– éviter tout effort imprévu (**) et toute déformation excessive (***) ;

– éliminer tout risque de détérioration susceptible de nuire à l'aspect ou à la durabilité de la structure (*** *).

Dans le cas d'emploi d'épingles de manutention, l'effort sollicitant une épingle doit toujours être dans le plan de celle-ci et parallèle à ses branches.

*** Les documents d'exécution précisent, en particulier :*
– la nature, la résistance et la répartition des suspensions ;
– la position suivant laquelle l'élément doit être levé, puis maintenu pendant le transport ou la manutention ;
– les efforts particuliers pris en compte ;
– les conditions d'appui et d'empilage en cours de stockage (en évitant les efforts concentrés et les appuis sur zones minces ou fragiles).

**** Les charges agissant sur le béton aux jeunes âges peuvent entraîner des déformations de fluage irréversibles et aléatoires. De plus, de trop grandes différences de délais de stockage font varier les déformations d'un élément à l'autre.*

***** Cette prescription vise notamment :*
– les effets dynamiques et les chocs en cours de transport et de manutention ;
– l'influence de conditions atmosphériques défavorables, surtout pendant les premiers jours de stockage après préfabrication (gel ou fort ensoleillement) ;
– les risques de coulures et salissures.

Article 94 : Mise en œuvre.

94.1 MISE EN PLACE

** Les plans d'exécution et les notices techniques annexées définissent les opérations de mise en place et de montage, précisant notamment l'ordre de pose, les contreflèches, les brélages provisoires.*

Article 94 : Mise en œuvre.

94.1 MISE EN PLACE (*)

Les éléments préfabriqués ne sont mis en place qu'après vérification de leur état au moment où ils sont présentés ; ils ne sont posés qu'après vérification des surfaces d'appui.

Dès leur pose, ils sont maintenus en position de façon à assurer :
– leur stabilité vis-à-vis des efforts appliqués (connus ou prévisibles), y compris les efforts du vent ;

COMMENTAIRES

*** Par exemple, il est essentiel de limiter les déformations différentielles (dues notamment aux effets thermiques) entre sections voisines réunies par un joint de clavage.*

94.2 ASSEMBLAGES

** Le marché peut demander qu'un essai de convenance soit effectué.*

*** En cas d'injection, la largeur minimale de l'espace à remplir est de 5 millimètres.*

**** Si le réglage du niveau est effectué par coins ou écrous de réglage, par exemple, il convient de veiller au risque de désolidarisation du lit de mortier en procédant à l'opération. Ce type d'assemblage n'est pas normalement utilisé pour les éléments de structure.*

Article 95 : Maîtrise de la conformité

95.1 CONTENU DES PROCÉDURES D'EXÉCUTION

TEXTE

– la géométrie de l'ensemble, compte tenu des tolérances prescrites ;
– le durcissement, sans désorganisation, des matériaux d'assemblage (**).

94.2 ASSEMBLAGES

Les prescriptions suivantes sont applicables aux principaux types d'assemblages (*) :

– les assemblages collés d'éléments en béton ne sont utilisés que dans le cas de joints conjugués ;

– les assemblages bétonnés présentent des dimensions adaptées à une mise en place correcte du béton de la qualité spécifiée ;

– les assemblages par matage ou injection de mortier sont exécutés par un personnel qualifié. Dans le cas de mortier maté, les faces en regard sont propres, humidifiées, et permettent le passage aisé du matoir (**) ;

– les assemblages par bain de mortier voisins de l'horizontale sont obtenus en posant l'élément sur le mortier frais, tout en assurant le remplissage homogène du volume sous-jacent (***) ;

– les liaisons par pièces métalliques autres que les armatures en béton armé sont protégées contre la corrosion et exécutées conformément aux textes en vigueur.

Article 95 : Maîtrise de la conformité

95.1 CONTENU DES PROCÉDURES D'EXÉCUTION

Le plan qualité comporte toutes indications particulières utiles sur les points sensibles de l'exécution, notamment sur la réalisation des assemblages provisoires ou définitifs.

Il comprend une procédure précisant les consignes, d'ordre géométrique et mécanique, à respecter s'il y a lieu en fonction des sujétions afférentes à l'élément pendant les manœuvres de manutention et de pose.

COMMENTAIRES

95.2 CONTRÔLE INTERIEUR

** Les modalités de ces contrôles diffèrent suivant qu'il s'agit de produits préfabriqués ou d'éléments préfabriqués sur le chantier ou sur un emplacement forain, de parties structurales ou non structurales.*

*** Le marché fixe s'il y a lieu les tolérances applicables en fonction des sujétions particulières d'assemblage et de pose. Ces sujétions sont généralement telles que les tolérances sont plus sévères que pour les ouvrages coulés en place. Il est rappelé que les tolérances sont portées aux dessins d'exécution.*

Le contrôle intérieur effectué à l'avancement permet à l'entrepreneur d'apporter, en temps utile, les modifications éventuellement nécessaires.

**** Pour les produits préfabriqués de construction en béton précontraint par pré-tension, se reporter au chapitre 12 du présent fascicule.*

En règle générale, le plan qualité prévoit une première réception en usine, de façon à éliminer les composants reconnus défectueux avant sortie de l'usine.

TEXTE

95.2 CONTRÔLE INTERIEUR

Le contrôle des éléments préfabriqués est effectué dans le cadre du contrôle intérieur selon les modalités respectivement prévues au plan qualité pour :

– le contrôle de fabrication et le contrôle de réception (*) ;
– le contrôle en cours de stockage ;
– le contrôle intérieur effectué à l'avancement en cours de pose et de montage (**).

Dans le cas de l'utilisation de produits préfabriqués, l'entrepreneur veille à la mise en accord du contrôle de fabrication tel qu'il est exercé en usine, avec les dispositions du plan qualité visé par le maître d'œuvre (***). Pour les produits préfabriqués faisant l'objet d'une certification officielle, le plan qualité fait référence au règlement de la certification pour l'ensemble des spécifications couvertes par cette certification, et apporte s'il y a lieu les compléments nécessaires pour toute autre spécification.

Les processus d'exécution sont adaptés en fonction des résultats partiels, de façon que le résultat final respecte les tolérances fixées pour l'ensemble de l'ouvrage terminé.

COMMENTAIRES

CHAPITRE 10 :

PRECONTRAINTE PAR POST-TENSION

Article 101 : Domaine d'emploi

** Il convient alors de se référer aux chapitres 11, 13 et 14 du présent fascicule.*

Article 102 : Fournitures.

102.1 UNITÉS DE PRÉCONTRAINTE

102.1.1 CHOIX ET PROVENANCE

** Cet ATE complété par une procédure de certification de conformité permet l'obtention du marquage CE, nécessaire pour la mise sur le marché du procédé. Il couvre tous les composants du système de précontrainte, y compris les gaines, les coulis d'injection et les dispositifs annexes.*

*** Un coupleur (dit coupleur fixe dans les textes européens) est un dispositif permettant de raccorder un nouveau câble, dit secondaire, sur l'extrémité d'un câble, dit primaire, déjà tendu lors d'une phase précédente de travaux. Un dispositif de raboutage (ou coupleur mobile selon la terminologie européenne) assure par contre la connexion de deux tronçons de câbles tendus simultanément en une opération unique (manchon de raccordement de barres par exemple).*

TEXTE

CHAPITRE 10 :

PRECONTRAINTE PAR POST-TENSION

Article 101 : Domaine d'emploi.

Les clauses techniques générales données dans ce chapitre concernent les ouvrages en béton précontraint par post-tension. Elles ne traitent pas (*) :
– de la précontrainte extérieure au béton ;
– de la protection par coulis ou par d'autres systèmes de protection (graisse, cire pétrolière par exemple) des armatures de précontrainte.

Article 102 : Fournitures.

102.1 UNITÉS DE PRÉCONTRAINTE

102.1.1 CHOIX ET PROVENANCE

Le procédé de précontrainte doit bénéficier d'un agrément technique européen (ATE) (*) et du marquage CE.

Les catégories et modèles d'ancrage, y compris coupleurs et dispositifs de raboutage (**), définissant complètement les unités de précontrainte sont soumis à l'acceptation du maître d'œuvre dans la mesure où ils ne sont pas fixés par le marché.

L'utilisation d'ancrages non saturés (avec un nombre d'armatures inférieur à celui pour lequel ils ont été conçus) est soumise à l'acceptation du maître d'œuvre (***).

COMMENTAIRES

Il est prudent de limiter le plus possible (par exemple à 0,5) la proportion des câbles couplés dans une même section.

**** Des restrictions à la possibilité d'utiliser des ancrages non saturés sont explicitées par la circulaire n°2002-57 du 4 septembre 2002.*

**** * Le référentiel technique de l'ASQPE concerne tous les types d'armatures : "claires", "revêtues", "protégées gainées".*

**** * * Ceci vise notamment les torons dits « standard » et « super ». L'attention est attirée sur le fait que l'utilisation simultanée de ces deux types d'armatures est à interdire au niveau du projet, mais peut se concevoir lors des mises en tension, pour pallier par exemple les excès de frottement des câbles dans les conduits.*

102.1.2 CONDITIONNEMENT (*)

** Le marché peut imposer un mode de conditionnement des armatures, notamment si le transport se fait par voie maritime. Il y a lieu en ce cas, particulièrement dans les régions à climat chaud et humide, de vérifier le bon état de cet emballage dès l'arrivée des armatures sur le chantier.*

*** Voir les notices relatives aux procédés concernés.*

102.1.3 TRANSPORT, STOCKAGE ET MANUTENTION

** A tout moment, les armatures sont protégées des étincelles provenant de découpages et des soudures éventuelles exécutées dans le voisinage, des chocs et d'une façon générale de toute pollution ou agression.*

*** Aucune couverture de protection utilisée à cet effet n'est en contact avec l'acier. De plus, un minimum de ventilation est assuré afin d'éliminer l'humidité sous les bâches*

102.1.4 ACCEPTATION

** Les conditions de livraison des armatures sont définies dans le*

TEXTE

Les armatures à haute résistance pour construction en béton précontraint par pré ou post-tension doivent respecter le référentiel technique de l'ASQPE (*** *) ou un référentiel équivalent et ce respect doit être certifié par un organisme de certification accrédité.

Les études d'exécution ne retiennent que des armatures qui, pour des aspects identiques, sont de même classe et de même section (*** **).

Les matériels de mise en œuvre sont mis à disposition par l'entreprise distributrice du procédé ou acceptés par elle.

102.1.2 CONDITIONNEMENT (*)

La protection provisoire des armatures, dispositifs d'ancrage, pièces et accessoires est assurée par le fournisseur afin de réaliser une protection contre la corrosion efficace jusqu'à la mise en œuvre de la protection définitive. Les dispositifs d'ancrage sont livrés sous un emballage assurant leur protection contre la corrosion (**).

102.1.3 TRANSPORT, STOCKAGE ET MANUTENTION

Le transport, le stockage et la manutention des armatures, dispositifs d'ancrage, pièces et accessoires sont organisés pour éviter toute altération d'origine mécanique, chimique ou électrochimique (*). Les armatures et, le cas échéant, les unités de précontrainte pré-façonnées sont entreposées sans contact avec le sol et protégées des intempéries (**). Les dispositifs d'ancrage, pièces et accessoires sont stockés dans un local clos et aéré.

102.1.4 ACCEPTATION

L'acceptation des lots d'armatures et des dispositifs d'ancrage, pièces et

référentiel technique de l'ASQPE.

*** De mauvaises conditions de stockage et de manutention des armatures peuvent conduire à présumer leur altération.*

102.2 CONDUITS

** L'emploi de conduits et d'injections est généralement sans objet dans le cas d'armatures de précontrainte protégées-gainées (Cf. chapitre 14 du présent fascicule).*

102.2.1 CARACTERISTIQUES DES CONDUITS

** Les ATE des procédés définissent les conduits utilisables selon les catégories d'usage attendues de la précontrainte (étanchéité améliorée, isolation électrique….), catégories qu'il revient au marché de préciser.*

a) Conduits métalliques

*** Cf. normes NF EN 523 et NF EN 524-1 à 6.*
La classe des conduits est choisie de telle sorte que les conditions relatives aux épaisseurs minimales et aux rayons de courbure figurant à l'article 102.2.2 soient également satisfaites.

**** Il s'agit des gaines de catégorie 2 selon la classification de la norme NF EN 523-2003.*

***** Le raccordement des tubes d'acier est généralement assuré par emboîtement avec étanchement du joint.*
Des dispositions particulières seront prises pour assurer l'étanchéité vis-à-

accessoires est subordonnée à leur identification ainsi qu'à la vérification du bordereau de livraison et du certificat de conformité aux spécifications (*).

En cas d'altération apparente ou présumée (**) des armatures, elles ne peuvent être utilisées sans que des essais soient effectués, par accord entre les parties concernées, pour estimer l'importance de l'altération.

102.2 CONDUITS (*)

102.2.1 CARACTERISTIQUES DES CONDUITS (*)

Le type de conduit est soumis à l'acceptation du maître d'œuvre dans la mesure où il n'est pas fixé par le marché.

Les conduits doivent être mécaniquement résistants, présenter une continuité de forme et assurer une continuité d'étanchéité sur toute leur longueur. Ils doivent convenir aux exigences d'adhérence du projet et ne causer aucune agression chimique.

a) Conduits métalliques (**)

Pendant toutes les phases qui précèdent l'injection (transport, stockage, mise en œuvre, etc.) ils ne doivent pas subir de corrosion telle que les coefficients de frottement s'en trouvent augmentés.

Si les armatures sont enfilées dans les conduits en place, ceux-ci sont obligatoirement constitués de gaines rigides en feuillard cintrables à la main (***) ou de tubes d'acier laminé soudé cintrables sur machine (*** *).

vis de l'extérieur au niveau des raccords de conduits au passage des joints entre éléments préfabriqués (Cf. article 107.2.2).

b) Conduits en matière plastique.

**** * L'agrément technique définit les caractéristiques de ces gaines, leur provenance ainsi que les conditions particulières à respecter pour leur stockage et leur mise en œuvre.*

De telles gaines peuvent être utiles en atmosphère corrosive pour l'acier. Elles présentent également un intérêt pour la tenue à la fatigue des armatures actives dans les ouvrages dimensionnés en précontrainte partielle.

102.2.2 NATURE, DIMENSIONS ET COURBURES

b) Conduits en matière plastique.

Dans la mesure où l'agrément technique du procédé de précontrainte utilisé le prévoit, l'utilisation de gaines en matière plastique (*** *) est admise, sauf disposition contraire du marché.

Ces gaines doivent être stockées à l'abri des rayonnements ultra-violets, sur un fond plat et horizontal.

102.2.2 NATURE, DIMENSIONS ET COURBURES

La nature, l'épaisseur, le diamètre et les rayons de courbure sont choisis pour :
– éviter les risques d'ovalisation pendant le transport et la manutention ;
– permettre le respect des valeurs prises en compte au projet pour le frottement et les poussées au vide ;
– assurer un remplissage correct par le produit d'injection.

Pour que cette dernière condition soit remplie, le diamètre minimal intérieur du conduit $Ø_i$ est au moins égal à $1{,}8\ \sqrt{A_p}$, A_p étant la section nominale de l'ensemble des armatures constituant l'unité.

COMMENTAIRES

*

Type d'armatures	*Nombre d'armatures constituant l'unité*	*Gaines enroulables*		*Gaines rigides cintrables à la main*		*Tubes acier (rigides)*	
		Φ_i *(mm)*	*e (mm)*	Φ_i *(mm)*	*e (mm)*	Φ_i *(mm)*	*e (mm)*
Fils……7 mm :							
	n = 9	*35*	*0,3*	*40*	*0,4*		
	n = 14	*45*	*0,3*	*46*	*0,4*		
	n = 18	*50*	*0,4*	*50*	*0,4*		
	n = 22	*55*	*0,4*	*60*	*0,4*		
	n = 30	*60*	*0,4*	*65*	*0,4*	*76*	*2*
	n = 54	*80*	*0,4*	*90*	*0,6*	*89*	*2*
	n = 84	*100*	*0,4*	*110*	*0,6*	*108*	*2*
Fils……8 mm							
	n = 12	*45*	*0,3*	*50*	*0,4*		
Torons……T 12,5 ou 12,9							
	n = 7	*45*	*0,3*	*50*	*0,4*	*55*	*2*
	n = 12	*60*	*0,4*	*65*	*0,4*	*76*	*2*
	n = 18	*75*	*0,4*	*80*	*0,6*	*84*	*2*
	n = 31			*105*	*0,6*	*108*	*2*
	n = 55			*140*	*0,6*	*139,7*	*2*
Torons……T 15,2 ou 15,7							
	n = 5	*50*	*0,4*	*50*	*0,4*	*55*	*2*
	n = 8	*60*	*0,4*	*65*	*0,4*	*76*	*2*
	n = 12	*75*	*0,4*	*80*	*0,6*	*80*	*2*
	n = 19			*95*	*0,6*	*101,6*	*2*
	n = 37			*130*	*0,6*	*139,7*	*2*

e *désigne l'épaisseur minimale du conduit*
Φ_e *désigne le diamètre extérieur du conduit*
Φ_i *désigne le diamètre intérieur du conduit*
T 12,5 et T 15,2 désignent les torons standards
T 12,9 et T 15,7 désignent les torons « super »

TEXTE

Le tableau ci-contre (*) indique les diamètres minimaux des conduits et leurs épaisseurs minimales. Ce tableau correspond aux unités les plus fréquemment utilisées constituées de fils ronds et lisses ou de torons. Pour les unités intermédiaires, l'épaisseur minimale du conduit est prise égale à celle du conduit de l'unité dont la force minimale est immédiatement supérieure.

COMMENTAIRES

*** Exceptionnellement, le rayon de courbure peut être réduit à 20 $Ø_i$ pour les tubes en acier sous réserve que :*

– la tension des armatures n'excède jamais 0,7 f_{pk} dans la zone où le rayon est inférieur à 3 m ;

– la somme des déviations angulaires le long de l'armature ne dépasse pas 3 π/2 radians ;

– la zone de forte courbure soit considérée comme un ancrage mort lorsque la déviation angulaire y est supérieure à π/2 radians.

102.2.3 ACCESSOIRES POUR INJECTION

** Les accessoires devant assurer cette continuité et le remplissage des conduits doivent correspondre à l'agrément du procédé de précontrainte utilisé et sont mis à disposition par l'entreprise distributrice du procédé ou acceptés par elle.*

*** Le tableau ci-après précise ces diamètres pour un certain nombre d'unités.*

TEXTE

Le rayon de courbure du conduit doit être au moins égal à (**) :

– 100 $Ø_i$ pour une gaine rigide cintrable à la main, valeur pouvant être réduite à 80 $Ø_i$ si dans la concavité du tracé, aucune autre gaine ne se situe à moins de $Ø_i$ de distance libre de la première.

– 3 mètres pour une gaine enroulable ou un tube en acier.

102.2.3 ACCESSOIRES POUR INJECTION

Tous les dispositifs accessoires des conduits qui sont utilisés lors des opérations de protection définitive doivent résister à une pression d'au moins deux (2) MPa.

Les précautions particulières pour assurer la continuité de l'étanchéité des conduits (*) sont décrites dans le plan qualité, et les dispositifs ou accessoires correspondants portés sur les dessins d'exécution.

Les diamètres de pipes d'injection, évents, purges (**) sont déterminés en fonction du type et du nombre d'armatures constituant l'unité.

Type d'armatures	*Nombre d'armatures constituant l'unité*	*ACCESSOIRES POUR INJECTIONS*		
		Pipe d'injection (1) Φ_{int} *(mm)*	*Events* Φ_{int} *(mm)*	*Purges* Φ_{int} *(mm)*
Fils……..7 mm :				
	n = 9	*15*	*15*	*15*
	n = 14	*15*	*15*	*15*
	n = 18	*15*	*15*	*15*
	n = 22	*15*	*15*	*15*
	n = 30	*20*	*15*	*15*
	n = 54	*26*	*20*	*15*
	n = 84	*33*	*26*	*20*
Fils……..8 mm :				
	n = 12	*15*	*15*	*15*
Torons……..T 12,5 ou 12,9 :				
	n = 7	*15*	*15*	*15*
	n = 12	*20*	*15*	*15*
	n = 18	*26*	*20*	*15*
	n = 31	*33*	*26*	*20*
	n = 55	*40*	*33*	*26*
Torons……..T 15,2 ou 15,7 :				
	n = 5	*15*	*15*	*15*
	n = 8	*20*	*15*	*15*
	n = 12	*26*	*20*	*15*
	n = 19	*33*	*26*	*20*
	n = 37	*40*	*33*	*26*

(1) Pipe d'injection ou évent utilisé à cette fin. Lorsque la longueur du conduit à injecter excède 1200 fois son diamètre intérieur,il y a lieu de prendre le diamètre immédiatement supérieur pour la pipe d'injection.

COMMENTAIRES

Article 103 : Mise en œuvre.

** Dans la plupart des cas, la mise en précontrainte est réalisée par l'entreprise titulaire de l'agrément du procédé. Il peut toutefois s'agir d'une autre entreprise spécialisée ou d'une entité spécialisée d'une entreprise générale.*

*** Ces exigences sont actuellement définies dans le CEN Workshop Agreement n° 14646.*

**** Ces recommandations sont données dans l'ETAG 013 (en particulier le chapitre D1.4).*

**** * Le référentiel de la certification reprend les recommandations de l'ETAG 013 et les dispositions proposées dans le CEN Workshop Agreement n° 14646.*
En France, la certification est accordée par l'ASQPE.

**** ** Le plan qualité précise la consistance minimale et les détails de la mission du CMP (Cf. chapitre 3, article 34.2.2).*

103.1 MISE EN PLACE DES CONDUITS ET ARMATURES

2222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222222

** Il faut, en particulier, éviter le festonnage des conduits au voisinage d'une paroi : dans un tel cas, la poussée sur vide risquerait fort de faire éclater le béton lors de la mise en tension des câbles. Il importe aussi d'éviter qu'au voisinage des ancrages les conduits ne s'écartent en position ou en direction de l'axe de ceux-ci : il risquerait d'en résulter des ruptures d'armatures lors de la mise en tension. L'attache des conduits par des ligatures en fil d'acier doux recuit est insuffisante pour assurer seule leur fixation.*

TEXTE

Article 103 : Mise en œuvre.

La mise en œuvre de la précontrainte est assurée par une entreprise spécialisée (*) répondant aux exigences des textes normatifs en vigueur (**)

L'entreprise spécialisée respecte les recommandations relatives aux opérations sur site (***) et bénéficie d'une certification émanant d'un organisme accrédité (*** *).

La mise en œuvre de la précontrainte est effectuée sous la direction d'un ou plusieurs responsables spécialement qualifiés, dits CMP (Chargé de la mise en œuvre de la précontrainte), dont la compétence est reconnue (*** **). Le CMP est porteur d'un badge spécifique.

Les systèmes mis en œuvre bénéficient obligatoirement d'un ou plusieurs ATE et du marquage CE en vigueur à la date d'exécution des travaux.

103.1 MISE EN PLACE DES CONDUITS ET ARMATURES

Les manutentions et mises en position de tous les éléments sont conduites de manière à éviter toute détérioration ou pollution.

Les conduits sont maintenus par des dispositifs de fixation suffisamment rigides pour éviter, avant et pendant le bétonnage, tout déplacement et déformation excédant les tolérances admises (*). Le pointage à l'arc est interdit.

Au droit d'une reprise de bétonnage ou d'un joint, les conduits de la partie bétonnée traversent les coffrages de la reprise ou du joint sur une longueur suffisante pour assurer la continuité de l'étanchéité avec les conduits de la partie à bétonner.

COMMENTAIRES

Par ailleurs, pour certaines gaines en matière plastique, il peut être nécessaire de mettre en place des éléments de protection au droit de leurs appuis sur les armatures passives afin d'éviter toute blessure pendant le bétonnage.

*** Le projet doit tenir compte d'une tolérance de pose conformément aux règles en vigueur.*

Des tolérances différentes peuvent être fixées par le marché en fonction des caractères particuliers de la structure et des risques afférents aux écarts de position pour la sécurité et la durabilité de celle-ci.

**** La distance minimale entre l'axe d'un ancrage et la paroi indiquée dans l'agrément doit être strictement respectée.*

***** La distance minimale autorisée entre nus des conduits et parois coffrées ou non, doit être strictement respectée. Elle n'est pas spécifiée dans le seul but d'assurer la protection contre la corrosion, mais aussi d'assurer une mise en place correcte du béton.*

****** L'attention est attirée sur les risques de poussée au vide qu'entraînerait une ondulation involontaire d'armatures à proximité d'une paroi.*

******* La distance libre est la distance entre les axes des conduits diminuée de la demi-somme des diamètres des conduits.*

TEXTE

Les ancrages sont maintenus par des dispositifs de fixation tenant compte de leur poids et de leur encombrement, suffisamment rigides pour éviter, avant et pendant le bétonnage tout déplacement et déformation excédant les tolérances admises. La coaxialité des ancrages avec leurs armatures doit être assurée ; les câbles eux-mêmes doivent être maintenus rectilignes sur les longueurs correspondant aux prescriptions du procédé de précontrainte utilisé.

Les distances minimales d'enrobage et les entraxes des plaques d'ancrage sont déterminés en :

– respectant les dispositions figurant dans les agréments en fonction de la résistance requise pour le béton dans la zone d'ancrage au moment de la mise en tension ;

– justifiant les contraintes locales conformément aux règles de calcul en vigueur ;

– tenant compte du ferraillage passif disposé localement.

La tolérance (**) sur la position d'un ancrage (***), d'un conduit ou d'un groupe de conduits (*** *) par rapport aux dessins d'armatures de précontrainte est fixée aux valeurs suivantes en fonction de la dimension a de la pièce dans le sens où on mesure cette tolérance :

– pour $a \leq 50$ cm , la tolérance est égale à 10 millimètres ;
– pour $50 \text{ cm} < a \leq 200$ cm , la tolérance est égale à a / 50 ;
– pour $a > 200$ cm , la tolérance est égale à 40 millimètres.

En outre, dans chaque direction, lorsqu'une armature présente ou risque de présenter une concavité en direction de la paroi la plus proche, un écart par rapport aux dessins dans le sens de cette concavité n'est toléré que dans la mesure où les armatures passives présentes sont suffisantes pour équilibrer en toute sécurité la réaction de courbure correspondante (*** **).

Pour des conduits parallèles entre lesquels la distance libre (*** ***) est au plus égale à 20 centimètres, la tolérance sur cet espacement est de 10 millimètres.

COMMENTAIRES

103.2 MISE EN PLACE DES COUPLEURS

** Dans certains cas particuliers, les coupleurs peuvent être logés à l'intérieur de fenêtres ménagées dans le coffrage du béton de deuxième phase et bétonnées après mise en tension du câble secondaire.*

Une telle disposition doit être compatible avec les spécifications relatives au procédé de précontrainte concerné et est subordonnée à l'accord du maître d'œuvre. Elle doit faire l'objet d'une étude approfondie garantissant notamment le respect des prescriptions relatives à la coaxialité des coupleurs avec les armatures qu'ils raccordent, ainsi qu'à leur injectabilité.

*** En règle générale, la longueur minimale des alignements à ménager de part et d'autre d'un coupleur est fixée à quinze diamètres du conduit, à partir des extrémités de l'ensemble coupleur-organe de raccordement au conduit.*

TEXTE

Le mode de mise en place des armatures est défini et décrit dans le plan qualité, dans le respect des prescriptions du marché.

Si les armatures sont enfilées dans les conduits (poussage toron par toron ou tirage d'un câble préfaçonné) les opérations ne doivent pas causer de dommages aux armatures et aux conduits.

Les unités de précontrainte livrées prêtes à l'emploi doivent être munies jusqu'à leur mise en place d'une étiquette d'identification portant le numéro de repérage figurant aux dessins d'exécution.

La coupe au chalumeau des armatures est interdite à tous les stades de l'exécution sauf si des précautions spéciales définies au plan qualité sont prises pour protéger les ancrages et les évents d'injection.

Toute armature endommagée doit être rejetée et remplacée.

103.2 MISE EN PLACE DES COUPLEURS

Pour permettre leur fonctionnement satisfaisant, les coupleurs doivent être isolés du béton de deuxième phase au moment de la mise en tension du câble secondaire. Cette condition est généralement (*) réalisée par un capotage étanche conforme à l'agrément.

Les coupleurs sont maintenus par des dispositifs de fixation tenant compte de leur poids, de leur encombrement et de leurs sujétions fonctionnelles, suffisamment rigides pour qu'ils ne puissent subir, avant et pendant bétonnage, ni déplacement, ni déformation excédant les tolérances admises.

L'enfilage des armatures est effectué avant bétonnage sauf, éventuellement, pour le premier tronçon.

La coaxialité des coupleurs avec les armatures qu'ils permettent de raccorder doit être assurée. Les câbles eux-mêmes doivent être maintenus rectilignes sur des longueurs (**) correspondant aux prescriptions du procédé de précontrainte utilisé.

COMMENTAIRES

103.3 MISE EN TENSION DES ARMATURES

103.3.1 MATÉRIEL DE MISE EN TENSION

** Ce manomètre d'une précision au moins égale à 0,5 % du maximum de l'échelle est lui-même étalonné au moins une fois par an.*

103.3.2 RÉSISTANCE DU BÉTON

** Il s'agit de la norme NF EN 12390-3.*

*** $f_{cm,0}$ est la résistance moyenne en compression du béton, attendue pour mise en précontrainte totale. Elle est déclarée par le titulaire de l'ATE.*

f_{cj} est la résistance caractéristique minimale nécessaire pour la vérification en flexion générale.

TEXTE

Pour assurer leur bonne injectabilité, les coupleurs sont équipés d'évents pour injection et d'une purge, prolongés jusqu'au parement voisin par un tube d'injection d'un diamètre au moins égal à celui de l'évent.

103.3 MISE EN TENSION DES ARMATURES

103.3.1 MATÉRIEL DE MISE EN TENSION

Le matériel doit être conforme aux indications de l'ATE du procédé utilisé.

Le tarage des vérins est effectué au moins deux fois par an. Le chantier doit disposer de deux manomètres dont la fiche d'étalonnage date de moins de trois mois. En cas d'utilisation intensive, les manomètres sont vérifiés préalablement à la première mise en tension du chantier et au moins toutes les cent mises en tension au moyen d'un manomètre étalon (*).

Dans le cas où le manomètre est branché directement sur la pompe, il y a lieu de vérifier la correspondance entre la pression au vérin et celle à la pompe dans l'ensemble pompe manomètre-fléxible-vérin.

103.3.2 RÉSISTANCE DU BÉTON

La résistance que le béton doit avoir acquise pour autoriser la mise en tension est vérifiée par une épreuve d'information effectuée au préalable suivant la norme en vigueur (*).

En l'absence de justifications complémentaires basées sur un plus grand nombre d'essais, le résultat f_c de l'épreuve d'information doit être supérieur à la plus élevée des deux valeurs suivantes (**) :

– $f_c \geq f_{cm0} + 3$ MPa

– $f_c \geq f_{cj} + 6$ Mpa

COMMENTAIRES

**** Par exemple des mises en tension étalées dans le temps.*

103.3.3 MISE EN TENSION

** Couramment, pour un ouvrage ou un lot d'ouvrages, l'épreuve de convenance comporte la mesure du coefficient de transmission sur les premiers câbles mis en tension.*

*** Les mises en tension sont effectuées d'une manière aussi symétrique que possible, pour éviter l'apparition de contraintes provisoires élevées sur les fibres les plus éloignées du plan de symétrie général de l'élément.*

**** Différents paliers sont à respecter pour permettre le contrôle de la relation pressions-allongements (Cf. article 107.2.1).*

103.3.4 CONDUITE À TENIR EN CAS D'ANOMALIE

** Il y a lieu, tout d'abord, de déceler si une anomalie d'allongement ne trouve pas son origine dans le matériel (notamment les manomètres). L'exploitation des relevés de mesures sous pression d'alerte p_a permet normalement d'éviter les ruptures de fils ou d'armatures.*

TEXTE

Si la résistance requise n'est pas atteinte, la mise en tension est retardée à moins que des dispositions différentes n'aient été définies à l'avance au plan qualité (**).

103.3.3 MISE EN TENSION

La mise en tension est effectuée conformément aux indications de l'agrément complétées si nécessaire par les prescriptions particulières du marché et compte tenu des enseignements des épreuves éventuelles de convenance (*).

L'opération ne peut commencer qu'après transmission par le CMP au maître d'œuvre de l'attestation de contrôle préalable du matériel et de la résistance du béton, et levée du point d'arrêt.

Sauf dispositions particulières prévues dans le plan qualité, aucune mise en tension n'est effectuée à des températures inférieures à 0 °C. En-dessous de + 5 °C, les barres doivent être particulièrement protégées des chocs.

Les différentes unités sont tendues dans l'ordre fixé au programme de précontrainte (**) et sur les dessins d'exécution en respectant les phases de mises en tension et décintrement.

La montée en tension s'effectue de manière progressive (***) et à vitesse moyenne modérée.

La coupe des armatures derrière l'ancrage est effectuée sous la direction du CMP, après transmission au maître d'œuvre des fiches de mise en tension et levée du point d'arrêt.

103.3.4 CONDUITE À TENIR EN CAS D'ANOMALIE (*)

L'entrepreneur :
– analyse les causes et les conséquences de l'anomalie et en informe par écrit le maître d'œuvre (**) ;
– soumet à son acceptation les moyens qu'il compte prendre pour remédier à l'anomalie (***).

COMMENTAIRES

Si, néanmoins, une rupture accidentelle se produit sur une armature, il faut tenter de la localiser et d'estimer le nombre n de fils rompus, puis limiter la pression finale à $p_0 \times (N - n) / N$, N étant le nombre total de fils constitutifs du câble et p_0 la pression à obtenir en fin de mise en tension.

*** L'entrepreneur peut juger nécessaire d'alerter le détenteur de l'agrément si l'incident est imputable au procédé de précontrainte ; le maître d'œuvre informe de son côté l'organisme de certification tant des armatures que du procédé utilisés, ainsi que celui qui a délivré l'ATE.*

**** Ces moyens peuvent être, par exemple, les suivants :*

- *en cas de dépassement sensible de l'allongement escompté a_0 (Cf. article 107.2), choix d'une tension initiale de l'unité différente de la valeur prévue ou fixation d'une valeur plus réaliste de a_0*
- *lorsqu'au contraire l'allongement attendu n'est pas atteint, réduction des frottements par une lubrification convenable,*
- *en cas de frottements exagérés non maîtrisables ou de ruptures, remplacement de certaines unités, mise en œuvre d'unités de plus forte puissance ou d'unités complémentaires.*

Le bureau d'études de l'entrepreneur précise alors l'importance de la précontrainte complémentaire à introduire, par substitution d'unités légèrement plus puissantes enfilables dans les mêmes conduits, ou par addition d'unités non prévues dans les conduits restés libres à cet effet. La précontrainte complémentaire est à la charge de l'entrepreneur dans la mesure où les anomalies résultent de défauts d'exécution.

103.4 PRESCRIPTIONS RELATIVES A LA PROTECTION PROVISOIRE DES ARMATURES DE PRECONTRAINTE

103.4.1 PROTECTION INITIALE

** La protection provisoire assurée par le fournisseur est prescrite par l'article 102.1.2. Sur les chantiers courants, les délais entre la fin de la mise en place des armatures et l'injection définitive sont suffisamment courts pour*

TEXTE

Sont interdites toute surtension des unités au-delà de la valeur maximale fixée par les textes en vigueur et toute opération risquant de rendre difficile un éventuel remplacement de l'unité (en particulier recépage des armatures et *a fortiori* injection de l'unité) tant que des mesures adaptées n'ont pas été proposées par l'entrepreneur et acceptées par le maître d'œuvre.

La reprise des mises en tension est soumise à l'autorisation du maître d'œuvre (point d'arrêt).

103.4 PRESCRIPTIONS RELATIVES A LA PROTECTION PROVISOIRE DES ARMATURES DE PRECONTRAINTE

103.4.1 PROTECTION INITIALE

Sauf indication contraire du marché, il n'est pas prévu de renouvellement de la protection provisoire (*).

COMMENTAIRES

justifier cette disposition; ils ne doivent pas dépasser quatre semaines environ.

103.4.2 RENOUVELLEMENT DE LA PROTECTION PROVISOIRE

a) Avant mise en tension

** Il est rappelé que l'entrepreneur doit veiller aux compatibilités respectives des produits utilisés sur le chantier et en usine.*

*** Il convient en effet d'éviter les risques de pollution des parements.*

b) Après mise en tension

** Lors de la mise en tension, la protection provisoire est localement altérée par l'effet des frottements.*

*** En cas d'atmosphère agressive, le marché prévoit au préalable un essai de convenance permettant de s'assurer que la durabilité des armatures tendues ne risque pas d'être compromise par un maintien prolongé de la protection provisoire.*

TEXTE

Des dispositions doivent par ailleurs être prises pour éviter l'entrée d'eau dans les conduits. Si, par condensation ou infiltration, de l'eau est présente dans les conduits, elle doit être évacuée en cas de risque de gel.

Le lavage à l'eau des conduits est interdit.

103.4.2 RENOUVELLEMENT DE LA PROTECTION PROVISOIRE

Cet article s'applique en cas de stockage prolongé d'armatures de précontrainte sur chantier, ou d'écart de temps important (supérieur à quatre semaines) entre leur mise en place dans le béton et leur protection définitive.

a) Avant mise en tension

La protection provisoire assurée avant livraison sur chantier doit être complétée ou renouvelée (*) avant l'enfilage des armatures dans les conduits lorsque les vérifications faites à ce moment en montrent la nécessité.

Après l'enfilage, si l'ambiance est agressive, ou si la procédure de précontrainte comporte une prolongation de durée de la protection provisoire, celle-ci doit être renforcée par pulvérisation ou exceptionnellement par remplissage des conduits si leur nature le permet (**).

b) Après mise en tension

La protection provisoire éventuelle des armatures peut devoir être renouvelée ou complétée dans les zones voisines des ancrages (*).

Le délai normalement admissible pendant lequel les armatures tendues peuvent rester sous protection provisoire, sans autre renouvellement, est de quatre semaines en atmosphère normale (**).

Au delà de quatre semaines, si le programme de précontrainte, visé par le maître d'œuvre, prévoit une prolongation du délai entre mise en tension et application de la protection définitive, la protection provisoire doit être

renouvelée ou complétée avec la périodicité suivante :

– quatre semaines si elle a été appliquée par pulvérisation, ou par un procédé analogue.

– en tant que de besoin si elle a été obtenue par remplissage.

Le délai de quatre semaines peut être porté à six semaines, en atmosphère normale, si les conditions suivantes sont satisfaites :

– les armatures ne débouchent pas en extrados,

– leurs extrémités sont munies de capots étanches,

– les conduits sont parfaitement continus.

Sauf indication spéciale du marché, les armatures de précontrainte, après mise en tension, ne peuvent rester au total plus de trois mois sous protection provisoire.

103.4.3 DISPOSITIONS PARTICULIÈRES EN PERIODE HIVERNALE

103.4.3 DISPOSITIONS PARTICULIÈRES EN PERIODE HIVERNALE

** Si la mise en tension est indispensable (par exemple pour éviter des fissures de retrait), on peut tendre des armatures provisoires qui seront remplacées dès que les conditions climatiques permettront de reprendre le cours normal des travaux.*

La procédure d'exécution relative à la précontrainte tient compte des périodes prévisibles de gel, de façon à éviter de mettre en place et en tension des armatures dont l'injection devrait être différée pour ce motif (*).

Si l'injection est différée, l'entrepreneur assure la protection provisoire des conduits et des armatures. Après une période de gel, l'injection n'est exécutée qu'après un essai à l'air dessiccaté, destiné à détecter la présence éventuelle de bouchons de glace.

Article 104 : Particularités des unités courtes de précontrainte.

Article 104 : Particularités des unités courtes de précontrainte.

104.1 DOMAINE D'EMPLOI

104.1 DOMAINE D'EMPLOI

** A titre indicatif, longueur inférieure à 5 mètres.*

*** A titre indicatif, longueur inférieure à 2 mètres.*

Les armatures de précontrainte de faible (*) ou très faible (**) longueur sont principalement utilisées :

– sous forme d'étriers actifs,

– comme armatures de clouage (corbeaux d'appui, bossages d'ancrage,

déviateurs etc.),

– pour la précontrainte des éléments de faibles dimensions (entretoises, etc.),

– pour le brélage d'éléments en phase de construction.

104.2 CHOIX DES UNITÉS DE PRÉCONTRAINTE

104.2 CHOIX DES UNITÉS DE PRÉCONTRAINTE

Les unités de précontrainte peuvent être constituées de torons, de barres, ou de fils.

Lorsque la précontrainte doit être réalisée par des armatures de très faible longueur (inférieure à 2 mètres environ) et lorsque, de plus, toute insuffisance de cette précontrainte peut mettre en danger la sécurité du personnel d'exécution ou celle de la structure (c'est le cas, par exemple, de la précontrainte d'éléments rapportés tels que bossages d'ancrage, déviateurs, corbeaux, etc.), l'étude d'exécution doit sélectionner un procédé de précontrainte présentant une très faible rentrée d'armatures, et dont la rentrée d'armatures peut être facilement contrôlée et compensée (*). En particulier, les barres nervurées sont à exclure.

** Il est par ailleurs souhaitable de dimensionner largement les plaques d'ancrage afin de limiter les déformations sous ancrage. L'usinage des pièces d'ancrage doit faire l'objet d'une précision particulière. L'utilisation de barres comportant un filetage particulier (dit d'artilleur) peut être recommandée. Les ATE des procédés de précontrainte donnent des informations permettant de faciliter le choix des unités de précontrainte à utiliser.*

104.3 MISE EN ŒUVRE

104.3 MISE EN ŒUVRE (*)

Les opérations de mise en tension et les contrôles correspondants sont conduits conformément aux stipulations de la procédure d'exécution relative à la précontrainte, compte tenu des mises au point effectuées à l'occasion des épreuves de convenance (**) et sous la direction du CMP.

** Les opérations de mise en tension d'unités de précontrainte, notamment de barres, sont relativement dangereuses. Il y a lieu de se reporter aux consignes de sécurité prescrites par les notices techniques des procédés de précontrainte.*

*** Il peut y avoir lieu d'effectuer une reprise de tension (Cf. article104.4, commentaire **).*

L'incidence de la longueur de rentrée des armatures (tant par glissement de l'armature que par déformation sous ancrage) sur la perte de tension initiale est, évidemment, d'autant plus grande que la longueur de l'armature est plus petite. A titre d'exemple, une rentrée d'armatures de 4 millimètres (valeur courante donnée par les agréments des procédés de précontrainte)

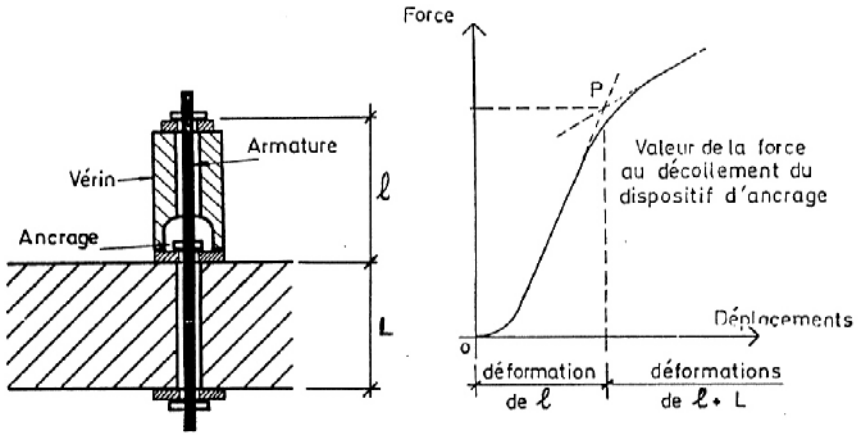
pour un étrier actif, constitué par un monotoron de 2 mètres de longueur, entraîne une perte de l'ordre de 25 % sur l'effort appliqué. S'il se produit un excédent de rentrée d'ancrage de 1 millimètre, la perte totale atteint alors 31 %.

104.4 VÉRIFICATIONS PRÉALABLES DE FAISABILITÉ

** Chargé des ouvrages provisoires*

*** Les vérifications préalables peuvent montrer la nécessité (par exemple dans le cas de déformations importantes sous ancrage) d'effectuer, au bout d'un certain délai (généralement une semaine), une reprise de tension par décollement du dispositif d'ancrage avec l'aide d'un vérin.*

PRINCIPE DE LA REPRISE DE TENSION D'UNE ARMATURE DE PRÉCONTRAINTE DE FAIBLE LONGUEUR



104.4 VÉRIFICATIONS PRÉALABLES DE FAISABILITÉ

Elles sont effectuées sous la direction du CMP, et en présence du COP (*) s'il s'agit d'ouvrages provisoires.

Le CMP vérifie la qualification du personnel et contrôle le matériel :
– conformité aux stipulations de l'agrément du procédé de précontrainte,
– bon état (absence de fuites, maintien en charge à pression constante),
– présence d'un manomètre étalonné et de la courbe de tarage du vérin donnant la correspondance entre la pression au manomètre et la force exercée par le vérin,
– présence sur les vérins d'un dispositif limiteur de pression réglé à 1,05 p_0.

Il vérifie la méthode de mise en tension choisie pour obtenir l'effort requis (**), déterminé par les études d'exécution.

Cette vérification concerne notamment les points suivants :
– instrumentation de certaines unités de précontrainte (***) ;
– détermination (cas des barres) des modalités de serrage des écrous et du nombre minimal de reprises de tension (*** *) ;
– essai du procédé de compensation des rentrées d'armatures (calages, vis-écrous, etc.) ;
– vérification que les mesures des allongements et des rentrées d'armatures sont possibles (utilisation de vérins à lumières) ;
– détermination de la précision avec laquelle il faut effectuer les mesures (*** **).

COMMENTAIRES

**** En cas d'utilisation de capteurs de force, il convient de s'assurer que ceux-ci sont insensibles aux excentrements, et reviennent à zéro après déchargement.*

**** * Il y a lieu en général de faire trois reprises de tension, avec à chaque fois un serrage de l'écrou.*

**** ** Lorsque les unités de précontrainte de faible longueur présentent, en outre, des courbures à faible rayon (c'est souvent le cas des étriers actifs), le calcul classique des allongements devient peu représentatif. Les tolérances sur les allongements peuvent alors être élargies.*

Il est rappelé que la tension des armatures est limitée à 0,7 F_{pk} quand le rayon de courbure est inférieur à 3 m.

Article 105 : Particularités des armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire.

105.1 FOURNITURE

** Il est rappelé que l'utilisation à titre définitif d'armatures de précontrainte après plusieurs emplois provisoires est interdite, sauf dérogation.*

105.2 PROTECTION DES ARMATURES

** Du type galvanisation, par exemple (consulter l'entreprise distributrice du procédé)*

TEXTE

Article 105 : Particularités des armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire.

Le présent article complète les articles précédents dans le cas d'une utilisation provisoire des armatures de précontrainte.

105.1 FOURNITURE

Avant chaque réutilisation (*) éventuelle, le CMP procède à un contrôle visuel de l'armature et élimine toute partie rouillée, déformée ou entaillée.

105.2 PROTECTION DES ARMATURES

Les armatures utilisées à titre provisoire, susceptibles d'être soumises à des risques de corrosion, reçoivent, soit une protection provisoire éventuellement renouvelée, soit une protection permanente (*)

COMMENTAIRES

105.3 PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉCONTRAINTE

** Le nombre de remplois inclut les remplois antérieurs éventuels.*

Article 106 : Particularités des structures continues comportant de nombreux joints de construction.

106.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

** Il est en effet plus facile d'assembler correctement les conduits rectilignes que les éléments courbes.*

Le contrôle de la continuité s'en trouve également facilité.

106.2 CONTINUITÉ DE FORME ET D'ÉTANCHÉITÉ DES CONDUITS

TEXTE

105.3 PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉCONTRAINTE

La procédure fixe les limitations de tension et le nombre des remplois (*) ainsi que toutes les consignes à respecter lors de la mise en œuvre de ces armatures provisoires (marquage à la peinture, mise en tension, détensions, contrôles, stockage ...). Les indications essentielles sont reportées sur les dessins d'exécution.

En l'absence de spécifications particulières du marché, la tension initiale des armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire avec remploi est limitée à la plus faible des deux valeurs suivantes :

$$0{,}7\ F_{pk} \quad \text{ou} \quad 0{,}8\ F_{p0,1k}$$

Elle est limitée à $0{,}6\ F_{pk}$ pour les barres.

Article 106 : Particularités des structures continues comportant de nombreux joints de construction.

Les prescriptions des articles précédents sont complétées par ce qui suit.

106.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Le tracé des armatures de précontrainte doit comporter le moins possible de tronçons courbes (*) traversant les joints, et respecter les alignements droits minimaux fixés par l'agrément.

Ces dispositions ne doivent cependant pas conduire à réduire les rayons de courbure.

106.2 CONTINUITÉ DE FORME ET D'ÉTANCHÉITÉ DES CONDUITS

Le contrôle de cette continuité doit être effectué avant et après bétonnage.

Il s'agit de vérifier le respect des stipulations de l'article 103.1 selon un mode opératoire défini par la procédure d'exécution de la précontrainte.

COMMENTAIRES

106.2.1 CAS DES OUVRAGES BÉTONNÉS EN PLACE

** Les procédés les plus couramment utilisés sont les suivants :*

a) Dans le cas de gaines métalliques, la jonction s'effectue par vissage d'un manchon de gaine de diamètre immédiatement supérieur à celui des gaines à raccorder.

La longueur minimale du manchon est de 4 Ø $_i$ (Ø $_i$ est le diamètre intérieur de la gaine). Les joints des manchons sont étanchés :

– soit par un ruban adhésif dans les cas courants ;

– soit par un manchon thermorétractable dans le cas où la protection définitive est faite à l'avancement.

b) Dans le cas des tubes en acier, la jonction s'effectue :

– soit par un emboîtement collé, complété par un manchon thermorétractable dans les cas courants ;

– soit par soudure, par un manchon vissé, ou par sertissage, dans le cas d'une protection définitive par graisse (des essais particuliers sont nécessaires pour contrôler l'étanchéité).

c) Dans le cas de conduits en matière plastique, le raccordement est réalisé selon les indications de l'agrément technique du procédé.

106.2.2 CAS DES OUVRAGES PRÉFABRIQUÉS PAR VOUSSOIRS AVEC CONDUITS INTÉRIEURS AU BÉTON

** Il peut s'agir notamment de l'utilisation :*

– de manchons gonflables de longueur et de rigidité suffisante ;

– de barres ou tubes rigides convenablement formés et enfilés à travers les conduits en regard.

TEXTE

106.2.1 CAS DES OUVRAGES BÉTONNÉS EN PLACE

La continuité de forme (*) est réalisée au moment du réglage des conduits de la partie à bétonner et avant leur fixation définitive.

La continuité de l'étanchéité doit être assurée au droit des jonctions entre les éléments constituant un conduit.

Les opérations de décoffrage et de décintrement ne doivent causer aucun dommage aux conduits de précontrainte débouchant sur les joints et les traversant.

106.2.2 CAS DES OUVRAGES PRÉFABRIQUÉS PAR VOUSSOIRS AVEC CONDUITS INTÉRIEURS AU BÉTON

La continuité de forme est réalisée au moment de la préfabrication en positionnant correctement les conduits. Ce positionnement est obtenu par le recours à des dispositions appropriées (*).

Il y a lieu de s'assurer, en particulier dans les parties minces (hourdis, etc.), que les dispositions adoptées ne créent pas de déviations angulaires génératrices de poussées au vide locales.

COMMENTAIRES

*** Ces justifications peuvent s'appuyer sur l'agrément du procédé, sur des références antérieures ou sur des essais .*

a) Dispositifs agréés.

Certains procédés de précontrainte disposent de composants spécifiques permettant d'assurer la continuité d'étanchéité. Ces dispositifs sont définis par l'agrément technique du procédé.

b) Dispositions éprouvées.

En l'absence de dispositifs spécifiques agréés, des précautions sont prises lors des études d'exécution , par exemple :

– le regroupement des conduits par familles (armatures de précontrainte de fléau, de continuité, etc.) ;

– l'écartement des conduits d'une même famille qui aboutissent à des joints différents.

De plus, l'isolement des conduits ou des groupes de conduits doit être recherché par divers procédés, le procédé retenu étant vérifié par des essais particuliers.

Ces procédés peuvent notamment faire appel à :

– des joints toriques ;

– des rainures concentriques remplies, par exemple, d'un polymère thermo-durcissable (produit d'encollage) ;

– des manchons intérieurs dilatables.

TEXTE

Les dispositions ou dispositifs éventuels permettant d'assurer la continuité d'étanchéité sont soumis à l'acceptation du maître d'œuvre.

Il appartient à l'entreprise d'en justifier l'efficacité (**).

Les dispositions envisagées sont portées sur les dessins d'exécution, et le dessin des armatures de précontrainte doit faire apparaître nettement les possibilités d'injection des conduits en fonction de la technique de protection définitive retenue.

Il convient de veiller à empêcher l'introduction de tout produit étranger aux droits des joints et aux abouts.

Avant enfilage des armatures de précontrainte, les bourrelets de résine éventuels sont enlevés.

COMMENTAIRES

Article 107 : Maîtrise de la conformité

107.1 CONTENU DE LA PROCÉDURE D'EXÉCUTION

** Ces documents doivent faire apparaître la relation qui existe entre la pression mesurée par le dispositif de mise en tension et la tension du câble à l'origine de sa section courante jusqu'à la fin de la montée en pression, ainsi que le coefficient de pertes par frottement dans les organes d'ancrage, y compris la trompette (ou manchette) servant de raccord entre le conduit et l'ancrage.*

*** La vérification doit être faite au moyen d'un gabarit.*

**** Peut également constituer un point d'arrêt la vérification de la résistance du béton pour la première mise en tension.*

TEXTE

Article 107 : Maîtrise de la conformité

107.1 CONTENU DE LA PROCÉDURE D'EXÉCUTION

Le plan qualité établi suivant les dispositions du chapitre 2 du présent fascicule inclut pour ce qui concerne la précontrainte par post-tension une procédure spécifique d'exécution relative à la précontrainte qui définit ou rappelle :

– les manuels d'utilisation des entreprises distributrices, éventuellement complétés par l'entreprise générale (*) ; les copies des procès-verbaux de tarage des vérins et des manomètres sont joints en temps utile aux documents de suivi ;

– la nature et l'origine des matériaux – armatures – conduits (type, qualité, diamètre, épaisseur, rayon de courbure) – ancrages, coupleurs et accessoires – produits d'injection – produits de protection provisoire (éventuellement) ainsi que leur mode de conditionnement ;

Sont précisés notamment :

• le mode de vérification du libre passage des armatures dans tous les conduits (**),

• les points d'arrêt du contrôle extérieur, notamment pour permettre (***) une vérification par le maître d'œuvre :

– de la position et de l'état des conduits et trompettes d'ancrage avant bétonnage,

– de l'état des armatures avant enfilage,

– de l'état des dispositifs d'ancrage avant mise en tension,

– des résultats de la mise en tension avant coupe des armatures derrière l'ancrage. Les conditions, obligatoires dans tous les cas, relatives aux contrôles des mises en tension sont indiquées à l'article 107.2 .

• le mode de manutention et de mise en place des produits et des armatures,

• le mode d'obtention et de vérification de la continuité de forme et d'étanchéité des conduits et le mode d'enfilage des armatures,

• les dispositions à prendre en période hivernale,

**** * Les mesures à prendre doivent s'inscrire dans le cadre prévu à l'article 103.3.4.*

- les limitations de la tension et du nombre de remplois dans le cas d'une précontrainte provisoire,
- les opérations de mise en tension avec :
  – les consignes de vérification de la résistance du béton conformément aux prescriptions de l'article 103.3.2 ci-dessus ;
  – les consignes de mise en tension qui concernent :
    - les états de chargement associés à chaque séquence de précontrainte,
    - l'ordre de mise en tension des armatures,
    - la relation force-allongement calculée pour chaque unité ainsi que la valeur escomptée du coefficient de transmission,
    - la méthode de mesure des forces et des allongements,
    - le rappel de l'organisme chargé des mesures des coefficients de transmission, au titre des épreuves de convenance et de contrôle relevant du contrôle extérieur, et toutes indications relatives à cette épreuve (en particulier unités choisies),
    - la conduite à tenir en cas d'anomalie, notamment en cas d'allongement anormal ou de rupture de fils (*** *), ou lors de la mise en tension d'unités courtes (difficulté de serrage des écrous, etc.).
- les opérations de protection provisoire des armatures :
  – nature de la protection, et s'il y a lieu, conditions de renouvellement,
  – délai entre mise en tension et injection définitive,
  – nature des protections des ancrages,
  – précautions sous températures extrêmes.
- les dispositions pour la protection des ancrages et des armatures de précontrainte lorsque le recépage est effectué au chalumeau.

Les opérations de protection définitive des armatures font l'objet des chapitres 13 et 14.

COMMENTAIRES

107.2 CONTRÔLES DE MISE EN TENSION

107.2.1 ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DU CONTRÔLE INTÉRIEUR

** Les « allongements » dont il est ici question sont en réalité des déplacements relatifs entre un repère lié à l'extrémité de la pièce à précontraindre et un repère lié, soit directement à l'armature, soit au cylindre du vérin qui en assure la mise en tension.*

L'« allongement calculé » doit intégrer non seulement les déformations de l'armature tout au long de son tracé jusqu'à la plaque d'ancrage (déformations qui constituent le terme principal de cet allongement) mais également :

– les déformations de l'armature entre sa fixation sur le cylindre du vérin et la plaque de l'ancrage actif correspondant,

– les mouvements non accessibles à une mesure directe ou ne faisant pas l'objet de mesures systématiques qui se produisent au droit des différents organes de fixation ou de raccordement : ancrages fixes, pièces de raccordement, éléments de la fixation de l'armature sur le cylindre du vérin. Les différents déplacements correspondants sont estimés à partir des valeurs moyennes fournies par la notice technique du procédé (ou à défaut par la société qui en assure la distribution),

– les raccourcissements de la pièce en béton.

Ces différents termes secondaires, le plus souvent négligeables, peuvent dans certains cas devenir importants et expliquer, au moins en partie, d'éventuelles divergences entre allongements calculés et allongements mesurés.

En tout état de cause, la note de calcul des allongements incluse dans le programme de précontrainte doit clairement préciser :

– les hypothèses de calcul de l'allongement théorique et donc tous les éléments pris en compte dans ce calcul,

– le processus de mesure de l'allongement sur chantier (et donc tous les termes faisant l'objet de mesures directes et systématiques), de façon à établir

TEXTE

107.2 CONTRÔLES DE MISE EN TENSION

107.2.1 ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DU CONTRÔLE INTÉRIEUR

a) Pressions et allongements (*)

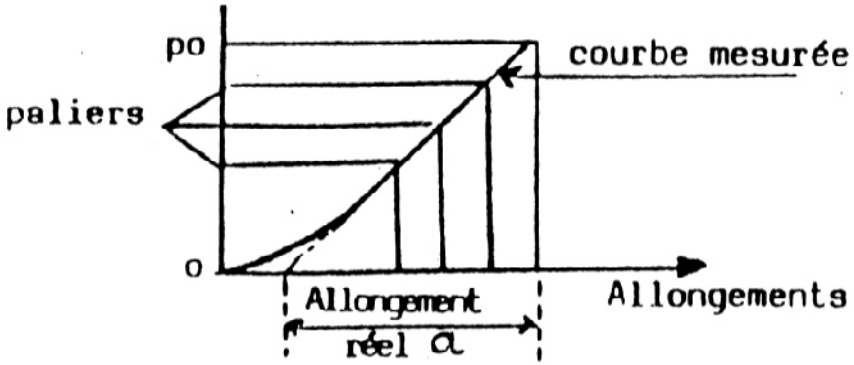
– Si p_0 est la pression et a_0 l'allongement à obtenir en fin d'opération, les allongements sont mesurés successivement :

- à au moins 3 paliers de pression inférieure à 0,90 p_0 (**),
- à un palier dit de pression d'alerte p_a proche de 0,95 p_0,
- à p_0 ou légèrement en-dessous si 1,10 a_0 est atteint.

sans équivoque la relation entre calculé et mesuré.

Le calcul classique des allongements pour les armatures de précontrainte dont le rayon de courbure descend notablement en dessous de trois mètres n'est pas applicable (c'est le cas en particulier des monotorons gainés graissés utilisés comme étriers actifs, pour lesquels il faut s'attendre à des majorations d'allongements de l'ordre de 20 %).

*** Le premier palier doit être assez faible pour permettre la simple mise en place des organes d'ancrage, des vérins et des fils ou torons d'une armature. Il est nécessaire de disposer de plusieurs points de mesure pour déterminer l'origine du diagramme effort - allongement : elle diffère en effet de l'origine des coordonnées.*



**** D'après l'article 107.1, le plan qualité doit avoir prévu de telles dispositions.*

**** * Cette précision est suffisante dans la mesure où l'on n'a pas à traiter le cas d'unités courtes (de longueur < 5 m).*

– La montée en tension est arrêtée si p_0 est atteint ou si l'allongement réel atteint 1,10 a_0 ;

– La mise en tension est jugée satisfaisante si p_0 est atteint pour un allongement compris entre 0,95 a_0 et 1,10 a_0. Dans le cas contraire on doit considérer qu'il y a une anomalie et appliquer les dispositions prévues par le plan qualité (***).

b) Rentrées d'ancrage

Les rentrées d'ancrage sont mesurées avec une précision de l'ordre du millimètre (*** *).

COMMENTAIRES

107.2.2 MESURE DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

** Cf. la circulaire n° 94-33 du 19 avril 1994.*
C'est généralement le cas pour les ouvrages importants.

*** Ces essais de contrôle effectués en cours de chantier complètent les essais de convenance visés à l'article 107.1 qui, eux, concernent les premiers câbles mis en tension, souvent les trois premiers.*

**** Ceci n'interdit pas que des essais de même nature soient effectués au titre du contrôle extérieur.*

**** * La formule de Cooley est définie à l'article 5.10.5.2 de l'EN 1992-1-1 sous la forme :*

$$P(x) = P_{max} e^{-\mu(\theta + kx)}$$

Il est rappelé que le coefficient de transmission réel k_r est différent du coefficient de transmission observé k_{obs} (celui-ci est la pente de la droite représentant la pression dans le vérin passif en fonction de la pression dans le vérin actif) à cause des rendements de ces vérins différents de l'unité.

**** ** Ces dispositions concernent par exemple les crochets de levage pour vérins et l'emplacement pour placer les vérins aux deux extrémités de l'armature.*

**** *** Cf. l'annexe C au présent fascicule (annexe contractuelle).*

**** *** * Le marché peut donner des précisions complémentaires, notamment sur l'interprétation des essais.*

TEXTE

107.2.2 MESURE DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

Si le marché le prescrit (*), des mesures de coefficient de transmission (**) sont effectuées en tant qu'épreuves de contrôle intérieur (***).

Ce contrôle consiste à comparer le coefficient de transmission réel k_r au coefficient de transmission calculé k_{cal}, issu de la formule de Cooley (*** *), dont l'évaluation est fournie par l'entrepreneur.

Toutes les dispositions sont prises au niveau des études d'exécution pour faciliter les mesures, et ces dispositions sont portées sur les dessins d'exécution (*** **).

Les opérations se déroulent sous la direction du CMP et avec un personnel qualifié, suivant le mode opératoire normalisé ou, dans l'attente d'un tel mode, suivant la méthode d'essai du LCPC (*** ***).

Les clavettes sont en général enlevées ; si leur présence s'avère nécessaire pour une reprise de tension, il y a lieu d'interposer entre l'ouvrage et le vérin passif une bague permettant de les dégager.

Si l'on décèle des anomalies lors de la mesure du coefficient de transmission, c'est-à-dire si le coefficient de transmission réel k_r est significativement différent du coefficient calculé k_{cal}, la conduite à tenir est différente dans les deux cas ci-après (*** *** *) :

– en ce qui concerne les parties de structure dont le béton n'est pas encore coulé, l'entrepreneur peut chercher à améliorer l'exécution par des mesures compensatoires proposées à l'acceptation du maître d'œuvre ; elles peuvent consister, par exemple, en la vérification de la conformité du tracé des armatures du projet ou le contrôle de la position et de la fixation des conduits dans les coffrages avant bétonnage. Il y a aussi lieu de remédier à un défaut éventuel de l'état intérieur des trompettes. De nouvelles mesures de coefficient de transmission doivent être effectuées pour vérifier qu'une amélioration a été obtenue ;

107.2.3 DOCUMENTS DE SUIVI RELATIFS À LA MISE EN TENSION

** Par exemple, pour les barres, il est conseillé de serrer l'écrou avant la mise en place du vérin, de vérifier que l'écrou est correctement centré et qu'il tourne librement une fois le vérin mis légèrement en pression. Il est recommandé de contrôler, à l'aide de moyens appropriés (extensomètres, capteurs de pression, capteurs de force), l'effort mis en œuvre dans un certain nombre d'unités de précontrainte.*

*** Dans le cas de barres courtes, il s'agit souvent de difficultés à serrer les écrous. Il convient alors de détendre les armatures et d'examiner les ancrages concernés.*

– en ce qui concerne les parties de structures dont le béton est déjà coulé, on considère conventionnellement que le coefficient réel de frottement μ' est égal au coefficient μ pris en compte dans les calculs, multiplié par le facteur λ moyen correspondant à la famille des câbles, avec :

$$\lambda = \text{Log } k_r / \text{Log } k_{cal}$$

L'entrepreneur fait procéder à un nouveau calcul de la structure compte tenu des coefficients de frottement ainsi déterminés. Si les résultats de ce calcul montrent que la structure sort du domaine de résistance réglementaire, une précontrainte complémentaire doit être mise en œuvre.

107.2.3 DOCUMENTS DE SUIVI RELATIFS À LA MISE EN TENSION

Les fiches de mise en tension comportent tous les résultats enregistrés et les observation faites.

Elles sont transmises journellement par le CMP au maître d'œuvre ainsi que les fiches d'anomalie éventuelles.

Dans le cas d'unités courtes, les indications relevées au cours des opérations (*), consignées sur le carnet de mise en tension, sont soumises à examen avant de procéder aux autres opérations (coupe, injection, etc.).

En cas d'anomalie lors de la mise en tension, il convient d'appliquer les consignes prévues (**).

COMMENTAIRES

CHAPITRE 11 :

PARTICULARITE DE LA PRÉCONTRAINTE EXTÉRIEURE

Article 111 : Dispositions générales.

111.1 DOMAINE D'APPLICATION

111.2 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

** Cette exigence a différents objectifs :*

– assurer une protection plus efficace et plus pérenne des armatures de précontrainte,

*– supprimer le risque de fouettement d'une armature individuelle en cas de rupture accidentelle, la rupture brutale de l'ensemble du câble étant, quant à elle, prévenue par l'adoption d'un système de protection adapté (Cf. commentaire * de l'article 112.5)*

*** Le procédé de précontrainte doit bénéficier d'un Agrément technique Européen prévoyant la catégorie d'utilisation optionnelle « câble remplaçable » et il doit s'inscrire dans cette catégorie.*

111.3 PARTICULARITE DE LA PRECONTRAINTE ADDITIONNELLE

** Une précontrainte additionnelle peut être prévue pour les ouvrages :*

– susceptibles d'être soumis à des charges d'exploitation d'importance croissante (par exemple : ouvrages susceptibles d'être situés sur des

TEXTE

CHAPITRE 11 :

PARTICULARITE DE LA PRÉCONTRAINTE EXTÉRIEURE

Article 111 : Dispositions générales.

111.1 DOMAINE D'APPLICATION

Le présent chapitre complète les dispositions du chapitre 10, précontrainte par post-tension pour les structures précontraintes dont les armatures sont placées à l'extérieur du béton.

111.2 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Sauf indication contraire du marché, les principes suivants sont retenus :

– Le faisceau d'armatures constituant un câble est logé dans un conduit collectif même si les armatures bénéficient individuellement d'une protection anti-corrosion (par galvanisation ou par gainage, par exemple) (*)

– La précontrainte est remplaçable (**), c'est-à-dire qu'elle doit pouvoir être démontée sans altérer la sécurité et la pérennité de la structure. Cette opération peut cependant nécessiter la destruction de l'armature et de son conduit.

111.3 PARTICULARITE DE LA PRECONTRAINTE ADDITIONNELLE

Les principes définis en 111.2 ci-dessus s'appliquent également lorsque le marché prévoit une précontrainte additionnelle (*) ultérieure.

COMMENTAIRES

itinéraires de convois exceptionnels de classes C2, D ou E, définis par la lettre-circulaire de la Direction des routes R/EG.3 du 20 juillet 1983).

– soumis à des redistributions d'efforts par déformations différées gênées (structures dont le schéma statique de construction diffère du schéma de fonctionnement définitif ou soumises à des dénivellations d'appui).

Il s'agit, en général des grands ouvrages en béton précontraint, cependant des ouvrages plus modestes mais dont la structure permet la mise en œuvre de cette précontrainte additionnelle peuvent être concernés.

*** A titre d'exemple, les dispositions peuvent porter sur les points suivants :*

– des réservations dans les entretoises pour permettre le passage et l'ancrage d'armatures de précontrainte extérieure au béton (leurs dimensions doivent permettre un réglage de l'inclinaison des armatures) ;

– le renforcement des entretoises ;

– les gabarits à réserver pour permettre la mise en œuvre des vérins (chambres de tirage au niveau des culées) ;

– les supports éventuels, etc.

Article 112 : Fournitures.

112.1 UNITES DE PRECONTRAINTE

TEXTE

Dans ce cas, les études d'exécution fixent les dispositions (**) à prendre.

Ces dispositions sont réalisées lors de l'exécution de la structure initiale et l'entrepreneur fournit une procédure prévisionnelle pour la réalisation de la précontrainte additionnelle.

Le dossier d'ouvrage doit contenir le détail de ces dispositions ainsi, que la procédure précitée.

Article 112 : Fournitures.

Les dispositions suivantes s'appliquent en complément des prescriptions du chapitre 10 : précontrainte par post-tension. Elles prennent en compte les spécificités de la précontrainte extérieure.

112.1 UNITES DE PRECONTRAINTE

Le choix, la provenance, le conditionnement, le transport, le stockage, la manutention et l'acceptation des armatures, dispositifs d'ancrage, pièces et accessoires de précontrainte sont soumis aux dispositions de l'article 102.1 du chapitre 10.

COMMENTAIRES

112.2 CONDUITS

112.2.1 DISPOSITIONS GENERALES APPLICABLES AUX CONDUITS

** Les conduits pour précontrainte provisoire ne sont pas injectés. Leur rôle consiste à :*

– faciliter la mise en place des armatures,

– les protéger contre d'éventuelles agressions mécaniques,

– empêcher le fouettement d'une armature en cas de rupture accidentelle.

*** Ces exigences se superposent à celles de l'article 102.2.1 du présent fascicule.*

**** Dans le cas d'une injection au coulis de ciment, le coulis une fois durci exerce un effet répartiteur très favorable à la tenue à long terme du conduit.*

112.2.2 MATÉRIAUX ET TYPES DE TUBES

** D'autres matériaux peuvent être utilisés, dans certains cas, après avis d'un organisme spécialisé agréé par le maître d'œuvre.*

– une matière plastique (autre que le PEHD), à l'exclusion de celles qui sont susceptibles de libérer des radicaux chimiques agressifs vis-à-vis des produits d'injection ou des aciers à haute résistance,

– un matériau composite (résine armée de fibres de verre, par exemple).

Ces matériaux doivent permettre de satisfaire aux exigences générales sur les conduits.

TEXTE

112.2 CONDUITS

112.2.1 DISPOSITIONS GENERALES APPLICABLES AUX CONDUITS

Les dispositions qui suivent concernent les conduits pour armatures extérieures au béton assurant la précontrainte définitive des ouvrages, quelle que soit la nature du produit d'injection utilisé (coulis de ciment, graisse, cire ...). Elles ne s'appliquent pas aux conduits pour précontrainte provisoire de construction (*).

Les caractéristiques des conduits doivent permettre de satisfaire aux exigences de l'article 102.2.1 du présent fascicule et aux exigences particulières suivantes (**) :

– absence d'agressivité des matériaux constitutifs vis-à-vis des produits d'injection et des armatures ;

– résistance à la pression d'injection maximale proposée par l'entrepreneur dans le cadre du plan qualité compte tenu de la température maximale du produit injecté définie par ce même document ;

– résistance à la pression de contact exercée par les câbles dans les zones courbes lors de la mise en tension, ou, à long terme, dans le cas d'une injection par produit souple (***) ;

– bonne tenue au vieillissement (notamment vis-à-vis des ultra-violets pour les conduits exposés à la lumière).

112.2.2 MATÉRIAUX ET TYPES DE TUBES

Sauf disposition différente du marché, les tubes sont en polyéthylène à haute densité (PEHD) ou en acier (*).

COMMENTAIRES

*** En pratique, pour les unités et les conduits les plus couramment employés, les diamètres extérieurs minimaux utilisables sont donnés dans le tableau ci-après :*

Unités	*Tubes en acier*	*Tubes en polyéthylène*
7 T 15	*76,1*	*75*
12 T 15	*80*	*90*
19 T 15	*101,6*	*110*
27 T 15	*114,3*	*125*
37 T 15	*139,7*	*140*

112.2.2,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE À HAUTE DENSITÉ

** Il s'agit de la norme NF EN 12201, selon l'identification AFNOR NF 114, groupe 4 applications industrielles, ou groupe 2 eau potable, polyéthylène de type PE 80 ou PE 100.*

Toute fourniture de tube du groupe 4 doit impérativement être accompagnée des documents de traçabilité concernant l'origine, la qualité et la quantité du polyéthylène de récupération utilisé pour la fabrication. En l'absence de ces documents, la fourniture est refusée.

112.2.2,2 TUBES EN ACIER

** A la date d'édition du présent fascicule, les normes applicables sont : NF EN 10305-3, NF EN 10216-1, NF EN 10217-1, NF EN 10219.*

TEXTE

Le diamètre intérieur d'un conduit doit être au moins égal à $1{,}8.\sqrt{Ap}$, Ap représentant la section nominale de l'ensemble des armatures constituant l'unité (**).

112.2.2,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE À HAUTE DENSITÉ

Les tubes sont en polyéthylène de type PE 80 ou PE 100.

Ils sont commandés par référence à la norme en vigueur (*) sauf, éventuellement, en ce qui concerne leurs caractéristiques influant sur la qualité de l'eau.

L'organisation du fournisseur est conforme à la norme NF EN ISO 9001.

Selon le type d'utilisation, et en accord avec le maître d'œuvre, les tubes sont choisis dans les séries de pression suivantes :

– série basse pression PN = 0,63 MPa : PE 80 uniquement
– série pression PN = 1 MPa : PE 80 ou PE 100

112.2.2,2 TUBES EN ACIER

Les aciers utilisés sont au moins de nuance E235 et de qualité 2.

Les tubes doivent être conformes aux normes en vigueur (*). Ce sont des tubes ronds soudés formés à froid à partir de produits laminés à chaud ou des profils creux circulaires.

COMMENTAIRES

*** Si, pour des raisons particulières, un rayon R < 20 Ø est prévu dans l'ouvrage, un essai de cintrage selon un rayon R' = 0,8 R est à effectuer.*

Pour de faibles rayons, on peut utiliser des tubes étirés.

L'attention est attirée sur le fait que, dans ce cas, les coefficients de frottement sont sensiblement majorés.

112.2.3 CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

112.2.3,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

** Pendant la phase d'approvisionnement sur l'ouvrage, il convient d'éviter une durée d'exposition supérieure à 48 heures.*

112.2.3,2 TUBES EN ACIER

** De bonnes précautions, pour éviter une telle oxydation, consistent à huiler les tubes et à obturer leurs extrémités.*

TEXTE

L'épaisseur du tube doit respecter les conditions suivantes :

e > Ø / 50

e > 1,5 mm où ø désigne son diamètre extérieur

Si, en outre, il est prévu d'assembler des tronçons de tubes par soudage, il faut que : e > 3 mm

Le tube doit être cintrable à froid sur un rayon de 20 Ø (**).

112.2.3 CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

112.2.3,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

Seuls les tubes dont le diamètre extérieur est inférieur à 70 mm peuvent être livrés en couronnes. Pour des diamètres plus importants, ils sont livrés en éléments droits.

Les exigences suivantes relatives au stockage des conduits doivent être respectées :

– Pour les tronçons droits, la distance entre points d'appui est limitée à 3 mètres et la hauteur de gerbage à 1,50 m.

– La flèche résiduelle après déroulement du conduit ne doit pas excéder 2 Ø sur une longueur de 5 mètres (Ø étant le diamètre extérieur de la gaine). L'entrepreneur propose dans plan qualité les dispositions qu'il compte prendre pour respecter cette contrainte.

– Les tubes sont protégés de la lumière directe du soleil (*) pendant tout le temps de transport et de stockage.

112.2.3,2 TUBES EN ACIER

Ils sont livrés en longueurs droites et accompagnés d'une attestation de conformité.

Tout tube présentant une oxydation adhérente intérieure et/ou extérieure généralisée est refusé (*)

COMMENTAIRES

112.2.4 ACCESSOIRES POUR INJECTION

112.3 DÉVIATEURS

112.3.1 CONCEPTION

** Le marché précise les conditions d'acceptabilité des cassures.*

112.3.2 DÉFINITIONS DES DIFFÉRENTS TYPES DE DÉVIATEURS

** Dans le présent texte, cet élément structural du déviateur est supposé constitué de béton (mais la plupart des prescriptions qui suivent sont extrapolables au cas où il serait métallique). Il fait partie intégrante de la structure. Son dimensionnement relève des textes généraux en vigueur.*

TEXTE

112.2.4 ACCESSOIRES POUR INJECTION

Les dispositifs ou dispositions envisagés pour assurer, lorsqu'il y a lieu, l'écoulement du produit de remplissage au strict droit des points hauts du tracé pendant l'opération d'injection sont soumis à l'agrément du maître d'œuvre.

Les diamètres des perçages et des tubes évents sont conformes aux valeurs indiquées à l'article 102.2.3 du présent fascicule.

Les évents sont raccordés aux tubes par des dispositifs capables de résister à une pression au moins égale à celle définie dans le cadre du plan qualité (Cf. article 112.2.). La démonstration de leur efficacité doit être faite par l'entrepreneur. Elle peut résulter soit d'essais de convenance, soit de références antérieures.

112.3 DÉVIATEURS

112.3.1 CONCEPTION

Un déviateur doit satisfaire aux exigences suivantes :

– résister aux forces tant longitudinales que transversales que le câble lui applique et transmettre ces forces à l'ensemble de la structure,

– réaliser sans cassure angulaire inacceptable le raccordement entre deux tronçons droits théoriquement coplanaires (*),

– sauf indication contraire du marché, permettre la démontabilité de l'armature sans altérer la sécurité et l'intégrité de la structure.

112.3.2 DÉFINITIONS DES DIFFÉRENTS TYPES DE DÉVIATEURS

Les déviateurs comprennent :

– un élément structural capable de reprendre les efforts exercés par le câble dans la zone de déviation (*),

– un organe assurant la géométrie de la déviation.

COMMENTAIRES

*** Au niveau de la consultation des entreprises, le maître d'œuvre peut utilement demander des propositions techniques à cet égard.*

**** La démontabilité suppose alors que le conduit est injecté à l'aide d'un produit souple.*

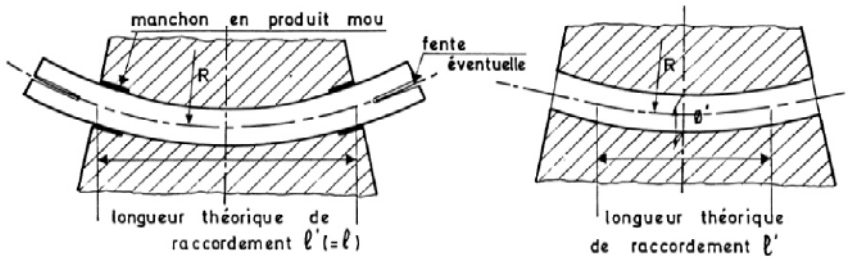
***** Les deux parois en cause sont :*
– la paroi déviatrice, extérieure au conduit ;
– la paroi du conduit.

L'expression communément utilisée de « double tubage » est parfois impropre car la paroi déviatrice peut ne pas avoir une forme tubulaire.

Il importe de prendre toute disposition adéquate pour éviter une éventuelle accumulation d'eau entre les deux parois qui pourrait, en cas de gel, provoquer une désorganisation du béton adjacent.

***** Un préréglage au moyen d'un fil guide entre déviateurs successifs est fortement conseillé dans ce cas.*

Exemples de solutions de type b1 aménagé



Tubes sortant du béton *Surcintrage*

TEXTE

L'organe courant de déviation (**) se rattache à l'un des types suivants, soit :

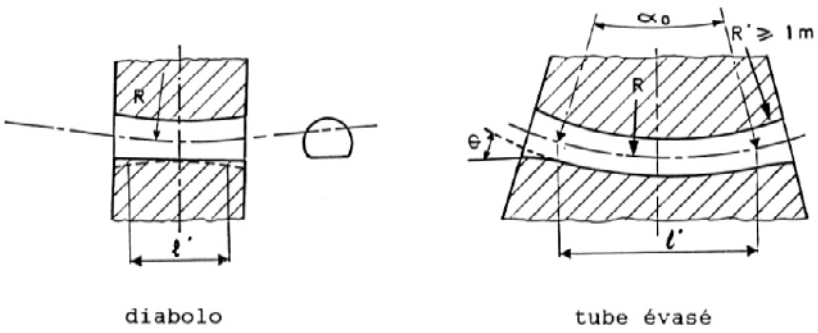
a – un tronçon du conduit (***). Il s'agit alors d'un tube cintré scellé d'emblée dans le béton du déviateur. Cette solution est dite « déviation par le conduit »,

b – un élément indépendant du conduit lié rigidement ou non à la structure du déviateur lors de la mise en tension de l'armature de précontrainte. Ce type de solution est appelé, par la suite, « déviation à double paroi » (***** *). Selon la forme et les possibilités de jeu de la paroi déviatrice, on distingue les cas suivants :

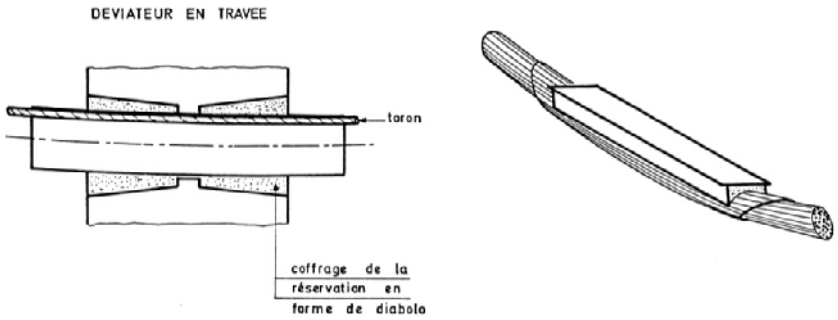
b 1. Paroi déviatrice fixe de forme tubulaire simple, exigeant, tout comme la déviation par le conduit, une mise en place rigoureuse (***** **).

Différents aménagements permettent toutefois d'absorber certaines imprécisions angulaires dans la mesure où elles sont localisées dans le plan de déviation.

*** *** *Exemples de solutions de type b2*



**** *** * *Exemple de solution de type b3*



b 2. Paroi déviatrice fixe, de forme élaborée (*** ***), pouvant tolérer des défauts de mise en place dans une plage assez étendue.

b 3. Paroi déviatrice mobile présentant, au moins provisoirement, des degrés de liberté cinématique suffisants pour permettre un réglage automatique de son orientation au début de la mise en tension (*** *** *).

Les solutions de type b2 et b3 s'accommodent, à l'intérieur de certaines limites, d'imprécisions de positionnement grâce à :

– leur seule géométrie dans le cas b2,

– leur géométrie combinée à leurs possibilités de déplacement et de déformation dans le cas b3.

112.3.3 MATERIAUX DE DEVIATION

112.3.3 MATERIAUX DE DEVIATION

** En cas d'utilisation de matériaux différents, il convient de s'assurer que lesdits matériaux :*

– se prêtent à un cintrage précis,

– présentent une résistance acceptable aux pressions de contact qu'exercent les câbles, tant lors des mises en tension qu'à long terme.

Dans le cas d'une déviation par le conduit, le tube cintré constitutif de ce conduit au droit de la déviation est, sauf disposition particulière du marché (*), en acier.

Dans le cas d'une déviation à double paroi, la paroi déviatrice peut être :

– soit une coque en acier de forme adéquate,

– soit la paroi coffrée d'une réservation à l'intérieur de l'élément structural du déviateur.

112.4 FOURNITURES PARTICULIÈRES POUR LES ZONES D'ANCRAGE

112.4.1 DISPOSITIONS GENERALES

** A cet égard, le dimensionnement de l'entretoise relève des textes généraux en vigueur. Il est précisé toutefois que, dans le cas où une précontrainte de l'entretoise est utilisée pour en améliorer le comportement, les conditions de non décompression de la section d'enrobage sous combinaisons quasi-permanentes ne sont pas à appliquer.*

*** Le marché précise les conditions d'acceptabilité des cassures.*

112.4.2 ENVELOPPE DE L'ARMATURE SUR LA LONGUEUR DE L'ENTRETOISE

** La démontabilité suppose alors que l'injection est réalisée à l'aide d'un produit souple. Cette disposition est corrélative de la « déviation par le conduit » définie au 112.3.2,2 a.*

*** Cette disposition est associée à la « déviation à double paroi » définie à l'article 112.3.2,2 b.*

Il importe de prendre toute disposition adéquate pour éviter une éventuelle accumulation d'eau entre les deux enveloppes qui pourrait, en cas de gel, provoquer une désorganisation du béton adjacent.

Dans tous les cas, il appartient à l'entrepreneur de démontrer, soit par des essais de convenance, soit par des références antérieures, que la géométrie intrinsèque théorique de la paroi peut être obtenue, à l'intérieur de certaines limites de tolérance définies dans le plan qualité, par les moyens précisés dans ce même document.

112.4 FOURNITURES PARTICULIÈRES POUR LES ZONES D'ANCRAGE

112.4.1 DISPOSITIONS GENERALES

Les câbles sont ancrés dans des entretoises massives à travers lesquelles ils sont généralement déviés.

Comme les déviateurs en partie courante, ces entretoises doivent satisfaire aux exigences suivantes :

– résister aux forces longitudinales et transversales que leur appliquent les câbles et transmettre ces forces à l'ensemble de la structure (*),

– réaliser sans cassure angulaire inacceptable le raccordement avec les tronçons rectilignes constituant les tracés des câbles à leur sortie (**),

– sauf indication contraire du marché, permettre la démontabilité des armatures de précontrainte sans altérer la sécurité et l'intégrité de la structure.

112.4.2 ENVELOPPE DE L'ARMATURE SUR LA LONGUEUR DE L'ENTRETOISE

Cette enveloppe peut être simple (*) ou double.

Dans le premier cas, elle est constituée d'un dispositif d'épanouissement (désigné dans ce qui suit par trompette) et d'un tube cintré assurant le raccordement au conduit.

Dans le second cas, cet ensemble ou enveloppe interne, destiné à confiner le produit d'injection, est complété par une enveloppe externe résultant de l'assemblage d'une trompette coffrante et d'un tube de réservation (**).

Ces dispositifs, au même titre que les organes d'ancrage à proprement parler, sont définis dans l'Agrément Technique Européen du procédé.

COMMENTAIRES

112.4.3 DISPOSITIFS D'ANCRAGE

112.5 PRODUIT DE PROTECTION DES ARMATURES

** Le principe de la précontrainte extérieure la rend vulnérable aux agressions de toute nature (déjections d'origine animale et notamment des oiseaux, déprédations, feux,...). Le choix du système de protection dépendra donc des possibilités d'accès aux armatures, de la proximité, même hors du périmètre de protection, de conduits ou câbles électriques, et de sa démontabilité.*

La sécurité des personnels lors d'éventuelles opérations ultérieures de démontage conduit à privilégier les systèmes de protection évitant le transfert (par adhérence) de tension d'une armature à l'autre d'un même câble pendant la coupe (voir Circulaire 2001-16 du 28-02-2001 relative à la conception de la précontrainte extérieure au béton). L'injection au coulis de ciment sans précautions particulières ne répond pas à cette exigence. L'injection avec un produit souple après mise en tension des armatures y répond. Ce produit souple doit être éprouvé, et assurer un remplissage correct entre les fils élémentaires tout en permettant la libre circulation de l'armature. Il importe alors de prendre des précautions particulières dans les déviations pour y éviter l'écrasement du conduit s'il est en plastique, sous l'effet de la poussée au vide permanente de l'ensemble des torons. Il convient de remarquer, par ailleurs que si le produit de remplissage doit être injecté à chaud, les problèmes de dilatation et de retrait thermique peuvent nécessiter la mise en œuvre de dispositions spécifiques adaptées, et qu'enfin, ce type de protection est particulièrement sensible au feu.

TEXTE

112.4.3 DISPOSITIFS D'ANCRAGE

Les organes d'ancrage ainsi que les trompettes et leurs raccordements aux tubes, tant pour l'enveloppe interne que pour l'enveloppe externe (s'il en est prévu) doivent faire l'objet, au niveau de l'ATE, d'une reconnaissance d'aptitude à l'emploi en précontrainte extérieure remplaçable.

112.5 PRODUIT DE PROTECTION DES ARMATURES

Les produits utilisés pour les injections (*) sont de mêmes natures que ceux servant à la protection des armatures de précontrainte intérieure au béton. Ils font l'objet d'exigences définies à l'article 102.3 du présent fascicule.

COMMENTAIRES

Article 113 : Mise en œuvre.

** Se reporter aux chapitres 3 et 10 pour la définition de cette fonction.*

113.1 ETUDES D'EXECUTION

113.1.1 CONSISTANCE DES ÉTUDES D'EXÉCUTION

** Ce dessin d'accès à la précontrainte extérieure complète les documents prévus à l'article 32.4 du présent fascicule (dispositions pour la visite et l'entretien). Il s'agit, notamment, des voies permettant d'amener jusqu'à l'ouvrage des engins de capacité suffisante pour approvisionner le matériel nécessaire à la surveillance, à l'entretien et au renforcement éventuel de la structure.*

*** Il s'agit de préciser les volumes interdits à toute implantation ultérieure de canalisations ou d'équipements.*

TEXTE

Article 113 : Mise en œuvre.

Les dispositions suivantes s'appliquent en complément des prescriptions du chapitre 10 : précontrainte par post-tension. Elles prennent en compte les spécificités de la précontrainte par post-tension.

La mise en œuvre de la précontrainte est effectuée sous la direction du CMP : chargé de la mise en œuvre de la précontrainte (*).

113.1 ETUDES D'EXECUTION

113.1.1 CONSISTANCE DES ÉTUDES D'EXÉCUTION

Outre les documents prévus par l'article 32 du présent fascicule, l'entrepreneur doit fournir :

– un dessin des dispositifs d'accès à la précontrainte extérieure. Ce dessin indique :

- les points d'entrée dans la structure et les accès à celle-ci (*),
- les points de levage et leur capacité portante.

– une étude de la faisabilité du remplacement des armatures de précontrainte.

Cette étude doit mettre en évidence les conditions dans lesquelles la structure est apte à supporter la suppression provisoire de l'une quelconque de ses armatures extérieures remplaçables, ou de plusieurs d'entre elles, suivant les exigences du marché.

Elle doit également définir tous les éléments nécessaires à ces remplacements, notamment :

- la position des ancrages fixes et des ancrages actifs tant pour les armatures d'origine que pour celles de substitution éventuelles,
- les gabarits à réserver impérativement pour permettre ce remplacement (**).

COMMENTAIRES

**** Ces tolérances sont soumises à certains plafonnements (cf. article 113.3.2 ci-après).*

113.1.2 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION

** Cette contrainte est liée à la vulnérabilité au feu et à la corrosion des armatures de précontrainte extérieure.*

113.2 CONDUITS

** Il est recommandé d'adopter une longueur d'appui provisoire au moins égale à un diamètre de gaine et un espacement des supports qui ne soit pas supérieur à 5 mètres, cette valeur étant ramenée à 2,5 mètres dans le cas des câbles constitués de torons gainés protégés, injectés avant mise en tension.*

TEXTE

– une étude des effets des imperfections d'implantation des déviateurs, qui a pour objet de préciser, en liaison avec le plan qualité, les tolérances d'implantation des déviateurs (***) et d'analyser leurs conséquences sur les déviations angulaires parasites à prendre en compte.

Lorsqu'un conduit traverse une paroi sans y subir théoriquement de déviation, les dimensions de la réservation destinée à son passage doivent tenir compte d'une incertitude sur la position de son axe.

Sauf justification particulière soumise à l'agrément du maître d'œuvre, cet axe est supposé, sur toute la longueur de la traversée et en toute direction, pouvoir s'écarter de sa position théorique d'une distance égale à $d_o + 0{,}02e$, e représentant l'épaisseur de la paroi en cause et d_o valant 10 mm.

113.1.2 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION

Outre les gabarits définis ci-dessus, une zone de protection est prévue autour des armatures de précontrainte, que celles-ci soient remplaçables ou non. Elle est clairement indiquée sur tous les dessins d'exécution définissant le tracé de ces armatures (*).

Sauf étude spécifique soumise à l'agrément du maître d'œuvre, cette zone est limitée, dans chaque section de l'armature, soit par le périmètre d'un rectangle vertical centré sur elle et perpendiculaire à son axe, soit par les parois en béton de l'ouvrage. Les dimensions du rectangle sont de 2 mètres de largeur horizontale et 4 mètres de hauteur.

Aucun câble électrique, canalisation ou équipement d'aucune sorte ne peut être implanté à l'intérieur de cette zone, sauf dérogation du maître d'ouvrage

113.2 CONDUITS

Pendant la mise en place des conduits dans l'ouvrage, il convient d'apporter un soin particulier aux conditions d'appui (*) sur leurs supports provisoires, de façon à éviter des déformations locales excessives sous l'effet du poids propre des conduits, des armatures et du coulis.

COMMENTAIRES

113.2.1 ASSEMBLAGES, RACCORDS ET JOINTS DE DÉPLACEMENT

** Un assemblage ne doit pas constituer un point faible. Il est donc nécessaire que deux tronçons assemblés satisfassent aux mêmes critères qu'un tronçon unique en ce qui concerne l'étanchéité, la tenue à une pression interne et, si besoin, la résistance à la traction.*

113.2.1,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

113.2.1,2 TUBES EN ACIER

** Une épaisseur minimale de 3 mm s'impose pour le tube (Cf. article 112.2.2,2)*

113.2.2 PROTECTION ANTICORROSION DES TUBES EN ACIER

TEXTE

113.2.1 ASSEMBLAGES, RACCORDS ET JOINTS DE DÉPLACEMENT

La démonstration de l'efficacité d'un type d'assemblage (*) ou de raccord mécanique (notamment s'il s'agit du raccordement de deux matériaux de natures différentes) doit être faite par l'entrepreneur. Elle peut résulter soit d'essais de convenance, soit de références antérieures.

Dans un cas comme dans l'autre, les conditions de mise en œuvre, particulièrement en ce qui concerne les problèmes d'encombrement et de place disponible pour réaliser les opérations de raccordement, doivent être représentatives de celles que permettent les dispositions retenues pour le chantier en cause.

Pour les tubes en polyéthylène, des joints de déplacement, destinés à rattraper le mou du conduit, sont à prévoir dès que la longueur du câble dépasse 100 mètres.

113.2.1,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

L'assemblage est fait par thermofusion, par soudage au miroir, ou par utilisation d'un raccord électro-soudable.
Les coupes des tronçons à assembler doivent être d'équerre

113.2.1,2 TUBES EN ACIER

L'assemblage peut être réalisé :
– par soudage bout à bout (*),
– par manchonnage et système d'étanchéité,
– par tulipage complété, soit par une étanchéité, soit par un collage.

113.2.2 PROTECTION ANTICORROSION DES TUBES EN ACIER

Les tubes métalliques doivent être protégés extérieurement par un système anticorrosion donnant, au moins, une garantie de 4 ans au degré Ri 3 selon les spécifications du fascicule 56 du CCTG.

COMMENTAIRES

113.2.3 PIQUAGES POUR ÉVENTS

113.2.4 VASES D'EXPANSION

** Le volume d'expansion à prévoir est au moins :*

$$\Delta V = V (\alpha_3 - 2 \alpha) (T_{max} - T_0)$$

où V représente le volume du conduit, α_3 le coefficient de dilatation cubique du produit d'injection et α le coefficient de dilatation linéaire du matériau constitutif du conduit.

En l'absence d'essais spécifiques probants, les coefficients de dilatation des matériaux couramment utilisés sont pris égaux aux valeurs suivantes :

– acier	α	=	*1,00*	×	10^{-5}/ °C
– matériau composite	α	=	*1,25*	×	10^{-5}/ °C
– polyéthylène	α	=	*20*	×	10^{-5}/ °C
– polypropylène	α	=	*15*	×	10^{-5}/ °C
– graisse ou cire	α_3	=	*60*	×	10^{-5}/ °C

Pour les produits d'injection souples (graisses ou cires), α_3 représente le coefficient de dilatation cubique.

113.3 DÉVIATEURS

113.3.1 GÉOMÉTRIE DE LA DÉVIATION

TEXTE

113.2.3 PIQUAGES POUR ÉVENTS

Les perçages doivent être effectués avant l'enfilage des armatures de précontrainte.

113.2.4 VASES D'EXPANSION

Dans les cas d'injection au moyen d'un produit souple, ils sont nécessaires lorsque la température ambiante maximale T_{max} est susceptible de dépasser la température minimale T_0 que le produit présente, dans la zone la plus défavorable, lors de sa mise en œuvre. Ils doivent être dimensionnés de façon à absorber l'excès de volume du contenu par rapport à son enveloppe lorsque la température ambiante atteint T_{max} . Dans les conditions climatiques de la France métropolitaine, T_{max} = 60°C (*).

113.3 DÉVIATEURS

113.3.1 GÉOMÉTRIE DE LA DÉVIATION

La forme du déviateur est telle que le rayon minimal Rmin du tracé de l'armature de précontrainte qui y passe soit en tout point supérieur à la plus grande des deux valeurs suivantes :

1 mètre et 30 Ø (Ø représentant le diamètre extérieur du conduit)

COMMENTAIRES

** L'absence d'arêtes n'est impérative que dans les zones où un contact entre paroi déviatrice et conduit est possible compte tenu des imprécisions de positionnement des déviateurs.*

*** La valeur de 10 mm constitue un minimum absolu pour la marge à réserver entre le diamètre extérieur du conduit et le diamètre intérieur du tube déviateur. La marge à retenir effectivement doit tenir compte de différentes conditions pratiques, entre autres :*

– la longueur de la déviation,

– l'existence éventuelle de joints sur cette longueur,

– la géométrie du surcintrage lorsque la paroi déviatrice est un tube surcintré.

113.3.2 POSITIONNEMENT DES DÉVIATEURS

TEXTE

Le diamètre intérieur de celui-ci satisfait, par ailleurs, aux conditions définies à l'article 112.2.2.

La forme des déviateurs à double paroi est constituée d'un assemblage sans arête (*) d'éléments de surfaces toriques pour chacun desquels le plus grand des rayons de courbure principaux est, en tout point, au moins égal à :

– R_{min} précédemment défini, dans les zones théoriques de contact,

– 1 mètre dans les zones de compensation des incertitudes de positionnement.

En effet, dans les cas de déviation à double paroi visés en b2 et b3 de l'article 112.3.1, la paroi déviatrice doit être conçue pour reprendre, à chacune de ses extrémités, une imprécision angulaire de direction arbitraire au moins égale à θ_{min}, proposée par l'entreprise, compte tenu du système de déviation utilisé.

Sauf spécification plus sévère du marché : $\theta_{min} = 5/100$ radian.

La valeur θ_{min} ainsi fixée doit couvrir tous les écarts angulaires résultant des tolérances tant sur la forme intrinsèque des déviateurs que sur leur positionnement (Cf. article 113.3.2 ci-après). Il appartient à l'entrepreneur de démontrer que cette condition est bien remplie.

La paroi déviatrice doit, en outre, assurer le libre passage à un tube fictif dont le diamètre est au moins :

$ø' \geq ø + 10$ mm (**)

113.3.2 POSITIONNEMENT DES DÉVIATEURS

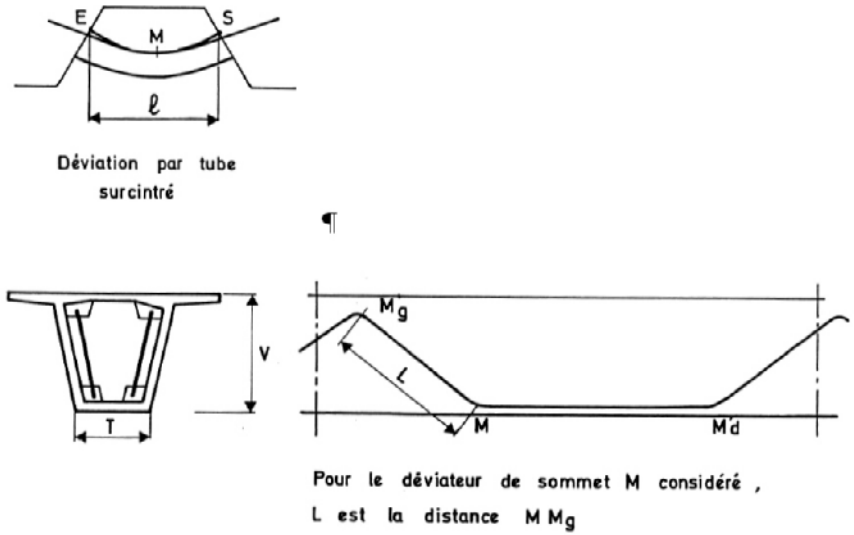
Les tolérances définies ci-après concernent 3 points caractéristiques E, S, M situés respectivement à l'entrée, à la sortie et au milieu de la paroi déviatrice, sur la ligne théorique de contact entre ladite paroi et le câble ou éventuellement, en ce qui concerne les points E et S, sur son prolongement direct.

COMMENTAIRES

** Les désignations conventionnelles des axes supposent l'axe longitudinal de la structure sensiblement horizontal et le plan de déviation du câble sensiblement vertical.*

113.3.2,1 TOLÉRANCES SUR LA POSITION ABSOLUE DES POINTS E, S ET M

** Les notations sont définies sur les figures qui suivent.*



113.3.2,2 TOLÉRANCES SUR LA POSITION RELATIVE DES POINTS E, S ET M

TEXTE

Elles sont repérées sur des axes de direction fixe sensiblement parallèles à l'axe longitudinal de la structure, à son axe transversal horizontal et à la verticale (*).

113.3.2,1 TOLÉRANCES SUR LA POSITION ABSOLUE DES POINTS E, S ET M

Si l'on désigne par V la hauteur totale de structure résistance, et par L la distance théorique entre le déviateur considéré et son voisin le plus proche (*), l'écart entre position théorique et position réelle du point M est, dans tous les cas, limité à :

– longitudinalement		L / 200
– verticalement	min (	L / 200 ; V / 80 ; 30 mm)
– transversalement	min (	L / 200 ; 30 mm)

Ces conditions s'appliquent également aux points E et S lorsque la paroi déviatrice est fixe (cas a, b1 et b2 de l'article 112.3.1).

113.3.2,2 TOLÉRANCES SUR LA POSITION RELATIVE DES POINTS E, S ET M

Lorsque la paroi déviatrice est rigidement liée dès le départ à la structure du déviateur, l'écart entre positions relatives théoriques et positions relatives réelles des points E et S est limité à :

– k_v l dans le sens vertical,
– k_t l dans le sens transversal,
l désignant la longueur de la paroi déviatrice.

113.3.3 PROTECTION ANTICORROSION DES PARTIES MÉTALLIQUES DES ORGANES DE DÉVIATION

** Il est possible également de protéger ces organes :*

– soit par peinture donnant une garantie d'anticorrosion de 5 ans au degré Ri2 ,

– soit par métallisation donnant une garantie d'anticorrosion de 5 ans au sens de l'article 4.2.1 du fascicule n°56 du CCTG

113.4 ZONES D'ANCRAGE

113.4.1 GÉOMÉTRIE DU TRACÉ DANS L'ENTRETOISE.TOLÉRANCES D'IMPLANTATION

** Les conditions plus sévères définies dans le présent article résultent des éléments suivants :*

– un épanouissement convenable des armatures individuelles à proximité de la tête d'ancrage n'est pas conciliable avec un rayon de courbure trop

Sauf indication contraire du marché, k_v et k_t sont fixés comme suit :

– dans les cas a et b1 de l'article 112.3.1, $k_v = k_t = 1 \times 10^{-2}$

– dans le cas b2 de l'article 112.3.1, $k_v = k_t = 2 \times 10^{-2}$

En outre, l'écart angulaire ω (résultant d'une incertitude de positionnement de la paroi déviatrice autour de l'axe ES) entre position théorique et position réelle du plan EMS est borné à ω_{max}.

Si la paroi déviatrice est de forme tubulaire simple (cas a et b1 de l'article 112.3.1) : $\omega_{max} = 5 \times 10^{-2}$ radian

Il incombe à l'entrepreneur de préciser dans le plan qualité les mesures à prendre pour assurer le respect de ces tolérances et de démontrer, soit par un essai spécifique, soit par des références antérieures, l'efficacité de ces mesures.

113.3.3 PROTECTION ANTICORROSION DES PARTIES METALLIQUES DES ORGANES DE DÉVIATION

Les parties métalliques des organes de déviation doivent être protégées, sauf indication contraire du marché (*), par galvanisation à chaud donnant une garantie d'anticorrosion de 11 ans au sens de l'article 4.2.1 du fascicule n°56 du CCTG.

113.4 ZONES D'ANCRAGE

113.4.1 GÉOMÉTRIE DU TRACÉ DANS L'ENTRETOISE. TOLÉRANCES D'IMPLANTATION

Les principes généraux définis aux articles 113.3.1 et 113.3.2 sur les « Déviateurs » sont applicables moyennant les adaptations ci-après (*).

COMMENTAIRES

faible du tracé à l'extrémité de la trompette,

– la tension des armatures est plus élevée à la sortie des organes d'ancrage qu'au droit d'un déviateur courant,

– la traversée d'une entretoise d'ancrage est nettement plus longue que celle d'un déviateur courant.

113.4.2 TRACÉ DU CÂBLE HORS TROMPETTE

113.4.3 JEUX ENTRE PAROIS DANS LE CAS D'UNE DOUBLE ENVELOPPE

113.5 PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE (*)

** Il est rappelé que, suivant l'article 111.2 du présent fascicule, les armatures de précontrainte extérieure doivent être démontables, sauf disposition contraire du marché.*

TEXTE

113.4.2 TRACÉ DU CÂBLE HORS TROMPETTE

C'est un cercle de rayon R'_{min} au moins égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 2 mètres, R_{min} + 1mètre.

La définition de R_{min} est donnée à l'article 113.3.1

Lorsque l'enveloppe est double, le tube de réservation peut être évasé à sa sortie de l'entretoise de façon à compenser une imprécision angulaire θ de direction arbitraire. Les conditions à respecter sur θ sont celles de l'article 113.3.1. L'évasement en question doit, par ailleurs, présenter un rayon de courbure principal au moins égal à 1 mètre.

113.4.3 JEUX ENTRE PAROIS DANS LE CAS D'UNE DOUBLE ENVELOPPE

Hors trompette, le jeu minimal à réserver entre le diamètre intérieur du tube-coffrant et le diamètre extérieur du tube-conduit est de 10 mm.

Au niveau des trompettes, le jeu minimal résulte des dispositions de la notice technique jointe à l'ATE.

113.5 PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE (*)

Conformément à l'article 111.2 du présent fascicule, les armatures sont logées et protégées, sur toute leur longueur, à l'intérieur de conduits, sauf indication contraire du marché.

La protection des têtes d'ancrage est assurée par un capot étanche définitif fixé mécaniquement. Ce capot reçoit lui-même une protection anti-corrosion efficace.

COMMENTAIRES

*** Cette injection a pour but de mieux répartir les efforts dans les déviateurs afin d'éviter toute déchirure des gaines individuelles de protection des torons.*

Article 114 : Maîtrise de la conformité.

114.1 DISPOSITION GENERALE

114.2 CONTROLES DES FOURNITURES UTILISEES

114.3 METHODES ET MISE EN OEUVRE

TEXTE

Les dispositions exigées pour la mise en œuvre des produits de protection font l'objet de l'article 103.4 du présent fascicule.

Sauf dispositif de déviation définie dans l'ATE, les torons gainés-protégés sont injectés au coulis de ciment avant mise en tension. Celle-ci est réalisée après durcissement du coulis (**).

Article 114 : Maîtrise de la conformité.

114.1 DISPOSITION GENERALE

Le plan qualité établi suivant les dispositions du chapitre 2, du chapitre 3 (article 34) et de celles du chapitre 10 (article 109) relatif à la précontrainte par post-tension, inclut pour ce qui concerne la précontrainte extérieure les dispositions particulières suivantes.

114.2 CONTROLES DES FOURNITURES UTILISEES

Les justificatifs du marquage CE concernant tous les éléments constitutifs du procédé de précontrainte sont tenus à la disposition du maître d'œuvre.

Conformément à l'article 113.2.3 du présent fascicule, les raccordements des évents doivent faire l'objet d'essais de convenance de la part de l'entrepreneur, ou bénéficier de références antérieures.

114.3 METHODES ET MISE EN OEUVRE

Le plan qualité comprend obligatoirement les procédures concernant les points suivants :

– la pression maximale d'injection et la température maximale du produit injecté (article 112.2.1 du présent fascicule),

– les dispositions prises pour respecter la condition sur les flèches résiduelles des conduits livrés en couronnes (article 112.2.3,1 du présent fascicule),

– la démonstration de la possibilité de l'obtention de la géométrie intrinsèque théorique des déviateurs comprenant les moyens et les tolérances (article 112.3.3).

– l'étude des effets des imperfections d'implantation des déviateurs précisant les tolérances d'implantation (article 113.1.1).

– les méthodes adoptées pour le contrôle du positionnement des déviateurs : conformément aux articles 113.3.2,1 et 113.3.2,2 du présent fascicule, ces contrôles doivent porter sur la vérification de la position absolue du déviateur et sur celle des positions relatives des points E, M et S.

Ces contrôles sont réalisés avant bétonnage quel que soit le type de déviateur, et de nouveau, après bétonnage, pour les points E et S, si le déviateur utilisé est de type a suivant la terminologie adoptée à l'article 112.3.1du présent fascicule.

Sauf stipulation contraire du marché, un point d'arrêt (*) est observé avant bétonnage de chacun des déviateurs

** Il est rappelé qu'un point d'arrêt est une étape des travaux pour laquelle un accord formel du contrôle extérieur est nécessaire à la poursuite de l'opération.*

COMMENTAIRES

CHAPITRE 12:

PRÉCONTRAINTE PAR PRÉ-TENSION

Article 121 : Domaine d'emploi

** La précontrainte par pré-tension est utilisée pour la fabrication industrialisée d'éléments qui pour certains font l'objet de normes associées à une procédure de contrôle interne approuvé par un organisme officiel de certification ou pour d'autres sont soumis à des procédures d'avis technique approuvées par un organisme officiel de certification.*

*** Pour les autres productions, le maître d'œuvre doit prévoir dans le marché des stipulations complémentaires en liaison avec le chapitre 8 du présent fascicule.*

**** Il s'agit en particulier de la norme EN 13369 : 2004, Règles communes pour les produits préfabriqués en béton.*

**** * Le CMP peut déléguer une partie des tâches qui lui incombent, cette délégation étant précisée dans le plan qualité.*

**** ** La précontrainte par pré-tension peut être réalisée en usine de préfabrication ou sur chantier. Lorsque l'usine de préfabrication, bien qu'appartenant à l'entreprise, est distincte du chantier, cette disposition est étendue au responsable de l'unité de production.*

**** *** Dans ce cas, le fournisseur devient alors entrepreneur au sens du texte. Sur les obligations du fournisseur envers l'entrepreneur titulaire du marché, voir le commentaire ** de l'article 23.1 du présent fascicule.*

TEXTE

CHAPITRE 12 :

PRÉCONTRAINTE PAR PRÉ-TENSION

Article 121 : Domaine d'emploi (*)

Les stipulations du présent chapitre visent les productions régulières (**) d'éléments précontraints par pré-tension destinés au génie civil. Elles explicitent les conditions d'obtention des forces de précontrainte en conformité avec les règles correspondantes de conception et de calcul, les normes concernées (***), les avis techniques rendus contractuels et les spécifications des contrôles internes approuvés.

La mise en tension des armatures et la mise en précontrainte des éléments sont effectuées sous la direction d'un responsable spécialement qualifié dit CMP (Chargé de la mise en œuvre de la précontrainte). Celui-ci veille à la bonne ordonnance et la sécurité des opérations (****).

Lorsque l'entrepreneur n'assure pas directement la production (*** **), il répercute sur le fournisseur les obligations du marché (*** ***).

COMMENTAIRES

Article 122 : Fournitures

122.1 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

** Dans le cadre de la pré-tension, l'adhérence est un caractère essentiel par définition. C'est pourquoi les armatures sont des fils non lisses ou des torons.*

122.2 TUBES DE GAINAGE DES ARMATURES

** L'objet du gainage est d'annihiler l'adhérence des armatures de précontrainte sur une longueur limitée dont la valeur est donnée par le calcul.*

122.3 BÉTONS

TEXTE

Article 122 : Fournitures

122.1 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Les armatures de précontrainte doivent être des fils autres que ronds et lisses (*) ou des torons, en acier à haute résistance.

Conformément à l'article 7 - I du décret n° 2006-662 du 7 juin 2006, les armatures à haute résistance pour construction en béton précontraint par pré ou post-tension doivent respecter le référentiel technique de l'ASQPE ou un référentiel équivalent et ce respect doit être certifié par un organisme de certification.

Aucun traitement de surface des armatures de précontrainte par pré-tension ne doit avoir pour effet de réduire leur adhérence au béton. La protection contre la corrosion pendant la préparation des armatures doit être assurée compte tenu de cette sujétion.

Les stipulations de l'article 102.1.1 du présent fascicule concernant les armatures de précontrainte par post-tension sont applicables aux armatures de précontrainte par pré-tension.

122.2 TUBES DE GAINAGE DES ARMATURES

Le gainage des armatures (*) est réalisé par des tubes en matériau sans adhérence aux armatures et ne mobilisant que de très faibles frottements. Ce matériau constitutif des gaines doit être exempt de tout produit agressif tant pour l'acier que pour le béton.

Les tubes ouverts longitudinalement sont interdits.

122.3 BÉTONS

Les stipulations du présent fascicule et en particulier du chapitre 8 sont complétées par les suivantes :

COMMENTAIRES

** La teneur totale du béton en soufre des sulfures doit être inférieure à 0,50% de la masse de ciment. Les ciments CP2 sont définis par la norme NF P 15-318.*

*** L'emploi de granulats marins lavés est autorisé à condition de respecter la stipulation relative à la quantité maximale d'ions chlore susceptible d'être solubilisée dans les bétons.*

Article123 : Mise en œuvre

123.1 OPÉRATIONS PRÉALABLES À LA MISE EN TENSION DES ARMATURES

123.1.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

** Ces déformations ne doivent pas entraîner une diminution moyenne de la tension sur banc de plus de 0,5%. Au delà de cette limite, le dispositif doit être modifié et/ou il faut faire le choix d'un ordre de mise en tension qui minimise l'incidence de ces déformations.*

123.1.2 MISE EN PLACE DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

TEXTE

– les bétons utilisés peuvent être des bétons courants ou des bétons à hautes performances dont les particularités sont traitées à l'article 81.7 du présent fascicule ;

– le ciment doit être du CEM I CP2 ou du CEM II CP2. (*) ;

– les critères de choix du ciment tiennent compte de l'éventuel traitement thermique du béton, comme indiqué à l'article 88 du présent fascicule ;

– l'emploi des granulats marins (**) non traités, des granulats de laitier et des adjuvants chlorés est interdit ;

– la quantité maximale d'ions chlore (Cl^-) susceptible d'être solubilisée dans les bétons est fixée à l'article 81.6.

Article 123 : Mise en œuvre.

123.1 OPÉRATIONS PRÉALABLES À LA MISE EN TENSION DES ARMATURES

123.1.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Les supports d'ancrage doivent être suffisamment rigides pour ne subir que de très faibles déformations pendant la mise en tension des armatures (*).

Les moules doivent être suffisamment rigides et conçus de manière à ne pas porter atteinte aux caractéristiques géométriques des éléments fabriqués, et à assurer les tolérances spécifiées compte tenu de leurs modalités d'assemblage.

123.1.2 MISE EN PLACE DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Les armatures de précontrainte doivent être débarrassées de toute graisse ou souillure pouvant nuire à leur adhérence.

** Du fait de l'encombrement des dispositifs d'ancrage, une légère déviation peut être inévitable entre les supports d'ancrage et les coffrages d'extrémités les plus proches. Lorsque cette déviation dépasse 2° , la possibilité d'obtenir la tension prévue doit être justifiée.*

*** Le raboutage par manchon (clavette à double entrée) entre deux poutres sur le banc de préfabrication est autorisé si des dispositions sont prises pour éviter tout blocage à la mise en tension.*

Il doit présenter une résistance suffisante pour éliminer les risques de rupture ou de relâchement durant les phases d'exécution.

Le raboutage par soudure est interdit.

123.1.3 GAINAGES

** Le gainage n'intéresse que certaines armatures et est situé dans les zones d'extrémité des produits. Lorsque des produits différents sont fabriqués simultanément sur des bancs de grande longueur, certains peuvent comporter des armatures gainées sur toute leur longueur.*

*** Les tubes ne peuvent être placés à leur position définitive qu'après la mise en tension.*

123.1.4 DÉVIATIONS DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Sur la longueur des produits d'un banc de fabrication, ces armatures doivent pouvoir passer librement, sans subir de déviation notable (*), entre les armatures de béton armé et dans les coffrages d'extrémité de chaque produit.

L'emploi du chalumeau oxyacétylénique est interdit pour la coupe des armatures sauf dérogation accordée par le maître d'œuvre.

Les armatures doivent être continues et ne présenter aucun raboutage à l'intérieur des éléments (**). Elles doivent être calées en respectant les distances minimales d'enrobage et de manière à éviter tout déplacement ultérieur.

123.1.3 GAINAGES

Les tubes de gainage figurant aux dessins d'exécution (*) sont enfilés sur les armatures au fur et à mesure de la mise en place de celles-ci et laissés en position provisoire (**).

123.1.4 DÉVIATIONS DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Les déviations des armatures figurant aux dessins d'exécution sont réalisées par des dispositifs rigides, permettant un libre déplacement de l'armature, à laquelle ils ne doivent provoquer aucune blessure lors de la mise en tension.

L'entrepreneur doit justifier de l'absence effective de blessure des armatures et de l'obtention de la valeur fixée pour leur tension à la fin de la mise en tension. En l'absence de références contrôlées, le maître d'œuvre peut demander qu'il soit procédé à une épreuve de convenance

COMMENTAIRES

123.2 MISE EN TENSION

123.2.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

** La mise en tension simultanée d'armatures est possible pour la fabrication de composants de petites dimensions (poutre rectangulaire de 20 cm x 20 cm, par exemple), ou de pré-dalles. Il faut dans ce cas que toutes les armatures de précontrainte aient une longueur identique entre les ancrages.*

123.2.2 MATÉRIEL

** Le matériel de mise en tension doit faire l'objet de vérifications bi-annuelles effectuées par un organisme accrédité COFRAC « Étalonnage forces » (ou accréditation reconnue équivalente).*

123.2.3 CONSIGNES DE MISE EN TENSION

** Le blocage des armatures est réalisé par des dispositifs (clavettes ou plaque de serrage) subissant de multiples remplois. Le CMP doit veiller à la limitation du nombre de ces remplois (indiqué dans la procédure de contrôle interne), de manière à ne pas compromettre le résultat par le mauvais état d'un accessoire.*

123.2.4 TOLÉRANCES SUR LA TENSION ET LA POSITION DES ARMATURES

TEXTE

123.2 MISE EN TENSION

123.2.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

La mise en tension peut être réalisée armature par armature ou par groupes d'armatures (*).

123.2.2 MATÉRIEL

Le matériel de mise en tension doit être tel que l'écart entre la force de précontrainte appliquée et celle visée, en fin de mise en tension soit, par armature ou force prise isolément, au plus de 4% .

123.2.3 CONSIGNES DE MISE EN TENSION

Les consignes portent sur les reprises successives pour mettre en tension les armatures (ou chaque type d'armatures).

La pression maximale à atteindre, p_0 , est précisée, ainsi que les valeurs de rentrée d'armatures au blocage des armatures.

Le CMP s'assure du bon état des accessoires (*). Est également précisé, sauf disposition contraire du marché, l'allongement a_0 prévisible pour les armatures (ou pour chaque type d'armatures).

123.2.4 TOLÉRANCES SUR LA TENSION ET LA POSITION DES ARMATURES

a) La pression ne doit en aucun cas dépasser p_0.

Le supplément éventuel de rentrée d'ancrage par rapport à la valeur fixée ne doit pas correspondre à une diminution supérieure à 0,5% de la tension sur le banc.

Sauf disposition contraire du marché, l'allongement est obligatoirement

COMMENTAIRES

** Dans le cas où ce critère n'est pas vérifié, un contrôle supplémentaire est effectué sur le vérin de manière à confirmer ou infirmer la valeur de p_0 .*

*** Cette spécification peut être appliquée au barycentre des armatures.*

123.2.5 FIXATION DES TUBES DE GAINAGE

** Le dispositif en cause a un double rôle :*
– empêcher la laitance de pénétrer sous la gaine, ce qui rétablirait une adhérence,
– éviter le déplacement de la gaine sous l'effet de la vibration du béton.
Il peut être constitué par un ruban adhésif fixé à chaque extrémité de la gaine.

123.3 MISE EN PRÉCONTRAINTE DE L'ÉLÉMENT

** En conditionnant directement l'ensemble des performances des éléments, la résistance que doit présenter le béton au moment du relâchement des armatures revêt en précontrainte par pré-tension une importance capitale.*

*** Cf. article 124.2.3 .*

TEXTE

limité à 1,07 a_0. Les allongements finaux sont considérés comme satisfaisants s'ils sont compris entre 0,95 a_0 et 1,07 a_0 (*).

b) Après mise en tension, la tolérance sur l'enrobage des armatures de précontrainte est de – 0 à + 5 mm.

Après mise en tension, la tolérance sur la position des armatures (**) par rapport aux dessins d'exécution est fixée à + 10 mm dans toutes les directions. Toutefois, pour les pièces de hauteur (ou d'épaisseur) h inférieure ou égale à 500 mm, la tolérance suivant l'une ou l'autre de ces dimensions est de :

+ 5 mm pour h < 250 mm,
+ h/50 (en mm) pour 250 < h < 500 mm.

La tolérance sur la distance entre armatures de précontrainte et armatures passives est égale à celle des armatures passives entre elles.

123.2.5 FIXATION DES TUBES DE GAINAGE

A l'achèvement de la mise en tension, les tubes sont définitivement positionnés. Puis ils sont cachetés à leurs extrémités et maintenus en position par un dispositif approprié (*).

123.3 MISE EN PRÉCONTRAINTE DE L'ÉLÉMENT

La mise en précontrainte de l'élément n'est autorisée que si la résistance à la compression du béton a atteint la valeur fixée par le projet (*). Cette valeur dite « résistance permettant le relâchement des armatures de précontrainte » est contrôlée par une épreuve d'information (**).

Le lot de béton faisant l'objet de cette épreuve d'information est constitué par l'unité de fabrication pour laquelle la décision de relâchement est donnée. Pour ce lot, il est effectué un prélèvement de trois éprouvettes.

COMMENTAIRES

**** Une détension brutale des armatures est interdite, compte tenu des conséquences graves qu'elle peut présenter (augmentation de la longueur de scellement, risque de fendage du béton dans la zone de scellement des armatures de précontrainte...).*

123.4 OPÉRATIONS POSTÉRIEURES À LA MISE EN PRÉCONTRAINTE

** L'emploi du chalumeau oxyacéthylénique est interdit pour la coupe des armatures, sauf dérogation accordée par le maître d'œuvre.*

Article 124 : Maîtrise de la conformité.

124.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU PLAN QUALITÉ

** Lorsque l'entrepreneur n'assure pas directement la production, le fournisseur devient entrepreneur au sens du texte (Cf. article 121).*

TEXTE

Le relâchement des armatures de précontrainte s'effectue progressivement par déplacement d'un seul côté du support d'ancrage ou des deux supports d'ancrage alternativement. Il est effectué simultanément sur toutes les armatures (***).

123.4 OPÉRATIONS POSTÉRIEURES À LA MISE EN PRÉCONTRAINTE

Après relâchement, la coupe des armatures est effectuée soit à la meule ou éventuellement à l'aide d'une cisaille spéciale pour les fils de petit diamètre, soit par fusion du métal par l'intermédiaire d'un poste à l'arc (*). Lors de cette opération, les armatures en attente doivent être protégées.

Les armatures en attente destinées à être noyées dans un béton de seconde phase ne subissent aucun traitement de protection. Dans le cas où les armatures de précontrainte doivent être arasées sur la face d'about de l'élément, cette opération est réalisée au moyen d'une meule. Les extrémités de ces armatures sont ensuite protégées de la corrosion par un produit adapté mis en place après séchage de la surface du béton.

Le marquage d'identification des éléments est réalisé conformément à l'article 82.3 du présent fascicule.

Article 124 : Maîtrise de la conformité.

124.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU PLAN QUALITÉ

Le plan qualité est établi par l'entrepreneur suivant les dispositions des articles 21 et 34 du présent fascicule.

L'entrepreneur désigne le chargé de mise en précontrainte (CMP) dont la mission est décrite à l'article 34.2.2.

COMMENTAIRES

124.2. DISPOSITIONS PARTICULIERES DU PLAN QUALITE

124.3. ORGANISATION DU CONTRÔLE INTERIEUR

** Ce contrôle porte sur le respect de toutes les stipulations des articles 123.1, 123.2, 123.3 et 123.4, complétées par les pièces du marché. S'il y a lieu, le maître d'œuvre s'assure que les contrôles fixés par la procédure de contrôle intérieur approuvé par un organisme officiel de contrôle ou de certification et repris par le plan qualité sont effectués.*

TEXTE

124.2. DISPOSITIONS PARTICULIERES DU PLAN QUALITE

Le plan qualité présente les principes et les modalités d'organisation et de fonctionnement du contrôle intérieur. Il décrit obligatoirement les opérations suivantes :

a) réception, identification, contrôle, stockage, manutention des approvisionnements

b) études préalables sur les bétons ;

c) vérification de la conformité et de la position des armatures de béton armé et celles des organes de levage ;

d) vérification de la mise en tension et de la position des armatures de précontrainte et de celle des tubes de gainage ;

e) vérification de la mise en œuvre du béton et, s'il y a lieu, contrôle du traitement thermique ;

f) vérification de la mise en précontrainte ;

g) vérification de la conformité aux dessins d'exécution des éléments.

Les documents à établir dans le cadre du contrôle intérieur comprennent:

a) les bons de réception des approvisionnements en produits et matériaux,

b) les résultats des mises en tension,

c) les comptes rendus des épreuves d'information effectuées sur les bétons à la mise en précontrainte,

d) les comptes rendus des épreuves de contrôle sur produits finis (rentrées des armatures, contreflèche, dimensions et aspect des éléments...),

e) les comptes rendus des épreuves de contrôle effectuées sur les bétons à 28 jours.

124.3. ORGANISATION DU CONTRÔLE INTERIEUR

Les opérations de contrôle intérieur sont effectuées selon les modalités prévues dans le plan qualité (*).

Le centre de production doit être équipé d'un laboratoire lui permettant d'effectuer en permanence les diverses vérifications prévues.

COMMENTAIRES

124.3.1 CONTRÔLE AVANT MISE EN TENSION

124.3.2 CONTRÔLE AVANT BÉTONNAGE

** En cas d'incidents ou d'anomalies concernant les armatures de précontrainte, l'entrepreneur en rend compte au maître d'œuvre qui alerte le service de vérification du contrôle en usine (VCU) (Laboratoire central des ponts et chaussées).*

124.3.3 CONTRÔLE AVANT MISE EN PRÉCONTRAINTE

** Les modalités d'exécution et d'exploitation des épreuves d'information sont données à l'article 86.4 du présent fascicule.*

*** Norme NF EN 12390-3 - Essai pour béton durci - Partie 3 : Résistance à la compression des éprouvettes.*

**** En cas de production non régulière (produits sans référence en génie civil ou fabrication sur chantier) ou en l'absence de procédure de contrôle intérieur approuvée par un organisme officiel de contrôle ou de certification, le maître d'œuvre peut prévoir au marché que les contrôles soient effectués en sa présence, sans pour autant modifier l'échéancier de la production.*

TEXTE

124.3.1 CONTRÔLE AVANT MISE EN TENSION

Le CMP procède à la vérification de l'état des accessoires nécessaires à la mise en tension en veillant tout particulièrement au contrôle de la limitation du nombre de remplois des dispositifs de blocage des armatures.

124.3.2 CONTRÔLE AVANT BÉTONNAGE

Le CMP dresse procès-verbal de toutes les mesures effectuées au cours des opérations de mise en tension. Il y reporte les observations qui ont pu être faites, ainsi que les anomalies qui ont pu être décelées et les décisions qui ont été prises en conséquence (*).

Avant tout début de bétonnage, le CMP établit en outre, pour être transmise au maître d'œuvre, l'attestation de convenance des vérifications effectuées finalement par lui, après mise en tension, sur la position des armatures, des attaches de levage et des tubes de gainage.

124.3.3 CONTRÔLE AVANT MISE EN PRÉCONTRAINTE

Avant mise en précontrainte des éléments, le CMP établit les fiches rassemblant les résultats des contrôles effectués pendant le durcissement du béton et procède à l'épreuve d'information (*) de manière à connaître la résistance du béton des éléments à précontraindre.

La résistance du béton permettant le relâchement est mesurée par l'écrasement en compression d'éprouvettes conformément aux normes en vigueur (**).

Les résultats des essais d'information sont consignés sur des fiches, établies pour chaque banc d'éléments fabriqués, et tenues à la disposition du maître d'œuvre (***).

COMMENTAIRES

124.3.4 MISE EN PRÉCONTRAINTE

124.3.5 CONTRÔLE APRÈS MISE EN PRÉCONTRAINTE

** Lorsque l'un des contrôles n'est pas prévu au programme de précontrainte, il incombe au maître d'œuvre d'y procéder selon les méthodes de mesures et critères d'acceptation définis au CCTP.*

*** Compte tenu de la dispersion, une précision de 1/10 de mm est suffisante.*

124.4. CONTRÔLE EXTÉRIEUR

TEXTE

124.3.4 MISE EN PRÉCONTRAINTE

Il revient au CMP de donner l'ordre de mise en précontrainte.

L'ordre de mise en précontrainte est donné lorsque la « résistance permettant le relâchement » est atteinte. Si cette résistance n'est pas atteinte au délai fixé par le programme de précontrainte, la décision de relâchement est différée.

124.3.5 CONTRÔLE APRÈS MISE EN PRÉCONTRAINTE

Les contrôles après mise en précontrainte prévus au programme de précontrainte (*) et effectués par l'entreprise portent normalement sur :

– la mesure de rentrée d'armatures (**) sur une ou deux extrémités d'éléments d'un même banc de fabrication,

– la mesure des contre-flèches des éléments ayant fait l'objet du précédent contrôle.

L'âge du béton lors de ces mesures doit être porté sur les fiches qui sont tenues à la disposition du maître d'œuvre.

Le CMP complète le procès-verbal des mesures effectuées au cours des opérations de mise en tension par celui de toutes les mesures effectuées au cours des opérations de mise en précontrainte. Il y reporte les observations qui ont pu être faites, ainsi que les anomalies qui ont pu être décelées.

124.4. CONTRÔLE EXTÉRIEUR

L'entrepreneur donne toutes facilités utiles au maître d'œuvre pour l'exercice du contrôle extérieur qui concerne les vérifications du respect du plan qualité les épreuves de contrôle de la résistance à la compression du béton à 28 jours et des essais complémentaires éventuels relevant des épreuves d'information.

COMMENTAIRES

CHAPITRE 13 ;

PROTECTION DES ARMATURES DE PRECONTRAINTE PAR COULIS DE CIMENT

** Les normes NF EN 445, NF EN 446 et NF EN 447 ignorent la distinction entre coulis courants et coulis spéciaux.*

L'ETAG 013 ouvre la voie à deux possibilités de marquage CE pour les coulis:

- *par le biais de l'ATE des procédés de précontrainte, chaque procédé ayant la possibilité de proposer ses propres formulations pour les coulis qu'il envisage d'utiliser. Pour que la procédure de certification associée ait un sens, ceci suppose, dans l'ATE du procédé, une définition précise des produits, de leurs constituants et de leurs conditions de mise en œuvre afin de permettre aux organismes certificateurs notifiés d'effectuer leurs contrôles*
- *par le moyen d'ATE coulis indépendants (assortis d'une procédure de certification) auxquels tout procédé pourrait se référer dans son propre ATE sans plus avoir besoin de contrôles sur ce point.*

Article 131: Coulis.

** Le respect de ces spécifications est obligatoire même pour les coulis dits courants au sens de l'ETAG 013.*

TEXTE

CHAPITRE 13 :

PROTECTION DES ARMATURES DE PRECONTRAINTE PAR COULIS DE CIMENT

Le présent chapitre concerne tous les coulis d'injection (*) de conduits de précontrainte.

Article 131 : Coulis.

Les coulis d'injection doivent :
– soit être élément constitutif du kit de précontrainte bénéficiant du marquage CE,
– soit bénéficier d'un marquage CE spécifique délivré sur la base d'un ATE spécifique.

Dans les deux cas, les coulis doivent respecter les spécifications relatives aux coulis spéciaux définis dans l'ETAG 013 (*) .

COMMENTAIRES

131.1 CONSTITUANTS

** Le non-respect des indications de la formule peut entraîner des phénomènes de fausse prise ou des effets contraires à ceux qui étaient attendus.*

*** La marque NF-Liants Hydrauliques constitue une telle certification. Elle constitue une certification de conformité à la norme NF EN 197-1. Lorsque la maîtrise de la durée d'injectabilité est requise, une sélection parmi les ciments admis à la marque est nécessaire.*

**** La fausse prise est mise en évidence par l'essai de Tusschenbroeck.*

**** * La plupart des ciments CEM I contiennent du chlore à l'état de traces.*

**** ** L'eau potable est présumée satisfaire ces spécifications.*

**** *** La marque NF Adjuvants constitue une telle certification. Ces adjuvants sont généralement des produits du type superplastifiant ou réducteur d'eau.*

Voir aussi la norme NF EN 934-4.

TEXTE

131.1 CONSTITUANTS

Le coulis est constitué de ciment, d'eau, et éventuellement d'adjuvants, d'additions ou d'ajouts. La composition nominale est fournie au maître d'œuvre et précise :
– la nature, les caractéristiques et l'origine des constituants ;
– le dosage visé de chaque constituant exprimé en poids, avec les tolérances admises ;
– l'ordre d'introduction des constituants dans le malaxeur (*).

Le ciment est un CEM I, ou un CEM II/A-L, ou un CEM II/A-D limité à 8% de fumée de silice, bénéficiant d'une certification émanant d'un organisme certificateur officiel (**).

Il doit respecter de plus les spécifications ci-après :
– ne pas présenter de phénomène de fausse prise (***) ;
– avoir une teneur en ions chlore inférieure à 0,05 % (*** *) ;
– avoir une teneur en ions soufre inférieure à 0,01 %
– avoir une proportion de constituants secondaires inférieure à 3% ;
– ne contenir ni ion soufre, ni aucun autre élément pouvant corroder les aciers.

Seuls sont autorisés sans justification particulière les agents de mouture, à une proportion inférieure à 0,1 % ; tout autre additif doit faire l'objet d'une étude spécifique justifiant de son effet sur la rhéologie du coulis et de son innocuité vis-à-vis de la durabilité des armatures. Les résultats de l'étude doivent être validés par un organisme officiel.

L'eau respecte les spécifications suivantes (*** **) :
– chlorure par ion Cl^- ≤ 500 mg/1 ;
– sulfate par ion SO_4^{2-} ≤ 400 mg/1 ;
– absence de détergent.

Les adjuvants utilisés bénéficient d'une certification émanant d'un organisme certificateur officiel (*** ***). Leur compatibilité avec le ciment

**** *** * Au sens de leur définition dans la norme NF EN 206-1.*

131.2 SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES

** Ces caractères sont vérifiés pour la délivrance de l'avis technique. Des spécifications particulières peuvent être définies, s'il y a lieu, par le marché (Cf. circulaire 89-26 du 17 avril 1989).*

*** L'essai est effectué et interprété conformément à la méthode d'essai des LPC. Cette méthode d'essai sera remplacée par l'essai prévu par la future norme NF EN 445 à sa parution.*

**** La fluidité caractérise l'injectabilité d'un coulis.*

**** * Cf. la norme NF EN 445.*

est démontrée par des essais. Les adjuvants contenant des thiocyanates, des nitrites, des formiates ou des sulfures sont exclus.

Pour l'ensemble des constituants (ciment, eau, adjuvants) la teneur en ions agressifs est limitée globalement à :

– 0,1 % de la masse du ciment en ions Cl^- ;
– 4,5 % de la masse du ciment en SO_3 ;
– 0,01 % de la masse du ciment en ions S^{2-}.

Les additions (*** *** *) doivent être conformes aux normes en vigueur et ne doivent contenir aucun élément susceptible d'entraîner la corrosion des aciers. En ce qui concerne les fumées de silice, le ciment doit être un CEM I, le dosage ne devra pas dépasser 8 % de la masse de ciment et la teneur en silicium libre doit être limitée à 0,4 %.

Les ajouts ne doivent contenir aucun élément susceptible d'entraîner la corrosion des aciers ou de modifier défavorablement l'hydratation du ciment. Leur emploi doit faire l'objet d'un rapport justifiant leur utilisation.

131.2 SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES (*)

Les caractères suivants sont spécifiés. Ils s'ajoutent, sauf indication différente du marché, à ceux spécifiés dans le règlement d'avis technique :

a) *Stabilité au tube incliné* : ni le volume de liquide, ni le volume d'air ne doivent excéder à 24 heures 0,3 % du volume théorique de coulis dans le tube associé à la procédure d'injection.

b) *Exsudation* : elle est évaluée par l'essai de stabilité au tube de un mètre (**). L'exsudation à 24 heures doit être au plus égale à 0,3 % du volume initial de coulis. La quantité d'air doit être à 24 heures au plus égale à 1 % du volume initial de coulis.

c) *Fluidité* (***) : le temps d'écoulement au cône de Marsh (*** *) avec un ajutage de 10 mm de diamètre doit, dans la plage de température définie dans l'avis technique, être inférieur à 25 secondes pendant trente minutes au moins

*** ** *Il s'agit de la norme NF EN 196-1.*

après la fabrication du coulis et être supérieur à 13 secondes.

d) *Résistances mécaniques* : la résistance à la flexion à vingt-huit jours du coulis durci conservé dans des sacs plastiques étanches doit être supérieure à 4 MPa ; la résistance à la compression à vingt-huit jours doit être supérieure à 30 MPa. Les essais sont conduits selon les normes en vigueur (*** **).

e) *Fin de prise*, mesurée sur coulis, dont la valeur, inférieure à vingt-quatre heures, est déterminée :
– à 5° C pour les injections par temps froid ;
– à 20° C dans les autres cas.

*** *** *Elle est mesurée selon la norme NF EN 445.*

f) *Variation de volume* (*** ***), qui doit être comprise entre – 1 % et + 5 % du volume initial.

*** *** * *Il s'agit de la norme P 18-364.*

g) *Absorption capillaire*, qui doit être inférieure à 1 g/cm^2. Les essais sont conduits selon les normes en vigueur (*** *** *).

131.3 TOLÉRANCES

131.3 TOLÉRANCES

Les tolérances admises sur les dosages sont les suivantes :
± 2 % sur la masse de ciment ;
± 1 % sur la masse d'eau ;
± 2 % sur la masse de l'adjuvant.

131.4 MATÉRIEL

131.4 MATÉRIEL

** Plusieurs types de malaxeurs peuvent être utilisés (à rouleaux, à hélices, etc.). Leur efficacité est fonction de leur vitesse de rotation, de leur puissance, de la forme de la cuve, etc. Avec la technologie actuelle, la présence de dispositifs de tamisage grossier du ciment avant introduction dans la cuve et du coulis avant son passage dans la pompe d'injection est nécessaire.*

Le matériel de fabrication doit permettre de produire un coulis à consistance homogène en dispersant et défloculant complètement le ciment (*). Le matériel et la procédure de fabrication et d'injection doivent être agréés par le détenteur de l'ATE.

COMMENTAIRES

Article 132 : Mise en œuvre.

132.1 DISPOSITIONS GENERALES

** Cf. l'article 103 du chapitre 10.*

*** Ces exigences sont définies dans le CEN Workshop Agreement n° 14646.*

**** Ces recommandations sont données dans l'ETAG 013 (chapitre D1.4).*

**** * Le référentiel de la certification reprend les dispositions proposées dans le CEN Workshop Agreement n° 14646.*

En France, la certification peut être demandée à l'ASQPE.

132.2 MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION DEFINITIVE

** Cette plage est généralement comprise entre 5° C et 35° C. Dans le cas de température extérieure en dehors de cette plage, des dispositions particulières peuvent être prévues au plan qualité pour que la température du coulis soit maintenue dans la plage autorisée.*

*** Il s'agit en général d'un essai sous vide.*
Les essais de mise en pression d'eau sont à proscrire, car il est ensuite difficile de l'éliminer, même par soufflage à l'air comprimé déshuilé.

TEXTE

Article 132 : Mise en œuvre.

132.1 DISPOSITIONS GENERALES (*)

La mise en œuvre de la protection définitive est assurée par une entreprise spécialisée répondant aux exigences des textes normatifs en vigueur (**).

L'entreprise spécialisée respecte les recommandations relatives aux opérations sur site (***) et bénéficie d'une certification émanant d'un organisme accrédité (*** *).

La mise en œuvre de la protection définitive est effectuée sous la direction du CMP.

132.2 MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION DEFINITIVE

La protection définitive des armatures doit être assurée par un produit homogène remplissant de façon complète l'intérieur des conduits.

La mise en œuvre de la protection définitive est soumise à l'autorisation du maître d'œuvre (point d'arrêt).

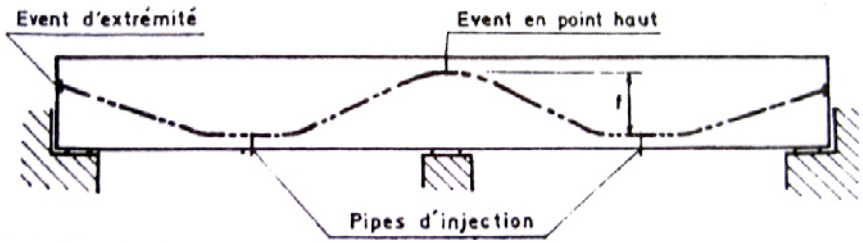
L'injection du coulis doit être effectuée dans la plage de température du béton définie dans le plan qualité de l'applicateur (*).

Au préalable, un essai d'étanchéité (**) est effectué s'il est prescrit par le marché.

Les conditions de mise en œuvre de l'injection sont définies dans la procédure d'injection (Cf. article 134 ci après) qui précise également le processus à suivre en cas d'arrêt de progression de coulis.

Lorsque des difficultés sont à prévoir dans le cheminement du coulis (conduits de grande longueur, de grande hauteur, de tracé complexe), la

**** Ces dispositions pourront s'inspirer des croquis ci-après.*

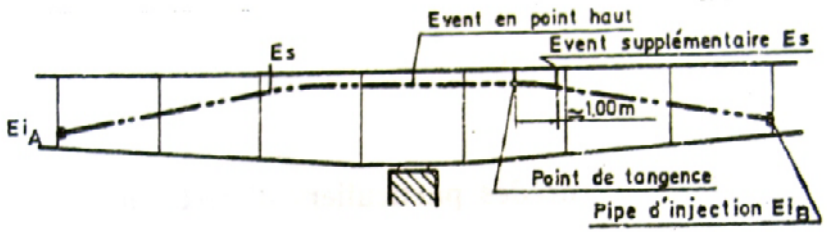


Dans le cas où la flèche « f » du conduit ne dépasse pas environ 1,50 mètre, l'injection peut se faire par les extrémités.

Les conduits verticaux en U de grande hauteur sont injectés par le point bas mais avec des dispositions particulières (utilisation d'un entonnoir évent).

Les dispositions à prévoir peuvent consister :

– a) à utiliser un coulis à durée d'injectabilité maîtrisée, à mettre en place des évents supplémentaires au début des parties courbes descendantes des conduits et à faire des reprises d'injection comme le montrent les croquis ci-dessous.



Injection de A vers B avec purge et fermeture des évents intermédiaires et de l'évent d'extrémité B.

Reprise de l'injection de B vers A avec purge et fermeture des évents intermédiaires et de l'évent d'extrémité A.

procédure d'exécution relative à la précontrainte précise les dispositions particulières permettant d'assurer le remplissage correct des conduits (***). Des reprises d'injection sont à prévoir.

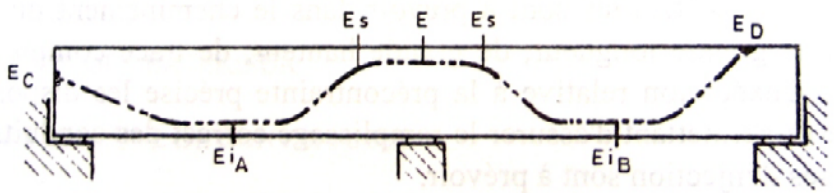
La pompe d'injection est munie d'un dispositif de sécurité limiteur de pression qui ne doit pas dépasser le niveau fixé en fonction de la nature de l'ouvrage. Sauf disposition contraire du marché, la pression de coulis ne doit pas dépasser 1,5 MPa. Une pression de 0,5 MPa est par ailleurs maintenue pendant au moins une minute après la fin de l'injection.

Après contrôle extérieur et levée du point d'arrêt correspondant, il est procédé, après injection, à l'exécution des cachetages définitifs évitant les pénétrations d'eau le long des armatures.

Toutes dispositions sont prises pour éviter les risques d'infiltration (*** *).

L'entrepreneur procède à un nettoyage des parois de façon à éliminer toute trace importante de coulis, notamment sur les parements.

La manutention d'une structure ne peut intervenir avant la fin de prise du coulis d'injection (*** **).



Injection de A vers C, B, et D avec purge et fermeture des évents intermédiaires et des évents d'extrémités C et D.
Reprise de l'injection de B vers D, A et C avec purge et fermeture des évents intermédiaires et des évents d'extrémités C et D.

– b) à maîtriser la vitesse d'injection dans le cas de passage de points hauts sans purge ou dans le cas de purge fortement décalé par rapport aux points hauts, l'applicateur s'assurera que les données d'injection sont conformes à l'abaque donné dans l'article du bulletin des LPC N° 250-251 (mai-juin-juillet-août 2004).

– c) à utiliser la technique de l'injection sous vide.

**** * Dispositions à prendre au niveau de la conception générale et de la localisation des ancrages. Ces dispositions (à préciser dans les dessins d'exécution) concernent notamment les encoches des câbles relevés en travée ou filants aux abouts ; on peut par exemple :*

– utiliser un capot métallique protégé contre la corrosion, fixé mécaniquement sur la plaque d'ancrage et muni d'un joint étanche ;
– bétonner un about ferraillé englobant les pièces d'ancrage avec repiquage du béton de l'encoche et utilisation d'une résine époxyde de façon à assurer une bonne adhérence entre les différents bétons ;
– prévoir un revêtement d'étanchéité.

**** ** A titre indicatif, le délai est de l'ordre de quatre à cinq jours.*

COMMENTAIRES

Article 133 : Maîtrise de la conformité

133.1 CONTENU SPECIFIQUE DE LA PROCEDURE D'EXECUTION RELATIVE AUX COULIS D'INJECTION

** Il s'agit d'une notion pratique à l'usage du chantier. Elle est liée à la durée d'injectabilité mesurée et tient compte des différences entre les conditions de l'essai et les conditions réelles du chantier, notamment en ce qui concerne la température.*

Les mesures à prendre peuvent porter sur la température du coulis ou comporter un remalaxage.

*** La méthode de fabrication précise :*
– le type de matériel utilisé,
– l'ordre d'introduction des constituants,
– le temps de malaxage, décomposé en fonction de l'ordre d'introduction des différents constituants,
– le temps de remalaxage.

**** La méthode d'injection définit :*

– le type de matériel utilisé ;
– la pression d'injection du coulis ;
– la durée de maintien sous pression après la fin d'injection, et la valeur de la pression correspondante ;
– la reprise d'injection éventuelle (durée entre la fin de la première injection et la reprise).

Une reprise d'injection peut permettre de limiter le risque de présence de vide et/ou d'eau dans le conduit. Elle est faite au minimum une demi-heure après la fin de la première injection et doit être achevée avant la fin de la durée pratique d'utilisation.

TEXTE

Article 133 : Maîtrise de la conformité

133.1 CONTENU SPECIFIQUE DE LA PROCEDURE D'EXECUTION RELATIVE AUX COULIS D'INJECTION

Le plan qualité, établi suivant les dispositions du chapitre 2 et de l'article 34 du présent fascicule, inclut pour ce qui concerne les coulis d'injection une procédure spécifique d'exécution qui définit ou rappelle la nature et l'origine des matériaux ainsi que les produits d'injection avec leur mode de conditionnement.

Sont précisés notamment :

– les caractéristiques du coulis, dont la « durée pratique d'utilisation » (*) et la durée de durcissement, ainsi que les mesures à prendre s'il y a lieu pour maîtriser la durée d'injectabilité,

– la température du béton,

– les modalités de la vérification de l'étanchéité,

– les conditions particulières concernant les constituants et la fabrication du coulis (**),

– la méthode d'injection (***),

COMMENTAIRES

**** * L'injection est normalement menée conduit par conduit. Cependant, dans le cas d'armatures groupées entre lesquelles il y a risque de communication, il vaut mieux opérer par groupe de conduits.*

**** ** L'attention est attirée sur le fait que les volumes à mettre en œuvre sont supérieurs aux volumes théoriques à remplir, par suite des pertes et des opérations de contrôle. Cette majoration peut atteindre 10 à 40 %.*

**** *** Ces consignes peuvent par exemple porter sur la maîtrise de la température du coulis avant injection.*

133.2 CONTRÔLES RELATIFS AUX INJECTIONS

** Se référer à la circulaire 89/26 du 17 avril 1989 relative à la réglementation concernant l'emploi de la précontrainte.*

133.2.1 CONTRÔLE INTERIEUR

A) Contrôles avant injection.

** Comme indiqué à l'article 133, il s'agit en général d'un essai sous vide.*

TEXTE

– l'ordre détaillé des opérations d'injection compte tenu des phases du chantier (*** *),

– les contrôles à effectuer (épreuves de convenance et de contrôle),

– le volume de coulis à prévoir par conduit (*** **) ou groupe de conduits,

– la nature et les modalités d'exécution des cachetages,

– les consignes en cas d'incidents ou de conditions climatiques défavorables (*** ***),

– les points d'arrêt.

133.2 CONTRÔLES RELATIFS AUX INJECTIONS (*)

133.2.1 CONTRÔLE INTERIEUR.

A) Contrôles avant injection.

Les contrôles à effectuer avant l'injection sont précisés ci-après :

– la correspondance entre la numérotation des conduits et celle des évents est vérifiée, en s'assurant du bon fonctionnement de ces derniers par un essai à l'air ;

– si le marché le prescrit, ou si l'ouvrage concerné comporte de nombreux joints, un essai d'étanchéité est effectué pour détecter d'éventuels défauts d'étanchéité des conduits (*).

Les communications et fuites éventuelles sont colmatées avant de recommencer l'essai jusqu'à supprimer toute fuite significative. Si des communications importantes sont constatées entre plusieurs conduits, l'entrepreneur, après accord du maître d'œuvre, prend des dispositions pour injecter simultanément les conduits concernés.

*** Dans le cas d'un chantier de longue durée, notamment si la formulation du coulis évolue ou si les conditions de température sont notablement différentes, il peut être nécessaire de procéder à un nouvel essai.*

Une épreuve de convenance (**) du coulis, portant sur la fabrication d'un volume correspondant à la capacité du malaxeur, est effectuée au plus tard vingt-quatre heures avant le début des injections et dans les conditions du chantier. Sont notamment contrôlées au début et à la fin de la durée pratique d'utilisation, la fluidité, l'exsudation au tube de un mètre, la température extérieure et la température du coulis.

Les résultats des contrôles avant injection sont transmis au maître d'œuvre en vue de la levée du point d'arrêt.

A chaque démarrage de poste de travail, le réglage de la machine est vérifié par contrôle de la fluidité du coulis dont la valeur à la fabrication doit être comprise entre treize et vingt-cinq secondes.

B) Contrôles en cours d'injection.

B) Contrôles en cours d'injection.

Les contrôles à effectuer en cours d'injection concernent les essais de fluidité :

En cours d'injection, trois essais sont à effectuer par poste de travail.

Un essai comprend un prélèvement à la fabrication et un prélèvement à la sortie. La différence entre les temps d'écoulement à la fabrication et à la sortie doit être inférieure à quatre secondes.

Si le résultat de contrôle à la fabrication n'est pas conforme, la gâchée est rebutée. Une vérification des dosages et réglages est faite. Si le résultat à la sortie n'est pas conforme, l'injection est poursuivie jusqu'à l'obtention d'une fluidité normale.

Les contrôles comportent en outre la mesure du volume de coulis mis en œuvre et, en cas de conditions climatiques défavorables, les mesures de la température extérieure, de celle du béton, de celle du coulis, ainsi que la durée des opérations.

COMMENTAIRES

133.2.2 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

** Le contrôle extérieur permet de s'assurer :*
– de l'identification et de la conformité des constituants utilisés,
– du caractère concluant des essais de convenance et de contrôle,
– du respect des procédures de fabrication (dosages, ordre d'introduction des constituants, temps de malaxage ...) et d'injection.

*** A posteriori, il convient d'examiner attentivement le remplissage des évents (avant et après recépage) et des capots provisoires d'injection (lorsqu'il en est utilisé) au moment de leur démontage.*

Les vides en partie haute, s'ils s'accompagnent d'une absence de coulis entre les brins d'une clavette sont caractéristiques d'une injection imparfaite. Les câbles extérieurs peuvent également être auscultés à la massette : les tronçons mal remplis sonnent creux.

Il est conseillé de prévoir au marché de tels contrôles a posteriori (par exemple gammagraphie)

TEXTE

Le CMP transmet journellement au maître d'œuvre les résultats des contrôles et les fiches d'anomalie éventuelles.

En cas d'anomalie, les mesures proposées par l'entrepreneur sont soumises à l'acceptation du maître d'œuvre.

133.2.2 CONTRÔLE EXTÉRIEUR (*)

Le contrôle extérieur lève les points d'arrêt suivants :
– mise en œuvre de la protection définitive,
– exécution du cachetage.

Des contrôles non destructifs (**) peuvent être effectués *a posteriori* pour déceler d'éventuels défauts d'injection. Le nombre et l'emplacement des points de contrôle sont fixés par le maître d'œuvre en liaison avec l'entrepreneur. En cas de défauts graves, des mesures sont proposées par l'entrepreneur pour la reprise des zones mal injectées.

COMMENTAIRES

CHAPITRE 14 :

AUTRES SYSTEMES DE PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Article 141 : Protection par produits souples

141.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

141.1.1 DÉFINITIONS

** Une graisse est un lubrifiant plastique obtenu par dispersion, sous la forme d'un réseau tridimensionnel stabilisé, d'un épaississant insoluble dans un fluide lubrifiant.*

En général, le composant liquide est une huile minérale et l'agent épaississant un savon métallique (lithium, calcium, aluminium...).

*** Une cire est un solide malléable cristallisé, constitué d'hydrocarbures saturés.*

141.1.2 DOMAINE D'EMPLOI

** C'est notamment le cas lorsque l'on souhaite pouvoir contrôler la tension des armatures de précontrainte.*

*** C'est notamment le cas lorsqu'il est prévu une précontrainte démontable.*

141.2 PRODUITS DE PROTECTION

** Ces produits sont susceptibles de réagir avec le béton.*

TEXTE

CHAPITRE 14 :

AUTRES SYSTEMES DE PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Article 141 : Protection par produits souples.

141.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

141.1.1 DÉFINITIONS

Les produits souples de protection des armatures de précontrainte sont des produits pétroliers :

– soit des graisses (*) à base d'huile minérale,

– soit des cires (**) microcristallines.

141.1.2 DOMAINE D'EMPLOI

La protection des armatures de précontrainte par produits souples peut être utilisée tant pour la précontrainte intérieure (*) que pour la précontrainte extérieure (**) au béton.

Il s'agit dans tous les cas d'une protection définitive.

141.2 PRODUITS DE PROTECTION

L'utilisation des graisses à savons potassiques, sodiques, et potassiques + sodiques est interdite (*).

COMMENTAIRES

*** Ces produits peuvent comporter des anions agressifs tels que :*
Cl^- ; S^{2-} ; SO_4^{2-} ; NO_3^- .

141.2.1 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX GRAISSES

** En l'absence de normes françaises ou européennes, il est fait référence à des normes ASTM ou British Standards.*

** Cette norme n'est plus en vigueur mais sert encore de référence dans le métier.*

TEXTE

Les produits utilisés sont conformes aux spécifications des articles 141.2.1 et 141.2.2 ci-après.

Leur absence d'agressivité (**) vis-à-vis des aciers de précontrainte est déterminée par des essais physiques ou justifiée par des références d'emplois antérieurs.

141.2.1 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX GRAISSES

CARACTÉRISTIQUES	NORMES (*)	VALEURS	UNITÉS
Point de goutte	NF T 60-102	$\geq$ 150	°C
Pénétration travaillée 60 coups à 25 °C	NF T 60-132	$\geq$ 220 et $\leq$ 300	1/10 mm
Pénétration travaillée 60 coups à – 20 °C	NF T 60 -102	$\geq$ 110	1/10 mm
Ressuage 7 jours à 40 °C	BS 2000-Part 121-2002	$\leq$ 4,5	%
Résistance à l'oxydation 100 heures à 100 °C	ASTM D 942-02	$\leq$ 0,07	MPa
Résistance à l'oxydation 400 heures à 100 °C	ASTM D 942-02	$\leq$ 0,15	MPa
Corrosion 24 heures à 100 °C Acier	ASTM D 4048	Absence de corrosion	
Brouillard salin 5% NaCl, 400 heures à 35 °C $\pm$ 1°C	NF X 41-002 (**)	Absence de corrosion	

COMMENTAIRES

141.2.2 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX CIRES

** En l'absence de normes françaises ou européennes, il est fait référence à des normes ASTM ou British Standards.*

TEXTE

141.2.2 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX CIRES

CARACTÉRIS-TIQUES	NORMES (*)	VALEURS	UNITÉS	MÉTHODES D'ESSAI
Point de figeage	NF T 60-128	$\geq$ 65	°C	
Pénétration à 25 °C	NF T 60-119	$\geq$60 et $\leq$ 125	1/10 mm	
Aspect à – 40 °C		Absence de faïençage		Visuelle
Point éclair vase ouvert	NF T 60-118	$\geq$ 250	°C	
Point de feu	NF T 60-118	$\geq$ 320	°C	
Ressuage 7 jours à 40 °C	BS 2000-Part 121-2002	$\leq$ 0,5	%	
Résistance à l'oxydation 100 heures à 100 °C	ASTM D 942-02	$\leq$ 0,03	MPa	
Corrosion 24 heures à 100 °C Acier	ASTM D 4048	Absence de corrosion		
Brouillard salin 5% NaCl 1000 heures à 35 °C $\pm$ 1°C	ASTM B117-03	Absence de corrosion		

ÉLEMENTS AGRESSIFS : CONCENTRATION EN :	VALEUR (ppm)	MÉTHODES D'ESSAI
Chlorures (Cl^-)	$\leq$ 50	
Nitrates (NO_3^-)	$\leq$ 50	
Sulfates (SO_4^{2-})	$\leq$ 50	Electrophorèse capillaire
Nitrites (NO_2^-)	$\leq$ 0,25	
Sulfures (S^{2-}	$\leq$ 0,20	

COMMENTAIRES

141.2.3 CHOIX

** Les graisses sont sujettes à un phénomène de ressuage. Dans le cas d'une injection sur chantier, l'emploi des cires est préférable.*

141.3 DOSSIER D'ÉTUDE

141.4 MISE EN ŒUVRE

141.4.1 DISPOSITIONS GENERALES

** Cf. l'article 103 du chapitre 10*

*** Ces exigences sont définies dans le CEN Workshop Agreement n° 14646.*

**** Ces recommandations sont données dans l'ETAG 013 (chapitre D1.4).*

**** * Le référentiel de la certification reprend les dispositions proposées dans le CEN Workshop Agreement n° 14646.*

En France, la certification peut être demandée à l'ASQPE.

**** ** Le CMP a reçu en ce cas une formation spécifique pour l'injection des produits souples.*

TEXTE

141.2.3 CHOIX

Sauf dispositions différentes du marché, l'emploi des graisses (*) n'est admis que pour la confection de torons protégés-gainés.

141.3 DOSSIER D'ÉTUDE

L'entrepreneur propose le produit de protection à l'acceptation du maître d'œuvre en précisant les renseignements suivants :
– désignation du produit,
– origine,
– éléments principaux de la composition,
– références d'emploi,
– procès-verbal d'essais attestant que le produit respecte les spécifications des articles 141.2.1 (graisses) ou 141.2.2 (cires) ci-dessus.

141.4 MISE EN ŒUVRE

141.4.1 DISPOSITIONS GENERALES (*)

La mise en œuvre de l'injection des produits souples est assurée par une entreprise spécialisée répondant aux exigences des textes normatifs en vigueur (**).

L'entreprise spécialisée respecte les recommandations relatives aux opérations sur site (***) et bénéficie d'une certification émanant d'un organisme accrédité (*** *).

La mise en œuvre de l'injection des produits souples est effectuée sous la direction du CMP (*** **).

Le mode opératoire est défini dans la procédure d'exécution de l'injection.

COMMENTAIRES

141.4.2 OPÉRATIONS PRÉALABLES

141.4.3 TRANSPORT ET INJECTION

** Cette limitation est liée à la relaxation des aciers de précontrainte.*

*** Selon sa viscosité, la température d'injection d'une graisse est généralement comprise entre 50 °C et 100 °C ; celle d'une cire est comprise entre 80 °C et 100 °C.*

**** Une destruction (par cisaillement) de la structure de la graisse accroît le phénomène de ressuage.*

141.4.4 OPÉRATIONS POSTÉRIEURES À L'INJECTION

** Cf. article 113.2.4 du présent fascicule.*

TEXTE

141.4.2 OPÉRATIONS PRÉALABLES

Elles consistent à vérifier l'étanchéité des conduits de précontrainte et de leurs raccordements.

Dans le cas de la précontrainte extérieure, l'étanchéité est vérifiée, soit à l'air comprimé exempt d'eau, soit sous vide.

Dans le cas de la précontrainte intérieure, l'étanchéité est vérifiée sous vide.

141.4.3 TRANSPORT ET INJECTION

On utilise généralement des camions spécialement aménagés et équipés pour maintenir la température des produits souples et les injecter.

Lorsque les quantités de produits à injecter sont faibles, l'approvisionnement peut être effectué en fûts et d'autres dispositifs de chauffage doivent être envisagés.

La température des produits, limitée à 100 °C (*), doit être parfaitement homogène avant l'injection. La plage acceptable pour chaque type de produit est précisée dans la procédure d'exécution de l'injection (**).

L'injection des graisses nécessite un matériel spécifique permettant de maintenir l'intégrité de leur structure (***).

La pression d'injection des produits souples ne doit pas dépasser 1,5 MPa. Il convient de maintenir une pression comprise entre 0,5 MPa et 1 MPa pendant une durée de cinq minutes après la fin de l'injection.

141.4.4 OPÉRATIONS POSTÉRIEURES À L'INJECTION

Il est procédé à l'exécution des cachetages définitifs.

Dans le cas de la précontrainte extérieure, il peut être nécessaire de prévoir des vases d'expansion (*).

COMMENTAIRES

Article 142 : Cas particulier des torons protégés-gainés.

** Cf. commentaire (*** *) de l'article 102.1.1 du présent fascicule.*

Article 143 : Autres techniques de protection.

** Il s'agit par exemple de la protection des armatures de précontrainte par galvanisation (Cf. norme NF A 35-035) ou application directe d'un produit de protection.*

Ces techniques particulières doivent offrir des garanties équivalentes aux procédés traditionnels sans engendrer d'effets secondaires nocifs.

Article 144 : Maîtrise de la conformité

144.1.PROCÉDURE D'EXÉCUTION

** Il s'agit à la fois :*

– du petit matériel (flexibles de raccordement, joints d'étanchéité, clés, talkies-walkies, ...)

– des récipients destinés à la récupération du produit aux extrémités afin d'éviter les salissures,

– du matériel de chauffage, de stockage et d'injection du produit.

*** Afin de détecter le cas échéant les bouchons ou les fuites.*

**** Notamment les consignes d'hygiène et de sécurité relatives à la manutention des produits chauds.*

TEXTE

Article 142 : Cas particulier des torons protégés-gainés.

Les torons protégés-gainés doivent respecter le référentiel technique de l'ASQPE ou un référentiel équivalent et ce respect doit être certifié par un organisme de certification accrédité. (*).

Article 143 : Autres techniques de protection (*).

Ces techniques doivent être définies par des normes ou être soumises à une procédure d'agrément technique, spécifique de leur utilisation pour des armatures de précontrainte.

Article 144 : Maîtrise de la conformité

144.1.PROCÉDURE D'EXÉCUTION

La procédure d'exécution de l'injection, soumise au visa du maître d'œuvre, indique les moyens utilisés pour obtenir un remplissage correct des conduits. Elle précise notamment :

– les éléments d'identification des unités de précontrainte à injecter (repérage, numéro, longueur, ...) et l'ordre des opérations d'injection,

– la nature des orifices d'injection : ancrage, évent,

– le détail des raccordements,

– la liste et les caractéristiques du matériel (*) nécessaire,

– les valeurs minimale et maximale de la température d'injection,

– le volume de produit et la durée prévisible (**) d'injection pour chaque unité de précontrainte,

– la valeur de la pression d'injection et la durée du maintien en pression lorsque l'injection est terminée,

– les consignes à respecter (***) et les dispositions particulières à prendre en cas d'incident.

144.2 CONTRÔLE INTERIEUR

144.3 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

144.3 .1 ÉPREUVE DE CONVENANCE

** Cette épreuve de convenance est généralement associée à l'injection de la première unité de précontrainte. Elle permet éventuellement un ajustement des paramètres de l'injection (température, pression).*

144.3 .2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

** Une indication rapide, permettant de détecter une erreur de livraison, peut être obtenue par comparaison du spectre infra-rouge du produit livré à un spectre de référence déposé.*

144.2 CONTRÔLE INTERIEUR

L'attestation de conformité du produit livré est tenue à la disposition du maître d'œuvre.

La mise en œuvre de l'injection fait l'objet d'un contrôle selon les modalités prévues par le mode opératoire. Les vérifications portent sur :

– l'étanchéité des conduits,
– la température d'injection,
– la pression d'injection,
– la durée de maintien en pression à la fin de l'injection.

144.3 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

144.3 .1 ÉPREUVE DE CONVENANCE

Le maître d'œuvre s'assure, au vu des résultats de l'épreuve de convenance (*), que les moyens mis en œuvre permettent d'obtenir un remplissage correct des conduits.

144.3 .2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

Lorsqu'une épreuve de contrôle est demandée par le maître d'œuvre, elle consiste à vérifier la conformité (*) d'un ou plusieurs caractères du produit souple aux spécifications.

COMMENTAIRES

CHAPITRE 15 :

PEINTURES

Article 151 : Dispositions générales.

151.1 DOMAINE D'APPLICATION

** Dans ce chapitre, les règles relatives à la protection des ouvrages métalliques contre la corrosion, qui figurent dans le fascicule 56 du CCTG, ont été étendues aux ouvrages en béton.*

*** Il s'agit de travaux qui sont :*
– soit prévus au marché,
– soit rendus nécessaires en application de l'article 17.1 du présent fascicule (Reprise des imperfections ou des non-conformités éventuelles).

**** Par exemple, intérieurs de tunnels en couleurs claires ou balisage rouge et blanc de pylônes ou de phares.*

**** * Par exemple, pour l'entretien des tunnels.*

**** ** Par exemple, pour des écrans anti-bruit.*

151.2 GARANTIES PARTICULIÈRES

** Pour les ouvrages situés en ambiance tropicale, ou à l'intérieur, ou immédiatement sous le vent de complexes industriels ou chimiques, la durée de garantie est fixée par le CCAP.*

*** L'existence de ces garanties particulières n'a pas pour effet de retarder la libération des sûretés au-delà de l'expiration du délai de garantie (cf. article 44.3 - 2ème alinéa du CCAG).*

TEXTE

CHAPITRE 15 :

PEINTURES

Article 151 : Dispositions générales.

151.1 DOMAINE D'APPLICATION

Le présent chapitre (*) s'applique aux travaux de fourniture et de mise en œuvre (**) de systèmes de peinture sur bétons (généralement trois couches) afin d'améliorer :
– la protection du béton,
– la sécurité d'utilisation (***),
– la facilité de nettoyage et l'économie d'énergie (*** *),
– l'esthétique (*** **).

151.2 GARANTIES PARTICULIÈRES

Sauf stipulation différente du marché (*), les garanties particulières au sens de l'article 44.3 du CCAG (**) portent sur la tenue des produits et sur la tenue des couleurs des systèmes de peinture.

COMMENTAIRES

151.2.1 GARANTIES CONTRE LES DÉCOLLEMENTS, PELAGES ET CLOQUAGES

** Cf. la norme NF EN 4628, notamment la partie 2 pour les cloquages et la partie 5 pour les décollements et pelages.*

*** Par exemple poutre, pile, culée, etc.*

**** Tout en se référant à une figure géométrique simple (rectangle, carré, cercle ou triangle).*

**** * Ces durées de garanties peuvent être modulées en fonction des ambiances, des zones d'exposition particulières ou encore des conditions de service.*

Pour les tunnels, ne sont concernées que les parties lessivables ; les entrées et les sorties des tunnels peuvent être traitées comme des parties extérieures.

**** ** Les épaisseurs sèches désignées dans les tableaux sont celles décrites dans le marché.*

TEXTE

151.2.1 GARANTIES CONTRE LES DÉCOLLEMENTS, PELAGES ET CLOQUAGES

Pendant la durée de la garantie, il n'est pas toléré d'altérations telles que décollements, pelages et cloquages (*), à quelque niveau qu'ils se produisent, dont la superficie cumulée dépasse 1 % de la superficie de l'élément de référence.

La définition de la garantie fait appel à la notion de superficie de référence qui se rapporte aux éléments structurels de l'ouvrage ou de l'élément d'ouvrage (**). Sauf disposition différente du marché, elle a pour valeur :

– la superficie de l'élément structurel, si elle est inférieure à 1 m^2 ,

– sinon, une superficie de 1 m^2 représentative de l'élément considéré (***).

Les durées de garanties (*** *) contre les décollements, pelages et cloquages destructeurs, suivant que le béton est situé en atmosphère extérieure ou en ouvrages souterrains ou couverts, sont données dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1 : Durées de garanties contre les décollements, pelages et cloquages destructeurs.

	Bétons en extérieur		Parties visibles d'ouvrages souterrains ou couverts en béton
Épaisseur sèche du revêtement (*** **)	Peinture monocomposant	Peinture bicomposant	Peintures aptes à être lessivées
≥ 150 µm	4 ans	5 ans	-
≥ 300 µm	6 ans	8 ans	10 ans

COMMENTAIRES

**** *** Dans les contrats habituels, les assureurs précisent la durée de garantie.*

151.2.2 GARANTIES D'ASPECT

** Les garanties d'aspect sont indépendantes de l'épaisseur sèche du revêtement.*

*** Les normes concernées sont les suivantes :*
– NF T 34-554-1,-2 Peintures et vernis - Systèmes de peinture anti-corrosion - Stabilité dans le temps des caractéristiques colorimétriques d'une peinture de finition pour ouvrage métallique.
Partie 1 : Critères de performance.
Partie 2 : Détermination sur ouvrage en service.

**** Ce caractère est alors prévu dans le marché.*

Article152 : Dossier d'étude et procédure d'exécution.

152.1 DOSSIER D'ÉTUDE

TEXTE

Le prix du marché doit comprendre le coût supplémentaire d'une assurance spécifique (*** ***).

151.2.2 GARANTIES D'ASPECT (*)

Si le marché prévoit de telles garanties, elles ne sont applicables qu'aux parties exposées et visibles des ouvrages.

Les durées de garanties d'uniformité de la couleur (**) et de constance de la couleur (***) sont données dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Durées de garanties d'aspect.

	Peinture monocomposant	Peinture bicomposant
Uniformité de la couleur	Pas de garantie	5 ans
Constance de la couleur	Pas de garantie	3 ans

Pendant le délai de garantie, l'obligation d'entretien de l'entrepreneur comprend la réparation des revêtements.

Article 152 : Dossier d'étude et procédure d'exécution.

152.1 DOSSIER D'ÉTUDE

L'entrepreneur soumet le système de peinture proposé à l'acceptation du maître d'œuvre, avec les informations suivantes :
– désignation des produits,
– fiches techniques d'identification des produits,

COMMENTAIRES

152.2 PROCÉDURE D'EXÉCUTION

** Le délai minimal de deux mois est généralement nécessaire pour éviter la dégradation des produits par l'alcalinité du béton jeune.*

*** Pour le choix du système de peinture, se reporter à la liste des fiches des systèmes de peinture qualifiés pour béton, éditée par l'ACQPA.*

En cas d'utilisation d'un système n'ayant pas fait l'objet d'une fiche, l'attention est attirée sur la durée des épreuves d'étude (au moins quatre mois).

**** Les paramètres d'application comprennent notamment les conditions atmosphériques pendant l'application et la période de séchage, la température minimale et maximale du support, la préparation des produits, la dilution éventuelle, le mode d'application, les durées de séchage et les délais de recouvrement.*

Article 153 : Produits et matériaux

153.1 CHOIX

** Outre l'insensibilité aux alcalis, les critères de choix sont multiples :*
– nature de l'ouvrage ;
– objectifs fixés ;
– ambiance et conditions de service ;
– durée de vie souhaitée.

TEXTE

– fiches de sécurité des produits,
– références d'emploi,
– indication du nombre de couches,
– épaisseurs par couche et pour le système complet.

Si le marché le prescrit, ces éléments sont complétés par une épreuve d'étude.

152.2 PROCÉDURE D'EXÉCUTION

La procédure d'exécution précise :

– l'organisation et la répartition des différents postes de travail,
– les délais à respecter entre l'exécution du béton et l'application des produits [un délai minimal de deux mois est à respecter après coulage du béton (*)],
– les modalités de préparation du support,
– le système de peinture utilisé (**),
– les paramètres d'application (***),
– les points critiques et les points d'arrêt de l'exécution,
– les consignes à respecter et les dispositions particulières à prendre en cas d'incident ou de conditions climatiques défavorables.

Article 153 : Produits et matériaux.

153.1 CHOIX (*)

Les produits à utiliser sont proposés par l'entrepreneur compte tenu des stipulations du marché.

COMMENTAIRES

Ces différents critères sont développés dans le Guide technique du LCPC « Mise en peinture des bétons de génie civil » (1999).

L'ACQPA (Association pour la certification et la qualification en peinture anticorrosion) gère une procédure de certification des peintures pour les ouvrages de génie civil.

*** La fiche technique comporte notamment les informations suivantes :*

– la désignation du produit,
– la classification du produit conformément à la normalisation en vigueur (norme NF T 36-005 - Peintures et vernis. Classification des peintures, des vernis et des produits connexes),
– le domaine d'emploi,
– la préparation du produit,
– les paramètres d'application.

Le fascicule de documentation T 30-807 donne des éléments utiles à faire figurer dans une fiche descriptive de peinture.

La fiche de sécurité donne des renseignements quant à la toxicité des produits et recommande certaines précautions d'utilisation.

153.2 CONDITIONNEMENT

TEXTE

Les produits proposés doivent faire l'objet d'une fiche technique et d'une fiche de sécurité, délivrées par le fabricant, et donnant des indications (**) pour l'utilisation du produit.

153.2 CONDITIONNEMENT

Les produits sont livrés en récipients d'origine, hermétiques.

Il est fait mention des renseignements suivants sur l'étiquette apposée sur chaque récipient :
– le nom et l'adresse du fabricant,
– la dénomination commerciale,
– la nature de la composante Base ou Durcisseur (pour les produits bicomposant),
– le nom et l'adresse de l'usine de fabrication,

– la date de fabrication,
– le numéro du lot de fabrication,
– la date limite de péremption exprimée en clair,
– les masses ou les volumes (en net),
– les étiquetages de sécurité,
– les conditions particulières d'utilisation.

153.3 TRANSPORT, STOCKAGE ET MANUTENTION

153.3 TRANSPORT, STOCKAGE ET MANUTENTION

Le transport et la manutention, à partir du lieu de livraison jusqu'à la mise en œuvre, sont organisés de manière que les produits ne subissent pas d'altérations.

Tout récipient présentant des traces de fuite, ou dont l'étiquette qui permet l'identification manque, est rebuté et évacué hors du chantier.

Les produits sont stockés sur le chantier dans un local clos, couvert et sec pour les protéger des effets qui pourraient altérer leurs caractéristiques, tels que ceux de l'ensoleillement direct, de la température, de l'hygrométrie.

Les peintures et diluants sont séparés par nature de couche.

Le volume des produits en stock doit être suffisant pour que les conditions d'emploi des différents produits soient respectées pendant toute la durée du chantier.

153.4 CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ

153.4 CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ

** Le laboratoire chargé des essais est soumis à l'accord du maître d'œuvre.*

En dehors des opérations de contrôle ainsi définies, le maître d'œuvre peut procéder, à titre exceptionnel, à une vérification complémentaire de la qualité. En application de l'article 24.7 du CCAG, les frais afférents à cette vérification complémentaire sont à la charge du maître d'ouvrage.

Il doit être procédé sur chantier à une vérification systématique de la concordance des étiquettes avec les bons de commande.

Il doit être effectué un sondage de conformité (*) sur les lots approvisionnés en déterminant, par des essais, les caractéristiques d'identification rapide ou CIR (**) :
– la masse volumique,
– l'extrait sec,

COMMENTAIRES

*** La détermination des caractéristiques d'identification rapide a pour but de détecter, dès la livraison, si les formulations des peintures ont été modifiées.*

**** Les normes concernées sont les suivantes :*
– NF EN ISO 3251 (T 30-084) – Peintures, vernis et plastiques.
Détermination de l'extrait sec.
– NF T 30-094 - Peintures et vernis. -Peintures hydrodiluables - Détermination des teneurs en liant et en matières pulvérulentes.
– NF T 30-012 - Peintures.
Détermination du taux de cendres dans les vernis, peintures etpréparations assimilées.
– NF EN ISO 2811-1 (T30-020) Peintures et vernis
Détermination de la masse volumique – Partie 1 : méthode pycnométrique.

Article 154 : Mise en œuvre.

154.1 PRÉPARATION DU SUPPORT

** Les parements de béton peuvent être souillés par des huiles de décoffrage, des produits de cure, de la calcite, des coulures de rouille, des pollutions atmosphériques, des microorganismes, etc.*

*** Les solvants pénètrent dans le béton et peuvent entraîner avec eux certaines souillures. De plus, ils sont difficiles à éliminer complètement. Ils peuvent aussi nuire à l'adhérence de la peinture.*

**** Il est rappelé que l'abrasif proposé doit satisfaire aux prescriptions du décret n° 69.558 du 6 juin 1969 qui interdit l'emploi de produits contenant plus de 5% de silice libre, en raison des risques de silicose.*
Par ailleurs, divers décrets environnementaux imposent la récupération et le traitement de l'abrasif avant la mise en décharge :
– Directive 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil, du

TEXTE

– la teneur en cendres,
et en vérifiant leur conformité aux spécifications.

Ces essais sont réalisés conformément aux normes (***) en vigueur.

Si les résultats sortent des tolérances prévues par le plan qualité et qu'un second prélèvement confirme les premières valeurs, une analyse chimique complète peut être demandée par le maître d'œuvre.

Seule cette analyse permet de conclure à l'acceptation ou au rebut de la livraison.

Article 154 : Mise en œuvre.

154.1 PRÉPARATION DU SUPPORT

La préparation du support est effectuée conformément à la procédure d'exécution des travaux, éventuellement mise au point au cours de l'épreuve de convenance.

Pour le nettoyage préalable du support (*), l'usage de solvants et le lavage à l'acide sont interdits (**).

Dans le cas d'un décapage par projection d'abrasif, il est rappelé l'importance du choix de l'abrasif en liaison avec le matériel pour obtenir le degré de nettoyage requis (***). Ce décapage est suivi d'un dépoussiérage

4/12/2000, sur l'incinération des déchets,

– Directive 1999/31/CE du Conseil, du 26/04/1999, relative à la mise en décharge des déchets (JOCE du 16 juillet 1999),

– Arrêté du 20/09/2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux,

– Arrêté du 18/02/1994 modifiant l'arrêté du 18/12/1992 relatif au stockage de certains déchets spéciaux ultimes et stabilisés pour les installations existantes/nouvelles (JO du 26/04/1994),

– Arrêté du 09/09/1997 modifié relatif aux installations de stockage de déchets ménagers et assimilés (JO des 2/10/1997, 2/03/2002 et 19/04/2002),

– Guide technique relatif aux installations de stockage de déchets inertes, MATE, édition avril 2001.

**** * Les pressions d'eau à utiliser (valeur fixée au niveau du compresseur) dans un objectif de décapage sont comprises entre 40 et 100 MPa.*

Les pressions de l'ordre de 15 à 40 MPa ne permettent qu'un nettoyage du support et les pressions supérieures à 100 MPa sont déconseillées car généralement trop agressives vis-à-vis du béton.

Dans le cas d'un décapage à l'eau sous pression, il est rappelé l'importance du choix de la pression (*** *). Il est ensuite primordial que le support soit suffisamment sec en regard des systèmes de peinture à appliquer.

**** ** Pour éviter de compromettre la tenue et l'aspect de la peinture, les défauts du béton tels que les bullages, les nids de sable et les microfissures sont à corriger à l'aide d'un produit de ragréage employé localement ou de manière généralisée.*

En cas de ragréage (*** **), les méthodes et produits utilisés doivent être compatibles avec le système de peinture.

154.2 PRÉPARATION DES PRODUITS

154.2 PRÉPARATION DES PRODUITS

** Il est indispensable de respecter les dosages indiqués par le fournisseur pour la préparation des produits bicomposant.*

En cas d'ajout de diluants, éventuellement nécessaires compte tenu du mode d'application (brosse, rouleau, pistolet à air, pistolet sans air), il convient de n'utiliser que le diluant indiqué dans la fiche technique de produit.

Les produits sont préparés en fonction des dispositions de la fiche technique (*) du fabricant, en ayant pris connaissance de la fiche de sécurité. Si le mode de préparation est modifié au cours de l'épreuve de convenance, la modification doit alors être précisée dans le plan qualité.

COMMENTAIRES

Les produits doivent être parfaitement homogénéisés à l'aide d'un agitateur électrique ou pneumatique.

La fiche technique indique notamment les conditions atmosphériques à respecter pendant la préparation des produits.

154.3 MODE D'EXÉCUTION

** Des thermomètres et des hygromètres enregistreurs sont placés en permanence à proximité immédiate des emplacements de travail. Connaissant les deux paramètres, température et hygrométrie relative, le point de rosée se déduit à l'aide d'un abaque.*

*** Les températures minimale et maximale de l'atmosphère ambiante généralement admises pour l'application d'un système de peinture sont respectivement égales à 7 °C et à 35 °C.*

**** Le pourcentage d'hygrométrie relative de l'atmosphère ambiante doit être inférieur à 85 %.*

154.3.1 HUMIDITÉ DU SUPPORT

** Si une technique de séchage de la surface du béton est envisagée, elle doit être conduite avec prudence : n'utiliser que de l'air sec ou un rayonnement infrarouge.*

154.3.2 DUREES DE SÉCHAGE ET DELAIS DE RECOUVREMENT

TEXTE

154.3 MODE D'EXÉCUTION

Les produits sont mis en œuvre conformément aux dispositions de la procédure d'exécution des travaux établie en fonction de la fiche technique du fabricant, avec éventuellement une mise au point apportée au cours de l'épreuve de convenance.

La mise en œuvre ne peut se faire que si :

– la température du subjectile est supérieure ou égale à la température de rosée + 3° C (*). Elle est inférieure à la température maximale d'utilisation du produit donnée dans la fiche technique du fabricant ;

– la température de l'atmosphère ambiante est comprise dans la limite d'utilisation fixée dans la fiche technique du fabricant (**) ;

– le pourcentage d'hygrométrie relative de l'atmosphère ambiante est comprise dans la limite d'utilisation fixée dans la fiche technique du fabricant (***).

154.3.1 HUMIDITÉ DU SUPPORT

L'application des produits est interdite par temps de pluie et sur des surfaces ruisselantes.

Le séchage à la flamme est interdit (*).

154.3.2 DUREES DE SÉCHAGE ET DELAIS DE RECOUVREMENT

La mise en œuvre doit respecter les durées de séchage après les préparations de support et le ragréage éventuel.

COMMENTAIRES

Article 155 : Maîtrise de la conformité.

TEXTE

Les durées de séchage et les délais de recouvrement, pour les différentes couches, sont indiqués dans la fiche technique rédigée par le fabricant.

Pendant la durée de séchage de chacune des couches de peintures, aucune projection ou souillure diverse ne doit se produire (mise en place de bâches).

Article 155 : Maîtrise de la conformité.

Le plan qualité établi suivant les dispositions du chapitre 2 et de l'article 34 du présent fascicule inclut pour ce qui concerne les peintures les dispositions particulières suivantes :

– les tolérances sur les caractéristiques d'identification rapide ou CIR (Cf. article 153.4),

– les éventuelles modifications du mode de préparation des produits (Cf. article 154.2),

– les modalités du contrôle interne de la préparation du support et de la mise en œuvre.

Les vérifications sont effectuées pendant les phases successives et commandent le passage d'une phase à la phase suivante. Ces vérifications portent sur :

– la préparation du support : produits et matériels utilisés,

– l'état de surface avant tout commencement d'application,

– la préparation des produits :
- proportions des mélanges,
- ajout éventuel de diluants,
- homogénéisation,
- respect du temps de mûrissement,

– l'application des produits :
- matériel utilisé,
- conditions atmosphériques,

COMMENTAIRES

Article 156 : Contrôle extérieur.

156.1 ÉPREUVES DE CONVENANCE

156.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

TEXTE

• quantités mises en œuvre,
• épaisseur humide appliquée,
• durées de séchage et délais de recouvrement des différentes couches.

Article 156 : Contrôle extérieur.

Le maître d'œuvre s'assure de l'exécution du contrôle interne dans les conditions définies par le plan qualité.

156.1 ÉPREUVES DE CONVENANCE

L'entrepreneur prend les dispositions nécessaires pour la réalisation des épreuves de convenance qui consistent à effectuer, dans les conditions du chantier, une préparation du support et un essai d'application des produits sur une surface représentative de l'ouvrage, choisie par le maître d'œuvre en accord avec l'entrepreneur.

Cet essai permet de vérifier que les dispositions prévues conduisent à des résultats conformes aux prescriptions du marché.

La convenance porte sur les opérations suivantes :
– mode de préparation du support,
– modalités d'application des produits.

Si les résultats obtenus au cours de ces épreuves ne sont pas probants, l'entrepreneur propose les modifications nécessaires pour arriver aux résultats spécifiés.

156.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

Le maître d'œuvre fait procéder au contrôle de conformité qui porte sur l'aspect final, la couleur et, s'il y a lieu, sur l'adhérence du revêtement.

Les contrôles d'aspect sont effectués conformément aux critères définis par le marché.

COMMENTAIRES

** La surface étalon peut être une plaquette, ou une partie de la surface réalisée lors de l'épreuve de convenance.*

Cf. norme NF T 34-554-1, et -2.

*** L'attention est attirée sur le caractère destructif de cet essai.*

TEXTE

Le contrôle de la couleur est effectué en déterminant les caractéristiques colorimétriques et en les comparant à celles déterminées sur une surface étalon (*).

Le contrôle d'adhérence est réalisé suivant les critères du marché (**).

COMMENTAIRES

CHAPITRE 16 :

TOLÉRANCES SUR L'OUVRAGE FINI

Article 161 : Généralités

** Ces tolérances sont à considérer comme des valeurs absolues susceptibles de venir en plus ou en moins, par rapport à la valeur nominale concernée.*

Les tolérances générales (notamment d'implantation) sont fixées par le marché ou par des textes particuliers aux différents types d'ouvrages. Elles dépendent de la nature des ouvrages :

– ouvrages isolés sans liaison dimensionnelle impérative avec d'autres ouvrages ou installations ;

– ouvrages nécessitant une liaison dimensionnelle impérative avec d'autres ouvrages.

Le marché fixe le cas échéant les tolérances sur les pièces incorporées ou scellées au béton.

*** Il s'agit ici d'exigences de résultats portant sur l'ensemble de la construction. Les tolérances particulières (résultats intermédiaires) figurent dans les articles précédents (coffrages, armatures). Ces tolérances s'entendent à la date de réception de l'ouvrage, en l'absence de charges d'exploitation.*

Les tolérances de forme relatives aux parements sont définies à l'article 62.1 du présent fascicule.

**** Des tolérances différentes peuvent être :*

– soit plus sévères, par exemple pour l'assemblage d'éléments

TEXTE

CHAPITRE 16 :

TOLÉRANCES SUR L'OUVRAGE FINI

Article 161 : Généralités

Plusieurs catégories de tolérances géométriques sont à distinguer :

– les tolérances dites générales sur l'implantation et les dimensions générales des ouvrages ;

– les tolérances dites tolérances élémentaires sur des dimensions, orientations ou états de surface locaux.

Ces diverses tolérances (*) s'appliquent aussi bien aux dimensions des ouvrages que des équipements qui leur sont liés.

Les tolérances traitées dans le présent article sont des tolérances élémentaires concernant les dimensions et formes des ouvrages définies par les dessins d'exécution (**).

Les valeurs admissibles sont, sauf prescriptions contraires du marché (***), indiquées ci-après.

Si plusieurs tolérances peuvent s'appliquer, la plus sévère est retenue.

préfabriqués, pour les parties d'ouvrages devant recevoir des équipement métalliques, pour les tracés conditionnant la stabilité de la structure ou l'aptitude de l'ouvrage à sa destination ;

– soit adoucies, lorsque aucune raison de sécurité, d'aspect ou d'utilisation ne s'y oppose.

Article 162 : Tolérances générales de dimension.

** Pour une poutre, les dimensions en cause sont la longueur, la hauteur et l'épaisseur de l'âme. Pour une dalle, on considère son épaisseur et ses dimensions en plan (longueur, largeur, diagonales).*

Article 163 : Défaut d'aplomb.

Article 164 : Tolérance de rectitude.

** Les tolérances fixées ne tiennent pas compte des déformations différées (retrait et fluage) du béton, et ont trait à la correction locale de la géométrie des ouvrages.*

Article 162 : Tolérances générales de dimension.

La tolérance sur toute dimension *d* exprimée en centimètres et mesurée entre parements opposés, arêtes ou intersections d'arêtes (*), est donnée par la formule suivante :

0,07 $\sqrt{d}$ cm , avec minimum de 1 cm et maximum de 7 cm.

Article 163 : Défaut d'aplomb.

Le défaut d'aplomb admissible d'un élément de hauteur *h* exprimée en centimètres, voisin de la verticale, est égal à :

$\sqrt{h}$ / 7 cm

Article 164 : Tolérance de rectitude.

La tolérance de rectitude sur une arête ou génératrice rectiligne est caractérisée par la flèche admissible sur tout segment de longueur *L* exprimée en centimètres de cette arête ou génératrice. La tolérance en cause est égale à la plus grande des deux valeurs (*) :

$\sqrt{L}$ / 20 cm en élévation ou $\sqrt{L}$ / 10 cm en plan, et de 1 (un) cm.

Pour des arêtes courbes, les tolérances sont fixées par analogie.

CHAPITRE 17 :

ACHÈVEMENT DE L'OUVRAGE

Article 171 : Reprise des imperfections ou des non-conformités éventuelles

171.1 GÉNÉRALITÉS

** En vertu de l'article 44 du CCAG, l'entrepreneur est tenu à l'obligation de parfait achèvement.*

*** Lorsque les défauts, sans porter atteinte à la sécurité, au comportement ou à l'utilisation de l'ouvrage, portent atteinte à la qualité de l'aspect (Cf. article 171.3), la mise en conformité doit être recherchée avant de recourir à la proposition de réfaction prévue par l'article 41.7 du CCAG.*

Il est rappelé également que l'article 39.2 du CCAG, en cas de démolition, met à la charge de l'entrepreneur les dépenses correspondant au rétablissement de l'intégrité de l'ouvrage ou sa mise en conformité avec les règles de l'art et les stipulations du marché, sans préjudice de l'indemnité à laquelle le maître de l'ouvrage peut prétendre.

Il en est de même des dépenses résultant des opérations ayant permis de mettre en évidence les défauts (notes de calcul, essais).

CHAPITRE 17 :

ACHÈVEMENT DE L'OUVRAGE

Article 171 : Reprise des imperfections ou des non-conformités éventuelles

171.1 GÉNÉRALITÉS

En cas de non conformité de tout ou partie de l'ouvrage aux dispositions du marché, après reconnaissance et analyse des défauts ou désordres et avant tout début d'exécution d'une nouvelle reprise, l'entrepreneur établit une fiche d'anomalie analysant la non-conformité, propose au maître d'œuvre les réparations (nature et consistance) à effectuer (*) et, s'il y a lieu, met à jour le plan qualité.

Les réparations sont à la charge de l'entrepreneur (**).

COMMENTAIRES

171.2 DÉFAUTS DE NATURE À PORTER ATTEINTE À L'INTEGRITE STRUCTURELLE

** Voir aussi les articles 86.2 et 107.2.2 du présent fascicule.*

*** Il est impossible de donner un ensemble de prescriptions applicables à chaque cas particulier ; le présent article ne constitue donc qu'un schéma des mesures susceptibles d'être prises. Par exemple :*

– les défauts localisés sont souvent réparables en tant que tels ;
– les déformations ou fissures anormales nécessitent une recherche des causes ;
– en cas de doute, la résistance du béton peut être contrôlée in situ (carottages, par exemple) ;
– si les hypothèses des notes de calcul diffèrent sensiblement des valeurs réelles, il convient de modifier celles-ci et d'en tirer les conséquences ; cela peut concerner les caractéristiques des matériaux, les dimensions ou tracés, la mise en œuvre de poids supplémentaires (tels que renformis).

**** Les procédés de réparation ou de renforcement ne doivent pas porter atteinte à la qualité d'aspect.*

171.3 DÉFAUTS D'ASPECT - RAGRÉAGES

** Des informations peuvent être trouvées dans le guide technique « Défauts d'aspect des parements en béton » (LCPC 1991).*

*** Les dépassements des tolérances de tracé peuvent faire l'objet de corrections, à condition que la sécurité, la capacité portante de l'ouvrage ainsi que le confort des usagers ne soient pas en cause. Des corrections en trompe l'œil (sur corniches ou garde-corps) doivent être préférées dans toute la mesure du possible à des recharges qui peuvent diminuer la capacité portante de l'ouvrage.*

TEXTE

171.2 DÉFAUTS DE NATURE À PORTER ATTEINTE À L'INTEGRITE STRUCTURELLE (*)

Il s'agit de défauts susceptibles de compromettre la sécurité, la durabilité ou le comportement de l'ouvrage.

Les mesures à prendre par l'entrepreneur sont notamment (**) :
– la mise en place des dispositifs éventuellement nécessaires pour assurer la sécurité des personnes ;
– le relevé détaillé des défauts ;
– la recherche des causes en s'appuyant (en tant que de besoin) sur des essais, investigations ou calculs complémentaires ;
– l'évaluation des conséquences possibles à plus ou moins long terme ;
– la mise au point d'un dossier de réparations assorti de toutes les justifications nécessaires (***).

Sur la base de ces études communiquées au maître d'œuvre, il appartient à celui-ci :
– soit d'accorder son visa au projet de réparations, avec ses observations éventuelles ;
– soit de prescrire la démolition de tout ou partie de l'ouvrage.

171.3 DÉFAUTS D'ASPECT (*) - RAGRÉAGES

Ces défauts concernent la géométrie de l'ouvrage (**), la texture ou la couleur des parements.

Les défectuosités mineures peuvent être corrigées par dégraissage, lavage, rabotage, meulage.

Toute réparation concernant un parement est effectuée avec les précautions définies à l'article 65.5 du présent fascicule, et soumise à la décision du maître d'œuvre.

COMMENTAIRES

Article 172 : Nettoyage final

** Il convient en particulier :*

– d'éliminer les divers détritus, coulures de laitance, aussi bien extérieurement qu'intérieurement ;

– de dégager les appareils d'appui, joints de dilatation, conduits d'évacuation des eaux ou d'aération.

TEXTE

Article 172 : Nettoyage final

En fin de chantier l'entrepreneur effectue le nettoyage de l'ensemble de l'ouvrage. Il assure en particulier le dégagement des espaces prévus pour assurer librement les mouvements des structures (*).

ANNEXE A AU TEXTE (ANNEXE CONTRACTUELLE)

NORMES APPLICABLES AUX TRAVAUX RÉGIS PAR LE FASCICULE 65 DU CCTG (citées dans le texte)

Le CCTP doit compléter la présente liste pour tenir compte des normes applicables à ces travaux et homologuées après l'établissement de cette annexe.

Conformément à l'article 23.1 du CCAG-travaux, les normes applicables sont celles en vigueur le premier jour du mois d'établissement des prix.

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
92.3	Règles communes pour les produits préfabriqués en béton	NF EN 13369	P19-800	91.100.30	HOM
112.2.2,1	Systèmes de management de la qualité – Exigences	NF EN ISO 9001	X50-131	03.120.10	HOM
141.2.1	Graisses lubrifiantes - Détermination du point de goutte	NF T60-102	T60-102	75.100	HOM
141.2.2	Détermination des points d'éclair et de feu - Méthode Cleveland à vase ouvert	NF EN 2892	T60-118	75.080	HOM
141.2.2	Produits pétroliers - Détermination de la pénétrabilité au cône des produits paraffineux	NF T60-119	T60-119	75.140	HOM
141.2.2	Produits pétroliers - Détermination du point de figeage des paraffines, des cires, des vaselines et des pétrolata issus du pétrole	NF T60-128	T60-128	75.140	HOM
141.2.1	Produits pétroliers - Pénétrabilité au cône et résistance à l'eau des graisses lubrifiantes	NF T60-132	T60-132	75.100	HOM
141.2.1	Methods of test for petroleum and its products – Part 121 : determination of oil separation from lubricating grease - Pressure filtration method	BS 2000-121			
141.2.1	Standard Test Method for Oxidation Stability of Lubricating Greases by the Oxygen Pressure Vessel Method	ASTM D 942			
141.2.1	Standard Test Method for Detection of Copper Corrosion from Lubricating Grease	ASTM D 4048			
141.2.2	Methods of test for petroleum and its products – Part 121 : determination of oil separation from lubricating grease - Pressure filtration method	BS 2000-121			
141.2.2	Standard Test Method for Oxidation Stability of Lubricating Greases by the Oxygen Pressure Vessel Method	ASTM D 942			
141.2.2	Standard Test Method for Detection of Copper Corrosion from Lubricating Grease	ASTM D 4048			
141.2.2	Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus	ASTM B117			

NORMES APPLICABLES AUX TRAVAUX RÉGIS PAR LE FASCICULE 65 DU CCTG (citées dans les commentaires)

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
71.1	Aciers pour béton armé – Barres et couronnes lisses, à verrous ou à empreintes en acier inoxydable	XP A35-014	A35-014	77.140.15 77.140.20	EXP
71.1	Aciers pour béton armé - Aciers soudables lisses - Barres et couronnes	NF A35-015	A35-015	77.140.60 91.080.40	HOM
71.1	Aciers pour béton armé – Aciers soudables à verrous Partie 1 : Barres et couronnes	NF A35-016-1	A35-016-1	91.080.40	HOM
71.1	Aciers pour béton armé - Aciers soudables à verrous Partie 2 : Treillis soudés	NF A35-016-2	A35-016-2	91.080.40	HOM
71.1	Aciers pour béton armé - Aciers soudables à empreintes Partie 1 : Barres et couronnes	NF A35-019-1	A35-019-1	91.080.40	HOM
71.1	Aciers pour béton armé - Aciers soudables à empreintes Partie 2 : Treillis soudés	NF A35-019-2	A35-019-2	91.080.40	HOM
71.2 ; 73.2	Produits en acier - Dispositifs de raboutage ou d'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé - Partie 1 : Prescriptions relatives aux performances mécaniques	NF A35-020-1	A35-020-1	91.080.40	HOM
71.2 ; 73.2	Produits en acier - Dispositifs de raboutage ou d'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé - Partie 2 : Méthodes d'essai	NF A35-020-2	A35-020-2	77.140.15 91.080.40	HOM
71.1	Aciers pour béton - Fils soudables utilisés pour la fabrication d'armatures pour béton	NF A35-021	A35-021	91.080.40	HOM
71.1	Aciers pour béton - Treillis soudés constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm	NF A35-024	A35-024	91.080.40	HOM
71.1	Produits en acier - Barres et couronnes pour béton armé galvanisés à chaud – Fils destinés à la fabrication d'armatures pour béton armé galvanisés à chaud	XP A35-025	A35-025	91.080.40	EXP
71.3 ; 71.5	Produits en acier pour béton armé - Armatures	NF A35-027	A35-027	77.140.15 91.080.40	HOM
72.2 ; 72.3	Produits en acier pour béton armé - Armatures	NF A35-027			
72.4	Produits en acier pour béton armé - Armatures	NF A35-027			
143.	Produits en acier - Fils lisses et torons de précontrainte à 7 fils revêtus par immersion à chaud de zinc ou d'alliage zinc-aluminium	NF A35-035	A35-035	77.140.65 91.080.40	HOM
112.2.2,2	Tubes sans soudure en acier pour service sous pression - Conditions techniques de livraison - Partie 1 : tubes en acier non allié avec caractéristiques spécifiées à température ambiante	NF EN 10216-1	A49-200-1	23.040.10 77.140.75	HOM

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
112.2.2,2	Tubes soudés en acier pour service sous pression - Conditions techniques de livraison - Partie 1 : tubes en acier non allié avec caractéristiques spécifiées à température ambiante	NF EN 10217-1	A49-201-1	23.040.10 77.140.75	HOM
112.2.2,2	Tubes de précision en acier - Conditions techniques de livraison - Partie 3 : tubes soudés calibrés	NF EN 10305-3	A49-300-3	77.140.75	HOM
112.2.2,2	Profils creux pour la construction formés à froid en aciers de construction non alliés et à grains fins - Partie 1 : conditions techniques de livraison - Partie 2 : tolérances, dimensions et caractéristiques du profil	NF EN 10219	A49-540	77.140.75	HOM
31.1	Dessins d'architecture, de bâtiment et de génie civil - Principes généraux - Principes de représentation	NF P02-001	P02-001	01.100.30	HOM
59.1	Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures	NF EN 1990 et son annexe nationale NF P06-100-2	P06-100-1 P06-100-2	91.010.30 91.080.01	HOM HOM
59.2.3.1	Eurocode 1 : actions sur les structures - Partie 1-6 : actions générales – Actions en cours d'exécution (§ 4.11.2 "Charges de construction lors du coulage du béton" et tableau 2)	NF EN 1991-1-6	P06-116-1	91.010.30	HOM
59.2.3.2	Eurocode 1 : actions sur les structures - Partie 1-6 : actions générales – Actions en cours d'exécution	NF EN 1991-1-6	P06-116-1	91.010.30	HOM
82.1	Liants hydrauliques - Guide d'utilisation des ciments	P15-010	P15-010	91.100.10	FD
82.1	Ciment - Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants	NF EN 197-1	P15-101-1	91.100.10	HOM
131.1	Article 9.2.3 - Critères de conformité applicables à chacun des résultats	NF EN 197-1	P15-101-1		
82.1	Liants hydrauliques - Ciments à usage tropical - Composition, spécifications et critères de conformité.	NF P15-302	P15-302	91.100.10	HOM
85.1.B		NF P15-302	P15-302		
81.2.2	Liants hydrauliques - Ciments pour travaux à la mer	NF P15-317	P15-317	91.100.10	HOM
82.1		NF P15-317	P15-317		
81.2.2	Liants hydrauliques - Ciments à teneur en sulfures limitée pour béton précontraint	NF P15-318	P15-318	91.100.10	HOM

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
82.1		NF P15-318	P15-318		
121.		NF P15-318	P15-318		
81.2.2	Liants hydrauliques - Ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates	XP P15-319	P15-319	91.100.10	EXP
82.1		XP P15-319	P15-319		
131.2	Méthodes d'essais des ciments - Partie 1 : détermination des résistances mécaniques	NF EN 196-1	P15-471-1	91.100.10	HOM
81.2.2	Bétons - Classification des environnements agressifs	P18-011	P18-011	91.100.30	FD
82.6	Cendres volantes pour béton - Partie 1 : définition, spécifications et critères de conformité (coexiste avec la NF EN 450 d'Octobre 1995 jusqu'au 1/01/2007)	NF EN 450-1	P18-050-1	91.100.30	HOM
131.		NF EN 445	P18-140		
131.2	Coulis pour câbles de précontrainte - Méthode d'essais	NF EN 445	P18-140	91.100.30	HOM
131.	Coulis pour câbles de précontrainte - Procédures d'injection de coulis	NF EN 446	P18-141	91.100.30	HOM
131.	Coulis pour câbles de précontrainte - Prescriptions pour les coulis courants	NF EN 447	P18-142	91.100.30	HOM
102.2.1.a	Gaines en feuillard d'acier pour câbles de précontrainte - Terminologie, prescriptions, contrôle de qualité	NF EN 523	P18-160	77.140.75 91.080.40	HOM
102.2.1.a	Gaines de catégorie 2 selon la classification de la NF EN 523	NF EN 523	P18-160		
102.2.1.a	Gaines en feuillard d'acier pour câbles de précontrainte - Méthodes d'essai – Partie 1 : détermination de la forme et des dimensions	NF EN 524-1	P18-161	77.140.75 91.080.40	HOM
102.2.1.a	Gaines en feuillard d'acier pour câbles de précontrainte - Méthodes d'essai – Partie 2 : détermination du comportement à la flexion	NF EN 524-2	P18-162	77.140.75 91.080.40	HOM
102.2.1.a	Gaines en feuillard d'acier pour câbles de précontrainte - Méthodes d'essai – Partie 3 : essai de flexion dans les deux sens	NF EN 524-3	P18-163	77.140.75 91.080.40	HOM
102.2.1.a	Gaines en feuillard d'acier pour câbles de précontrainte - Méthodes d'essai – Partie 4 : détermination de la résistance aux charges latérales	NF EN 524-4	P18-164	77.140.75 91.080.40	HOM
102.2.1.a	Gaines en feuillard d'acier pour câbles de précontrainte - Méthodes d'essai – Partie 5 : détermination de la résistance à la traction	NF EN 524-5	P18-165	77.140.75 91.080.40	HOM
102.2.1.a	Gaines en feuillard d'acier pour câbles de précontrainte - Méthodes d'essai – Partie 6 : détermination de l'étanchéité (détermination des pertes en eau).	NF EN 524-6	P18-166	77.140.75 91.080.40	HOM

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
82.3	Eau de gâchage pour bétons - Spécifications d'échantillonnage, d'essais et d'évaluation de l'aptitude à l'emploi, y compris les eaux des processus de l'industrie du béton, telle que l'eau de gâchage pour béton	NF EN 1008	P18-211	91.100.30	HOM
82.5	Adjuvants pour béton, mortier et coulis - Méthodes d'essais	NF EN 480-1	P18-310	91.100.10 91.100.15 91.100.30	HOM
81.	Béton - Partie 1 : spécification, performances, production et conformité	NF EN 206-1	P18-325-1	91.080.40 91.100.30	HOM
81.	Chapitre 6 - "Spécifications du béton"	NF EN 206-1	P18-325-1		
81.	L'annexe nationale NF (à la NF EN 206-1) est incluse dans le corps du texte de la NF EN 206-1	NF EN 206-1	P18-325-1		
81.2.1	Article 4.1 - Classes d'exposition en fonction des actions dues à l'environnement	NF EN 206-1	P18-325-1		
81.2.2	Tableau NAF.1 (Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition) ou 2 (valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton des produits en béton …)	NF EN 206-1	P18-325-1		
81.3	Article 4.3. - Béton durci	NF EN 206-1	P18-325-1		
81.3	Article 5.5. - Exigences pour le béton durci	NF EN 206-1	P18-325-1		
81.4	Article 6.2.2 - Données de base	NF EN 206-1	P18-325-1		
81.4	Article NA 5.4.1 - Consistance	NF EN 206-1	P18-325-1		
81.5	Article 4.2. - Béton frais	NF EN 206-1	P18-325-1		
81.6	Tableau 10 (Teneur maximale en ions chlorure du béton) de l'article 5.2.7 (Teneur en chlorures) de l'annexe nationale	NF EN 206-1	P18-325-1		
82.5	Définition de ces ajouts (NA.3.1.47) et règles d'emploi (NA .5.1.7)	NF EN 206-1	P18-325-1		
82.5	Vérification de l'effet lié à l'adjonction de l'agent de cohésion par l'intermédiaire d'un essai préliminaire	NF EN 206-1	P18-325-1		
83.1		NF EN 206-1	P18-325-1		
85.1.B	Annexe A - Essai initial	NF EN 206-1	P18-325-1		
86.1.2.A	Article NA.5.4.1 (Consistance) et tableau 11 (Tolérances relatives aux valeurs cibles de consistance)	NF EN 206-1	P18-325-1		

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
86.1.2.C	Paragraphes 5.4 (Exigences pour le béton frais), 5.5 (Exigences pour le béton durci), 8.2.2 (Contrôle de conformité de la résistance à la traction par fendage) et 8.2.3 (Contrôle de conformité pour les propriétés autres que la résistance)	NF EN 206-1	P18-325-1		
86.1.2.C	Tableaux 16 (Critères de conformité pour la résistance à la traction par fendage), 17 (Critères de conformité pour les propriétés autres que la résistance), 18 (Critères de conformité applicables à la consistance), 19a et 19b),	NF EN 206-1	P18-325-1		
86.3	Tableau 14 (Critères de conformité pour les résultats d'essai de résistance à la compression)	NF EN 206-1	P18-325-1		
89.1		NF EN 206-1	P18-325-1		
92.3		NF EN 206-1	P18-325-1		
131.1		NF EN 206-1	P18-325-1		
82.4	Adjuvants pour béton, mortier et coulis - Partie 2 : adjuvants pour béton - Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage	NF EN 934-2	P18-342	91.100.10 91.100.30	HOM
82.5		NF EN 934-2	P18-342		
82.5	Catégorie "rétenteur d'eau" de la norme NF EN 934-2	NF EN 934-2	P18-342		
82.5	Article 4 - Exigences	NF EN 934-2	P18-342		
131.1	Adjuvants pour béton, mortier et coulis - Adjuvants pour coulis pour câbles de précontrainte - Partie 4 : définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage	NF EN 934-4	P18-344	91.100.10 91.100.30	HOM
131.1	Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis - Coulis courants d'injection pour précontrainte - Détermination de la fausse prise (essai de Tusschenbroeck)	NF P18-363	P18-363	91.100.10 91.100.30	HOM
131.2	Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis - Coulis courants d'injection pour précontrainte - Essai d'absorption capillaire	P18-364	P18-364	91.100.10 91.100.30	EXP
84.6.2	Adjuvants - Produits de cure pour bétons et mortiers - Définition, spécifications et marquage	NF P18-370	P18-370	91.100.10 91.100.30	HOM
84.6.2	Adjuvants - Produits de cure pour bétons et mortiers - Détermination du coefficient de protection	NF P18-371	P18-371	91.100.10 91.100.30	HOM
103.3.2	Bétons - Essai d'information - Confection et conservation des éprouvettes	NF P18-405	P18-405	91.100.30	HOM
81.2.2	Béton - Essai d'écaillage des surfaces de béton durci exposées au gel en présence d'une solution saline	XP P18-420	P18-420	91.100.30	EXP
92.3		XP P18-420	P18-420		

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
81.2.2	Bétons - Essai de gel sur béton durci - Gel dans l'eau - Dégel dans l'eau	P18-424	P18-424	19.040 91.100.30	EXP
81.8		P18-424	P18-424		
92.3		P18-424	P18-424		
81.2.2	Bétons - Essai de gel sur béton durci - Gel dans l'air - Dégel dans l'eau	P18-425	P18-425	19.040 91.100.30	EXP
81.8		P18-425	P18-425		
92.3		P18-425	P18-425		
89.3	Essai pour béton frais - Partie 3 : essai Vébé	NF EN 12350-3	P18-429	91.100.30	HOM
89.3	Essai pour béton frais - Partie 2 : essai d'affaissement	NF EN 12350-2	P18-439	91.100.30	HOM
124.3.3	Essai pour béton durci - Partie 3 : résistance à la compression des éprouvettes	NF EN 12390-3	P18-455	91.100.30	HOM
89.1	Béton - Guide d'application des méthodes d'essais	FD P18-457	P18-457	91.080.40 91.100.30	FD
82.6	Additions pour béton hydraulique - Fumées de silice	NF P18-502	P18-502	91.100.30	HOM
82.6	Fumée de silice pour béton - Partie 1 : définitions, exigences et critères de conformité	NF EN 13263-1	P18-502-1	91.100.30	HOM
62.1.2	Surfaces et parements de béton - Éléments d'identification (paragraphes 5.1 "Planéité", 5.2 "Texture" et 6 "Exemples de désignation")	P18-503	P18-503	91.100.30	FD
62.1.3	Surfaces et parements de béton - Éléments d'identification	P18-503	P18-503	91.100.30	FD
82.6	Additions pour béton hydraulique - Laitier vitrifié moulu de haut-fourneau	NF P18-506	P18-506	91.100.30	HOM
82.6	Additions pour béton hydraulique - Additions calcaires - Spécifications et critères de conformité.	NF P18-508	P18-508	91.100.30	HOM
82.6	Additions pour béton hydraulique - Additions siliceuses - Spécifications et critères de conformité	NF P18-509	P18-509	91.100.30	HOM
62.2.3,2	Granulats - Éléments de définition, conformité et codification	XP P18-545	P18-545	91.100.15	EXP
82.2	Granulats - Éléments de définition, conformité et codification	XP P18-545	P18-545	91.100.15	EXP
82.2	Article 10.7 - Application à certains usages	XP P18-545	P18-545		
82.2	Limite Ls16	XP P18-545	P18-545		
82.2	Note de l’article 10.3.4 - Soufre total	XP P18-545	P18-545		
82.6		XP P18-545	P18-545		

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
82.7	Article 10.3.3 - Alcali-réaction	XP P18-545	P18-545		
82.2	Granulats pour béton	NF EN 12620	P18-601	91.100.15 93.080.20	HOM
73.1.2	Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : règles générales et règles pour les bâtiments (Section 4 : durabilité et enrobage des armatures)	NF EN 1992-1-1	P18-711-1	91.010.30 91.080.40	HOM
84.3	Paragraphe 6.2.5 de la NF EN 1992-1-1, "cisaillement le long des surfaces de reprise"	NF EN 1992-1-1	P18-711-1		
88.1.2	Annexe B (Déformations dues au fluage et au retrait)	NF EN 1992-1-1	P18-711-1		
107.2.2	Article 5.10.5.2 - Pertes dues au frottement	NF EN 1992-1-1	P18-711-1		
65.5	Produits spéciaux destinés aux réparations, collages, injections, calages, scellements, applicables aux constructions en béton hydraulique - Définitions, classification, conditionnement, marquage, conditions de réception	NF P18-800	P18-800	91.100.10 91.100.30	HOM
81.9	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de calage et scellement à base de liants hydrauliques - Caractères normalisés garantis.	P18-821	P18-821	91.100.10 91.100.30	EXP
81.9	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de calage et scellement à base de résines synthétiques - Caractères normalisés garantis.	P18-822	P18-822	91.100.10 91.100.30	EXP
81.9	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de scellement à base de liants hydrauliques ou de résines synthétiques - Essai d'arrachement	P18-831	P18-831	91.100.10 91.100.30	EXP
81.9	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de calage à base de liants hydrauliques - Essai d'aptitude à la mise en place	P18-832	P18-832	91.100.10 91.100.30	EXP
81.9	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de calage à base de résines synthétiques - Essai d'aptitude à la mise en place	P18-833	P18-833	91.100.10 91.100.30	EXP
81.9	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de calage à base de liants hydrauliques - Essai de ressuage en volume confiné	P18-834	P18-834	91.100.10 91.100.30	EXP
81.9	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de calage à base de résines synthétiques - Essai de fluage en compression à + 23 degrés Celsius et + 70 degrés Celsius	P18-835	P18-835	91.100.10 91.100.30	EXP

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
81.9	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de scellement à base de résines synthétiques - Essai de fluage en traction à + 23 degrés Celsius ou + 50 degrés Celsius	P18-836	P18-836	91.100.10 91.100.30	EXP
81.9	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits de calage et/ou scellement à base de liants hydrauliques - Essai de tenue à l'eau de mer et/ou à l'eau à haute teneur en sulfates	P18-837	P18-837	91.100.10 91.100.30	EXP
65.5	Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique - Produits ou systèmes de produits à base de résines synthétiques ou de liants hydrauliques destinés aux réparations de surface du béton durci - Caractères normalisés garantis.	P18-840	P18-840	91.100.10 91.100.30	EXP
81.	Règles communes pour les produits préfabriqués en béton	NF EN 13369	P19-800	91.100.30	HOM
88.3.3		NF EN 13369	P19-800		
92.1		NF EN 13369	P19-800		
121.		NF EN 13369	P19-800		
59.1	Étais télescopiques réglables en acier - Spécifications du produit, conception et évaluation par calculs et essais	NF EN 1065	P93-321	91.220	HOM
59.1	Équipements temporaires de chantiers - Partie 1 : échafaudages - Exigences de performance et étude, en général	NF EN 12811-1	P93-501-1	91.220	HOM
59.1	Équipements temporaires de chantiers - Partie 2 : information concernant les matériaux	NF EN 12811-2	P93-501-2	91.220	HOM
59.1	Équipements temporaires de chantiers - Partie 3 : essais de charges	NF EN 12811-3	P93-501-3	91.220	HOM
59.1	Étaiements - Exigences de performance et méthodes de conception et calculs	NF EN 12812	P93-502	91.220	HOM
153.4	Peintures - Détermination du taux de cendres dans les vernis, peintures et préparations assimilées	NF T30-012	T30-012	87.040	HOM
153.4	Peintures et vernis - Détermination de la masse volumique - Partie 1 : méthode pycnométrique	NF EN ISO 2811-1	T30-020	87.040	HOM
153.4	Peintures, vernis et plastiques - Détermination de l'extrait sec	NF EN ISO 3251	T30-084	87.040	HOM
153.4	Peintures et vernis - Peintures hydrodiluables - Détermination des teneurs en liant et en matières pulvérulentes.	NF T30-094	T30-094	87.040	HOM
153.1	Peintures et vernis - Peintures pour le bâtiment - Fiche descriptive du produit	T30-807	T30-807	87.040	FD
151.2.2	Peintures et vernis - Système de peinture anti-corrosion - Stabilité dans le temps des caractéristiques colorimétriques d'une peinture de finition pour ouvrage métallique - Partie 1 : critères de performance	NF T34-554-1	T34-554-1	87.040	HOM

Article de référence	Titre de la norme	Référence de la norme (indice de classement)	Indice de classement	Thème ICS	Statut
156.2		NF T34-554-1	T34-554-1		
151.2.2	Peintures et vernis - Systèmes de peinture anticorrosion. Stabilité dans le temps des caractéristiques colorimétriques d'une peinture de finition pour ouvrage métallique - Partie 2 : détermination sur ouvrage en service	NF T34-554-2	T34-554-2	87.020 87.040	HOM
156.2		NF T34-554-2	T34-554-2		
153.1	Peintures et vernis - Classification des peintures, des vernis et des produits connexes	NF T36-005	T36-005	87.040	HOM
112.2.2,1	Systèmes de canalisations en plastiques pour alimentation en eau – Polyéthylène (PE) - Partie 1 : généralités - Partie 2 : tubes - Partie 3 : raccords	NF EN 12201	T54-063	83.140.30 91.140.60 93.025	HOM
31.1	Normes fondamentales - Unités de mesure - Facteurs de conversion	FD X02-051	X02-051	01.060	FD
31.1	Grandeurs et unités - Mécanique	NF X02-203	X02-203	01.060 07.030	HOM
21.	Systèmes de management de la qualité - Principes essentiels et vocabulaire	NF EN ISO 9000	X50-130	01.040.03 03.120.10	HOM
59.1	Eurocode 1 : Actions sur les structures	NF EN 1991			
59.1	Eurocodes structuraux	NF EN 1990 à NF EN 1999			
59.6	Eurocode 5 : conception et calcul des structures en bois	NF EN 1995			
82.5	Méthode de détermination de stabilité dimensionnelle décrite dans l'ASTM C 494 (Référence AFNOR : ASTM C 494/C 494MA : 2005 Titre anglais : Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete / Note: 2. revision 2005.)	ASTM C494			
141.2.1	normes ASTM ou British Standards				
141.2.2	normes ASTM ou British Standards				

ANNEXE B AU TEXTE

(Commentaires de l'annexe)

EQUIPEMENT DES CENTRALES A BETON

Article 1 : Gestion des produits pulvérulents

ANNEXE B AU TEXTE

ANNEXE CONTRACTUELLE

EQUIPEMENT DES CENTRALES À BÉTON

Article 1 : Gestion des produits pulvérulents.

Les silos compartimentés à cloison unique sont interdits pour le stockage de produits pulvérulents de qualités différentes.

Lorsqu'un changement de produit pulvérulent stocké dans un silo s'avère nécessaire, la vidange complète du silo est réalisée avant le stockage du nouveau produit. Elle est complétée par un nettoyage en cas de changement de nature du ciment ou de l'addition, ou en cas de remplacement d'un ciment par une addition ou vice versa.

L'obligation de résultat de l'article 9.6.2.1 de la norme NF EN 206-1 pour les pulvérulents (alinéa 1 et 2 ; non pollution et identification des stockages) est présumée remplie par un dispositif de colonnes montantes indépendantes et identifiées par nature, classe (et origine en cas d'utilisation de deux ciments ou de deux additions de mêmes nature et classe). Il y a lieu d'éviter tout risque d'erreur de remplissage. Des dispositifs tels que verrouillage, embout spécial, gâche électrique étanche commandée au pupitre sont présumés remplir cette obligation. Pour d'autres dispositifs de remplissage ou de détrompage, la preuve de leur pertinence devra être apportée.

Les ruptures de stock sont valablement évitées par des dispositifs tels que :
– détecteurs par sondes parachutes,
– pesons ou signal infra-rouge,
– système automatique basé sur le calcul.

Article 2 : Gestion des adjuvants.

Article 3 : Dosage des constituants.

Article 2 : Gestion des adjuvants.

Les dispositifs de stockage des différents adjuvants sont séparés et identifiés. Ils sont conçus pour que le produit respecte les dispositions prévues dans les fiches techniques, et munis d'un emplacement permettant d'apposer la fiche d'identification du produit (nom, fonction, date de péremption...).

Des dispositifs permettant d'éviter tout risque d'erreur de remplissage sont prévus (détrompeurs, cadenas, ...). En outre, lorsque les dispositifs de stockage sont alimentés par colonnes, celles-ci sont identifiées.

En l'absence d'alarme, la pompe de reprise est équipée de façon à éviter son désamorçage.

Article 3 : Dosage des constituants.

Pour l'eau, le dosage doit être en masse.

Pour les éléments préfabriqués en usine, un dosage volumétrique est autorisé si des dispositions de contrôle garantissant la précision du dosage sont définies dans le plan qualité.

La quantité d'eau d'apport est calculée en fonction de l'humidité des granulats. A cet effet, un équipement de mesure en continu de la teneur en eau des sables doit être installé pour chaque stockage de sable. Cet équipement permet d'obtenir une précision de plus ou moins 1 point d'humidité dans sa plage d'utilisation. L'information instantanée sur l'humidité des sables est affichable à tout moment.

En cas de panne de l'appareil de mesure d'humidité des sables, la fréquence des mesures est quotidienne jusqu'à remise en état et étalonnage du matériel. Les prélèvements de sables sont réalisés au niveau des casques ou immédiatement avant l'introduction dans le malaxeur, si la sécurité des agents de contrôle est assurée. Dans le cas contraire, le plan qualité précise les mesures prises.

** L'ajustement toléré est inférieur à celui prévu au règlement particulier de la marque NF-BPE et nécessite un contrôle renforcé des humidités des granulats et des sondes hygrométriques.*

*** Les tolérances sont plus strictes que celles prévues au règlement particulier de la marque NF-BPE .*

**** Un gravillon est dit intermédiaire lorsque sa masse ne dépasse pas 15% de celle de l'ensemble des gravillons.*

**** * Un sable est dit correcteur lorsque sa masse ne dépasse pas 15% de celle de l'ensemble des sables.*

Un ajustement de la quantité d'eau peut être réalisé afin de pallier les imprécisions de mesure des sondes d'humidité ou les variations d'humidité des gravillons dans le but de rester conforme aux spécifications (consistance et spécifications minimales de composition). Par gâchée, il est admis qu'un ajustement de plus ou moins 10 litres d'eau par m^3 (*) par rapport à l'eau calculée peut être fait dans ce but. Cet ajustement doit rester ponctuel et justifié.

Les sondes hygrométriques doivent être vérifiées périodiquement et en cas de doute sur leur précision. La nécessité d'un ajustement systématique de l'eau d'apport, à un niveau élevé dans le même sens, est un exemple de doute qui conduit à la vérification des sondes hygrométriques.

En complément du tableau 21 de l'article 9.7 et de l'article NA.9.7 de la norme NF EN 206-1, les tolérances par constituant sur chaque gâchée sont les suivantes (**):

	Pour 90% des gâchées	Pour 100% des gâchées
Ciment	+/- 2%	+/- 4%
Eau pesée	+/- 2%	+/- 4%
Adjuvant	-	+/- 5%
Addition + ciment	+/- 2%	+/- 4%
Ensemble des granulats	+/- 2%	+/- 4%
Gravillon (sauf intermédiaire) (***)	+/- 2%	+/- 4%
Sable (sauf correcteur) (*** *)	+/- 2%	+/- 4%
Gravillon intermédiaire	+/- 10%	+/- 20%
Sable correcteur	+/- 10%	+/- 20%

Article 4 : Bascules et doseurs volumétriques.

Les additions sèches et fillers d'apport secs sont, dans le cas d'une bascule unique, pesés en cumulé après le ciment.

Article 4 : Bascules et doseurs volumétriques.

4.1 GENERALITES

Les appareils de dosage volumétrique des adjuvants sont tels que chaque adjuvant soit dosé individuellement ; ils sont munis de dispositifs permettant d'éviter toute contamination d'une solution par une autre.

Dans le cas de dosage volumétrique des adjuvants, les déterminations de quantité de produit par la mesure des temps de fonctionnement sont prohibées.

Dans le cas de dosage pondéral des adjuvants, celui ci peut être réalisé à l'aide d'une seule bascule à condition :

– que la cuve soit en acier inoxydable ou en plastique,

– ou que la cuve comporte un revêtement intérieur anti-adhérent, type téflon,

– ou qu'un dispositif équivalent fiable et efficace soit mis en place et que son bon fonctionnement soit démontré.

Les bascules ont la précision de la classe C suivant l'article NA 9.6.2.2 de la norme NF EN 206-1, sauf pour les éléments préfabriqués bénéficiant d'une certification pour lesquels la classe B est admise.

La classe III de la norme NF EN 45501 avec un minimum de 500 échelons convient également.

La périodicité minimale de contrôle est la suivante :

– un contrôle par an pour les bascules et après toute intervention sur le système de pesage,

– un contrôle par mois pour les doseurs et après toute intervention sur le système de dosage.

4.2 VERIFICATION DES BASCULES

Les contrôles sont effectués, soit par un service de métrologie accrédité COFRAC pour l'étalonnage d'instruments de pesage, soit par un organisme agréé pour la vérification des instruments de pesage.

Les essais sont réalisés dans les conditions d'utilisation de la centrale avec les manchettes en place.

La charge maximale de vérification peut être soit la portée maximale de la bascule soit la charge maximale d'utilisation déclarée par le producteur.

4.2.1 CONTROLE VISUEL DE L'INSTALLATION

Il porte sur la vérification visuelle de l'état des manchettes, des butées, des systèmes de blocage (en position libre) et des vannes (en position fermée).

4.2.2 ESSAI DE JUSTESSE

Il est réalisé suivant la procédure définie à l'article 4.4 de l'annexe A à la norme NF EN 45501 , ou une procédure reconnue équivalente.

4.2.3 ESSAI DE FIDELITE

Il est réalisé suivant la procédure définie à l'article 4.10 de l'annexe A à la norme NF EN 45501 , ou une procédure reconnue équivalente.

4.2.4 CERTIFICAT

Chaque certificat comporte tous les renseignements nécessaires à l'identification de la centrale, de la bascule, de la plage de vérification.

Il est daté et signé par l'organisme ayant effectué la vérification.

La conclusion sur la conformité est enregistrée conformément aux dispositions prévues dans le plan qualité.

Article 5 : Malaxage des constituants.

4.3 VERIFICATION DES DOSEURS VOLUMETRIQUES

La vérification porte sur la justesse des doseurs volumétriques. La centrale dispose d'une procédure de vérification portant sur au moins un point de mesure choisi dans la plage d'utilisation.

L'exactitude du doseur est conforme au tableau NA.5 de l'article NA.9.6.2.2 de la norme NF EN 206-1.

La vérification est enregistrée conformément aux dispositions prévues dans le plan qualité.

Article 5 : Malaxage des constituants.

L'unité de production est équipée d'un dispositif de malaxage à poste fixe et d'un système enregistreur de suivi en continu de l'efficacité du malaxage (par exemple wattmètre enregistreur mesurant la puissance absorbée par le moteur du malaxeur).

Pour les malaxeurs de capacité nominale inférieure à 1 m^3, le volume minimal de chaque gâchée est égal ou supérieur à la moitié de la capacité nominale du malaxeur.

Pour les malaxeurs de capacité nominale supérieure ou égale à 1 m^3, le volume minimal de chaque gâchée est au moins de 0,5 m^3.

Le temps de malaxage est prédéfini lors de l'étude initiale. Le temps de malaxage est calé lors des épreuves de convenance qui doivent démontrer que les performances spécifiées sont obtenues avec le temps de malaxage retenu. La démonstration doit être appuyée par une méthode permettant d'évaluer l'homogénéité du béton, par exemple l'examen de la courbe du wattmètre. Les conclusions de cette étude doivent être approuvées par le maître d'œuvre.

** Ce temps est supérieur à celui admis par la marque NF-BPE pour certains bétons. Les bétons fortement adjuvantés, par exemple les BHP, peuvent nécessiter un temps de malaxage nettement supérieur.*

Article 6 : Automatisme.

Le temps de malaxage doit être supérieur à 55 secondes (*). Les éléments préfabriqués faisant l'objet d'une certification de produit ne sont pas concernés par cette clause.

Le début du malaxage est par convention la fin de l'introduction de tous les constituants. La fin du malaxage correspond au début d'ouverture de la trappe de vidange du malaxeur.

Article 6 : Automatisme.

Le fonctionnement de la centrale est commandé par un programmateur permettant le fonctionnement automatique et / ou semi-automatique.

Le fonctionnement est semi-automatique lorsque seules les opérations d'affichage du dosage de chacun des constituants sont réalisées manuellement; les opérations de dosage et de transfert se faisant sous le contrôle de l'automatisme.

Le fonctionnement est automatique lorsque le conducteur fait appel à une composition préprogrammée, le cycle de fabrication se déroulant ensuite sans intervention de l'opérateur (en dehors de l'ouverture du malaxeur).

Cependant, le fonctionnement manuel est possible en cas de défaillance ponctuelle de l'automatisme ou du semi-automatisme. Dans ce cas, mention en est faite conformément aux dispositions prévues dans le plan qualité.

Le programmateur permet une bonne coordination de toutes les opérations successives de la fabrication d'une gâchée et il est équipé au minimum des dispositifs d'asservissement permettant que :

– les dispositifs d'alimentation des trémies de pesage ne puissent pas fonctionner tant que les obturateurs de vidange de ces dernières ne sont pas fermés ;
– les obturateurs de vidange des trémies de pesage ne puissent pas être ouverts tant que les masses programmées des différents constituants ne sont

Article 7 : Pesées.

** Ceci constitue une exigence supplémentaire par rapport à la marque NF-BPE en vue de faciliter le contrôle de la conformité des bétons livrés.*

Article 8 : Laboratoire.

pas atteintes dans la limite des tolérances ;

– la trappe de vidange du malaxeur ne puisse être ouverte tant que les casques ou électro-vannes d'alimentation du malaxeur sont ouverts et que le temps de malaxage n'est pas atteint.

Article 7 : Pesées.

L'enregistrement des pesées est obligatoire et le relevé par gâchée est systématiquement joint au bon de livraison (*) .

Dans le cas où l'enregistrement des pesées mentionne l'eau efficace, les pourcentages ou les coefficients d'absorption pris en compte pour chacun des constituants sont également enregistrés.

Les constituants du béton sont identifiés de manière à pouvoir en assurer la traçabilité.

Les fréquences minimales de vérification du respect des tolérances de pesées décrites dans les documents qualité sont au minimum d'une fois par mois sur au moins 5 charges, de préférence consécutives. Des vérifications continues peuvent être acceptées sur justification.

Article 8 : Laboratoire.

Le producteur dispose à la centrale d'un équipement minimal lui permettant de réaliser les essais de teneur en eau des granulats et de mesure de la consistance du béton frais.

Les autres équipements de laboratoire peuvent se trouver dans un laboratoire extérieur.

Si des essais sont sous-traités dans un laboratoire extérieur, des modalités sont prévues pour le transfert des échantillons et / ou des éprouvettes, la réalisation des essais et la communication des résultats.

Article 9 : Essais.

** La norme NF EN 206-1 autorise la prise en compte d'expérience nationale ou une convention explicite entre utilisateur et producteur pour la réalisation de certains essais (articles 5.4.1, 5.5.1,…) : il est admis de réaliser les essais suivant le fascicule FD P 18-457 qui donne des prescriptions tirées de l'expérience française.*

Il est également admis que les éprouvettes de béton soient conservées avant démoulage à l'abri des intempéries, dans un local dont la température est comprise entre 15 et 30°C. Dans les trois heures suivant le démoulage, qui est réalisé avant 48 heures (hors jours non ouvrés), les éprouvettes sont placées en atmosphère normalisée.

Article 10 : Machine d'essais.

** Il s'agit de la norme NF EN 12390-4. (On pourra utiliser les dispositions contenues dans la demande de révision de la norme NF EN 12390-4, notamment en ce qui concerne la vérification de l'excentrement).*

*** L'accréditation COFRAC – Essais pour le programme n° 122-1- "Vérification des équipements de mesure – Partie1. Machines d'essais mécaniques" répond à cette exigence.*

**** L'accréditation COFRAC - Programme béton répond à cette exigence.*

Le laboratoire extérieur doit s'engager :

– à réaliser les essais à la date exacte prévue pour les essais de compression et dans les délais prévus pour les autres essais,

– à permettre au producteur d'y assister,

– à transmettre les résultats dans les 48 heures hors jours non ouvrés.

Article 9 : Essais.

Les essais sur le béton et ses constituants sont réalisés conformément aux normes en vigueur (*).

Les vérifications des pesées des gâchées de chaque charge sur laquelle est réalisé un prélèvement aux fins d'essai sur béton durci sont réalisées.

Article 10 : Machine d'essais.

La machine d'essais de compression est vérifiée annuellement suivant la norme en vigueur (*) par un organisme accrédité (**).

Dans le cas des laboratoires accrédités pour les essais sur béton (***), l'accréditation pour l'essai visé est suffisante.

ANNEXE C AU TEXTE

ANNEXE CONTRACTUELLE

MESURE DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

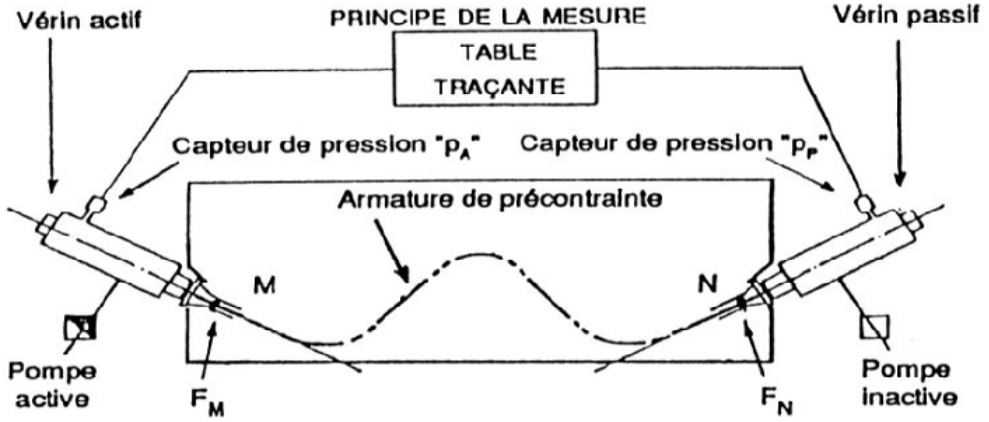
Cette annexe se rapporte à l'article 107.2.2 du présent fascicule.

I - Généralités

La méthode d'essai du LCPC définit, pour la mesure des coefficients de transmission, deux niveaux de modes opératoires :

– le niveau 1, le plus sommaire, ne requiert aucun appareillage spécifique. Les pressions côté actif (p_A) et côté passif (p_P) sont relevées lorsque p_A atteint la pression d'alerte p_{aA} et la pression finale p_{0A}.

– le niveau 2, le plus élaboré, nécessite l'utilisation de capteurs de pression et d'une table traçante pour l'enregistrement de la courbe $p_P = f(p_A)$, p_P et p_A représentant les pressions dans la chambre du vérin passif et dans celle du vérin actif.



Les essais de convenance ainsi que les essais prévus dès l'origine au titre du contrôle interne sont de niveau 2.

Dans la mesure où les deux vérins ont la même section, le coefficient de transmission observé $k_{obs} < 1$ est égal :

– au rapport p_{0P} / p_{0A} quand le mode opératoire est celui de niveau 1 (le rapport p_{aP} / p_{aA} étant calculé à titre de contrôle),

– à la pente de la droite $p_P = f(p_A)$ quand le mode opératoire est celui de niveau 2.

Dans un cas comme dans l'autre, ce coefficient k_{obs} est à corriger par le moyen d'un facteur f_c (< 1) pour obtenir le coefficient réel de transmission k_r directement comparable au coefficient de transmission calculé $k_{cal} = e^{-(f\alpha + \varphi l)}$ où α représente la déviation angulaire totale le long du tracé et l la longueur du câble entre ancrages :

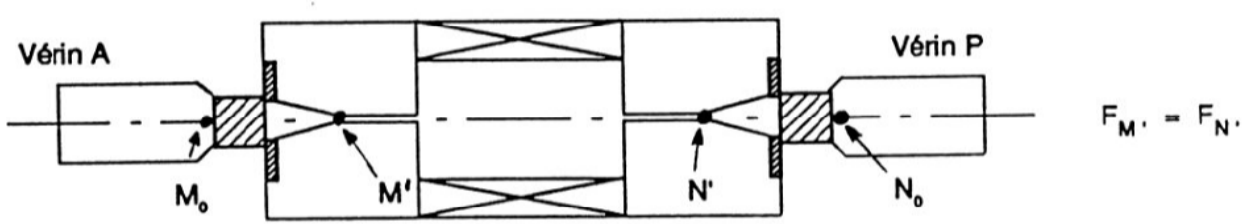
$k_r = (1 / f_c) . k_{obs}$

k_{cal} représente en effet la valeur théorique du rapport des forces de tension F_M et F_N à la sortie des trompettes de déviation des ancrages, les perturbations liées à la traversée des ancrages et de leurs trompettes d'une part, aux caractéristiques du couple de vérins utilisés pour la mesure d'autre part, n'étant pas prises en compte dans l'évaluation de k_{cal} par le bureau d'études.

Le facteur de correction $f_c < 1$ peut être estimé de plusieurs façons :

a) Par mesure directe au cours d'un essai préliminaire (de type α) sur chantier.

On utilise deux blocs de béton en opposition dans lesquels sont incorporés les dispositifs d'appui (plaques), de déviation (trompettes) et de raccordement au conduit. Après enfilage du câble, on met en place, sur ces blocs, les têtes d'ancrage et les clavettes ainsi que le couple de vérins destiné à effectuer la mesure du coefficient de transmission des unités de l'ouvrage.



ESSAI PRELIMINAIRE DE TYPE α

Côté actif, la pression p_A est montée jusqu'à p_{0A} ; côté passif, la pression p_P atteint alors p_{0P} .

f_c est égal : – soit à la pente du diagramme $p_P = f(p_A)$
– soit au rapport p_{0P} / p_{0A}

selon qu'on utilise ou non un ensemble capteurs de pression - table traçante.

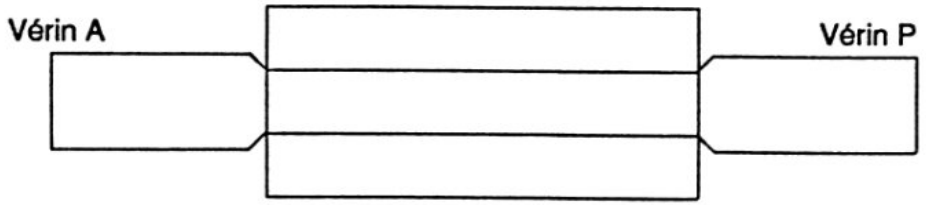
Ce type d'essai, assez lourd, n'est envisageable que pour des chantiers importants.

b) Par décomposition en produit de facteurs correspondant chacun à un phénomène physique aisément mesurable.

f_c peut en effet se mettre sous la forme : $f_c = r^2 \times f_v$

- f_v (< 1) représente l'influence des pertes dans le couple de vérins utilisés, l'un fonctionnant en actif, l'autre en passif.
  f_v est mesuré par un essai préliminaire (de type β) sur chantier.

Les deux vérins sont montés en opposition sur un bâti permettant de les relier par un faisceau d'armatures strictement rectilignes et parallèles.



ESSAI PRELIMINAIRE DE TYPE β

Côté actif, la pression p_A est montée jusqu'à p_{0A} ; côté passif, la pression p_P atteint alors p_{0P} .

f_v est égal : – soit à la pente du diagramme $p_P = f(p_A)$
– soit au rapport p_{0P} / p_{0A}

selon qu'on utilise ou non un ensemble capteurs de pression - table traçante.

- le facteur r (< 1) représente la perte relative de tension du câble à la traversée d'un ensemble trompette - tête d'ancrage - clavettes.

Il peut être déterminé une fois pour toutes par un couple d'essais préliminaires ($\alpha + \beta$) effectués en atelier ou en laboratoire (avec utilisation des mêmes vérins dans les deux cas) :

– l'essai de type α fournit f_c

– l'essai de type β donne f_v

On en déduit : $r^2 = f_c / f_v$

La procédure b) ainsi décrite permet de limiter les essais préliminaires sur chantier à ceux de type β qui, contrairement à ceux de type α , n'impliquent pas la confection de blocs de béton.

c) Par utilisation des valeurs forfaitaires données dans les notices techniques.

Dans l'état actuel de la réglementation, il convient de souligner que ces valeurs ne sont que des ordres de grandeur et peuvent conduire à des erreurs relatives non négligeables lorsqu'on cherche à réévaluer les coefficients de frottement selon la méthode prévue à l'article 95.4.2 du fascicule 65-A et que les coefficients de transmission k_r (ou k_{cal}) sont assez proches de l'unité.

C'est pourquoi l'emploi de ladite méthode de réévaluation est interdit lorsqu'on a recours aux valeurs forfaitaires des notices techniques et que k_r est supérieur à 0,80.

II - Fiche type de relevé de coefficient de transmission

Afin de permettre une exploitation rationnelle des nombreuses mesures de coefficients de transmission qui sont effectuées sur les chantiers de précontrainte, les résultats de ces mesures ainsi qu'un certain nombre de données de base indispensables pour leur interprétation sont à récapituler sur une fiche-type dont le modèle est donné ci-après.

La crédibilité des résultats dépend considérablement du soin apporté au renseignement de ces fiches. A cet égard, l'attention est attirée sur le fait que α représente la déviation angulaire totale le long du tracé, éventuellement gauche, du câble et qu'elle ne peut donc être évaluée sérieusement à partir d'un simple dessin en élévation du câblage de l'ouvrage. Pour un tracé complexe, la valeur correspondante doit être extraite de la note de calculs de l'ouvrage.

Toute mesure du coefficient de transmission doit faire l'objet d'une telle fiche, que cette mesure ait été faite au titre du contrôle interne ou au titre du contrôle extérieur.

Les fiches ainsi renseignées sont à adresser aux destinataires prévus par le CCTG ainsi qu'à la société distributrice du procédé de précontrainte concerné

RELEVÉ DE COEFFICIENT DE TRANSMISSION

1 - Données générales

Ouvrage	:							Date : / /	
Maître d'oeuvre	:								
Entreprise	:								
Société distributrice	:								
CMP	:					Responsable de la mesure :			
Procédé de précontrainte	:								
Unité de précontrainte	:								
Acier de précontrainte	:								
Numéro du câble contrôlé	:								
Nature du câble contrôlé	:	Intérieur	❒	Extérieur	❒				
Nature du conduit	: feuillard	Gaine	❒ métallique	Tube	❒ plastique	Tube	❒	Autre	❒
Diamètre du conduit	:	$Ø_i$	❒	ou		$Ø_e$	❒		
Mise en place des armatures	:	Usine	❒	Poussage	❒	Treuillage	❒		
Lubrification	:	Sans	❒	Huile	❒	Graisse	❒	Autre	❒

2 - Données du bureau d'études

Type d'unité	l (m)	α (rad)	f	φ	σ_{p0} (MPa)	k_{cal}
actif - actif ❒ actif - passif ❒						

3 - Ancrages et matériels utilisés

Type d'ancrage	Vérin actif : type et n°	Vérin passif : type et n°	f_c (< 1)

4 - Méthode de mesure

Niveau 1 : ❒ Niveau 2 : ❒

5 - Origine du facteur de correction f_c

– Mesure directe de f_c sur chantier ❒ f_c =

– Mesure directe de f_v sur chantier ❒ f_v =

et mesures antérieures de r r =

– Valeurs forfaitaires ❒

6 - Coefficient de transmission

Pression repère	p_A (bar)	p_P (bar)	k_{obs}	k_r
– finale – d'alerte				

ANNEXE D AU TEXTE
(Commentaires de l'annexe)

DÉFINITION DES PRESTATIONS DUES AU MARCHE ET MÉTRÉ

Article 1 : Consistance des diverses prestations.

** La définition des prix donnée par la présente annexe constitue un cadre général. Il convient de compléter ces définitions dans le bordereau des prix et l'état des prix forfaitaires.*

1.1 INSTALLATIONS DE CHANTIER

** Les installations de chantier constituent un ensemble. Elles font l'objet, au bordereau des prix, d'une rémunération forfaitaire scindée en deux fractions :*

– après réalisation des installations ;

– après démontage, repli du matériel et remise en état des lieux.

Le pourcentage affecté à chaque fraction est fixé par le marché en fonction de la nature du chantier. Chacune d'elles pourra faire l'objet de prises en compte échelonnées suivant la durée de l'installation ou du repli.

1.2 ÉTUDES DES OUVRAGES DÉFINITIFS

** Les études d'ouvrages définitifs constituent un ensemble. Elles font l'objet, au bordereau des prix, d'une rémunération forfaitaire.*

Le bordereau des prix peut fixer des forfaits élémentaires correspondant à chaque ouvrage, ou partie d'ouvrage, ou lot (cas des ouvrages métalliques).

Pour les études des ouvrages provisoires, voir en 1.4.1. de la présente annexe.

ANNEXE D AU TEXTE
ANNEXE CONTRACTUELLE

DÉFINITION DES PRESTATIONS DUES AU MARCHE ET MÉTRÉS

Article 1 : Consistance des diverses prestations (*)

1.1 INSTALLATIONS DE CHANTIER

Les installations de chantier comprennent les prestations prévues aux articles 31 et 37 du CCAG, à l'article 35 du présent fascicule et aux pièces particulières du marché (*).

1.2 ÉTUDES DES OUVRAGES DÉFINITIFS

Les études des ouvrages comprennent les prestations définies aux articles 28 et 29 du CCAG, au chapitre 4 du présent fascicule et aux pièces particulières du marché (*).

1.3 CONTRÔLE INTERNE

** Selon la règle générale, le contrôle interne à la chaîne de production ne fait pas l'objet d'une rémunération spécifique au bordereau des prix : cette prestation est rémunérée implicitement par l'application des prix du bordereau.*

*** La rémunération implicite couvre par exemple, outre les épreuves d'étude et la partie des épreuves de convenance qui relèvent du contrôle interne, la partie des épreuves d'information permettant de donner l'assurance que le béton mis en œuvre a bien la qualité requise.*

Le laboratoire de chantier lui-même, lorsqu'il y a lieu, et son équipement font partie des installations de chantier. Toutefois, le marché peut prévoir une rémunération séparée sous forme forfaitaire.

1.4 OUVRAGES PROVISOIRES

1.4.1 ÉTUDE DES OUVRAGES PROVISOIRES

** En règle générale, les études d'ouvrages provisoires ne font pas l'objet d'une rémunération séparée.*

1.4.2 ÉCHAFAUDAGES, ÉTAIEMENTS ET DISPOSITIFS DE PROTECTION

** Les échafaudages, étaiements et dispositifs de protection constituent un ensemble. Ils font l'objet d'un prix forfaitaire.*

Le bordereau des prix peut distinguer différents forfaits élémentaires correspondant à chaque ouvrage ou partie d'ouvrage prévu aux pièces particulières du marché.

1.3 CONTRÔLE INTERNE

Les actions de contrôle interne sont précisées par l'entrepreneur dans le document d'organisation générale du plan qualité (Cf. article 34.2.2 du présent fascicule). Sauf dispositions contraires du marché (*), elles font partie intégrante de l'ensemble des prestations de l'entrepreneur.

La fourniture du béton entrant dans les éprouvettes pour le contrôle interne, ainsi que la fourniture des moules, la fabrication, le transport, la conservation et les essais de ces éprouvettes, sont aux frais et à la charge de l'entrepreneur ; pour les éprouvettes utilisées pour le contrôle extérieur, seule la fourniture du béton est à la charge de l'entrepreneur (**).

Par exception, la fabrication d'éléments témoins (Cf. article 85.3 du présent fascicule, par exemple) est prise en compte par application des prix courants du marché.

1.4 OUVRAGES PROVISOIRES

1.4.1 ÉTUDE DES OUVRAGES PROVISOIRES

Sauf indication contraire du marché, ces études font partie intégrante des prestations de l'entrepreneur au titre des ouvrages provisoires (*).

1.4.2 ÉCHAFAUDAGES, ÉTAIEMENTS ET DISPOSITIFS DE PROTECTION

Les échafaudages, étaiements et dispositifs de protection comprennent la fourniture à pied d'œuvre, le montage, les opérations de remploi et le repliement de tous les éléments nécessaires, y compris la préparation des surfaces d'appui, les assises provisoires, les renforcements des ouvrages définitifs éventuellement nécessaires pour porter les ouvrages provisoires et leurs protections, dans les conditions définies au chapitre 5 du présent fascicule et éventuellement aux pièces particulières du marché (*).

1.4.3 MATÉRIELS SPÉCIAUX

** Le bordereau des prix peut distinguer différents forfaits applicables à chaque type de matériel spécial. Des sous-détails de prix sont systématiquement exigés.*

1.4.4 COFFRAGES

** Des coffrages de remploi non déformés et sans arrachement de peau peuvent être autorisés pour les parois non vues.*

*** Le nombre de remplois admissibles est fixé comme il est dit à l'article 65.3 du présent fascicule. Le marché assigne, s'il y a lieu, une limite correspondant à la qualité de la paroi.*

Le bordereau des prix distingue des prix particuliers suivant les parties d'ouvrages ou bien suivant les différents types de coffrages (qualité et complexité) prévus aux pièces particulières du marché, selon qu'il s'agit de béton coulé en place ou d'éléments préfabriqués et éventuellement selon la classe de parement correspondante.

La substitution éventuelle par l'entrepreneur d'une paroi de coffrage correspondant à une classe de parement supérieure à celle prévue, après autorisation du maître d'œuvre, reste à la charge de l'entrepreneur.

**** Cette définition n'est pas applicable aux coffrages dits perdus.*

**** * Sauf disposition contraire du marché, aucun traitement thermique, qu'il soit passif ou actif, ne fait l'objet d'une rémunération séparée.*

1.4.3 MATÉRIELS SPÉCIAUX

Sauf stipulation contraire du marché, les matériels spéciaux comprennent la fourniture à pied d'œuvre de tous les éléments constitutifs, leur montage, les renforcements des ouvrages définitifs éventuellement nécessaires pour porter ces matériels spéciaux, les opérations de manœuvre et de remploi, les vérifications spécifiques visées à l'article 56 du présent fascicule, puis les opérations de repliement des différents éléments, le tout dans les conditions définies au chapitre 5 et éventuellement aux pièces particulières du marché (*).

1.4.4 COFFRAGES

Les coffrages définis, mis en œuvre et contrôlés conformément aux articles 63 et 65 du présent fascicule et éventuellement aux pièces particulières du marché, comprennent la fourniture à pied d'œuvre de produits neufs, sauf dispositions contraires du marché (*), le montage, la fixation, les opérations de remploi (**) et le repliement des différents éléments nécessaires. Ils restent la propriété de l'entrepreneur (***).

Ces prestations comportent également l'isolation thermique éventuelle (calorifugeage) (*** *), ainsi que l'application des produits de démoulage, et les opérations de ragréage autorisées.

Elles incluent les larmiers figurant sur les dessins du marché ainsi que les drains aux points bas des réservations. Elles ne comprennent pas les traitements de surface spécifiés par le marché.

1.5 BÉTONNAGE

1.5.1 BÉTONS

** Le bordereau des prix comporte différents prix de bétons selon leur formule, leur destination, les environnements auxquels ils sont soumis (gel, gel et fondants, eau de mer...) et les propriétés particulières auxquelles ils doivent satisfaire (limitation au jeune âge des retraits endogène et thermique, aspect des parements...).*

1.5.2 CURE

** Par exemple la mise en place d'un abri protecteur.*

*** Le bordereau des prix prévoit une rémunération à la surface traitée.*

1.5 BÉTONNAGE

1.5.1 BÉTONS

La prestation comprend la fourniture des constituants, incluant la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction, la fabrication ou la fourniture (BPE), le transport et la mise en place des bétons, y compris les reprises de bétonnage, ainsi que les traitements thermiques éventuels, conformément aux dispositions du chapitre 8 du présent fascicule et aux pièces particulières du marché (*).

La prestation comprend, le cas échéant, les dispositions complémentaires visées aux articles suivants :

– article 103 du présent fascicule en cas de précontrainte par post-tension ;

– articles 122.3 et 124 du présent fascicule en cas de précontrainte par pré-tension ;

– articles 63 et 65 du présent fascicule en cas de parements fins ou ouvragés ;

– article 81.7 du présent fascicule en cas de recours à des bétons à hautes performances.

La prestation ne comprend pas la cure, ni les dispositions particulières prises pour assurer la qualité du bétonnage par temps froid ou par temps chaud, ni les opérations particulières de réglage et de finition des surfaces non coffrées.

1.5.2 CURE

La prestation comprend :

– la fourniture, l'application et l'enlèvement d'un produit de cure ;

– le maintien des coffrages pendant le temps nécessaire, dans les conditions définies à l'article 84.6 du présent fascicule et aux pièces particulières du marché ;

– la mise en œuvre du matériel nécessaire (*), y compris toutes sujétions liées à l'opération (**).

1.5.3 BÉTONNAGE PAR TEMPS FROID ET PAR TEMPS CHAUD

** Si le marché impose des dispositions spéciales par temps froid ou par temps chaud, il précise les modalités éventuelles de prise en compte correspondantes.*

*** S'il y a lieu, le bordereau des prix comporte un forfait rémunérant l'installation de chantier spéciale à un site soumis à des gels prolongés et une plus-value au mètre cube de béton fabriqué avec l'utilisation de ces installations.*

Le marché pourra prévoir un prix de remise en route du chantier si celui-ci doit se dérouler sur plusieurs hivers consécutifs.

1.5.4 PAREMENTS

** Les parements donnant lieu à rémunération particulière sont les parements fins et ouvragés tels que définis aux articles 62.1.3 et 62.1.4 du présent fascicule.*

Les parements simples ne donnent pas lieu, sauf dispositions particulières du marché, à rémunération séparée.

*** Le bordereau des prix distingue les différents types de traitements prévus au marché.*

1.6 ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

** Le bordereau des prix établit autant de prix que de catégories, types ou nuances d'acier retenus aux pièces particulières du marché.*

*** Ces dispositions s'appliquent à tous les éléments figurant sur les dessins d'exécution, même s'ils ne participent pas à la résistance des pièces (par exemple cadres supports de conduits de précontrainte).*

1.5.3 BÉTONNAGE PAR TEMPS FROID ET PAR TEMPS CHAUD

La prestation comprend toutes les dispositions particulières sortant du cadre de l'exécution normale, telles qu'elles ont été acceptées par le maître d'œuvre, conformément à l'article 84.7 du présent fascicule (**) et aux pièces particulières du marché.

1.5.4 PAREMENTS

Parmi les opérations définies aux articles 64 et 65 du présent fascicule (*), les prestations prises en compte à ce titre ne comprennent que les traitements spécifiés pour les parements désignés par les pièces particulières du marché (**).

1.6 ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

Les prestations comprennent la fourniture à pied d'œuvre, le stockage et la conservation, le façonnage et la mise en œuvre des armatures de béton armé (*), y compris le calage, conformément aux dispositions (**) du chapitre 7 du présent fascicule et aux pièces particulières du marché.

Ces prestations comprennent toutes les opérations liées aux armatures en attente, y compris la protection des parements visée par l'article 63.1.2.4 du présent fascicule.

**** Le bordereau des prix prévoit une plus-value pour les revêtements de protection (par exemple galvanisation).*

1.7 PRÉCONTRAINTE PAR POST-TENSION

1.7.1 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE, CONDUITS ET ACCESSOIRES

** La prestation de fourniture et de mise en place des conduits n'est individualisée que dans le cas de conduits non utilisés qui sont alors injectés (voir premier cas de l'article 1.7.7 de la présente annexe).*

*** Ces sujétions comportent, en particulier, les dispositifs de raccordement des conduits et les dispositifs de raboutage (éventuels) des armatures de précontrainte, c'est-à-dire les organes destinés à raccorder deux tronçons distincts mis en tension simultanément en une opération unique.*

**** Le bordereau des prix distingue les différents types de précontrainte (provisoire ou définitive, intérieure ou extérieure et démontable, courte, ...), les différentes catégories retenues pour les armatures de précontrainte (type : fils, barres ou torons ; dimensions ; classe de résistance ; sous-classe de relaxation) et pour les conduits.*

**** * Des sous-détails de ces prix sont systématiquement exigés.*

**** ** Cf. article 1.7.4 de la présente annexe.*

Sauf disposition contraire du marché, elles comprennent les éléments de raccordement éventuels (manchons ou soudure) mais ne comprennent pas les protections particulières contre la corrosion (***).

1.7 PRÉCONTRAINTE PAR POST-TENSION

1.7.1 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE, CONDUITS ET ACCESSOIRES

Les prestations comprennent :

– la fourniture à pied d'œuvre, le stockage, le façonnage, la mise en place et la fixation des armatures de précontrainte, de leurs conduits (*) et des accessoires pour injection, sujétions d'enfilage, de protection provisoire et de renouvellement de cette protection comprises (**), conformément aux dispositions du chapitre 10 du présent fascicule et des pièces particulières du marché (***);

– les opérations de mise en tension définies à l'article 103.3 du présent fascicule, depuis la mise à disposition et la mise en place des vérins, jusqu'à la coupe des armatures après serrage des ancrages, y compris la protection provisoire des aciers, son renouvellement éventuel, et les cachetages provisoires (*** *), conformément aux dispositions des articles 103.4.2 et 103.4.3 du présent fascicule et aux pièces particulières du marché.

S'il y a lieu, les prestations tiennent compte des dispositions complémentaires définies dans les chapitres et articles suivants :
– article 104, pour les unités courtes ;
– article 105, pour les armatures utilisées à titre provisoire ;
– article 106, pour les structures comportant de nombreux joints ;
– chapitre 11, pour la précontrainte extérieure ;
– chapitre 14, pour les torons gainés protégés et pour les autres techniques de protection.

Ne sont pas compris les ancrages, les coupleurs, la protection définitive, ni les mesures de coefficients de transmission liées au contrôle extérieur (*** **)

1.7.2 ANCRAGES OU COUPLEURS

** Conformément aux dispositions visées à l'article précédent et, le cas échéant, à celles du chapitre 13 (protection par produits souples) et de l'article 103.2 (mise en place des coupleurs) du présent fascicule.*

*** Le bordereau des prix distingue les différentes catégories retenues pour les ancrages, ainsi que pour les coupleurs, ces derniers étant les organes assurant la continuité de deux armatures mises en tension l'une après l'autre à l'occasion de deux phases distinctes de travaux.*

Pour une catégorie d'armature, les ancrages peuvent être actifs, noyés ou extérieurs fixes.

**** Le bordereau des prix peut prévoir des capots étanches et un revêtement d'étanchéité.*

1.7.3 ORGANES COURANTS DE DÉVIATION

** Le bordereau des prix distingue les différents types d'organes de déviation décrits à l'article 112.3.2 du présent fascicule.*

1.7.4 MESURES DE COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

** Lorsque des essais sont exigés (Cf. circulaire 94-33 du 19 avril 1994 du Ministère de l'équipement, des transports et du tourisme), le marché indique le nombre de mesures de coefficients de transmission à effectuer au titre des épreuves de convenance et de contrôle.*

Il impose en outre la présence de conduits vides pour ménager la possibilité de mettre en place une précontrainte complémentaire. Il précise si les mesures sont confiées à l'entreprise générale ou à un organisme associé au contrôle extérieur.

1.7.2 ANCRAGES OU COUPLEURS

Les prestations (*) comprennent :

– la fourniture à pied d'œuvre, le stockage et la mise en place des ancrages et, s'il y a lieu, des coupleurs (**) ;

– le cachetage définitif des ancrages et leur protection éventuelle (***) ;

– et, dans le cas d'une précontrainte extérieure, l'enveloppe simple ou double visée à l'article 112.4 du présent fascicule.

1.7.3 ORGANES COURANTS DE DÉVIATION

Les prestations comprennent la fourniture à pied d'œuvre, le stockage et la mise en place des organes courants de déviation conformément aux dispositions de l'article 112.3 du présent fascicule et aux pièces particulières du marché (*).

1.7.4 MESURES DE COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

Pour les mesures de coefficients de transmission prévues au marché (*), au titre des épreuves de convenance ou des épreuves de contrôle relevant du contrôle extérieur, deux cas se présentent .

– premier cas : si ces mesures ou une partie de ces mesures sont confiées à l'entreprise générale (**), l'entrepreneur fournit la main d'œuvre et le matériel, y compris celui de mesure, et il effectue les essais et leur interprétation conformément aux dispositions de l'annexe C au présent fascicule et du marché, en tenant compte des possibilités d'intervention directe de l'organisme associé au contrôle extérieur.

Les dessins de précontrainte portent la mention « contrôles de coefficients de transmission nécessaires » et sont accompagnés d'un tableau récapitulant les valeurs calculées k_{cal} de ces coefficients. Le marché indique en outre si la mesure directe (essai de type α) ou indirecte (essai de type β) du facteur de correction f_c est incluse dans l'épreuve de convenance.

*** Le marché indique en ce cas :*
– une fourchette pour le nombre d'essais confiés à l'entreprise et les câbles sélectionnés a priori pour de tels essais ;
– l'éventualité d'autres essais (dans les limites de la fourchette) à effectuer par l'entreprise sur demande inopinée du maître d'œuvre ;
– les possibilités d'intervention directe de l'organisme associé au contrôle extérieur.

1.7.5 PROTECTION DÉFINITIVE PAR COULIS

** Le bordereau des prix distingue d'une part l'ensemble des coulis courants, d'autre part, s'il y a lieu, les coulis spéciaux.*

Le bordereau des prix comporte, s'il y a lieu, un prix particulier pour essai de stabilité sur tube incliné, précisant les prestations et le nombre d'essais à réaliser.

Des sous-détails de prix sont systématiquement exigés.

*** Si le marché le prévoit (Cf. article 133).*

**** Ces dispositions résultent du respect des clauses de l'article 133 ou du marché.*

– deuxième cas : si ces mesures ne sont pas confiées à l'entreprise générale, l'entrepreneur fournit uniquement la main d'œuvre et le matériel nécessaires. L'organisme associé au contrôle extérieur effectue les essais et leur interprétation avec ses moyens de mesure propres.

En cas d'anomalie (Cf. articles 103.3.4 et 107.2.2 du présent fascicule), les mesures de coefficients de transmission à effectuer dans le cadre des épreuves d'information et au titre du contrôle interne sont aux frais et à la charge de l'entrepreneur.

1.7.5 PROTECTION DÉFINITIVE PAR COULIS

Les prestations comprennent la fourniture des constituants, la fabrication, le stockage, le transport et la mise en œuvre du coulis, y compris l'injection des trompettes d'ancrage, des capots et des coupleurs éventuels, conformément aux dispositions du chapitre 13 du présent fascicule et des pièces particulières du marché (*). Elles tiennent compte des éventuels contrôles non destructifs exécutés dans le cadre du contrôle extérieur.

Elles tiennent compte, le cas échéant, des dispositions complémentaires visées aux articles suivants :
– articles 133, 134.1 et 134.2 du présent fascicule pour l'essai d'étanchéité (**) ;
– article 133 du présent fascicule pour les procédés particuliers d'injection (***).

Ne sont pas compris la protection provisoire et le cachetage définitif des ancrages.

1.7.6 PROTECTION DÉFINITIVE PAR PRODUITS SOUPLES

** Le bordereau distingue d'une part les graisses, d'autre part les cires microcristallines.*

1.7.7 PRÉCONTRAINTE COMPLÉMENTAIRE

** Il est rappelé que l'article 43.4.b du présent fascicule précise que, dans ce cas, les dessins d'exécution indiquent l'emplacement des conduits laissés vides à cette fin.*

1.7.6 PROTECTION DÉFINITIVE PAR PRODUITS SOUPLES

Les prestations comprennent la fourniture à pied d'œuvre, le stockage, le chauffage et la mise en œuvre des produits, y compris l'injection des trompettes d'ancrage, des capots et des coupleurs éventuels, conformément aux dispositions du chapitre 14 du présent fascicule et des pièces particulières du marché (*).

Ne sont pas compris la protection provisoire et le cachetage définitif des ancrages.

1.7.7 PRÉCONTRAINTE COMPLÉMENTAIRE

Dans le cas où le marché impose la prévision d'une précontrainte complémentaire (*), l'article 103.3.4 du présent fascicule stipule que, en cas d'anomalie, il peut être mis en œuvre des unités complémentaires de précontrainte dans les conduits prévus en attente. La prise en compte des dispositions correspondantes se fait comme suit :

– premier cas : il n'y a pas utilisation de certains conduits pour précontrainte complémentaire.

L'entrepreneur est rémunéré pour l'ensemble de ses prestations comprenant la fourniture et la mise en place des conduits, des dispositifs de raccordement, des supports de ligatures, des évents et des purges aux emplacements précisés sur les dessins d'exécution ainsi que pour l'injection de ces conduits.

– deuxième cas : il y a mise en œuvre d'unités complémentaires de précontrainte dans certains conduits.

Dans la mesure où les anomalies résultent de défauts d'exécution, cette précontrainte complémentaire est à la charge de l'entrepreneur, à savoir fourniture et mise en œuvre des unités de précontrainte, leur protection, ainsi que les investigations nécessaires (mesures de coefficients de transmission visées par l'article 1.7.4 de la présente annexe, et recalcul de précontrainte).

La fourniture et la mise en place des conduits sont payées par le maître d'ouvrage comme dans le premier cas.

1.7.8 PRÉCONTRAINTE ADDITIONNELLE

** Le commentaire de l'article 111.3 précise les cas où une précontrainte additionnelle peut être prévue au marché. Le bordereau des prix précise les dispositifs à mettre en œuvre.*

1.8 ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

** Le marché peut prévoir un renforcement de la protection des extrémités des armatures, visée à l'article 123.4.*

1.7.8 PRÉCONTRAINTE ADDITIONNELLE

Dans le cas où le marché prévoit une précontrainte additionnelle ultérieure, les prestations comprennent forfaitairement la fourniture à pied d'œuvre, le stockage et la mise en place des dispositifs correspondants, conformément aux dispositions du chapitre 11 du présent fascicule et des pièces particulières du marché (*).

Elles ne comprennent pas les coffrages, les armatures de béton armé et les bétons utilisés pour réaliser les déviateurs, les entretoises ou les chambres de tirage, et qui sont payés aux prix du bordereau.

1.8 ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

Sauf dispositions différentes du marché, les prestations comprennent :

– la fabrication ou la fourniture à pied d'œuvre des éléments préfabriqués conformément aux dispositions des articles 92 et 95 du présent fascicule ;

– leur manutention, leur stockage et leur mise en œuvre dans les conditions définies aux articles 93, 94 et 95 du présent fascicule.

1.9 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE PAR PRÉ-TENSION

Les prestations comprennent la fourniture à pied d'œuvre, le stockage, le façonnage, la mise en place des armatures de précontrainte et les gainages s'il y a lieu, la mise en tension des armatures, la mise en précontrainte de l'élément et les opérations postérieures à la mise en précontrainte, conformément aux dispositions du chapitre 12 du présent fascicule et aux pièces particulières du marché (*).

Article 2 : Détermination des quantités

2.1 VOLUME DES BÉTONS

2.2 SURFACE DES BÉTONS

2.2.1 SURFACE DES PAROIS DE COFFRAGE ET PAREMENTS

Article 2 : Détermination des quantités

D'une façon générale, sauf indication contraire du marché, n'entrent pas en compte les renforcements éventuellement mis en œuvre pour répondre à certaines actions provisoires liées au processus d'exécution.

2.1 VOLUME DES BÉTONS

Les bétons sont mesurés au volume théorique défini par les dessins d'exécution.

Dans le calcul des volumes, ne sont pas déduits les volumes des armatures pour béton armé, des conduits de précontrainte, des ancrages et coupleurs éventuels, des dispositifs qui servent au maintien en position de ces armatures et conduits, ni les volumes des barbacanes et des trous réservés pour la fixation des coffrages même s'ils sont laissés apparents, ni les trous de scellement.

2.2 SURFACE DES BÉTONS

2.2.1 SURFACE DES PAROIS DE COFFRAGE ET PAREMENTS

Les moules ou coffrages sont mesurés à raison des surfaces coffrées telles qu'elles résultent des dessins d'exécution. Ne sont pas comptées les surfaces de reprise ou de joint, même coffrées.

Dans le calcul des surfaces, ne sont pas déduits les vides de fixation des coffrages, des trous de scellement, des réservations de diamètre inférieur à 50 centimètres pour le passage de réseaux divers, ni des barbacanes.

Les parements réalisés conformément aux pièces particulières du marché sont mesurés à la surface définie par les dessins d'exécution. Dans le cas d'utilisation de matrices du commerce pour la réalisation de parements ouvragés avec modelé, la surface à considérer est celle du parement lisse qui assurerait l'enrobage prescrit des armatures visé à l'article 63.2.5 du présent fascicule.

2.2.2 SURFACE NON COFFRÉE

2.2.3 SURFACE DE CURE

2.3 MASSE DES ACIERS POUR BÉTONS ARMÉS ET PRÉCONTRAINTS ET ACCESSOIRES DIVERS RELATIFS À LA PRÉCONTRAINTE

2.3.1 ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

2.3.2 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE PAR POST-TENSION

2.3.3 ANCRAGES, COUPLEURS ET ORGANES COURANTS DE DÉVIATION

2.2.2 SURFACE NON COFFRÉE

Le réglage de surface non coffrée fait l'objet d'un métré à partir des dessins d'exécution. Ne sont pas prises en compte les surfaces de reprise.

2.2.3 SURFACE DE CURE

Chaque surface donnant lieu à cure fait l'objet d'un métré sur place.

2.3 MASSE DES ACIERS POUR BÉTONS ARMÉS ET PRÉCONTRAINTS ET ACCESSOIRES DIVERS RELATIFS À LA PRÉCONTRAINTE

2.3.1 ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

Ces armatures sont mesurées à l'unité de masse. Les masses sont déterminées en prenant en compte les longueurs figurant aux tableaux récapitulatifs des armatures utilisées ou aux dessins d'exécution, ainsi que les sections nominales des aciers prescrits, et en attribuant à l'acier la masse volumique de 7 850 kg/m^3.

N'entrent pas en compte :
– les parties d'armatures utilisées en recouvrements non prévus aux dessins d'exécution ;
– les ligatures pour arrimage des armatures

2.3.2 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE PAR POST-TENSION

Ces armatures sont mesurées à l'unité de masse. Les masses sont déterminées en prenant en compte les longueurs des barres, câbles ou fils dans l'axe entre nus extérieurs des plaques d'ancrage, ainsi que la section ou le diamètre nominal, et en attribuant à l'acier la masse volumique de 7850 kg/m^3.

2.3.3 ANCRAGES, COUPLEURS ET ORGANES COURANTS DE DÉVIATION

Ces organes sont mesurés à l'unité.

2.3.4 PROTECTION DÉFINITIVE PAR COULIS OU PRODUITS SOUPLES

2.3.5 CONDUITS POUR PRÉCONTRAINTE COMPLÉMENTAIRE NON UTILISÉS

** L'injection prévue dans le premier cas du 1.7.7 est réglée par un prix particulier.*

2.3.6 MESURES DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

2.3.7 PRÉCONTRAINTE ADDITIONNELLE

2.3.8 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE PAR PRÉ-TENSION

2.4 ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

2.3.4 PROTECTION DÉFINITIVE PAR COULIS OU PRODUITS SOUPLES

Les quantités prises en compte pour la protection définitive sont les masses des armatures de précontrainte recevant cette protection. Les masses sont déterminées suivant les modalités figurant en 2.3.2 ci-dessus.

2.3.5 CONDUITS POUR PRÉCONTRAINTE COMPLÉMENTAIRE NON UTILISÉS

Ces conduits sont mesurés au mètre linéaire compté suivant leur axe et entre nus extérieurs des plaques d'ancrage (*).

2.3.6 MESURES DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

Les mesures sont payées à l'unité.

2.3.7 PRÉCONTRAINTE ADDITIONNELLE

Les dispositifs de précontrainte additionnelle sont payés soit à l'unité, soit sous forme forfaitaire.

2.3.8 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE PAR PRÉ-TENSION

Ces armatures sont mesurées à l'unité de masse. Les masses sont déterminées en prenant en compte les longueurs des armatures dans l'axe entre nus extérieurs des parois d'extrémité ainsi que la section ou le diamètre nominal, et en attribuant à l'acier la masse volumique de 7 850 kg/m^3.

2.4 ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

La préfabrication peut être faite, soit par un processus industriel, soit sur un emplacement forain lié au chantier. Les prestations peuvent être réglées comme suit :

** Cette solution est envisageable lorsque la préfabrication est prévue au marché.*

*** Si la géométrie est parfaitement définie au marché.*

**** Dans le cas d'une structure ou partie de structure linéaire.*

**** * Dans le cas d'une structure ou partie de structure bidimensionnelle.*

**** ** Si la préfabrication n'a pas été prévue au marché, il est préférable de traiter les conséquences de la modification intervenue par un avenant.*

– premier cas (*) : la prise en compte des coffrages, des parements et de la cure est incluse dans le prix des éléments.

Les éléments peuvent être mesurés à l'unité si leur géométrie et leurs armatures sont exactement définies au marché.

Sinon, les armatures de béton armé ainsi que les armatures et les accessoires relatifs à la précontrainte sont pris en compte au bordereau et les éléments sont mesurés :
– soit à l'unité (**),
– soit au mètre linéaire (***),
– soit au mètre carré (*** *),
– soit au mètre cube de béton, excluant les armatures.

– deuxième cas : les quantités sont prises en compte comme si les éléments étaient coulés en place (*** **).

ANNEXE 1 AUX COMMENTAIRES

(ANNEXE NON CONTRACTUELLE)

Liste des textes de référence cités dans la partie "texte" du fascicule 65 du CCTG

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
107.2.2	Méthode d'essai	Méthode d'essai du LCPC	Détermination du coefficient de transmission des unités de précontrainte. Projet de méthode d'essai, 1983 (référence LCPC : PME1)
113.2.2	CCTG	Fascicule 56 du CCTG	Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion. Fascicule spécial n°2004-3
113.3.3	CCTG	Article 4.2.1 du fascicule n°56 du CCTG	Documents fournis par l´entreprise titulaire - Généralités
131.	Décret/Arrêté/Circulaire	Fascicule spécial n° 99-11	Circulaire n°99-54 du 20 août 1999 instituant un avis technique des coulis d'injection pour conduits de précontrainte. BO, Fascicule spécial n°99-11, 1999
151.2	CCAG	Article 44.3 du CCAG	44.3. Garanties particulières

Liste des textes de référence cités dans la partie "commentaires" du fascicule 65 du CCTG

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
23.1	CCAG	Article 29.13 du CCAG	29.13. Les plans, notes de calculs, études de détail et autres documents établis par les soins ou à la diligence de l'entrepreneur sont soumis à l'approbation du maître d'œuvre, celui-ci pouvant demander également la présentation des avant-métrés.

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
23.1	CCAG	CCAG	Cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics de travaux (CCAG-Travaux)
23.2	Recom.	Recommandation T 1.87 du GPEM-T	Avis de recommandation aux maîtres d'ouvrage publics à propos de la gestion et de l'assurance de la qualité lors de la passation et de l'exécution des marchés de travaux (recommandation n° T1-87 parue au BO 88-11 du 20.04.88)
31.	CCAG	Articles 28 et 29 du CCAG	28.- Préparation des travaux 29.- Plans d'exécution. Notes de calcul. - Etudes de détail.
31.1	Loi	Loi n° 94-665 du 4 août 1994	Loi relative à l'emploi de la langue française
33.	CCAG	Articles 28.2 et 31 du CCAG	28.2.- Programme d'exécution 31.- Installation, organisation, sécurité et hygiène des chantiers
34.2.4	Certification	Certificats AFCAB (Association française pour la certification des armatures du béton)	
34.2.4	Certification	Marque QualiF-IB	Certification pour la Marque Qualif-IB - Eléments architecturaux en béton fabriqués en usine, délivrée par le CERIB mandaté par la FIB
35.	CCAG	Article 31 du CCAG	31.- Installation, organisation, sécurité et hygiène des chantiers
36.	CCAG	Article 40 du CCAG	40.- Documents fournis après exécution
43.5	CCTG	Fascicule 61, titre II du CPC	Conception, calcul et épreuves des ouvrages d´art Titre II - programmes de charges et épreuves des ponts-routes (Bulletin officiel - fascicule spécial n° 72-21 bis)
	CCAG	Article 29 du CCAG	29.- Plans d'exécution. Notes de calcul. - Etudes de détail.
	Guide	Guide pour la commande et le pilotage des études d'ouvrages d'art (1997)	Guide pour la commande et le pilotage des études d'ouvrages d'art. Guide technique. Sétra,1997, 116 p. (référence Sétra : F 9761)
55.0	Note d'information	Note d'information n° 07 "Limitation de la déformation des ouvrages provisoires sous le poids du béton frais"	Note d'information "Ouvrages d'art", n° 7. Sétra, juillet 1989
58.0	Décret/Arrêté/Circulaire	Directives communes de 1979 relatives au calcul des constructions	Instruction technique sur les directives communes de 1979 relatives au calcul des constructions. Circulaire n° 79-25 du 13 mars 1979. BO 79-12 bis
59.1	Décret/Arrêté/Circulaire	Circulaire n°79-25 du 13 mars 1979	Instruction technique sur les directives communes de 1979 relatives au calcul des constructions. Circulaire n° 79-25 du 13 mars 1979. BO 79-12 bis

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
59.2.3.3	Guide	Manuel de technologie "Coffrage" du Conseil international du bâtiment n° 85 (1985)	
59.6	CCTG	DTU P21-701, dit règles CB 71, modifiées en 1975 (articles 1.2.2 et 4.9.1.5)	DTU P21-701 : Règles CB 71 - Règles de calcul et de conception des charpentes en bois (édition juin 1984 - 2e tirage)
62.3	CCTG	Fascicule 67, Titre I du CCTG (article 9)	Étanchéité des ponts-routes - Support en béton de ciment. Fascicule spécial n° 85-32 bis
63.2.1	Guide	Fascicule 2 du « Guide de chantier pour le surfaçage des tabliers d'ouvrages d'art » (STER 81)	Fascicule 2 du sous dossier ST du STER 81 "Guide de chantier pour le surfaçage des tabliers d'ouvrages d'art"
63.2.5	Certification	Certification Qualif-IB	Certification pour la Marque Qualif-IB - Éléments architecturaux en béton fabriqués en usine, délivrée par le CERIB mandaté par la FIB
64.	Guide	Ouvrage de synthèse du Projet National CALIBE	"Résultats et recommandations du projet national CALIBE - La maîtrise de la qualité des bétons" - Presses de l'ENPC, 2004, 452 p (ISBN 2-85978-385-7)
64.	Guide	Monographie "Les traitements de surface des produits en béton" (n°11, 1994, CERIB)	"Les traitements de surface des produits en béton". Monographie. CERIB, 1994, 229 p. (référence CERIB : MO 11)
64.	Guide	Protection des bétons par application de produits à la surface du parement (LCPC-Sétra , 2002).	Protection des bétons par application de produits à la surface du parement. Guide technique. LCPC-Sétra, 2002, 99 p. (référence Sétra : F 0231)
65.5	Certification	Marque NF - Produits spéciaux pour constructions en béton hydraulique	Certification de la marque NF - Produits spéciaux pour constructions en béton hydraulique, délivrée par AFAQ AFNOR CERTIFICATION
65.5	Guide	Protection des bétons par application de produits à la surface du parement (LCPC-Sétra , 2002).	Protection des bétons par application de produits à la surface du parement. Guide technique. LCPC-Sétra, 2002, 99 p. (référence Sétra : F 0231)
71.1	Certification	Marque NF - Aciers pour béton armé	Certification de la marque NF - Aciers pour béton armé, délivrée par l'AFCAB mandatée par AFAQ AFNOR CERTIFICATION
71.1	Certification	Certificat NF - AFCAB	
71.2	Certification	Certification AFCAB - Dispositifs de raboutage ou d'ancrage des armatures du béton	Certification de la Marque AFCAB - Dispositifs de raboutage ou d'ancrage des armatures du béton
71.3	Certification	Marque NF - Armatures	Certification de la marque NF - Armatures, délivrée par l'AFCAB mandatée par AFAQ AFNOR CERTIFICATION

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
71.3	Certification	Certificat NF - AFCAB	
73. ; 74.1	Certification	Certification AFCAB - Pose	Certification AFCAB - Pose des armatures du béton
73.2	Certification	Armature certifiée NF- AFCAB	
74.1	Certification	Certificat NF - AFCAB "Armatures"	
81.	Guide	Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction et guide pour l'élaboration du dossier carrière (LCPC, 1994)	Lettre circulaire DR du 24 janvier 1995 - Transmission de "Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction (1994)" et document annexe : Guide pour l'élaboration du dossier carrière. LCPC, 1994.
81.	Guide	Guide de rédaction des pièces écrites (Sétra, 1996)	Prévention des désordres dus à l'alcali-réaction - Guide pour la rédaction des pièces écrites des marchés. Sétra, 1996, 64 p. (référence Sétra : F 9649)
81.	Guide	Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel (LCPC, 2003) ;	Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel. Guide technique. LCPC, 2003, 167 p. (référence LCPC : RECDUR)
81.	Guide	Recommandations pour la prévention de la réaction sulfatique interne du béton (LCPC, à paraître) ;	
81.	Guide	Recommandations pour maîtriser la fissuration des dalles de ponts-mixtes (Sétra 1995)	Ponts mixtes - Recommandations pour maîtriser la fissuration des dalles. Sétra, 1995, 95 p. (référence Sétra : F 9536)
81.	Guide	Guide technique "Défauts d'aspect des parements en béton" (LCPC 1991)	Défauts d'aspect des parements en béton. Guide technique. LCPC, 1991, p. (référence LCPC : TMDEFASP)
81.2.1	Guide	Guide méthodologique "Viabilité hivernale - Définition des objectifs de qualité" (Sétra, juillet 1992)	Viabilité hivernale - Définition des objectifs de qualité. Guide méthodologique. Sétra, 1992, 35 p. (référence Sétra : E9227)
81.2.1	Guide	Guide pratique "Aide à l'élaboration du dossier d'organisation de la viabilité hivernale" (Sétra, novembre 1994)	
81.2.1	Guide	Annexe aux "Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel"	Extraits du guide pratique d'aide à l'élaboration du dossier d'organisation de la viabilité hivernale
81.2.2	Guide	Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages (AFGC 2003).	Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages. Maîtrise de la durabilité vis-à-vis de la corrosion des armatures et de l'alcali-réaction. Etat de l'art et guide pour la mise en œuvre d'une approche performantielle et prédictive sur la base d'indicateurs de durabilité. Documents scientifiques et techniques. AFGC, 2004.

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
81.7	Guide	Bétons à hautes performances dans les piles et pylônes de grande hauteur des ouvrages d'art (Guide Technique LCPC, juin 2003)	Valorisation des bétons à hautes performances dans les piles et pylônes de grande hauteur des ouvrages d'art. Guide Technique. LCPC, 2003, 108 p. (référence LCPC : BETPIL)
81.7	Guide	Bétons à hautes et très hautes performances dans les structures d'ouvrages d'art (Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 246-247, 2003).	
81.7	Guide	Synthèse des travaux du Projet National BHP	Projet National BHP 2000
81.8	Guide	Recommandations AFGC	Recommandations provisoires des bétons auto-plaçants. AFGC, 2000.
81.8	Guide	Publications à paraître du Projet National BAP	
81.8	Guide	Modèles de fluage réglementaires (BPEL, puis EN 1992).	
82.1	Certification	Marque NF - Liants Hydrauliques	Certification pour la Marque NF - Liants hydrauliques, délivrée par AFAQ AFNOR CERTIFICATION
82.2	Certification	Marque NF - Granulats	Certification pour la Marque NF - Granulats, délivrée par AFAQ AFNOR CERTIFICATION
82.3	Certification	Marque NF - Adjuvants	Certification pour la Marque NF-Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis - Produits de cure, délivrée par le CERIB mandaté par AFAQ AFNOR CERTIFICATION
82.6	Certification	Marque NF - Additions	La Marque NF - Additions, créée en 1996, n'existe plus par suite de l'absence de demande de la part des fabricants
83.1 ; 83.2	Certification	Marque NF - BPE	Certification pour la Marque NF - Béton prêt à l'emploi, délivrée par AFAQ AFNOR CERTIFICATION
83.3	Guide	Guide technique LCPC/CALIBÉ/IREX [2002]	"Pompage des bétons". Guide technique. LCPC/CALIBE/IREX, 2002, 36 p. (référence LCPC : GTPOMPBET)
84.3	Guide	Recommandations pour l'exécution des reprises de bétonnage [CEBTP, FFB, SETRA], mars 2000)	Recommandations pour l'exécution des reprises de bétonnage. CEBTP, FFB, Sétra, 2000, 21 p.
84.5	Guide	Guide technique "La résistance du béton dans l'ouvrage : la maturométrie", coédition LCPC/IREX/CALIBE, Techniques et méthodes des LPC	Résistance du béton dans l'ouvrage : la maturométrie. Guide technique. LCPC/IREX/CALIBE, Techniques et méthodes des LPC, 2003, 42 p. (référence LCPC: MATURO)

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
84.6.1	Guide	Guide AFGC "Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages – Maîtrise de la durabilité vis-à-vis de la corrosion des armatures et de l'alcali-réaction", 2004	Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages. Maîtrise de la durabilité vis-à-vis de la corrosion des armatures et de l'alcali-réaction. Etat de l'art et guide pour la mise en œuvre d'une approche performantielle et prédictive sur la base d'indicateurs de durabilité. Documents scientifiques et techniques. AFGC, 2004.
84.6.2	Certification	Marque NF - Produits de cure	Certification pour la Marque NF-Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis - Produits de cure, délivrée par le CERIB mandaté par AFAQ AFNOR CERTIFICATION
86.2	CCAG	Article 44.3 du CCAG	44.3. Garanties particulières
86.2	CCAG	Article 41.7 du CCAG	
86.4.1	Guide	Guide technique "La résistance du béton dans l'ouvrage : la maturométrie", coédition LCPC/IREX/CALIBÉ, Techniques et méthodes des LPC, 2004)	Résistance du béton dans l'ouvrage : la maturométrie. Guide technique. LCPC/IREX/CALIBE, Techniques et méthodes des LPC, 2003, 42 p. (référence LCPC: MATURO)
87.1 ; 87.2 ; 89.3	Guide	Recommandations du projet national BAP	
88.3.3	Guide	Recommandations pour la prévention de la réaction sulfatique interne du béton. (LCPC à paraître)	
88.4.2	Méthode d'essai	Méthode LCPC (présentée dans le bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées n°126, juillet-août 1983, pages 115 à 118, information 2 824)	
88.4.2	Méthode d'essai	Méthode d'essai du Laboratoire central des ponts et chaussées	Essai de détermination de la chaleur d'hydratation dégagée dans le béton)
92.1	Certification	Certification QualiF-IB "Eléments architecturaux en béton fabriqués en usine"	Certification pour la Marque Qualif-IB - Eléments architecturaux en béton fabriqués en usine, délivrée par le CERIB mandaté par la FIB
92.3	Guide	Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel	Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel. Guide technique. LCPC, 2003, 167 p. (référence LCPC : RECDUR)

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
92.3	Guide	Guide AFGC "Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages – maîtrise de la durabilité vis-à-vis de la corrosion des armatures et de l'alcali-réaction" (2004)	Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages. Maîtrise de la durabilité vis-à-vis de la corrosion des armatures et de l'alcali-réaction. Etat de l'art et guide pour la mise en œuvre d'une approche performantielle et prédictive sur la base d'indicateurs de durabilité. Documents scientifiques et techniques. AFGC, 2004.
102.1.1	Décret/Arrêté/Circulaire	Circulaire n° 2002-57 du 4 Septembre 2002	Circulaire n° 2002-57 du 4 septembre 2002 relative à l'utilisation d'unités intermédiaires de précontrainte avec ancrages incomplets. BO n° 2002-17, 25 septembre 2002
102.1.1	Guide	Référentiel technique de l'ASQPE	Voir le document avec ses références
102.1.2	Guide	Notices relatives aux procédés concernés	Notices techniques des procédés de précontrainte authentifiées par …. et délivrés par les entreprises distributrices des procédés concernés
102.1.4	Guide	Référentiel technique de l'ASQPE	Voir le document avec ses références
107.2.2	Décret/Arrêté/Circulaire	Circulaire n° 94-33 du 19 avril 1994	Circulaire n° 94-33 du 19 avril 1994 apportant des compléments à la réglementation de la mise en œuvre de la précontrainte (coefficient de transmission). BO 94-12
111.3	Décret/Arrêté/Circulaire	Lettre-circulaire de la Direction des routes R/EG.3 du 20 juillet 1983	
112.5	Décret/Arrêté/Circulaire	Circulaire 2001-16 du 28 02 2001 relative à la conception de la précontrainte extérieure au béton	Circulaire 2001-16 du 28 février 2001 relative à la conception de la précontrainte extérieure au béton. BO 2001-5, 25 mars 2001
113.3.3	CCTG	Article 4.2.1 du fascicule n°56 du CCTG	Documents fournis par l´entreprise titulaire - Généralités
123.2.2	Certification	Organisme accrédité COFRAC "Etalonnage forces" (ou équivalent)	
131.	Certification	ETAG 013	Guideline for european technical approval of postensionning kits for prestressing of structures
131.1	Certification	Marque NF - Liants Hydrauliques	
131.1	Certification	Marque NF - Adjuvants	
131.2	Décret/Arrêté/Circulaire	Circulaire 89-26 du 17 avril 1989	Circulaire n°89-26 du 17 avril 1989 relative à la réglementation concernant l'emploi de la précontrainte. 89-6 TO
131.2	Méthode d'essai	Méthode d'essai des LPC	Annexe 3.1 "Essai de stabilité sur tube incliné" de la circulaire n°99-54 du 20 août 1999

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
132.	Méthode d'essai	Abaque donné dans l'article du bulletin des LPC N° 250-251 (mai-juin-juillet-août 2004)	
133.2	Décret/Arrêté/Circulaire	Circulaire 89/26 du 17 avril 1989 relative à la réglementation concernant l'emploi de la précontrainte	Circulaire n°89-26 du 17 avril 1989 relative à la réglementation concernant l'emploi de la précontrainte. 89-6 TO
151.1	CCTG	Fascicule 56 du CCTG	Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion. Fascicule spécial n°2004-3
151.2	CCAG	Article 44.3 - 2ème alinéa du CCAG	
152.2	Certification	Liste des fiches des systèmes de peinture qualifiés pour béton, éditée par l'ACQPA.	ACQPA (Association pour la certification et la qualification en peinture anticorrosion)
153.1	Guide	Guide technique du LCPC "Mise en peinture des bétons de génie civil" (1999)	Mise en peinture des bétons de génie civil. Guide technique. LCPC, 1999, 56 p. (référence LCPC : TMMISPEINTBETG)
153.4	CCAG	Article 24.7 du CCAG	
154.1	Décret/Arrêté/Circulaire	Décret n° 69.558 du 6 juin 1969	Décret portant règlement d'administration publique en ce qui concerne les mesures particulières de protection des travailleurs applicables aux travaux de décapage, de dépolissage ou de dessablage au jet (JO du 11 juin 1969)
154.1	Décret/Arrêté/Circulaire	Directive 2000/76/CE du conseil du 4/12/2000 sur l'incinération des déchets	Directive n° 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets (JOCE n° L 332 du 28 décembre 2000)
154.1	Décret/Arrêté/Circulaire	Arrêté du 20/09/2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux	Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux (JO du 1er décembre 2002)
154.1	Décret/Arrêté/Circulaire	Arrêté du 18/02/1994 modifiant l'arrêté du 18/12/1992 relatif au stockage de certains déchets spéciaux ultimes et stabilisés pour les installations existantes/nouvelles (JO du 26/04/1994)	Arrêtés du 29 juin 1993 et du 18/02/1994 modifiant l'arrêté du 18/12/1992 relatif au stockage de certains déchets spéciaux ultimes et stabilisés pour les installations existantes/nouvelles (JO du 30/06/93 et du 26/04/1994)
154.1	Décret/Arrêté/Circulaire	Arrêté du 09/09/1997 modifié relatif aux installations de stockage de déchets ménagers et assimilés (JO des 2/10/1997, 2/03/2002 et 19/04/2002)	Arrêté du 19/01/06 modifiant l'arrêté du 09/09/1997 relatif aux installations de stockage de déchets ménagers et assimilés (JO du 16/03/06)
154.1	Guide	Guide technique relatif aux installations de stockage de déchets inertes, MATE, édition avril 2001	Installations de stockage de déchets inertes. Guide technique. MATE, édition avril 2001, 44 p
171.1	CCAG	Article 44 du CCAG	
171.1	CCAG	Article 41.7 du CCAG	

Articles de référence	Nature du texte	Textes de référence	Intitulé
171.1	CCAG	Article 39.2 du CCAG	
171.3	Guide	Guide technique "Défauts d'aspect des parements en béton" (LCPC 1991)	Défauts d'aspect des parements en béton. Guide technique. LCPC, 1991, p. (référence LCPC : TMDEFASP)