



BULLETIN

Ministère
de l'Équipement,
des Transports
et du Logement

Secrétariat
d'État
au Logement

Secrétariat
d'État
au Tourisme

Officiel

Marchés publics de travaux

CAHIER DES CLAUSES
TECHNIQUES GÉNÉRALES

Fascicule n° 65 A

Exécution des ouvrages de génie civil
en béton armé ou en béton précontraint
par post-tension

FASCICULE SPÉCIAL N° 2000-3

AOÛT 2000

Direction des affaires économiques et internationales

Abonnement et vente : Direction des Journaux officiels - 26, rue Desaix - 75727 Paris Cedex 15

Page laissée intentionnellement blanche

SOMMAIRE

	<u>pages</u>
Extrait du décret n° 2000-524 du 15 juin 2000 relatif à la composition du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux et approuvant ou modifiant divers fascicules	III
Circulaire n° 2000-59 du 02 août 2000 relative à la modification du fascicule 65 A et de son additif "Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou en béton précontraint par post - tension" du Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux	V
Fascicule n° 65 A :	
Table des matières	1
Annexes	122
Rapport de présentation	164

Page laissée intentionnellement blanche

Extrait du décret n° 2000-524 du 15 juin 2000

relatif à la composition du cahier des clauses techniques générales
applicables aux marchés publics de travaux et approuvant ou modifiant divers fascicules

(Journal officiel du 18 juin 2000)

Art. 2. - Sont approuvés les fascicules modifiés suivants du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux :

Fascicules applicables au génie civil

Fascicule 65 A et additif - Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint

Art. 4. - Les dispositions des articles 1^{er}, 2 et 3 sont applicables aux marchés pour lesquels la procédure de consultation est engagée à compter du premier jour du sixième mois suivant la date de publication du présent décret.

Page laissée intentionnellement blanche

Direction des Affaires
Economiques et Internationales

Date d'application : à parution

Le Ministre de l'Équipement, des Transports et du Logement
à
Mesdames et Messieurs les destinataires in fine

Circulaire n° 2000-59 du 02 août 2000 relative à la modification du fascicule 65 A et de son additif "Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou en béton précontraint par post - tension" du Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux

NOR : EQU0010124C

Texte(s) source(s) : Décret N° 2000-524 du 15 juin 2000 (J.O. du 18 juin 2000)

Texte(s) abrogé(s) : néant

Texte(s) modifié(s) : Fascicule 65 A et de son additif du CCTG

Mots clés : CCTG

Mots clés libres :

Publiée : **BO**

DESTINATAIRES :

Pour attribution :

Madame et messieurs les préfets de région (directions régionales de l'équipement; centres d'études techniques de l'équipement de Méditerranée, du Sud-Ouest, de Nord-Picardie, de Lyon, de l'Ouest et de Normandie-Centre; services de la navigation du Nord-Est, du Nord-Pas-de-Calais, Rhône-Saône, de la Seine, de Strasbourg et de Toulouse; services maritimes et de navigation de Gironde, du Languedoc-Roussillon et à Nantes; services spéciaux des bases aériennes du Sud-Est, du Sud-Ouest et de l'Île-de-France);

Mesdames et messieurs les préfets de département (directions départementales de l'équipement; direction de l'équipement de Mayotte et de St-Pierre et Miquelon; services maritimes des ports de Boulogne-sur-Mer et de Calais, du Nord [Dunkerque], de la Seine-Maritime [Le Havre et Rouen], et des Bouches du Rhône [Marseille]; services spéciaux des bases aériennes du Sud-Ouest, du Sud-Est et de l'Île de France; ports autonomes de Dunkerque, Le Havre, Rouen, Nantes, Saint-Nazaire, Bordeaux, Marseille, Strasbourg, Paris et la Guadeloupe; services de l'aviation civile de Nouméa, Papeete et Moroni) ;

Messieurs les directeurs des services techniques centraux ;

Monsieur le directeur général d'Aéroports de Paris ;

Monsieur le directeur général de la SNCF ;

Monsieur le directeur général d'EDF-GDF.

Pour information :

Mesdames et Messieurs les directeurs et chefs de service de l'administration centrale ;

Monsieur le vice-président du conseil général des ponts et chaussées;

Messieurs les coordonnateurs des missions d'inspection générale territoriale, des circonscriptions d'inspection des services de la navigation, des circonscriptions d'inspection des services maritimes, de la mission d'inspection spécialisée des ouvrages d'arts;

Messieurs les inspecteurs généraux des services techniques centraux.

Le décret n° 2000-524 du 15 juin 2000 a approuvé le fascicule 65A et son additif, résultant de la révision des textes approuvés en 1992 et 1993. Comme précédemment, le fascicule 65A couvre la plupart des ouvrages, à l'exception de certaines techniques particulières ; il est complété par un additif pour les prescriptions relatives à ces techniques. En ce qui concerne le fascicule 65B qui s'applique aux ouvrages en béton de faible importance, justiciables de prescriptions simplifiées, il reste en vigueur tel qu'approuvé par le décret n° 96-420 du 10 mai 1996.

La révision du fascicule 65A et de son additif répond aux objectifs suivants, en ce qui concerne le fond :

- tirer parti de l'expérience acquise, tant dans l'utilisation de ces fascicules depuis 1992 que dans les réflexions qui ont abouti au fascicule 65B. Cela porte notamment sur les prescriptions d'assurance-qualité.
- tenir compte du développement de la normalisation (française et européenne) et de la certification. Sont ainsi prises en compte les nouvelles normes sur les granulats, sur le béton et ses constituants. Il est fait référence de façon plus systématique à la certification : ciments, adjuvants et additions du béton, produits de cure, armatures, qui étaient précédemment couverts par des procédures d'agrément ou d'homologation.
- tenir compte des évolutions des techniques.

Les clauses relatives aux armatures de béton armé ne font plus référence au fascicule 4 titre Ier, celui-ci étant abrogé par le décret n° 2000-524. En outre, au plan de la forme, on s'est attaché à mettre la rédaction en cohérence avec le fascicule 65B.

L'ensemble des modifications apportées aux textes en vigueur sont signalées par des barres apparaissant en marge.

Les éventuelles difficultés dans la mise en œuvre de ces fascicules pourront être signalées à la direction de affaires économiques et internationales, sous-direction du bâtiment et des travaux publics, mission de la normalisation.

Pour le ministre et par délégation :

Pour le directeur empêché :

Le sous-directeur du bâtiment et des travaux publics

JEAN-MICHEL ETIENNE

Page laissée intentionnellement blanche

TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE	9
CHAPITRE 1 : DISPOSITIONS GÉNÉRALES	10
Article 11 - Domaine d'application.	10
Article 12 - Principes généraux.	10
CHAPITRE 2 : ASSURANCE ET CONTRÔLE DE LA QUALITÉ	11
Article 21 - Assurance de la qualité.	11
Article 22 - Contrôle de la qualité.	11
22.1 - Contrôle interne	11
22.2 - Contrôle extérieur	12
Article 23 - Traitement des non-conformités.	12
CHAPITRE 3 : DOCUMENTS FOURNIS PAR L'ENTREPRENEUR	13
Article 31 - Généralités.	13
31.1 - Présentation des documents	13
31.2 - Correction et mise à jour des documents	13
Article 32 - Etudes d'exécution.	14
32.1 - Sous-traitance des études d'exécution	14
32.2 - Base des études d'exécution	14
32.3 - Dessins d'exécution et notes de calculs	15
32.4 - Dispositions pour la visite et l'entretien	19

Article 33 - Programme d'exécution des travaux.	19
Article 34 - Projet des installations de chantier.	20
Article 35 - Plan d'assurance qualité.	21
35.1 - Généralités	21
35.2 - Composition du plan d'assurance qualité	21
35.3 - Phases d'établissement et d'application du plan d'assurance qualité	24
CHAPITRE 4 : OUVRAGES PROVISOIRES AUTRES QUE LES COFFRAGES	26
Article 41 - Classement des ouvrages provisoires.	26
41.1 - Nature des ouvrages provisoires	26
41.2 - Catégories d'ouvrages provisoires	27
41.3 - Obligations de l'entrepreneur	27
Article 42 - Le chargé des ouvrages provisoires- Assurance de la qualité.	27
42.1 - Désignation et rôle du chargé des ouvrages provisoires	27
42.2 - Contenu du plan d'assurance qualité	28
Article 43 - Projet des ouvrages provisoires.	29
43.1 - Généralités	29
43.2 - Dessins des ouvrages provisoires	30
Article 44 - Réalisation et utilisation des ouvrages provisoires	31
44.1 - Qualité des matériaux et matériels à utiliser	31
44.2 - Exécution, utilisation, contrôles correspondants	32
Article 45 - Prescriptions complémentaires concernant les étalements.	33
Article 46 - Prescriptions complémentaires concernant les matériels spéciaux.	33
Article 47 - Prescriptions complémentaires concernant les échafaudages de service et plates-formes de travail.	34
Article 48 - Prescriptions complémentaires concernant les dispositifs de protection.	35

CHAPITRE 5 : PAREMENTS ET AUTRES SURFACES COFFRÉES	36
Article 51 - Généralités.	36
Article 52- Spécifications, classes de parements.	36
52.1 - Généralités	36
52.2 - Spécifications relatives aux parements	37
Article 53 - Prescriptions relatives aux coffrages et au béton en parement.	40
53.1 - Prescriptions communes aux surfaces coffrées	40
53.2 - Prescriptions particulières à diverses natures de surface	44
Article 54 - Traitements de surface.	47
54.1 - Bouchardage	47
54.2- Décapage	48
54.3 - Enduits de protection	48
Article 55 - Assurance de la qualité pour les parements et les coffrages.	49
55.1 - Moyens de l'entreprise	49
55.2 - Fournitures	49
55.3 - Modes opératoires	50
55.4 - Contrôle interne	50
55.5- Réparation d'imperfections ou de non-conformités	51
CHAPITRE 6 : ARMATURES DE BÉTON ARMÉ	52
Article 61 - Fourniture.	52
61.1 - Choix et provenance des armatures	52
61.2 - Eléments de raccordement des armatures	53
61.3 - Conditionnement	53
61.4 - Transport, manutention et stockage	54
61.5 - Acceptation des lots d'armatures	54

Article 62 - Façonnage.	54
62.1 - Prescriptions générales	54
62.2 - Ronds lisses	55
62.3 - Armatures à haute adhérence	55
62.4 - Treillis soudés	56
Article 63 - Mise en œuvre.	56
63.1 - Arrimage et calage des armatures	56
63.2 - Continuité des armatures	57
63.3 - Armatures en attente	58
63.4 - Propreté des armatures	58
Article 64 - Tolérances sur la position des armatures après bétonnage.	59
Article 65 - Assurance de la qualité pour les armatures de béton armé.	59
65.1 - Contenu des procédures d'exécution	59
65.2 - Contrôle	60
CHAPITRE 7 : BÉTONS ET MORTIERS	61
Article 71 - Définition et spécifications des bétons et mortiers.	61
71.1 - Type de béton	61
71.2 - Environnement	62
71.3 - Résistance à la compression à vingt-huit jours	65
71.4 - Consistance du béton frais	65
71.5 - Dimension maximale du granulats	66
Article 72 - Constituants des bétons et mortiers.	66
72.1 - Ciments	66
72.2 - Granulats	66
72.3 - Eau de gâchage	67
72.4 - Adjuvants	67
72.5 - Additions	67
72.6 - Compatibilité des différents constituants	68
72.7 - Cas particuliers	68

Article 73 - Fabrication et transport des bétons.	69
73.1 - Bétons prêts à l'emploi (BPE) préparés en usine	69
73.2 - Fabrication sur site	69
73.3 - Transport et manutention	70
Article 74 - Mise en œuvre.	71
74.1 - Prescriptions générales	71
74.2 - Vibration du béton	71
74.3 - Reprise de bétonnage	72
74.4 - Surfaces non coffrées	72
74.5 - Décoffrage, décintrement	73
74.6 - Cure du béton	73
74.7 - Conditions de température particulières	76
Article 75 - Assurance de la qualité pour les bétons et mortiers.	77
75.1 - Plan d'assurance qualité	77
75.2 - Justification de la composition des bétons	78
75.3 - Programme de bétonnage	79
Article 76 - Contrôle extérieur.	81
76.1 - Épreuve de convenance	81
76.2 - Épreuve de contrôle	81
76.3 - Acceptation du béton	84
CHAPITRE 8 : ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS	85
Article 81 - Généralités.	85
Article 82 - Fabrication ou fourniture.	85
82.1 - Provenance et qualité	85
82.2 - Dispositifs d'accrochage incorporés au béton	86
82.3 - Marquage	88
82.4 - Transport et réception des composants sur chantier	88

Article 83 - Manutention, stockage.	89
Article 84 - Mise en œuvre.	90
84.1 - Mise en place	90
84.2 - Assemblages	90
Article 85 - Assurance de la qualité pour les éléments préfabriqués.	91
85.1 - Contenu des procédures d'exécution	91
85.2 - Contrôle interne	91
CHAPITRE 9 : PRÉCONTRAINTÉ PAR POST-TENSION	92
Article 91 - Domaine d'emploi.	92
Article 92 - Fournitures.	92
92.1 - Unités de précontrainte	92
92.2 - Conduits	94
92.3 - Coulis d'injection	98
Article 93 - Mise en œuvre.	101
93.1 - Le chargé de la mise en précontrainte	101
93.2 - Mise en place des conduits et armatures	102
93.3 - Mise en tension des armatures	103
93.4 - Protection des armatures	105
Article 94 - Tolérances sur la position des conduits après bétonnage.	107
Article 95 - Assurance de la qualité pour la précontrainte.	107
95.1 - Généralités, missions du chargé de la mise en précontrainte	107
95.2 - Contenu de la procédure d'exécution relative à la précontrainte	108
95.3 - Précisions à apporter concernant les modes opératoires	109
95.4 - Contrôles de mise en tension	111
95.5 - Contrôles relatifs aux injections	114

CHAPITRE 10 : TOLÉRANCES SUR L'OUVRAGE FINI ET ACHÈVEMENT DE L'OUVRAGE	118
Article 101 - Tolérances géométriques sur l'ouvrage fini.	118
101.1 - Tolérance générale de dimension	119
101.2 - Défaut d'aplomb	119
101.3 - Tolérance de rectitude	119
Article 102 - Reprise des imperfections ou des non-conformités éventuelles.	119
102.1 - Généralités	119
102.2 - Défauts de nature à porter atteinte à la qualité structurale	120
102.3 - Défauts d'aspect, ragréages	121
Article 103 - Récolement.	121
Article 104 - Nettoyage final.	121
ANNEXE A AU TEXTE : NORMES APPLICABLES AUX TRAVAUX RÉGIS PAR LE FASCICULE 65-A	122
ANNEXE B AU TEXTE : BASES DES JUSTIFICATIONS DES OUVRAGES PROVISOIRES	129
Article 1 - Principe des justifications.	130
Article 2 - Charges et autres actions à prendre en compte.	130
Article 3 - Modes de justification de la réponse des ouvrages provisoires.	132
Article 4 - Règles d'abattement en cas de rempli.	134
Article 5 - Règles particulières aux ouvrages provisoires métalliques.	134
Article 6 - Règles particulières aux ouvrages provisoires en bois.	136
Article 7 - Règles particulières aux ouvrages provisoires en béton.	136
ANNEXE C AU TEXTE : MESURE DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION	138
Article 1 - Généralités.	138
Article 2 - Fiche type de relevé de coefficient de transmission.	142

ANNEXE D AU TEXTE : DÉFINITION DES PRESTATIONS DUES ET MÉTRÉ	144
Article 1 - Consistance des diverses prestations.	144
1.1 - Installations de chantier	144
1.2 - Etudes des ouvrages définitifs	144
1.3 - Contrôle interne	145
1.4 - Ouvrages provisoires	145
1.5 - Bétonnage	147
1.6 - Armatures de béton armé	148
1.7 - Précontrainte par post-tension	149
1.8 - Eléments préfabriqués	153
1.9 - Précontrainte par pré-tension	153
Article 2 - Détermination des quantités.	153
2.1 - Volume des bétons	153
2.2 - Surface des bétons	154
2.3 - Masse des aciers pour bétons armés et précontraints et accessoires divers relatifs à la précontrainte	154
2.4 - Eléments préfabriqués	156
ANNEXE 1 AUX COMMENTAIRES : RAPPELS CONCERNANT LA DÉMARCHE QUALITÉ	157
Article 1 - Présentation de la démarche.	157
Article 2 - Exigences de qualité.	157
2.1-INDICATIONS GÉNÉRALES	157
2.2-QUALITÉ STRUCTURALE	158
2.3-QUALITÉ D'ASPECT	158
Article 3 - Rôle de l'entrepreneur.	158
Article 4 - Rôle du maître d'œuvre.	159
Article 5 - Organisation du contrôle.	159
ANNEXE 2 AUX COMMENTAIRES : LISTE DES TEXTES DE RÉFÉRENCE	160
RAPPORT DE PRÉSENTATION	164

PRÉAMBULE

Le présent fascicule contient les clauses techniques générales applicables aux parties d'ouvrages de génie civil en béton armé ou en béton précontraint par post-tension.

Il est complété par des clauses techniques générales fournies sous forme d'un additif au présent fascicule et applicables en cas d'emploi de techniques particulières telles que notamment :

- le traitement thermique du béton ;
- la précontrainte par pré-tension ;
- diverses dispositions spéciales en rapport avec la précontrainte par post-tension (Cf. article 91 ci-après) ;
- peintures et enduits.

Par ailleurs certaines natures particulières d'ouvrages telles par exemple que des réservoirs, des ouvrages hydrauliques ou des ouvrages souterrains, font l'objet de fascicules spéciaux se référant au présent fascicule.

Un autre fascicule, le fascicule 65-B, traite d'ouvrages de génie civil en béton armé pour lesquels l'importance du chantier et les techniques utilisées justifient de se contenter de clauses techniques simplifiées.

Il est rappelé que, conformément au décret n° 84-74 du 26 janvier 1984 relatif au statut de la normalisation, modifié par les décrets n° 90-653 du 18 juillet 1990 et n° 93-123 5 du 15 novembre 1993, lorsqu'il est fait référence à des normes françaises non issues de normes européennes, des normes étrangères en vigueur dans un état membre de l'Union Européenne ou de l'Espace Economique Européen peuvent être applicables sous réserve qu'elles soient reconnues équivalentes. Les mêmes principes s'appliquent lorsqu'il est fait référence à la marque d'un organisme certificateur agréé français ou à un agrément technique français.

CHAPITRE 1

DISPOSITIONS GÉNÉRALES**Article 11 : Domaine d'application.**

* La méthodologie relative à l'assurance de la qualité développée dans le présent fascicule pour la mise en œuvre du béton armé et précontraint peut être transposée par le marché à l'ensemble des ouvrages.

** Les ouvrages de génie civil de faible importance en béton armé sont l'objet du fascicule 65-B du CCTG.

*** Cf. article 82.1.

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.

La norme NF EN ISO 9000-1 présente les lignes directrices pour la sélection et l'utilisation des normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité.

CHAPITRE 1

DISPOSITIONS GÉNÉRALES**Article 11 : Domaine d'application.**

Le présent fascicule est destiné aux ouvrages de génie civil en béton armé et précontraint (*), à l'exception des ouvrages de faible importance (**).

Il s'applique aux composants (***), 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 (*).

CHAPITRE 2

ASSURANCE ET CONTRÔLE DE LA QUALITÉ**Article 21 : Assurance de la qualité.**

* Cf. annexe 1 aux commentaires pour les définitions et principes généraux.

** Pour une entreprise de travaux, le PAQ est établi spécifiquement pour une opération de construction donnée. Par référence aux normes NF EN ISO 8402 et NF X 50-125, il peut contenir les éléments utiles du manuel qualité de l'entreprise, complétés pour l'opération de construction considérée. A la différence du plan qualité défini par cette norme, il peut ne contenir que les éléments que le maître d'œuvre doit normalement avoir à connaître pour l'exercice de ses missions.

*** Cf. articles 31 et 35.

Article 22 : Contrôle de la qualité.

22.1 CONTRÔLE INTERNE

* Le contrôle interne 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 interne et pour le contrôle extérieur relatifs à une même tâche.

** *Il est rappelé que*, conformément au CCAG, la fourniture 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 producteur 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.

CHAPITRE 2

ASSURANCE ET CONTRÔLE DE LA QUALITÉ**Article 21 : Assurance de la qualité. (*)**

L'entrepreneur établit le plan d'assurance qualité (PAQ) (**) dans lequel il décrit l'organisation générale du chantier, les principaux moyens qu'il compte y affecter et les dispositions de contrôle interne associées à ces moyens.

Le statut du PAQ est identique à celui des études d'exécution. Il est donc soumis au visa du maître d'œuvre (***). En ce qui concerne les documents de suivi, seul leur cadre est soumis au visa du maître d'œuvre.

Article 22 : Contrôle de la qualité.

22.1 CONTRÔLE INTERNE

Le contrôle interne s'exerce, sous l'autorité de la personne désignée qui dirige le chantier, de façon permanente et à tous les échelons de l'exécution (*).

Il a pour but de s'assurer de la maîtrise des moyens mis en œuvre pour obtenir la qualité requise et s'applique :

- aux matériaux, produits et composants entrant sur le chantier, quant à leurs provenance et qualité (**);

- aux moyens et processus d'exécution.

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

22.2 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

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

** Le marché précise le cas échéant les principales sujétions imposées à l'entrepreneur pour l'exercice du contrôle extérieur.

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

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

*** **Cf. commentaire (**) de l'article 35.1.

Article 23 : 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 :

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

En cas de non-conformité à un résultat spécifié, le mode de rétablissement de la qualité spécifiée ou, à défaut, les dispositions à prendre sont stipulés au chapitre 10.

Les résultats du contrôle interne sont reportés sur les documents de suivi prévus au PAQ et 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 (***).

22.2 - CONTRÔLE EXTÉRIEUR (*)

L'entrepreneur donne toutes facilités utiles pour l'exercice du contrôle extérieur (**) par le maître d'œuvre ou sous son autorité.

Le contrôle extérieur comporte :

- la surveillance de l'application du PAQ (***) ;
- l'exécution d'épreuves de convenance (*** *) et de conformité ;
- la levée des points d'arrêt (*** **), matérialisée sur les documents de suivi.

Article 23 : Traitement des non-conformités.

En cas de non-conformité d'un résultat, décelée par le contrôle interne ou par le contrôle extérieur, l'entrepreneur procède à la mise en conformité ou soumet à l'acceptation du maître d'œuvre les mesures correctives qu'il propose d'appliquer (*).

CHAPITRE 3

DOCUMENTS FOURNIS PAR L'ENTREPRENEUR

Article 31 : Généralités.

* Il est rappelé qu'en application du CCAG (articles 28 et 29), complété par le CCAP, tous ces documents sont soumis au visa du maître d'œuvre.

Toutefois, par exception, comme indiqué dans le chapitre 4 (ouvrages provisoires), parmi les documents relevant de ce chapitre, seuls sont soumis au visa du maître d'œuvre les documents pour lesquels le visa est prévu.

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.

** Ces signatures signifient qu'un contrôle interne 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 d'ordinateur.

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.

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.

CHAPITRE 3

DOCUMENTS FOURNIS PAR L'ENTREPRENEUR

Article 31 : Généralités (*).

31.1 PRÉSENTATION DES DOCUMENTS (*)

Les documents portent un titre et un numéro d'ordre. Ils sont datés et signés par leur auteur et, le cas échéant, par la personne de l'entreprise qui a délégué 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.

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 (*).

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 calques dans les meilleurs délais.

Article 32 : 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).

32.1 SOUS-TRAITANCE DES ÉTUDES D'EXÉCUTION

* 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.

32.2 BASES DES ÉTUDES D'EXÉCUTION

* L'étude des ouvrages provisoires est traitée à l'article 43 ci-après (projet des ouvrages provisoires).

** Il n'y a normalement lieu de prévoir, par le marché, la remise d'un tel document 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 bases.

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

*** 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 éventuel à de gros programmes de calcul automatique.

Article 32 : Etudes d'exécution (*).

32.1 SOUS-TRAITANCE DES ÉTUDES D'EXÉCUTION

L'entrepreneur précise ceux des documents dont l'établissement est confié à un 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.

32.2 BASES DES ÉTUDES D'EXÉCUTION

Ces bases comprennent notamment l'action des ouvrages provisoires, charges provisoires et matériels de chantier sur les ouvrages définitifs (*).

Si le marché le prescrit (**), l'entrepreneur, avant de procéder aux études d'exécution, remet un document définissant les bases de ces études. Y 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.

32.3 DESSINS D'EXÉCUTION ET NOTES DE CALCULS

32.3.1 GÉNÉRALITÉS

* 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.

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

32.3.2 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 5 (parements et autres surfaces coffrées), notamment à l'article 53.1.2,5 (réservations, arêtes) et à l'article 53.2 (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'explicitier les surépaisseurs correspondantes et les dimensions après traitement.

32.3 DESSINS D'EXÉCUTION ET NOTES DE CALCULS

32.3.1 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. Dans les zones très ferrillées, des dessins de détail communs sont fournis de façon à faire apparaître la compatibilité de l'ensemble des armatures avec les conditions de bétonnage.

Les dessins sont groupés par parties d'ouvrages (**); ils sont accompagnés de notes de calculs justifiant la ou les parties correspondantes (***).

Les dessins automatiques sont complétés en tant que de besoin.

32.3.2 DESSINS DE COFFRAGE

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

- des qualités de béton 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 (*);

** 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 ci-après.

*** * 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 intérieures au béton qui sont à prévoir en application de l'article 4.10,3 des règles BPEL 91 (Cf. son commentaire *) lorsque le marché a prescrit de dimensionner l'ouvrage en fonction de la force probable de précontrainte.

32.3.3 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 ferrailage longitudinal de certains hourdis ; il est alors fait application de l'article A.6.1,22 des règles BAEL 91.

Comme il est dit à l'article 63.2, le nombre de recouvrements doit être minimisé.

- les ouvertures provisoires ou définitives à réserver (**), le mode de rebouchage des orifices 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 matérialisés 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 (** **).

32.3.3 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 6 et notamment :

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

** Ces mesures peuvent porter sur le façonnage ou l'équipement des armatures en attente ; se reporter à l'article 63.3.

*** Cette prescription ne s'applique pas aux soudures de simple fixation. Pour celles-ci, se reporter à l'article 63.1.1.

*** * Voir l'article 82.2.

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.

*** Pour les diamètres des mandrins de cintrage, il peut suffire lorsque le diamètre minimal autorisé par un texte général est applicable (Cf. article 62 du présent fascicule) de renvoyer globalement à un tableau de valeurs reproduit sur chaque plan concerné et accompagné d'une légende appropriée.

32.3.4 DESSINS D'ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

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.

- 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 ferrailage 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 (**).

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 (***) .

32.3.4 DESSINS D'ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

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 ;

** 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 événements, l'épaisseur minimale des cachetages.

*** Cf. article 32.3.3 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.

32.3.5 NOTES DE CALCULS

* Y compris les simplifications ou approximations admises (Cf. article 32.2). 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 implique 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.

- 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 9, 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 (**);
- 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 correspondantes du béton en conformité avec le PAQ (***) ;
- s'il y a lieu, l'emplacement des conduits laissés vides dans l'attente d'une précontrainte complémentaire éventuelle.

32.3.5 NOTES DE CALCULS

Les notes de calculs 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.

** 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.

32.4 DISPOSITIONS POUR LA VISITE ET L'ENTRETIEN

* Il convient d'assurer l'accessibilité :

- d'une part aux dispositifs et équipements (appareils d'appui, 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 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.

Dans le cas de notes de calculs automatiques, les prescriptions précédentes s'appliquent entièrement. Doivent en outre être parfaitement définis les programmes 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 comportent toutes les sorties nécessaires pour satisfaire les stipulations ci-dessus, et permettre d'interpréter aisément les résultats intermédiaires.

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

Article 33 : Programme d'exécution des travaux.

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

- le calendrier prévisionnel d'exécution des travaux, tenant compte des intempéries prévisibles (**);
- la description générale et, s'il y a lieu, la justification de la convenance des matériels et méthodes à utiliser pour chaque phase de travaux.

*** Il vise notamment :

- les phases de bétonnage ;
- les opérations de décoffrage et de décintrement ;

et, le cas échéant :

- 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 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 74.5 ci-après).

*** ** Pour la mise en place des poutres préfabriquées, on pourra se reporter au guide de chantier du SETRA - GGOA 70, niveau 3, fascicule n° 3.5.

Article 34 : Projet des installations de chantier.

* Cf. article 31 du CCAG.

** Certains moyens ou matériels peuvent n'être choisis que lorsque les 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 41.1 rappelle la réglementation particulière applicable aux engins de manutention.

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 :

- 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 résistance requise du béton 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 : 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 :

- 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 35 : Plan d'assurance qualité.

35.1 GÉNÉRALITÉS

* Le contrôle interne est l'objet principal du PAQ. 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 qualité 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 10.2).

35.2 COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

35.2.1 GÉNÉRALITÉS

* 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.

Article 35 : Plan d'assurance qualité.

35.1 GÉNÉRALITÉS

Le plan d'assurance qualité (PAQ) présente les dispositions de moyens et d'organisation proposées par l'entrepreneur pour atteindre la qualité requise.

Le PAQ traite :

- des facteurs contribuant à l'obtention de la qualité (*) :
 - affectation des tâches, moyens en personnel ;
 - matériels et fournitures ;
 - méthodes et points sensibles de l'exécution (**);
- du contrôle interne.

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

Le PAQ est mis à jour et complété en tant que de besoin (***).

35.2 COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

35.2.1 GÉNÉRALITÉS

Le PAQ est constitué de :

- un document d'organisation générale ;
- un ou plusieurs documents particuliers à une phase d'exécution, désignés en abrégé par procédures d'exécution (*);
- les cadres des documents de suivi.

Le présent article définit le contenu minimal du document général du PAQ et les éléments communs aux procédures d'exécution. Il est complété par les articles traitant du PAQ des chapitres 4 et suivants.

35.2.2 ORGANISATION GÉNÉRALE

* Le PAQ 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 PAQ.

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

*** Notamment le chargé des ouvrages provisoires (COP) et le chargé de la mise en œuvre de la précontrainte (CMP) (Cf. chapitres 4 et 9 respectivement).

*** *Cf. article 35.3 ci-après.

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 règles suivant les méthodes de l'assurance de qualité.

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

35.2.3 PROCÉDURES D'EXÉCUTION

* Les moyens à décrire dans le cas général sont :

- matériels d'étalement, coffrages ;
- matériel spécial de préfabrication ;
- matériel de façonnage des armatures de béton armé : redressage des couronnes, coupe et cintrage, soudage ou manchonnage ;

35.2.2 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, maîtrise 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 ;
- c) désignation d'un responsable pour chaque tâche de contrôle interne (***) ;
- d) désignation des personnes responsables de la qualité dans les entreprises sous-traitantes et chez les fournisseurs principaux ;
- e) effectif moyen prévisible sur le chantier.

- organisation du contrôle interne ;

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 ;
- les principes, les conditions d'organisation et de fonctionnement du contrôle interne (***) ;
- 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.

35.2.3 PROCÉDURES D'EXÉCUTION

Les procédures d'exécution sont établies conformément aux prescriptions des chapitres ci-après, et définissent notamment :

- la partie des travaux faisant l'objet de la procédure ;
- les moyens matériels spécifiques utilisés (*) ;

- 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.

*** Cf. article 33.

*** *Les procédures officielles de certification de conformité recouvrent notamment la marque NF, l'homologation, l'agrément, 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 armatures industrielles pour le béton, les ciments, les granulats, les adjuvants, les additions et les produits de cure.

Les procédures d'homologation s'appliquent aux armatures de précontrainte.

Des agréments sont délivrés par le ministre chargé de l'équipement pour les procédés de précontrainte et les centrales de béton prêt à l'emploi. Dans ce dernier cas, il s'agit de l'inscription sur une liste d'aptitude (Cf. article 73), et non d'une certification de produits.

- les choix de l'entreprise en matière de matériaux, produits et composants (qualité, certification, origine, marque et modèle exact lorsqu'il y a lieu) (**) ;

- les points sensibles de l'exécution, par référence au programme d'exécution des travaux (***), complété s'il y a lieu par une description des modes opératoires et les consignes d'exécution ;

- les interactions avec d'autres procédures 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 interne, conformément à ce qui suit ;

- pour les matériaux, produits et composants utilisés, soumis à une procédure officielle de certification de conformité, les conditions d'identification sur le chantier des lots livrés (***) ;

Les certificats AFCAB sont délivrés notamment pour des opérations de pose d'armatures industrielles pour le béton, 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.

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

35.3 PHASES D'ÉTABLISSEMENT ET D'APPLICATION DU PAQ

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

** Certains éléments du PAQ 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 PAQ, comportant les principales dispositions du document d'organisation générale et la liste des procédures d'exécution.

- 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 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 interne, ainsi que les conditions de transmission de ces documents au maître d'œuvre ou de tenue à sa disposition.

Le contenu de cette partie du PAQ satisfait aux prescriptions des chapitres suivants du présent fascicule.

35.3 PHASES D'ÉTABLISSEMENT ET D'APPLICATION DU PAQ (*)

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

- période de préparation des travaux :

- mise au point du document d'organisation générale ;

- établissement des procédures d'exécution correspondant aux premières phases de travaux ;

Sur la base de l'acte d'engagement, le cadre du PAQ 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 interne.

*** Le CCAP fixe les délais de visa des pièces du PAQ, 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 PAQ sont remis au maître d'œuvre à l'achèvement des travaux (Cf. article 103).

- 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 (** **).

L'application du PAQ comporte l'envoi au maître d'œuvre d'avis de passage aux points d'arrêt.

CHAPITRE 4

OUVRAGES PROVISOIRES AUTRES QUE LES COFFRAGES

Article 41 : Classement des ouvrages provisoires.

41.1 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 prédalles, sont incorporés à la structure définitive), il convient de se reporter au chapitre 5.

** Parmi les matériels spéciaux on peut citer notamment les coffrages glissants et grimpants, les coffrages-outils de toute nature.

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 (se reporter au décret n° 47-1592 du 23 août 1947 modifié, et au titre II du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié). Voir aussi le commentaire

** de l'article 46.

*** 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 4

OUVRAGES PROVISOIRES AUTRES QUE LES COFFRAGES

Article 41 : Classement des ouvrages provisoires.

41.1 NATURES DES OUVRAGES PROVISOIRES

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

- les étalements (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 (***).

41.2 CATÉGORIES D'OUVRAGES PROVISOIRES

* La répartition entre les deux catégories est sujette à appréciation.

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.

41.3 - OBLIGATIONS DE L'ENTREPRENEUR

* Les obligations contractuelles de l'entrepreneur complètent, sans les reproduire, ses obligations légales résultant de la réglementation du travail. Pour ce qui concerne les ouvrages provisoires visés par le présent article, ces obligations légales sont définies par le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié (notamment ses articles 2 à 24, 106 à 128, 134 à 139, 147, 148, 164 à 170, 218 à 220).

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

**Article 42 : Le chargé des ouvrages provisoires.
Assurance de la qualité.**

42.1 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.

41.2 CATÉGORIES D'OUVRAGES PROVISOIRES

Les ouvrages provisoires sont répartis en deux catégories suivant leur complexité et le niveau de risque vis-à-vis des tiers ou de la qualité.

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 fournie par l'entrepreneur en même temps que le programme d'exécution, pour être soumise à la décision du maître d'œuvre. Elle est ensuite rappelée dans le PAQ.

41.3 - OBLIGATIONS DE L'ENTREPRENEUR

Les articles suivants (42 à 44) précisent les obligations contractuelles de l'entrepreneur en fonction des catégories retenues. Les articles 45 à 48 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 42 : Le chargé des ouvrages provisoires.
Assurance de la qualité.**

42.1 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 35.2.2 ci-avant ; elle précise les références professionnelles de l'intéressé et sa situation dans l'entreprise ou vis-à-vis de celle-ci (*).

** Certains 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. Il l'est également en vue de l'application du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié, de la loi n° 76-1106 du 6 décembre 1976, du décret n° 83-844 du 23 septembre 1983, du décret n° 95-543 du 4 mai 1995, et de la circulaire interministérielle (Urbanisme et logement, transport, mer) n° 82-40 du 23 avril 1982 qui a étendu certaines dispositions à d'autres chantiers comportant des risques importants d'accident.

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 matériaux et matériels approvisionnés pour constituer les ouvrages provisoires sont dans un état aussi bon que prévu ;
- les matériaux et matériels utilisés demeurent en bon état 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 maintenus en bon état jusqu'à la fin de leur utilisation ;
- ils sont utilisés et démontés correctement.

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

42.2 CONTENU DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

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

** 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 83).

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 chef de chantier.

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. Cette coordination 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).

42.2 CONTENU DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

Pour les ouvrages provisoires de première catégorie, le PAQ définit 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 (***).

*** * Pour les ouvrages de première catégorie, ces documents sont soumis au visa du maître d'œuvre conformément aux dispositions des articles 45 à 48 ci-après.

Article 43 : Projet des ouvrages provisoires.

43.1 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 contre flèches 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 46.

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.

*** 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.

Le PAQ 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 à être mis en service.

Article 43 : Projet des ouvrages provisoires.

43.1 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 au moins égaux à ceux des ouvrages définitifs (*). Dans l'attente d'instructions définitives l'annexe B au présent fascicule 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.

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 45 à 48, 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.

43.2 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 (***) *).

Pour les ouvrages provisoires de première catégorie, les spécifications des matériels utilisés, qu'il s'agisse de matériels spéciaux ou de tout matériel en provenance d'un tiers fabricant 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 45 à 48 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 (***) **)

43.2 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 ;

** Tous les ouvrages provisoires, cependant, doivent satisfaire aux conditions requises par la réglementation du travail ; voir notamment à ce sujet les articles 106 à 128 et 134 à 139 du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié.

Article 44 : Réalisation et utilisation des ouvrages provisoires.

* L'enlèvement des ouvrages provisoires fait l'objet de l'article 220 du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié.

44.1 QUALITÉ DES MATÉRIAUX ET MATÉRIELS À UTILISER

* La sécurité de l'exécution impose l'élimination de tout risque de défektivité cachée. Le présent article complète à cet effet les règles des articles 22 et 23 du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié auxquelles il y a lieu de se reporter par ailleurs.

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.).

- les dispositions à respecter pour la manutention et pour toutes les opérations de réglage, décalage, décentrement, 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 sont simplifiés (par exemple simple schéma) ou même leurs dispositions sont directement définies par le chef de chantier lors de l'exécution (**).

Article 44 : Réalisation et utilisation des ouvrages provisoires (*).

44.1 QUALITÉ 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 constituant le projet (Cf. article 43.1) jusqu'à la réception des ouvrages définitifs. Pour les ouvrages provisoires de première catégorie, ce document est transmis au maître d'œuvre.

** 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 emploi, 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 (brêlages 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).

44.2 - EXÉCUTION, UTILISATION, CONTRÔLES CORRESPONDANTS

* Se reporter au chapitre 10 ci-après.

** Pour éviter les déformations trop incertaines, en sus du respect des dispositions du projet rappelées à l'article 43.2 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.

Le remploi sur le chantier des matériaux ou matériels est autorisé, tant que leurs détériorations 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 ; dans ce dernier cas le COP certifie la validité de la réparation.

44.2 - 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 (***).

Article 45 : Prescriptions complémentaires concernant les étaielements.

* 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 étaielements destinés à porter les tabliers des ponts pendant leur construction. Pour les autres étaielements et pour les échafaudages de service (Cf. article 47), 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'étaielement 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'étaielement.

Dans tous les cas également, les dispositions du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié (articles 218 et 220 notamment) sont applicables.

Article 46 : Prescriptions complémentaires concernant les matériels spéciaux.

* Il est rappelé que ces ouvrages sont classés en première catégorie (Cf. article 41.2). 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 32.3).

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

Article 45 : Prescriptions complémentaires concernant les étaielements.

Pour les étaielements 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 étaielements de deuxième catégorie, ces documents sont tenus à la disposition du maître d'œuvre, avant tout début des opérations correspondantes. Cependant, lorsque les étaielements 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 46 : 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.

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 au sens du décret n° 47-1592 du 23 août 1947 et de l'arrêté du 16 août 1951 modifié le 12 juillet 1968. Les dispositions du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié (articles 25 à 63 notamment) leur sont intégralement applicables. 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 47 : 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 ; il s'agit notamment des dispositions des articles 2 à 24, 106 à 128, 147 et 148 du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié.

Du point de vue structural, les règles de l'art sont analogues à celles relatives aux étalements, 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.

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 47 : 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 43.1 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 42.2, sont transmises au maître d'œuvre.

**Article 48 : 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.

** 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 (Cf. directives communes de 1979 relatives au calcul des constructions).

Se reporter par ailleurs aux dispositions de l'article 43.1 sur la tenue à disposition des documents du projet.

**Article 48 : 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.

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 42.2, sont transmises au maître d'œuvre.

CHAPITRE 5

PAREMENTS ET AUTRES SURFACES COFFRÉES

* Ne sont traités dans ce chapitre ni les coffrages glissants, ni les coffrages perdus, non plus que certains traitements de surface tels que peintures et enduits.

** Ils font alors l'objet de compléments dans le marché. Cependant, dans le cas des surfaces peintes, certaines exigences dimensionnelles et de texture sont applicables.

Article 51 : Généralités.

* Lorsque des surfaces de béton sont destinées à être revêtues, le parement désigne donc la surface livrée, après mise en œuvre des revêtements, pour application des clauses du chapitre 10 du présent fascicule.

Le marché peut prévoir la possibilité de réaliser des parements avec des surfaces non coffrées. Des essais de convenance sont alors nécessaires (Cf. article 74.4 ci-après).

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

Article 52 : Spécifications, classes de parements.

52.1 GÉNÉRALITÉS

* Pour les parements peu visibles, et dans certains cas particuliers, des dérogations peuvent être introduites dans le marché.

CHAPITRE 5

PAREMENTS ET AUTRES SURFACES COFFRÉES

Le présent chapitre traite des surfaces coffrées, des parements, et des traitements de surface à effectuer après bétonnage (*).

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

Article 51 : Généralités.

Les surfaces de béton coffrées sont classées en deux catégories:

- les surfaces de béton terminées, soumises à des exigences de qualité d'aspect (*) ; c'est à elles seules que s'appliquent les stipulations du présent fascicule relatives aux parements ;
- les autres surfaces, qui ne sont soumises qu'à des exigences de précision dimensionnelle (**).

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

Article 52 : Spécifications, classes de parements.

52.1 GÉNÉRALITÉS

Les exigences de qualité portant sur l'aspect des surfaces de béton dépendent de la classe des parements (*).

** Ces trois classes de parements correspondent à différents degrés de qualité des « parements soignés » définis dans la norme NF P 18-210 (réf. DTU 23.1).

*** Ce doit être le cas le plus fréquent. En particulier, l'obtention de parements fins entraîne des sujétions souvent coûteuses (Cf. commentaire *** de l'article 52.2 ci-après).

*** * 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, jaune, ocre, gris clair ou gris foncé ;
- conformité de l'aspect à un béton de convenance réalisé en début de chantier.

*** ** L'attention est attirée sur le fait que spécifier l'emploi de parements fins ou ouvragés sans apporter les exigences particulières correspondantes serait dénué de sens.

*** *** Le marché définit si les parements ouvragés sont préfabriqués ou coulés en place, le niveau de qualité prévu en 52.2.3 étant différent.

52.2 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX PAREMENTS

* A ces spécifications s'ajoutent des prescriptions résultant de divers autres articles du présent fascicule. Certaines de ces prescriptions sont à préciser par le marché.

A cet effet le marché classe les parements en (**):

- parements soignés simples (***), laissés bruts de décoffrage et dont l'aspect ne fait l'objet que d'une exigence de régularité générale (*** *), dénommés parements simples dans la suite du texte ;

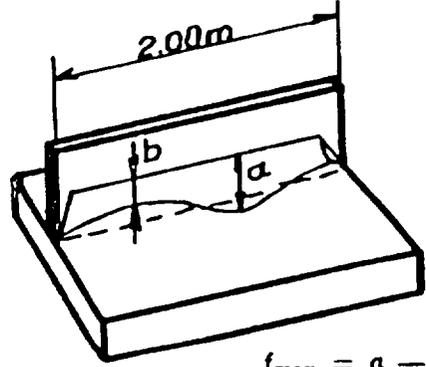
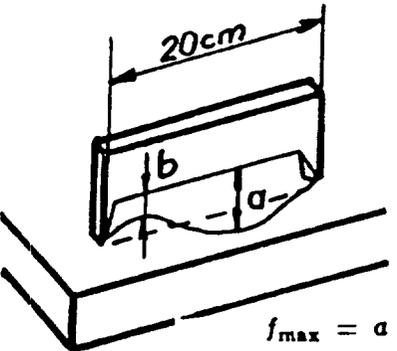
- parements soignés fins, faisant en sus dans tous les cas l'objet d'exigences particulières définies par le marché (*** **), concernant la texture, la teinte et les formes géométriques, dénommés parements fins dans la suite du texte ;

- parements soignés ouvragés, préfabriqués ou coulés en place (*** ***), qui doivent satisfaire à des exigences d'ordre décoratif définies par le marché, dénommés parements ouvragés dans la suite du texte.

A défaut de classement, les parements sont des parements simples.

52.2 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX PAREMENTS (*)

52.2.1 PAREMENTS SIMPLES

DÉFAUTS DE FORME	PAREMENTS	
	Simple.	Fins.
<p>Planéité d'ensemble, rapportée à la règle de 2 m.</p>  <p>$f_{\max} = a - b.$</p>	8 mm	5 mm
<p>Planéité locale, rapportée au réglet de 20 cm</p>  <p>$f_{\max} = a - b.$</p>	3 mm	2 mm

Dans le cas de surfaces courbes, les mesures géométriques sont effectuées, par analogie aux surfaces planes, à l'aide de gabarits reproduisant les formes théoriques.

52.2.1 PAREMENTS SIMPLES

La teinte paraît uniforme à l'échelle d'un panneau de coffrage, sans taches ni marbrures, et à l'échelle d'un même élément de structure. 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.

La texture est homogène à l'échelle d'un panneau de coffrage (absence de ségrégation et de nids de cailloux notamment).

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

52.2.2 PAREMENTS FINS

* Le marché peut fixer des limites de tolérances sur les défauts d'aspect, concernant notamment :

- la teinte ;

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), 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 noir et blanc.

- la texture ;

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) 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. Éléments d'identification ».

Il importe dans tous les cas d'éviter toute hétérogénéité de nature ou de remploi d'un coffrage.

52.2.3 PAREMENTS OUVRAGÉS

* Le marché précise en outre les caractéristiques de ces parements et certaines caractéristiques des coffrages. Il désigne les surfaces dont le béton est à traiter après décoffrage, spécifie les modes de traitement applicables et précise les délais de garantie.

52.2.2 PAREMENTS FINS

La teinte est définie par le marché (*), ou à défaut proposée par l'entrepreneur, soit par référence à une surface étalon, à un parement existant, une échelle colorée, soit à défaut, en définissant les propriétés des constituants du béton (ciment, granulats, pigment éventuel).

La texture est définie par le marché (*), ou à défaut proposée par l'entrepreneur, soit par référence à une surface étalon, un parement existant, soit à défaut, en définissant la nature des parois de coffrage.

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

52.2.3 PAREMENTS OUVRAGÉS

Ils peuvent être soit laissés bruts de décoffrage et présenter un modelé ou des formes particulières, soit travaillés par enlèvement de matière, soit encore revêtus. Ces dispositions sont définies par le marché (*), et à défaut proposées par l'entrepreneur.

** Les tolérances de forme imposées aux parements simples suffisent généralement pour les parements ouvragés travaillés ou présentant un modelé.

*** La préfabrication d'éléments avec parements ouvragés permet d'obtenir aisément une qualité équivalente à celle des parements fins. Pour ceux qui seraient coulés en place, les spécifications des parements fins portant sur la teinte et sur la texture entraînent très souvent des sujétions lourdes en cas de recours à une centrale de BPE utilisant simultanément d'autres granulats.

Article 53 : 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. En particulier, les tolérances résultant du chapitre 10 peuvent conduire à resserrer les tolérances géométriques fixées en 53.2, relatives aux joints de coffrage.

53.1 PRESCRIPTIONS COMMUNES AUX SURFACES COFFRÉES

53.1.1 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 ferrailage, 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.

En l'absence de précisions du marché, sont applicables :

- pour les parements ouvragés revêtus :

les spécifications de teinte et de texture relatives aux parements simples et les spécifications de forme relatives aux parements fins (**);

- pour les autres parements ouvragés :

les spécifications relatives aux parements fins, si le parement est préfabriqué, celles relatives aux parements simples si le parement est coulé en place (***).

Article 53 : Prescriptions relatives aux coffrages et au béton en parement (*).

53.1 PRESCRIPTIONS COMMUNES AUX SURFACES COFFRÉES

53.1.1 CONCEPTION DES COFFRAGES

Les coffrages doivent être aptes à assurer leurs fonctions essentielles :

- réaliser les formes géométriques prévues, sans aucune déformation imprévue (*);

- permettre d'obtenir la qualité d'aspect spécifiée pour les parements, conformément à l'article 52 ci-avant, grâce à la qualité, au degré de remplissage, à la propreté et à l'étanchéité de leurs parois ;

** Il convient en particulier de :

- faciliter la mise en place puis le maintien en position des armatures durant le bétonnage ;
- permettre la mise en place correcte du béton, si nécessaire en utilisant des coffrages comportant des éléments amovibles ;
- ne pas entraver les déformations du béton aux jeunes âges en ménageant des joints de dilatation, assurant par ailleurs l'étanchéité nécessaire 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 (Cf. chapitre 3 de l'additif au fascicule 65-A).

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

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

53.1.2 MISE EN ŒUVRE DES COFFRAGES

* Pour le décoffrage, se reporter à l'article 74.5. En ce qui concerne l'élimination des coffrages après usage, il est rappelé que, de façon générale, selon l'article 15 du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965, il est interdit de laisser à l'abandon sur le chantier des planches munies de pointes saillantes.

53.1.2,1 ÉTANCHÉITÉ DES JOINTS

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

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

- pour les planches de bois, par rainure et languette ;
- pour les panneaux, par remplissage par un mastic adhérent dans l'épaisseur du joint, ou par bourrage du joint par un autre produit, arasement puis recouvrement par une bande en matière résiliente.

- permettre une mise en œuvre soignée tant des armatures que du béton, compte tenu des moyens d'exécution prévus (**).

L'entrepreneur s'assure de la résistance et de la rigidité de l'ossature des coffrages (***), en considérant notamment :

- la poussée du béton frais, tenant compte de la chronologie prévue du bétonnage ;

- les dispositifs d'appui sur les étaitements (***) ;

- l'agencement des assemblages entre les différents éléments de cette ossature, en sorte que ne puisse se produire aucune ouverture de joint (se traduisant par des fuites de laitance) ni aucun désaffleurement (préjudiciable à la qualité du parement).

53.1.2 MISE EN ŒUVRE DES COFFRAGES (*)

53.1.2,1 ÉTANCHÉITÉ DES JOINTS

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

53.1.2,2 PROPRETÉ 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 (Cf. commentaire * du 55.1 ci-après).

53.1.2,3 DÉMOULANT

* Le démolant 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 plusieurs couches de démolant 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.

53.1.2,2 PROPRETÉ DES COFFRAGES

Les coffrages doivent être propres. En particulier :

- avant humidification ou enduction d'un démolant, 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 emploi, 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.

53.1.2,3 DÉMOULANT

Si les parois sont en bois, il est procédé avant bétonnage à un arrosage prolongé, effectué en plusieurs phases échelonnées et en évacuant l'eau en excès, par exemple à l'air comprimé.

Dans les autres cas on enduit les parois avec un démolant (ou produit de démoulage).

Le démolant (*) doit être compatible avec les coffrages (notamment métalliques), 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 très 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 (***) .

53.1.2,4 FIXATIONS ET AUTRES DISPOSITIFS INTÉGRÉS DANS LE BÉTON

* 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.

53.1.2,5 RÉSERVATIONS, ARÊTES

* Il est important d'éviter tout refoulement 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.

Certaines réservations peuvent être obtenues avec du polystyrène expansé, qu'il est facile de retirer (dissolvant ou flamme). L'attention est attirée sur le fait que les vides figurant au projet doivent être débarrassés de toute matière ; en particulier il ne saurait être toléré d'encombrer par des matériaux quelconques le voisinage des appareils d'appui ou des abouts de poutre, ou les joints de construction entre ouvrages, destinés à compenser d'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.

53.1.2,4 FIXATIONS ET AUTRES DISPOSITIFS INTÉGRÉS DANS LE BÉTON

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

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, s'il y a lieu, de manière à éviter des coulures de rouille sur les parements.

53.1.2,5 RÉSERVATIONS, ARÊTES

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.

53.2 PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES À DIVERSES NATURES DE SURFACES

53.2.1 SURFACES COFFRÉES SANS SPÉCIFICATIONS
D'ASPECT NI DE PLANÉITÉ53.2.2 PAREMENTS SIMPLES ET SURFACES COFFRÉES AVEC
CONDITIONS DE PRÉCISION DIMENSIONNELLE

53.2.2,1 PAROIS DE COFFRAGE

* Le marché peut cependant prescrire l'utilisation de bois bruts si le maître d'œuvre en attend un effet décoratif 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 panneaux revêtus de matière plastique et les éléments coffrants en matière plastique rigide armée sont déconseillés en raison des risques de marbrures et bullages ainsi que de l'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.

*** Le respect des prescriptions sur la déformation des coffrages (Cf. articles 53.1.1 et 52.2) peut imposer le raidissage des panneaux de coffrage, si leur épaisseur ne leur assure pas à elle seule une rigidité suffisante :

53.2 PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES À DIVERSES NATURES DE SURFACES

53.2.1 SURFACES COFFRÉES SANS SPÉCIFICATIONS
D'ASPECT NI DE PLANÉITÉ

Les parois de coffrage constituées, soit de sciages de bois simplement juxtaposés, 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.

53.2.2 PAREMENTS SIMPLES ET SURFACES COFFRÉES AVEC
CONDITIONS DE PRÉCISION DIMENSIONNELLE

53.2.2,1 PAROIS DE COFFRAGE

Sauf disposition différente du marché, le choix du matériau constitutif des parois de coffrage est laissé 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 planées et non peintes.

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

- le contreplaqué doit être 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 doivent être raidies et comporter une épaisseur au moins égale à 3 mm, et même parfois 5 mm, par exemple pour les cellules de préfabrication de gros éléments.

53.2.2,2 CONSTITUANTS ET MISE EN ŒUVRE DU BÉTON

* 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 18-540 ne garantit pas l'homogénéité de teinte des granulats ; le marché peut donc imposer des stipulations complémentaires (Cf. article 72.2, texte et commentaires).

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

*** Un changement dans les conditions de vibration, du fait par exemple d'un plastifiant, peut avoir des répercussions sur la texture et même sur la teinte, et être ainsi une cause de non-uniformité si l'adjuvant n'est pas employé pour l'ensemble d'un même parement.

*** * Ceci peut constituer une contrainte à l'égard des moyens mis en œuvre.

53.2.2,2 CONSTITUANTS ET MISE EN ŒUVRE DU BÉTON

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

- le ciment doit être d'une même provenance et, dans le cas des ciments contenant des cendres volantes, provenir d'un même lot d'approvisionnement ou, à défaut faire l'objet dans le PAQ 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 inertes (**) susceptibles d'influer sur la teinte ;
- l'eau de gâchage doit être propre et, en particulier, ne pas contenir de particules ferrugineuses ou de colorants en suspension ;
- les adjuvants, si leur emploi est autorisé, ne doivent avoir aucune action sur la teinte et la texture du béton (***) ;
- les colorants, si leur emploi est prescrit ou autorisé, sont d'origine exclusivement minérale, leur dosage est inférieur à trois pour cent (3%) du poids du ciment ;
- le fuseau granulométrique employé doit être le même pour les différentes parties d'un même parement (***) ;
- le matériel de fabrication et de transport du béton doit être propre et conçu 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 mortier de même teinte que le béton.

53.2.2,3 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.

53.2.3 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 graisses. Un exemple d'autre solution est d'utiliser un couvre-joint du type baguette, solution qui ne peut être acceptée que si elle a été jugée esthétiquement valable.

** La norme XP P 18-540 ne garantit pas l'homogénéité de teinte des granulats. Dès lors qu'une esthétique très soignée est exigée, le marché peut apporter toutes restrictions utiles au choix des granulats du béton et même imposer leur origine (Cf. article 72.2, texte et commentaires).

*** Il convient d'éviter l'emploi de procédés entraînant de fortes inégalités de l'importance et de la durée de vibration, tels que la vibration des gros éléments par le coffrage : si celui-ci n'est rempli que progressivement, les premiers bétons mis en place sont beaucoup plus vibrés que les derniers.

53.2.2,3 PROTECTION DES SURFACES

Jusqu'à la réception des ouvrages, l'entrepreneur assure la protection des surfaces des parements (*).

53.2.3 PAREMENTS FINS

Les prescriptions des articles 53.1 et 53.2 sont complétées par les prescriptions du présent article.

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

Le remploi des coffrages doit être organisé de façon à assurer la régularité requise (Cf. article 52) de la teinte, de la texture et de la forme géométrique spécifiées pour les parements.

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

Sauf indication contraire du marché, le ciment est de la catégorie ciment blanc, ou faisant l'objet d'une garantie de constance de teinte de la part du fournisseur pour l'ensemble du chantier. Il est, pour l'ensemble du parement, de la même marque. Il provient d'un même lot d'approvisionnement ou, à défaut, satisfait aux conditions définies par le PAQ assurant l'homogénéité de l'approvisionnement.

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

Les procédés de vibration des bétons sont définis au PAQ (***).

53.2.4 PAREMENTS OUVRAGÉS

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

Article 54 : Traitements de surface.

||| * Le bouchardage et le décapage concernent seulement les parements ouvragés (Cf. article 52.2.3).

54.1 BOUCHARDAGE

* Le bouchardage doit être exclu sur les éléments en béton précontraint ou fortement armés et fortement sollicités. Il 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.

En cas de dérogation exceptionnelle pour des éléments minces, le bouchardage ne peut être que léger.

** A la grosseur du grain correspond le nombre de dents de la boucharde.

*** Il est rappelé que les surépaisseurs correspondantes doivent être précisées sur les dessins d'exécution.

53.2.4 PAREMENTS OUVRAGÉS

En l'absence de dispositions fixées par le marché, sont applicables :

- parements ouvragés revêtus :
les prescriptions relatives aux parements simples ;

- autres parements ouvragés :

les prescriptions relatives aux parements fins, si le parement est préfabriqué, celles relatives aux parements simples si le parement est coulé en place.

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 54 : Traitements de surface (*).

54.1 BOUCHARDAGE (*)

Des essais de convenance sont effectués pour vérifier la texture (**) obtenue et l'épaisseur de béton détruite par l'opération (***).

Les chants non bouchardés réservés le long des arêtes sont ragrés au mortier fin, au mortier de résine ou à la pâte pure de ciment, puis lissés et ciselés au fer.

54.2 DÉCAPAGE

* Le décapage présente moins d'inconvénients que le bouchardage et peut conduire à de beaux parements ; l'opération doit cependant être conduite avec prudence, car le décapage accentue généralement 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.

** Dans le cas du sablage, il est rappelé que des précautions doivent être prises pour limiter la pollution à proximité des surfaces traitées. L'opération est suivie d'un dépoussiérage. Dans le cas du lavage, il peut être fait usage de retardateurs de prise uniformément appliqués sur le coffrage.

54.3 ENDUITS DE PROTECTION

* Le marché définit les surfaces qui doivent recevoir un enduit de protection et fixe les spécifications correspondantes. Se reporter au guide technique LCPC-SETRA « Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton » (août 1996).

** Il s'agit généralement des parois en contact avec les terres.

*** Le choix du système de protection tient compte de l'agressivité des matériaux en contact (eaux ou sols pollués). Les systèmes brai-époxy sont bien adaptés à une forte agressivité, par exemple éléments en contact avec une nappe phréatique. L'emploi de goudron désacidifié, de bitume à chaud, ou d'une émulsion non acide de bitume est généralement suffisant dans les conditions plus courantes.

54.2 DÉCAPAGE (*)

Le décapage peut être réalisé soit par un procédé mécanique (sablage) (**), soit par lavage.

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

54.3 ENDUITS DE PROTECTION (*)

Pour les surfaces à traiter en vue d'assurer leur protection à l'égard des agents extérieurs (**), le PAQ définit :

- 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 défauts 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 défauts superficiels.

Article 55 : Assurance de la qualité pour les parements et les coffrages.

* 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.

55.1 MOYENS DE L'ENTREPRISE

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

55.2 FOURNITURES

* Dans la mesure où elle n'est pas prescrite par le marché. Pour les parois de coffrage destinées aux parements fins et aux parements ouvragés, il est recommandé que le marché impose la nature et la qualité des matériaux constitutifs des parois.

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

** A cet effet, il est fait normalement renvoi à la notice du fabricant qui précise les conditions d'emploi en fonction de la nature de la paroi (revêtement).

Article 55: Assurance de la qualité pour les parements et les coffrages.

Si le marché comporte l'exécution de parements fins et/ou ouvragés, une procédure particulière du PAQ est consacrée aux parements (*).

55.1 MOYENS DE L'ENTREPRISE

Le PAQ rappelle ou définit la nature des parois de coffrage que l'entrepreneur prévoit ou propose d'employer pour chaque type de surface.

Il 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 sont décrits au regard des prescriptions de l'article 73 ci-après.

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

55.2 FOURNITURES

Le PAQ précise la qualité et la provenance des constituants du béton et des parois de coffrage (*), du produit de démoulage (**).

Dans le cas des parements fins et, s'il y a lieu, dans le cas de parements ouvragés, il définit les dispositions assurant l'homogénéité de l'approvisionnement du ciment et des granulats.

Le cas échéant, il précise la qualité et la provenance des colorants, des panneaux préfabriqués en béton incorporés à l'ouvrage, qui sont proposés à l'acceptation du maître d'œuvre.

55.3 MODES OPÉRATOIRES

* 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 afin d'éviter des infiltrations erratiques. En revanche, dans les cas où elles n'est pas nécessaire, elle est le plus souvent inopportune, notamment pour des raisons d'aspect.

** 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 32.3.2).

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

55.4 CONTRÔLE INTERNE

* Cette prescription s'applique aux parements ouvragés non revêtus lorsqu'ils sont préfabriqués (Cf. article 52.2.3, dernier alinéa).

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

Le marché peut prescrire une épreuve de convenance pour les parements simples, destinée dans ce cas à fournir une référence de régularité de l'aspect (Cf. commentaire de l'article 52.1).

55.3 MODES OPÉRATOIRES

Le PAQ définit 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.

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

En outre, pour les parements fins et/ou ouvragés, le PAQ définit :

- le plan de emploi des coffrages lorsque le emploi n'est pas interdit ;
- les conditions de vibration du béton, en vue d'en assurer l'homogénéité.

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

55.4 CONTRÔLE INTERNE

Le PAQ complète pour les parements les dispositions du contrôle interne relatives aux constituants et à la fabrication des bétons, notamment en ce qui concerne la provenance des ciments, la régularité de la composition granulométrique.

Pour les parements fins et, s'il y a lieu, ouvragés (*) une épreuve de convenance préalable 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 parois de coffrage et du démolant, à une échelle représentative pour qu'il soit possible de s'y référer (**).

*** Ces essais, dont le marché fixe la consistance, sont exécutés sur des panneaux de même béton que celui à traiter, et de dimensions suffisantes pour permettre un jugement sur la validité des méthodes utilisées.

*** * Après mise en place des armatures, seules sont en principe à contrôler ou à reconstruire les propriétés relatives à la propreté, au démoulant et aux fixations des armatures (Cf. article 53.1).

55.5 RÉPARATION D'IMPERFECTIONS OU DE NON-CONFORMITÉS

* Il doit être pris garde aux effets désastreux que peuvent avoir des ragréages improvisés pour l'aspect final.

Une composition spéciale doit être étudiée pour tout mortier de ragréage, la granulométrie de ce dernier étant nécessairement différente de celle du béton. Les produits de ragréage peuvent être un polymère thermoplastique ou thermodurcissable, un liant hydraulique traditionnel ou spécial, ou un composé de ces deux natures. Se reporter au guide technique LCPC- SETRA « Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton ».

** Peinture par exemple.

Sauf disposition différente du marché, les conditions de réalisation et d'interprétation de cette épreuve de convenance sont définies par le maître d'œuvre ou soumises à son visa.

Dans le cas où un traitement de surface est appliqué, le PAQ explicite les modalités du contrôle interne concernant notamment :

- l'épreuve d'étude éventuelle et l'épreuve de convenance correspondant à chaque technique utilisée (***) ;
- la nature, la fréquence et l'emplacement des contrôles en fonction de l'avancement de l'application.

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 (***) .

55.5 RÉPARATION D'IMPERFECTIONS OU DE NON-CONFORMITÉS

S'il y a lieu de procéder à la réparation d'imperfections ou de non-conformités, en vertu du chapitre 10, le PAQ en définit les conditions de réalisation.

En outre, dans le cas des 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 ou son fournisseur accepteraient le risque de mise au rebut en cas de non-conformité après réparation.

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

CHAPITRE 6

ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

Article 61 : Fourniture.

61.1 CHOIX ET PROVENANCE DES ARMATURES

- * Les différentes catégories d'armatures relèvent des normes suivantes :
- NF A 35-015 - Armatures pour béton armé - Ronds lisses soudables ;
 - NF A 35-016 - Armatures pour béton armé - Barres et couronnes soudables à verrous de nuance FeE500 Treillis soudés constitués de ces armatures ;
 - NF A 35-017 - Armatures pour béton armé - Barres et fils machine non soudables à verrous ;
 - NF A 35-019-1 - Armatures pour béton armé - Armatures constituées de fils soudables à empreintes - Partie 1 : Barres et couronnes ;
 - NF A 35-019-2 - Armatures pour béton armé - Armatures constituées de fils soudables à empreintes - Partie 2 : Treillis soudés ;
 - NF A 35-021 - Acier pour béton - Fils soudables utilisés pour la fabrication d'armatures pour béton ;
 - NF A 35-024 - Aciers pour béton - Treillis soudés constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm ;
 - XP A 35-025 - Armatures pour béton armé - Ronds lisses galvanisés à chaud - Barres, fil-machine et fils à haute adhérence, fils constitutifs de treillis soudés galvanisés à chaud.

** Cette marque est gérée par l'AFCAB (Association française pour la certification des armatures du béton).

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

*** * L'aptitude au soudage est définie par la norme NF A 35-018. Le certificat NF-AFCAB précise si l'armature peut être considérée comme apte au soudage.

CHAPITRE 6

ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

Article 61 : Fourniture.

61.1 CHOIX ET PROVENANCE DES ARMATURES

Les armatures utilisées sont conformes aux normes en vigueur (*). De plus, les armatures à haute adhérence sont admises à l'usage de la marque NF-Armatures pour béton armé (**).

Quand, pour des armatures de mêmes catégorie et nuance (***), il existe plusieurs qualités de différents niveaux de caractères technologiques (aptitude au soudage [*** *] par exemple), la qualité choisie est soumise à l'acceptation du maître d'œuvre si elle n'est pas fixée par le marché.

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

61.2 ÉLÉMENTS DE RACCORDEMENT DES ARMATURES

* Les normes concernées sont les suivantes :

NF A 35-020-1 - Dispositifs en acier destinés au raboutage ou à l'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé.

Partie 1 : Exigences générales.

NF A 35-020-2 - Dispositifs en acier destinés au raboutage ou à l'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé.

Partie 2 : Méthodes d'essai.

** Une procédure de certification de conformité AFCAB existe. Il reste en outre nécessaire de s'assurer de la convenance des éléments pour l'ouvrage compte tenu de leur encombrement.

61.3 CONDITIONNEMENT

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

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

Il est fortement conseillé de choisir un atelier qui bénéficie du certificat NF-AFCAB « Armatures industrielles pour le béton ». Ce certificat 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 8 de la norme NF A 35-027.

*** Ces essais doivent porter sur une armature 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.

61.2 ÉLÉMENTS DE RACCORDEMENT DES ARMATURES

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

Ces éléments sont soumis à l'acceptation du maître d'œuvre (**).

61.3 CONDITIONNEMENT

Les armatures en acier pour béton armé sont livrées sur le chantier soit en barres droites (*), soit en couronnes, soit sous forme de panneaux ou rouleaux, soit sous forme d'éléments préfabriqués en atelier, appelés « Armatures industrielles pour le béton » (AIB).

Les AIB sont conformes aux normes dont elles relèvent (**).

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 au façonnier.

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 armatures livrées en couronnes, ou en rouleaux, ne peuvent être approvisionnées sur chantier 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 (***).

61.4 TRANSPORT, MANUTENTION ET STOCKAGE

61.5 ACCEPTATION DES LOTS D'ARMATURES

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

Si le lot d'AIB provient d'un producteur bénéficiant de la certification NF-AFCAB « Armatures industrielles pour le béton », 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 8 de la norme NF A 35-027.

Article 62 : Façonnage.

62.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

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

61.4 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 armatures sont stockées dans un parc spécial soit sur le chantier, soit à l'atelier de fabrication d'éléments assemblés s'il est distinct du chantier. Elles sont classées par catégories, nuances et diamètres. Le parc de stockage est organisé de manière à éviter toute altération aux armatures.

61.5 ACCEPTATION DES LOTS D'ARMATURES

Le contrôle interne des armatures par l'entrepreneur est limité, sauf disposition particulière du marché, à leur identification et à la vérification de leur conformité.

- A cette fin, pour les armatures à haute adhérence et les treillis soudés, l'entrepreneur vérifie la présence du marquage prévu par la fiche descriptive annexée au certificat NF-AFCAB.

Pour les armatures 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 (AIB) (*) est, en outre, subordonnée à une vérification par sondage de la conformité aux dessins d'exécution.

Article 62 : Façonnage.

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

** 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.

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

*** ** Cf. article 63.3 pour les armatures en attente.

62.2 RONDSLISSES

||| * Il s'agit des normes NF A 35-027 et NF P 02-016.

62.3 ARMATURES À HAUTE ADHÉRENCE

* En tout état de cause, il y a lieu de vérifier le respect de la condition de non-écrasement du béton (Cf. article A.6.1.252 des règles BAEL 91).

||| ** Il s'agit des normes NF A 35-027 et NF P 02-016.

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 62.2 et 62.3 ci-après.

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

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

62.2 RONDSLISSES

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

62.3 ARMATURES 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 et en bon état.

Si la température des armatures 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 62.1.

Si la température des armatures 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 transportées hors du chantier ou rendues inutilisables pour leur destination initiale.

62.4 TREILLIS SOUDÉS

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

Article 63 : Mise en œuvre.

* Il est fortement conseillé de choisir une entreprise de pose qui bénéficie du certificat AFCAB « Pose ».

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 du Règlement de la certification et du contrôle de la pose des armatures du béton de l'AFCAB.

63.1 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).

63.1.1 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, soit à l'électrode enrobée, soit en semi-automatique sous flux gazeux, 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.

62.4 TREILLIS SOUDÉS

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

Article 63 : Mise en œuvre.

Si l'entrepreneur n'exécute pas lui-même les opérations de pose (*) des armatures, il tient à la disposition du maître d'œuvre la partie technique de la commande à l'entreprise de pose.

63.1 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.

63.1.1 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 fortement serré (***). Toutes les chutes de fils d'acier sont éliminées avant le bétonnage.

Les soudures en croix ne sont autorisées que pour les ronds lisses de la nuance FeE235 et les armatures à haute adhérence reconnues aptes au soudage. Elles sont exécutées à la pince (*** *).

63.1.2 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.

63.2 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 ; ce conseil a pour but d'éviter de lier la sécurité de la structure à la tenue d'un type de jonction qui constitue un point singulier dans la transmission des efforts (Cf. article 32.3.3).

** Il s'agit des normes NF A 35-020-1 et NF A 35-020-2.

*** La mention d'aptitude au soudage figure dans la fiche descriptive de l'armature certifiée NF-AFCAB.

63.1.2 CALAGE (*)

Le calage est obligatoire (**).

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.

63.2 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 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 deux centimètres.

Les jonctions par soudure ne sont autorisées que sur les parties rectilignes des ronds lisses de la nuance FeE235 ou des armatures à haute adhérence de qualité soudable (***). Le soudage au chalumeau est interdit.

63.3 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 en 53.1.2,4 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 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.

63.4 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 ferrailage.

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.

63.3 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 que pour les ronds lisses de nuance FeE235 (*).

Le pliage et le redressement des armatures à haute adhérence en attente n'est admis 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.

63.4 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 64 : Tolérances sur la position des armatures après bétonnage.

* Voir chapitre 10.

** 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).

Article 65 : Assurance de la qualité pour les armatures de béton armé.

65.1 CONTENU DES PROCÉDURES D'EXÉCUTION

* Ces indications sont identiques à celles figurant notamment sur les dessins d'exécution (Cf. article 32.3.3) qui précisent également les diamètres nominaux des armatures.

** Conformément à l'article 22.1, l'entrepreneur, dans ses conventions avec le façonnier, lui impose les obligations résultant du marché. Si le façonnier bénéficie du certificat NF-AFCAB « Armatures industrielles pour le béton » (Cf. commentaire ** de l'article 61.3), son PAQ incluant la procédure d'exécution et le contrôle est reconnu comme conforme aux exigences du fascicule.

*** Conformément à l'article 22.1, 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 » (Cf. commentaire * de l'article 63), son PAQ incluant la procédure d'exécution et le contrôle est reconnu comme conforme aux exigences du fascicule.

Article 64 : Tolérances sur la position des armatures après bétonnage (*).

Sauf prescription particulière du marché pour tenir compte de risques tels qu'incendie ou milieux agressifs, les tolérances suivantes sont respectées :

- les tolérances en moins sur l'enrobage (**) minimal sont nulles ;
- pour une pièce de hauteur (ou d'épaisseur) h , dans la direction où l'écart de l'armature diminue la résistance, la tolérance est de cinq millimètres pour $h < 250$ mm et de $h / 50$ lorsque h est compris entre 250 mm et 1000 mm ;
- pour les armatures parallèles dont l'espacement est au plus égal à 100 mm, la tolérance sur cet espacement est fixée à 10 millimètres ;
- dans les autres cas, l'écart toléré est de 20 mm dans toutes les directions.

Article 65 : Assurance de la qualité pour les armatures de béton armé.

65.1 CONTENU DES PROCÉDURES D'EXÉCUTION

Le PAQ (*) présente les catégories, nuances et provenances des armatures en acier pour béton armé ; toute modification est soumise à l'acceptation du maître d'œuvre.

Si l'entrepreneur fait appel à un façonnier, 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 (***).

*** 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 à la norme NF A 35-018.

65.2 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).

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 (***).

Le PAQ explicite les dispositions prises pour assurer la sécurité vis-à-vis des armatures en attente.

65.2 CONTRÔLE

Le contrôle de la mise en œuvre des armatures pour béton armé est effectué dans le cadre du contrôle interne selon les modalités prévues au PAQ.

L'entrepreneur met le maître d'œuvre en mesure de s'assurer du bon déroulement du contrôle interne du ferrailage, avec un préavis suffisant pour lui permettre d'assurer un contrôle extérieur.

Le PAQ explicite les dispositions prises pour contrôler l'enrobage des armatures après bétonnage (*).

CHAPITRE 7

BÉTONS ET MORTIERS**Article 71 : Définitions et spécifications des bétons et mortiers.**

* Les documents particuliers du marché prennent en compte les spécifications et prescriptions concernant :

- la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction ;
- la durabilité des bétons durcis soumis au gel, ou au gel et aux fondants ;
- la fissuration du béton ;
- la limitation des retraits thermique, endogène, de dessiccation ;
- la qualité des parements.

Des indications peuvent être trouvées dans les documents suivants :

- Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction (1994), complétées par le Guide de rédaction des pièces écrites (SETRA 1996) ;
- Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel (issues des recommandations Rhône-Alpes) ;
- 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).

Dans le cas des bétons à hautes performances, se reporter au chapitre 2 de l'additif au fascicule 65-A.

71.1 TYPE DE BÉTON

* Sont visées ici les parties non armées d'ouvrages en béton armé.

** Au sens des règles BAEL 91.

*** Au sens des règles BPEL 91.

CHAPITRE 7

BÉTONS ET MORTIERS**Article 71 : Définitions et spécifications des bétons et mortiers.**

La définition et les spécifications des bétons sont fixées par les documents particuliers du marché (*) qui attribuent, à chaque partie d'ouvrage, un béton défini au moins par les caractères énumérés dans les articles ci-après.

71.1 TYPE DE BÉTON

Le béton peut être :

- non armé : (NA) (*) ;
- armé : (BA) (**) ;
- précontraint : (BP) (***) .

71.2 ENVIRONNEMENT

71.2.1 CLASSES D'ENVIRONNEMENT

* La classification proposée couvre celles du fascicule de documentation P 18-011, de la norme XP P 18-305 et des recommandations vis-à-vis de l'alcali-réaction.

La classification selon XP P 18-305 est rappelée entre crochets.

** Le milieu peut être le sol, l'eau ou l'air humide. L'environnement «sec» n'existe pas pour les ouvrages d'art.

Le milieu faiblement agressif inclut les atmosphères industrielles [5a].

Les eaux à faible pH constituent un milieu moyennement à fortement agressif [5b, 5c].

Pour des indications complètes, se reporter au fascicule de documentation P 18-011.

*** La qualification de gel faible, sévère ou modéré répond aux conditions suivantes, mesurées en moyenne annuelle sur les trente dernières années :

- gel faible : pas plus de deux jours où la température atteint des valeurs inférieures à -5 °C ;
- gel sévère : plus de dix jours où la température atteint des valeurs inférieures à -10 °C ;
- gel modéré : entre gel faible et gel sévère.

Le gel-dégel entraîne une désorganisation du matériau béton (gel interne) ; la combinaison des fondants et du gel provoque un phénomène d'écaillage.

L'absence totale de gel n'existe pas pour les parties aériennes des ouvrages d'art en France métropolitaine.

Il convient cependant de moduler les exigences en fonction des risques :

- les parties les plus vulnérables sont notamment les corniches, les longrines d'ancrage des dispositifs de retenue et les solins des joints de dilatation ;
- les piles et les piédroits sont souvent soumis à des projections de saumure ;
- les tabliers peuvent, en général, être considérés comme protégés des intempéries, sauf en cas de gel sévère ou pour les parties soumises aux coulures et projections ;
- les murs de soutènement, outre le gel, peuvent être soumis à des projections.

La norme XP P 18-305 présente en annexe une carte des risques de gel, canton par canton, sans tenir compte du facteur d'exposition ni des phénomènes de micro-climat. La directive sur l'organisation et l'exécution du service hivernal de la Direction des routes fournit également des informations sur les zones climatiques.

*** * Cet environnement ne concerne pas les ouvrages en France métropolitaine.

71.2 ENVIRONNEMENT

71.2.1 CLASSES D'ENVIRONNEMENT (*)

Pour chaque partie d'ouvrage, la classe d'environnement est choisie parmi les suivantes, qui combinent les conditions d'agressivité du milieu (**) avec les conditions d'exposition au gel, ou au gel et aux fondants (***) :

- Classes EA : environnement considéré comme faiblement agressif.

- EA1 : milieu non agressif, humide, sans gel, ou avec gel faible ou gel modéré [2a et 2b1] ;

- EA2 : milieu non agressif, humide avec gel sévère [2b2] ;

- Classes EB : environnement considéré comme moyennement agressif.

- EB1 : milieu faiblement agressif [5a], humide, sans gel ou avec gel faible ou gel modéré ;

- EB2 : milieu faiblement agressif [5a], humide avec gel sévère ou milieu non agressif ou faiblement agressif [5a] avec gel modéré et fondants [3] moins de trente jours par an ;

- Classes EC : environnement considéré comme moyennement à fortement agressif.

- EC1 : milieux marins sans gel, ou avec gel faible, en distinguant :

- EC11 : élément complètement immergé ou exposé à un air saturé en sel [4a1] ;

- EC12 : élément partiellement immergé, ou soumis à des éclaboussures (embruns) [4a2] ;

- EC2 : milieux marins, élément partiellement immergé, ou soumis à des éclaboussures, ou exposé à un air saturé en sel avec gel modéré ou gel sévère (***) [4b] ;

*** ** Le cas des milieux très fortement agressifs au sens du fascicule de documentation P 18-311 n'est pas traité.

71.2.2 SPÉCIFICATIONS LIÉES AU TYPE DE BÉTON ET À L'ENVIRONNEMENT

* E est la teneur efficace en eau, différence entre la quantité d'eau totale contenue dans le béton frais et la quantité d'eau absorbée par les granulats. Elle correspond à l'eau de gâchage augmentée de l'eau disponible à la surface des granulats et de l'eau introduite avec les additions et adjuvants éventuels.

** Certains dosages, supérieurs à ceux qui résultent de la norme, tiennent compte de l'expérience française en matière d'ouvrages d'art, notamment vis-à-vis de la résistance au jeune âge.

*** La signification des abréviations utilisées est la suivante :

- CP : ciments à faible chaleur d'hydratation initiale et à teneur en sulfures limitée, 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.

*** * La teneur en air est mesurée selon la norme NF P 18-353.

La teneur en air n'est pas un critère suffisant pour garantir une bonne résistance au gel.

Dans les cas de gel sévère sans fondants (classes EA2, EC2 et partie des classes EB2, ED2), il convient d'apprécier, dès le stade de l'étude du béton, la valeur du facteur d'espacement L (L barre) selon la norme ASTM C 457.

Classes ED : environnement considéré comme moyennement à fortement agressif (***) .

ED1 : milieu moyennement à fortement agressif [5b ou 5c], humide, sans gel, ou avec gel faible ou gel modéré ;

ED2 : milieu moyennement à fortement agressif [5b ou 5c], humide, avec gel sévère, ou milieu non agressif ou faiblement à fortement agressif [5a, 5b ou 5c], humide, avec gel modéré et fondants [3] plus de trente jours par an, ou avec gel sévère et fondants [3].

71.2.2 SPÉCIFICATIONS LIÉES AU TYPE DE BÉTON ET À L'ENVIRONNEMENT

Sauf dispositions complémentaires du marché, les spécifications destinées à assurer la durabilité du béton et la protection des armatures sont fixées dans le tableau suivant, en fonction du type de béton et de la classe d'environnement.

Spécifications	Type de béton	CLASSE D'ENVIRONNEMENT						
		EA1	EB1	EA2 EB2	EC11	EC12	ED1	EC2 ED2
E/C max (*)		0.55	0.50	0.50	0.50	0.45	0.45	0.45
Dosage min en ciment (**) (kg/m ³)	NA	240	330	330	330	350	385	385
	BA	300	330	350	330	350	385	385
	BP	385	385	385	385	385	385	385
Nature du ciment (***)	NA	-	-	-	PM ou ES		PM ou ES	
	BA	-	-	-	PM ou ES		PM ou ES	
	BP	CP	CP	CP	CP + PM ou ES		CP + PM ou ES	
Teneur minimale en air (***)		-	-	4%	-	-	-	4%

Dans le cas des composants préfabriqués avec des bétons qui peuvent ne pas contenir de l'air (démoulage immédiat ou démoulage différé : bétons dont la classe de consistance [Cf. article 71.4 ci-après] est ferme, bétons dont la résistance à la compression f_{c28} est supérieure à 50 MPa), l'exigence de teneur minimale en air peut être remplacée par une exigence de résultats d'essais, répondant au même objectif, et définie à l'article 82.1.

Dans les cas de gel avec fondants (partie des classes EB2, ED2) et dans le cas de gel en milieu marin (classe EC2), une exigence supplémentaire porte sur la résistance à l'écaillage déterminée par application de la norme XP P 18-420.

Il est conseillé de se reporter à l'édition en vigueur des « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel ».

*** ** Les normes concernées sont les suivantes :

Laitiers moulus :	NF P 18-506
Cendres volantes de houille :	NF EN 450
Additions calcaires :	NF P 18-508
Fumées de silice :	NF P 18-502

Les documents visés au commentaire * de l'article 71 précisent les limites d'emploi de certaines des additions.

*** ** Avec interpolation, si nécessaire.

Sauf disposition différente du marché, lorsque le ciment utilisé est un CPA-CEM I, il est loisible de lui substituer partiellement une addition dont la nature et la quantité maximale en kilogrammes par mètre cube est donnée dans le tableau suivant :

Nature de l'addition (***) **)	Classe d'environnement			
	EA	EB	EC	ED
Laitiers moulus :	100	50	50	0
Cendres volantes de houille :	100	50	50	0
Additions calcaires :	50	0	0	0
Fumées de silice :	30	30	30	0

Les dosages minimaux en ciment (C_{\min}) et les quantités maximales d'additions en substitution du CPA correspondantes (A_{\max}) sont valables pour $D = 20$ mm

Les quantités à ajouter ou à déduire, en pourcentage des valeurs indiquées, sont données dans le tableau suivant, en fonction de D (***) (***) :

D (mm)	$\leq 12,5$	$= 16$	$= 20$	$= 25$	$\geq 31,5$
C_{\min}	+ 10 %	+ 5 %	=	- 5 %	- 10 %
A_{\max}	+ 10 %	+ 5 %	=	- 10 %	- 20 %

71.3 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION À VINGT-HUIT JOURS

* Sauf exception, la résistance caractéristique est choisie, pour chaque partie d'ouvrage, parmi les classes suivantes :

B 16 B 20 B 25 B 30 B 35 B 40 B 50 B 60

** Il s'agit des normes NF P 18-404 et NF P 18-406.

71.4 CONSISTANCE DU BÉTON FRAIS

* Ce caractère est significatif de l'aptitude à la mise en œuvre. Il est recommandé de ne fixer définitivement la fourchette requise que sur proposition de l'entreprise, après avoir connaissance des moyens de manutention et de mise en œuvre et, le cas échéant, de l'épreuve de convenance.

Les bétons sont répartis en quatre classes de consistance selon le tableau ci-après, issu de la norme XP P 18-305 :

Classe de consistance	Affaissement C (cm)	Désignation
Ferme	0 à 4	F
Plastique	5 à 9	P
Très plastique	10 à 15	TP
Fluide	> 16	F/

Dans le cas d'emploi de béton fluidifié, le marché peut prescrire des dispositions différentes, ainsi que d'autres modes de mesure.

** Il s'agit de la norme NF P 18-451.

71.3 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION À VINGT-HUIT JOURS

La résistance à la compression à vingt-huit jours est spécifiée par un fractile et par une borne inférieure.

Elle est représentée par la valeur caractéristique notée f_{c28} , exprimée en MPa (*).

Elle est mesurée selon les normes en vigueur (**).

71.4 CONSISTANCE DU BÉTON FRAIS (*)

La consistance du béton frais est mesurée selon les normes en vigueur (**).

71.5 DIMENSION MAXIMALE DU GRANULAT

* 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.

** Cf. la norme XP P 18-540.

Article 72 : Constituants des bétons et mortiers.

72.1 CIMENTS

* Le fascicule de documentation P 15-010 présente un guide d'utilisation des ciments.

** Les normes concernées sont la norme NF P 15-301 et, le cas échéant, les normes :

NF P 15-317 : Ciments pour travaux à la mer (PM),

NF P 15-318 : Ciments à faible chaleur d'hydratation initiale et à teneur en sulfures limitée (CP),

XP P 15-319 : Ciments pour travaux en eau à haute teneur en sulfates (ES).

NF P 15-302 : Ciments à usage tropical.

72.2 GRANULATS

* Il s'agit des gravillons, des sables, des fillers d'apport et des sablons.

** Dans le cas du béton léger, se reporter au commentaire * de l'article 71 du présent fascicule.

*** Il s'agit de la norme XP P 18-540. Le marché peut imposer l'usage de la marque NF-Granulats.

L'article 10.5 de la norme fixe des exigences particulières pour les granulats destinés aux bétons soumis à des environnements fortement agressifs, et/ou à des gels sévères, et/ou à des gels modérés ou sévères et des fondants (classes d'environnement EA2, EB2, EC2, ED2 de l'article 71.2 du présent fascicule).

Se reporter également au commentaire * de l'article 71 du présent fascicule.

71.5 DIMENSION MAXIMALE DU GRANULAT (*)

Cette dimension, notée D, est exprimée en millimètres (**).

Article 72 : Constituants des bétons et mortiers.

72.1 CIMENTS

Les ciments (*) sont admis à la marque NF-Liants Hydrauliques, ce qui implique leur conformité aux normes en vigueur (**).

Dans le cas de travaux en eaux très pures, il convient d'utiliser des ciments adaptés, tels que ceux à forte teneur en laitier.

72.2 GRANULATS (*)

Les granulats sont des granulats naturels courants (**), conformes aux normes en vigueur (***) relatives aux granulats pour bétons hydrauliques.

*** * C'est par exemple le cas de bétons pour lesquels on dispose de références probantes, avec des granulats locaux dont quelques caractéristiques peuvent être de catégorie C.

*** ** La note de l'article 10.3.4 de la norme XP P 18-540 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.

*** *** Ces informations sont fournies avec les résultats des essais initiaux ou les références probantes des bétons, prévus au PAQ conformément à l'article 75.3 du présent fascicule.

*** *** * Sables fillérisés, par exemple.

72.3 EAU DE GÂCHAGE

* Il s'agit de la norme XP P 18-303.

Il est rappelé que l'eau de gâchage doit en outre respecter les prescriptions relatives aux parements (Cf. article 53.2.2,2).

72.4 ADJUVANTS

* Il s'agit de la norme NF EN 934-2

72.5 ADDITIONS

* Il s'agit des normes suivantes :

- XP P 18-540, pour les additions qui relèvent de cette norme,
 - NF P 18-501, pour les fillers siliceux,
- les normes figurant au commentaire *** ** de l'article 71.2.2, pour les additions qui y sont citées.

Sauf dispositions différentes du marché (***) *, les granulats appartiennent à l'une des deux catégories suivantes :

- bétons de classe de résistance inférieure à B 35 : catégorie B.
- bétons de classe de résistance égale ou supérieure à B 35 : catégorie A.

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 (***) **).

Les teneurs en alcalins actifs (cas des granulats PR, PRP et NQ), en sulfates et en chlorures doivent être communiquées au maître d'œuvre en même temps que la fiche technique du produit (FTP) (***) **).

Si les granulats proviennent d'un mélange (***) *** *) cette indication doit également être fournie.

72.3 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.

72.4 ADJUVANTS

Les adjuvants sont admis à la marque NF-Adjuvants, ce qui implique leur conformité aux normes en vigueur (*).

72.5 ADDITIONS

Les additions admises en substitution partielle du ciment sont admises à la marque NF-Additions. Elles sont conformes aux normes citées dans le tableau de l'article 71.2.2.

Les additions utilisées comme correcteur granulométrique respectent les normes qui les concernent (*).

72.6 COMPATIBILITÉ 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 18-540 et aux documents visés au commentaire * de l'article 71.

** Elle est fixée à 0,10 % pour les bétons précontraints par pré-tension. (Cf. article 42.3 de l'additif au fascicule 65-A)

*** Cf. articles 73.3 «Transport et manutention » et 74 « Mise en œuvre ».

72.7 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 qui, sinon, relèveraient de l'article 71.

72.6 COMPATIBILITÉ 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, est fixée à 1 % pour les bétons non armés et les mortiers, à 0,65 % pour les bétons armés, et à 0,15% pour les bétons précontraints par post-tension (**);
- la quantité maximale d'ions-soufre (S^{2-}) est fixée à 0,5 % de la masse du ciment.

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.

72.7 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 proposées dans le PAQ lorsqu'elles ne sont pas fixées par le marché.

Article 73 : Fabrication et transport des bétons.

73.1 BÉTONS PRÊTS À L'EMPLOI (BPE) PRÉPARÉS EN USINE

* La liste d'aptitude est établie par la Commission d'agrément des usines fabriquant du béton (Secrétariat : Laboratoire central des ponts et chaussées).

Les centrales de BPE bénéficiant du droit d'usage de la marque NF sont inscrites sur la liste d'aptitude lorsqu'elles en font la demande et proposent de respecter un PAQ conforme au règlement d'inscription sur la liste d'aptitude, pour les bétons répondant aux exigences du présent fascicule.

L'inscription sur la liste d'aptitude ne constitue pas une certification des bétons et ne dispense pas du contrôle extérieur prévu à l'article 76.

** Il s'agit d'une reconnaissance par l'autorité de tutelle de la Commission d'agrément des usines fabriquant du béton.

*** Il s'agit de la norme XP P 18-305.

Les spécifications du béton selon l'article 71 sont à considérer comme des caractéristiques complémentaires au sens de cette norme.

*** * Cf. article 76.

73.2 FABRICATION SUR SITE

* L'acceptation se fait sur la base des spécifications du guide technique pour l'inscription des centrales à béton sur la liste d'aptitude.

Article 73 : Fabrication et transport des bétons.

73.1 BÉTONS PRÊTS À L'EMPLOI (BPE) PRÉPARÉS EN USINE

La centrale doit être inscrite sur la liste d'aptitude (*), ou faire l'objet d'une certification reconnue équivalente (**).

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 caractères normalisés (BCN), la commande précise en outre les valeurs requises des caractères de base et, le cas échéant, des caractères complémentaires. Elle fait obligation au fournisseur de respecter les obligations résultant du marché relatives à la fourniture et d'accepter les essais effectués au titre du contrôle extérieur (*** *).

73.2 FABRICATION SUR SITE

La centrale, soumise à l'acceptation du maître d'œuvre (*), doit permettre de respecter, sur chaque gâchée, les tolérances suivantes sur les dosages des constituants fixés par la formule nominale (en pourcentage du dosage) :

- Ciment	:	+ 5,	- 5
- Ensemble des granulats	:	+ 5,	- 5
- Ensemble des sables	:	+ 6,	- 6
- Ciment + addition	:	+ 5,	- 5
- Adjuvants	:	+ 5,	- 5
- Eau d'apport	- :	+ 4,	- 4

Les dosages fixés par la formule nominale doivent permettre de respecter les valeurs limites de composition fixées dans les spécifications, en tenant compte de ces tolérances.

La durée du malaxage est suffisante pour obtenir une homogénéisation satisfaisante du mélange. Le volume des gâchées est au moins égal à 50 % de la gâchée nominale.

73.3 TRANSPORT ET MANUTENTION

* Le transport des bétons fabriqués en usine fait l'objet des articles 6.3.2 à 6.3.5 de la norme XP P 18-305.

** Cette prescription ne vise pas la manutention à courte distance.

*** 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 75.2 ci-après, ainsi qu'à la note d'information technique LCPC - SETRA [mai 1973]).

*** * 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 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.

73.3 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 doit s'assurer que la cuve est bien vidée. 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, si cela est prévu dans le PAQ.

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 fixées de manière très précise par le PAQ.

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 est fixé dans le PAQ.

Article 74 : Mise en œuvre.**Article 74 : Mise en œuvre.**

* Des indications complémentaires peuvent être trouvées dans le fascicule de documentation P 18-504 « Mise en œuvre des bétons de structure »

74.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

* Cf. article 76.1

74.2 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 PAQ et vérifiées par l'épreuve de convenueance.

** 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 53.2.3

74.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Les résultats de l'épreuve de convenueance (*), 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 PAQ.

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.

74.2 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.

En cas de recours à la vibration des coffrages, une épreuve de convenueance doit être effectuée (***).

74.3 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.

** 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], à paraître en 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 de mise en œuvre délicate.

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.

*** 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.

74.4 SURFACES NON COFFRÉES

* Pour la définition de cette texture, le marché ou le PAQ peut se référer à des plaquettes-étalons de l'état de surface. Une éprouve 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.

74.3 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 PAQ (*). En l'absence de dispositions particulières prévues par le marché (**), la surface de reprise est lavée et humidifiée jusqu'à saturation du béton durci. Avant bétonnage, l'eau en excès est éliminée.

Le PAQ définit les dispositions particulières à prévoir pour les reprises prévues aux dessins de coffrage (***) et pour les reprises inopinées.

74.4 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 (*).

74.5 DÉCOFFRAGE, DÉCINTREMENT

* En première approche le décoffrage pourra être retardé de la durée du gel.

** Si les contraintes appliquées au béton à la suite du décintrement paraissent devoir dépasser $0,4 f_{cj}$, f_{cj} désignant la résistance caractéristique à la date prévue compte tenu de l'effet estimé des intempéries éventuelles, le PAQ doit normalement avoir défini des épreuves d'information.

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. Il peut prévoir le recours à un maturomètre qui permet de mieux estimer le durcissement du béton de la structure que les éprouvettes d'information.

74.6 CURE DU BÉTON

* La cure du béton permet de lutter contre le retrait par dessiccation au jeune âge. 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 ...).

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.

74.5 DÉCOFFRAGE, DÉCINTREMENT

Les opérations sont conduites progressivement et sans chocs.

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 (cure) est assurée en tant que de besoin immédiatement après le décoffrage.

Le décintrement ne peut être effectué avant que le béton supporté ait vingt-huit jours d'âge que si le PAQ a préalablement défini les conditions de l'opération (**). Si les conditions fixées ne sont pas satisfaites à la date prévue, le décintrement est retardé en temps que de besoin.

74.6 CURE DU BÉTON (*)

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.

74.6.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES RELATIVES À LA CURE ET AUX PROCÉDÉS DE CURE

* Pratiquement tous les coffrages peuvent être considérés comme imperméables. Le maintien des coffrages peut devoir être limité dans le temps (environ cinq jours) pour éviter la fissuration par retrait gêné, et ainsi ne pas être un moyen de cure suffisant.

74.6.2 DÉBUT ET DURÉE DE LA CURE

** Il s'agit des normes NF P 18-370 et NF P 18-371.

*** Les produits teintés permettent de contrôler facilement la continuité du film.

74.6.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES RELATIVES À LA CURE ET AUX PROCÉDÉS DE CURE

La cure du béton est exigée pour toutes les surfaces soumises à des conditions ambiantes (température, vent et hygrométrie) susceptibles d'entraîner une dessiccation anormale du béton.

Dans le cas où les coffrages sont maintenus pendant la durée de la cure (*), la cure n'est appliquée qu'aux seules surfaces non coffrées.

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.

Les produits de cure utilisés sont titulaires de la marque NF, ce qui implique leur conformité aux normes en vigueur (**). Leur application 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.

74.6.2 DÉBUT ET DURÉE DE LA CURE

La cure commence dès le décoffrage pour les surfaces coffrées et dès la fin du surfaçage pour les surfaces libres. La durée minimale de la cure est donnée par le tableau suivant :

* Le marché peut imposer la présence continue sur le chantier d'un thermomètre à maxima, d'un hygromètre et, si l'ouvrage est susceptible d'être exposé à un vent fort, d'un anémomètre. Un vent fort est un vent dont la vitesse en régime soutenu dépasse l'ordre de grandeur de 30 km/h.

CONDITIONS AMBIANTES (1)		CLASSE I			CLASSE II			CLASSE III										
Béton à durcissement (2)		Rapide	Moyen	Lent	Rapide	Moyen	Lent	Rapide	Moyen	Lent								
Durée minimale de la cure en jours	Température >10 °C (3)	0	1	1	1	2	4	1	4	5								
	5 °C ≤ t ≤ 10 °C	1	2	2	2	4	8	2	8	10								
	t < 5 °C	A défaut de protection isotherme, la cure est maintenue tant que la température reste inférieure à + 5 °C (ensuite, se reporter aux cases correspondantes du tableau).																
<p>(1) Conditions ambiantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Classe I. Béton à l'abri du soleil et du vent avec une humidité relative de l'air au moins égale à 80 %. — Classe II. Tous les cas autres que ceux visés dans les classes I et III. — Classe III. Humidité relative de l'air inférieure à 50 % et soit un fort ensoleillement, soit un vent fort (*). <p>(2) Durcissement des bétons. Le durcissement d'un béton est lié à la classe de résistance du ciment utilisé pour sa fabrication.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>BÉTON A DURCISSEMENT</th> <th>RAPIDE</th> <th>MOYEN</th> <th>LENT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Classes de résistance des ciments</td> <td>42,5 R 52.5 52,5 R</td> <td>32.5 42.5</td> <td>CHF-CEM III CLK-CEM III</td> </tr> </tbody> </table> <p>(3) Température. Conventionnellement, la température à prendre en compte est la moyenne sur deux jours de la température à midi sous abri, et le degré hydrométrique retenu est le plus faible de ceux correspondant à ces deux moments.</p>											BÉTON A DURCISSEMENT	RAPIDE	MOYEN	LENT	Classes de résistance des ciments	42,5 R 52.5 52,5 R	32.5 42.5	CHF-CEM III CLK-CEM III
BÉTON A DURCISSEMENT	RAPIDE	MOYEN	LENT															
Classes de résistance des ciments	42,5 R 52.5 52,5 R	32.5 42.5	CHF-CEM III CLK-CEM III															

74.7 CONDITIONS DE TEMPÉRATURE PARTICULIÈRES

74.7.1 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.

74.7.2 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.

** Le respect des prescriptions contenues dans cet article est particulièrement important par temps chaud.

Parmi les dispositions complémentaires, on peut citer :

74.7 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.

74.7.1 BÉTONNAGE 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.

Après interruption de bétonnage due au froid, le béton éventuellement endommagé est démoli, et il est opéré comme dans le cas des reprises accidentelles.

74.7.2 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 74.6 ci-dessus (**), relatif à la cure du béton.

- l'utilisation de ciments à faible chaleur d'hydratation,
- 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.

Article 75 : Assurance de la qualité pour les bétons et mortiers.

75.1 PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

* Dans le cas où l'éloignement de la centrale de malaxage oblige à transporter le béton par camion, ces délais incluent les temps de transport.

** Cela vise notamment le cas du béton mis en place à la pompe.

** Les essais initiaux sont effectués en laboratoire. A défaut d'essais initiaux ou de références probantes, il est recommandé d'effectuer une épreuve de convenance (Cf. article 76.1).

*** Le contrôle interne 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 74.5).

Dans le cas de fourniture par une centrale de béton prêt à l'emploi, les deux premiers points sont à la charge du fournisseur.

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.

Article 75 : Assurance de la qualité pour les bétons et mortiers.

75.1 PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

Le PAQ :

- décrit les dispositions relatives au bétonnage ;
- précise si les bétons sont fabriqués sur le chantier ou proviennent d'une usine de béton prêt à l'emploi ;
- fixe les délais maximaux entre la fin de la fabrication et la fin de la mise en œuvre (*) ;
- décrit les moyens de manutention et de mise en œuvre, y compris la vibration, place lorsqu'ils impliquent des propriétés particulières du béton (**)
- présente les formules nominales qui fixent la nature et la qualité des constituants par référence aux normes en vigueur les concernant, leur provenance et leur dosage en masse par m³ de béton compacté ;
- présente les résultats des essais initiaux (***) 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.

Le PAQ présente les dispositions du contrôle interne (***) 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.

75.2 JUSTIFICATION DE LA COMPOSITION DES BÉTONS

* 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.

** 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.

75.2 JUSTIFICATION DE LA COMPOSITION DES BÉTONS

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 72.7) ;
- les bétons dont la résistance caractéristique à la compression à 28 jours spécifiée est inférieure ou égale à 25 MPa (*) et dont le dosage en ciment est conforme aux spécifications du paragraphe 71.2.2 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 à peu près équivalentes (*) à celles de la fourniture considérée.

2. Les n résultats 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 deux conditions suivantes :

$$n \geq 12 \quad \bar{f}_c - K(n) S \geq f_{c28}$$

\bar{f}_c est la moyenne arithmétique des n résultats,

S est l'estimateur de l'écart-type de la distribution des résistances (**),

f_{c28} est la résistance caractéristique spécifiée,

K (n) est un coefficient, fonction du nombre de résultats selon le tableau ci-dessous :

n	12	16	20	30	40	75	100	200
K (n)	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,86	1,80

B. Le béton ne dispose pas de références probantes : épreuve d'étude.

* En cas de justifications expérimentales probantes, une valeur inférieure à 1 peut être appliquée au facteur $(C_E - C_{min})$.

Cette interprétation 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 P 15-301 et, le cas échéant, NF P 15-302.

75.3 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.

B. Le béton ne dispose pas de références probantes : épreuve d'étude.

L'épreuve d'étude, exécutée en laboratoire, 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 :

$$f_{CE} \geq f_{C28} + \lambda (C_E - C_{min})$$

$$f_{CE} \geq 1,1 f_{C28}$$

f_{C28} étant la résistance caractéristique spécifiée,

C_{min} 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 la résistance à la compression à 28 jours du ciment utilisé pour l'exécution de l'épreuve ;

λ un coefficient pris égal à 1 (*), sauf justification probante.

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 (**).

75.3 PROGRAMME DE BÉTONNAGE

Le programme de bétonnage (*) précise, pour chaque phase s'il y a lieu :

- 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,

** Des surépaisseurs locales importantes, au surplus éventuellement affectées d'effets dynamiques, peuvent survenir, par exemple lors du déchargement d'une benne de béton frais

*** 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 74.5 ci-dessus, circulation d'engins de chantier, mise en précontrainte).

- le temps maximal entre la fin de la fabrication du béton et la fin de sa mise en place,
- 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,
 - 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 (voir chapitre 5),
- les dispositions à prendre en cas de reprise accidentelle (***),
- les épreuves d'information à effectuer s'il y a lieu (***)).

Article 76 : Contrôle extérieur.

76.1 ÉPREUVE 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.

*** Le marché prévoit l'exécution d'un béton 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 55.4) que le présent fascicule impose un béton témoin pour les parements fins et, s'il y a lieu, ouvragés.

76.2 ÉPREUVE DE CONTRÔLE

76.2.1 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 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, si possible coulé en une seule fois.

Article 76 : Contrôle extérieur.

76.1 ÉPREUVE DE CONVENANCE

L'épreuve de convenance 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 satisfait aux exigences du marché (*).

Elle implique :

- pour chaque béton désigné au marché, 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 76.2.1 pour l'épreuve de contrôle (**), leur interprétation se faisant selon le deuxième cas du tableau de l'article 76.2.2.B pour les chantiers de courte durée, et selon l'article 75.2.B pour les chantiers de longue durée.

- l'exécution par l'entrepreneur d'un élément de béton (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.

Les résultats de l'épreuve de convenance constituent un point d'arrêt.

76.2 ÉPREUVE DE CONTRÔLE

76.2.1 DÉFINITION ET EXÉCUTION DES PRÉLÈVEMENTS

Une épreuve de contrôle constitue le contrôle de conformité d'un lot de béton préalablement défini (*).

Elle implique la vérification de l'exécution du contrôle interne et de l'obtention des résultats prévus, notamment du respect des prescriptions de fabrication, de transport et de mise en œuvre.

Elle comprend les prélèvements pour l'exécution d'essais d'affaissement au cône d'Abrams et de résistance à la compression à vingt-huit jours.

** 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.

*** Le contrôle défini par la norme XP P 18-305 « Bétons prêts à l'emploi préparés en usine » implique au moins trois résultats d'essais sur trois prélèvements. Il est toutefois possible de ne prévoir qu'un prélèvement, notamment si le lot comporte moins de dix gâchées.

Si le nombre de prélèvements est supérieur à trois, se reporter à l'article 14.2 de l'additif au fascicule 65A.

*** * Il convient de disposer de trois éprouvettes pour obtenir, du fait de la dispersion de l'essai, un résultat fiable. On peut exceptionnellement n'effectuer qu'une ou deux éprouvettes par prélèvement dans le cas où le béton est fabriqué par l'entrepreneur et si l'on fait au moins trois prélèvements. Dans ce cas, le marché précise l'adaptation nécessaire des critères de conformité. Pour cela, il est recommandé d'utiliser la seule relation 2 de l'article 76.2.2.B ci-après, en donnant à k_2 respectivement les valeurs correspondant à $n = 1$ et $n = 2$.

76.2.2 CRITÈRES DE CONFORMITÉ

A)

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 gâchée ou charge, et une gâchée ou 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.

Sauf dispositions différentes du marché (***), le nombre de prélèvements par lot est égal à trois, les trois gâchées ou charges correspondantes étant 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 autre gâchée ou charge à la demande du maître d'œuvre ; les résultats de résistances issus de ce(s) prélèvement(s) doivent être interprétés par la seule relation 2 de l'article 76.2.2.B ci-après.

A partir d'un prélèvement sont réalisés :

- une mesure de consistance par essai d'affaissement au cône d'Abrams ;
- 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 (***) *).

76.2.2 CRITÈRE DE CONFORMITÉ

A) Consistance du béton frais.

Le lot est réputé conforme à la spécification 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)

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 :

$$\text{relation 1 : } \bar{f}_c \geq f_{c28} + k_1$$

$$\text{relation 2 : } f_{c1} \geq f_{c28} - k_2$$

en désignant par : \bar{f}_c la moyenne arithmétique des résultats,
 f_{c1} le plus petit résultat,
 f_{c28} la résistance caractéristique requise,
 k_1 et k_2 deux grandeurs dont les valeurs numériques en MPa sont données dans le tableau ci-dessous :

		Premier cas		Deuxième cas		Troisième cas	
		$f_{c28} < 30 \text{ MPa}$	$f_{c28} \geq 30 \text{ MPa}$	$f_{c28} < 30 \text{ MPa}$	$f_{c28} \geq 30 \text{ MPa}$	$f_{c28} < 30 \text{ MPa}$	$f_{c28} \geq 30 \text{ MPa}$
n = 1	k_2	1	0	0	0	0	0
n = 2	k_2	1,5	1	1	0	1	0
n = 3	k_2	1	2	1,5	2,7	4	6
	k_2	3,5	3	3,5	3,0	1	0

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 figurant sur la liste d'aptitude.

Deuxième cas : il s'agit du cas général des bétons fabriqués sur chantier, lorsque les clauses d'assurance de la qualité stipulées par le présent fascicule ont été respectées et que les résultats de l'épreuve de convenue ont été probants.

Troisième cas : il s'agit du cas où l'une au moins des deux conditions du cas précédent ne serait pas respectée.

76.3 ACCEPTATION DU BÉTON

* Les résultats des épreuves de contrôle peuvent être insuffisamment représentatifs de la qualité 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 sonore). 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 :

- soit 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) ;
- soit l'application d'une réfaction sur le prix en application de l'article 41.7 du CCAG ;
- soit le refus de cet élément, ce qui entraîne sa démolition ou son rebut (élément préfabriqué).

76.3 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 (*).

CHAPITRE 8

ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

Article 81 : 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 82 : Fabrication ou fourniture.

82.1 PROVENANCE ET QUALITÉ

* Si les composants 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.

Les prescriptions relatives à la pose sont l'objet de l'article 84.

** Conformément à l'article 23.1 du CCAG, des indications particulières peuvent figurer au marché à l'égard de composants d'origine étrangère.

||| 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.

CHAPITRE 8

ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

Article 81 : Généralités (*).

Le présent chapitre s'applique aux éléments d'ouvrages préfabriqués :
- soit en usine, et ils sont alors dénommés composants ;
- 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 82 : Fabrication ou fourniture.

82.1 PROVENANCE ET QUALITÉ

L'entrepreneur ne peut utiliser, sauf indication contraire du marché, des composants (*) que s'ils sont conformes aux dispositions du présent fascicule (**).

*** Il s'agit notamment de la certification QualiF-IB « Eléments architecturaux en béton fabriqués en usine ».

Les vérifications faites aussi bien en usine que sur chantier, au titre du contrôle interne 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 22.1, l'entrepreneur doit imposer au producteur l'obligation de donner toutes facilités au maître d'œuvre pour l'exercice de son contrôle extérieur.

*** * 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.

Les critères d'acceptation recommandés sont définis dans les « Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel »

82.2 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.

Dans le cas où leur production est soumise à une procédure officielle de certification, les composants utilisés sont titulaires de cette certification (***), sauf disposition différente du marché.

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 composants préfabriqués tels que définis à l'article 71.2.2, les essais indiqués ci-après constituent une alternative à l'exigence de teneur minimale en air du tableau de l'article 71.2.2.

CLASSE D'ENVIRONNEMENT	ESSAI (***)
EA2 EB2 (sans fondants) EC2 ED2 (sans fondants)	Essai de gel sur béton durci
EB2 (avec fondants) ED2 (avec fondants)	Essai de gel sur béton durci + Essai d'écaillage

82.2 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.

*** 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.

*** * 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

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 (***).

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 :

$$F \text{ (kN)} = 0,15 \text{ } \varnothing^2 \text{ (***) (*)}$$

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 :

$$0,30 \text{ } d < r < 0,50 \text{ } d \text{ (***) (**)}.$$

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.

82.3 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 composants, le marquage est, s'il y a lieu, complété en conséquence

82.4 TRANSPORT ET RÉCEPTION DES COMPOSANTS SUR CHANTIER

* Tout incident survenu en cours de manutention ou de transport est reporté sur le bulletin de livraison.

** L'identification des composants comprend en particulier la vérification de la conformité des marques indiquées sur le bulletin de livraison avec celles portées sur les éléments livrés.

82.3 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.

82.4 TRANSPORT ET RÉCEPTION DES COMPOSANTS SUR CHANTIER

Les prescriptions de l'article 84 ci-après s'appliquent à la manutention et au transport jusqu'au chantier.

Ne sont mis en œuvre que des composants 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 composants 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 composants (**), 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 83 : 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.

** 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 83 : 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.

Article 84 : Mise en œuvre.

84.1 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 brêlages provisoires.

** Par exemple, il est essentiel de limiter les déformations différentielles (dus notamment aux effets thermiques) entre sections voisines réunies par un joint de clavage.

84.2 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 84 : Mise en œuvre.

84.1 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 ;
- la géométrie de l'ensemble, compte tenu des tolérances prescrites ;
- le durcissement, sans désorganisation, des matériaux d'assemblage (**).

84.2 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 85 : Assurance de la qualité pour les éléments préfabriqués.

85.1 CONTENU DES PROCÉDURES D'EXÉCUTION

85.2 CONTRÔLE INTERNE

* Les modalités de ces contrôles diffèrent suivant qu'il s'agit de composants 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 interne effectué à l'avancement permet à l'entrepreneur d'apporter, en temps utile, les modifications éventuellement nécessaires.

||| *** Pour les composants de construction en béton précontraint par pré-tension, se reporter au chapitre 4 de l'additif au fascicule 65-A.

En règle générale, le PAQ prévoit une première réception en usine, de façon à éliminer les composants reconnus défectueux avant sortie de l'usine.

Article 85 : Assurance de la qualité pour les éléments préfabriqués.

85.1 CONTENU DES PROCÉDURES D'EXÉCUTION

Le PAQ 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.

85.2 CONTRÔLE INTERNE

Le contrôle des éléments préfabriqués est effectué dans le cadre du contrôle interne selon les modalités respectivement prévues au PAQ pour :

- le contrôle de fabrication et le contrôle de réception (*) ;
- le contrôle en cours de stockage ;
- le contrôle interne effectué à l'avancement en cours de pose et de montage (**).

||| Dans le cas de l'utilisation de composants, l'entrepreneur veille à la mise en accord du contrôle de fabrication tel qu'il est exercé en usine, avec les dispositions du PAQ visé par le maître d'œuvre (***). Pour les composants faisant l'objet d'une certification officielle, le PAQ 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.

CHAPITRE 9

PRÉCONTRAINTÉ PAR POST-TENSION

Article 91 : Domaine d'emploi.

* Il convient alors de se référer aux chapitres 5, 6 et 7 de l'additif au fascicule 65-A.

** Un renouvellement de la protection est alors nécessaire. Il en irait de même dans le cas d'un stockage trop prolongé d'armatures de précontrainte sur le chantier.

Article 92 : Fournitures.

92.1 UNITÉS DE PRÉCONTRAINTÉ

92.1.1 CHOIX ET PROVENANCE

* Ces armatures satisfont donc les stipulations du fascicule 4, titre II du CCTG. Par ailleurs, l'attention est attirée sur les limitations d'emploi dont sont assorties certaines homologations ou autorisations, ou qui résultent *a contrario* de la non-inscription sur une liste d'aptitude à des emplois particuliers.

CHAPITRE 9

PRÉCONTRAINTÉ PAR POST-TENSION

Article 91 : Domaine d'emploi.

Les clauses techniques générales données dans ce chapitre sont suffisantes pour les seuls ouvrages simples en béton précontraint. Plus précisément, elles ne sont pas suffisantes dans chacun des cas suivants (*) :

- précontrainte extérieure au béton ;
- unités très courtes (longueur ≤ 5 m) ;
- utilisation de coupleurs ;
- écart de temps trop important (≥ 4 semaines) entre la mise en place des armatures de précontrainte dans le béton et leur protection définitive (**) ;
- armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire ;
- protection par produits souples (graisse ou cire pétrolière) d'armatures de précontrainte ;
- structures continues comportant de nombreux joints ou de nombreuses phases de construction et de mise en tension, ou de grandes hauteurs (≥ 40 m), ou réalisées avec des coffrages glissants.

Pour chaque procédé de précontrainte utilisé, elles sont complétées par les règles données dans la notice technique correspondante et éditées par la société distributrice du procédé.

Article 92 : Fournitures.

92.1 UNITÉS DE PRÉCONTRAINTÉ

92.1.1 CHOIX ET PROVENANCE

Le procédé de précontrainte doit être agréé ou bénéficier d'une autorisation de distribution ou d'emploi. Les armatures de précontrainte doivent être homologuées ou bénéficier d'une autorisation de fourniture ou d'emploi (*).

Actuellement les homologations sont délivrées par le ministre chargé de l'Équipement, et les autorisations par le Président de la commission inter-ministérielle de la précontrainte.

** 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.

*** Cf. fascicule 4, titre II, section VI du CCTG.

92.1.2 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.

92.1.3 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.

92.1.4 ACCEPTATION

* Les conditions de livraison des armatures sont l'objet de l'article 5 du fascicule 4, titre II, du CCTG.

Les catégories et modèles d'ancrage 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.

Les études d'exécution ne retiennent que des armatures qui, pour des aspects identiques, sont de même classe et de même section (**).

Si les armatures sont approvisionnées à partir d'usines de sociétés de façonnage ou d'exploitation de procédés de précontrainte agréés ou autorisés, ces usines doivent satisfaire aux exigences réglementaires les concernant (***). Les matériels de mise en œuvre sont mis à disposition par l'entreprise distributrice du procédé ou acceptés par elle.

92.1.2 CONDITIONNEMENT (*)

La protection provisoire des armatures 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 (**).

92.1.3 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 (ou unités) de précontrainte, dispositifs d'ancrage, pièces et accessoires, sont entreposés sans contact avec le sol et protégés des intempéries (**). Les dispositifs d'ancrage, pièces et accessoires sont stockés dans un local clos.

92.1.4 ACCEPTATION

L'acceptation des lots d'armatures et des dispositifs d'ancrage, pièces et accessoires est subordonnée à leur identification ainsi qu'à la vérification du bordereau de livraison et du certificat de conformité aux spécifications (*).

** De mauvaises conditions de stockage et de manutention des armatures peuvent conduire à présumer leur altération.

92.2 CONDUITS

* L'emploi de conduits et d'injections est généralement sans objet dans le cas d'armatures de précontrainte gainées-protégées (Cf. chapitre 5 de l'additif au fascicule 65-A).

92.2.1 QUALITÉS DES CONDUITS

* 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 92.2.2 soient également satisfaites.

a) Conduits métalliques.

** Le raccordement des tubes d'acier est généralement assuré par emboîtement avec étanchement du joint.

b) Conduits en matière plastique.

*** Ils sont utiles en atmosphère corrosive pour l'acier.

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.

92.2 CONDUITS (*)

92.2.1 QUALITÉS 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 (**).

b) Conduits en matière plastique.

Les tubes en matière plastique (***) sont admis, sauf disposition contraire du marché.

92.2.2 NATURE, DIMENSIONS ET COURBURES

92.2.2 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 \varnothing_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.

Le tableau ci-après 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 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.

e	désigne l'épaisseur minimale du conduit
\varnothing_c	désigne le diamètre extérieur du conduit
\varnothing_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 »

* Exceptionnellement, le rayon de courbure peut être réduit à $20 \varnothing_i$ pour les tubes en acier sous réserve que :

- la tension des armatures n'excède jamais $0,7 f_{prg}$ dans la zone où le rayon est inférieur à 3 m ;
- la somme des déviations angulaires le long de l'armature ne dépasse pas $3 \pi/2$ radians ;
- la zone de forte courbure soit considérée comme un ancrage mort lorsque la déviation angulaire γ est supérieure à $\pi/2$ radians.

Type d'armatures	NOMBRE d'armatures constituant l'unité	Gaines enroulables		Gaines rigides cintrables à la main		Tubes rigides (acier)	
		\varnothing_j (mm)	e (mm)	\varnothing_j (mm)	e (mm)	\varnothing_j (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

Le rayon de courbure du conduit doit être au moins égal à (**):

- $100 \varnothing_i$ pour les gaines rigides cintrables à la main ;
- 3 mètres pour les gaines enroulables et les tubes en acier.

92.2.3 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.

TYPE d'armatures	NOMBRE d'armatures constituant l'unité	ACCESSOIRES POUR INJECTIONS		
		Pipes d'injection (1) ø int. (mm)	Events ø int. (mm)	Purges ø 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
Fils	n = 84	33	26	20
	8 mm :			
Torons	n = 12	15	15	15
	T 12,5 ou 12,9 :			
	n = 7	15	15	15
	n = 12	20	15	15
	n = 19	26	20	15
	n = 31	33	26	20
Torons	n = 55	40	33	26
	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 1 200 fois son diamètre intérieur, il y a lieu de prendre le diamètre immédiatement supérieur pour la pipe d'injection.

92.2.3 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 (20 bars).

Les précautions particulières pour assurer la continuité de l'étanchéité des conduits (*) sont décrites dans le PAQ, et les dispositifs correspondants portés sur les dessins d'exécution.

Les accessoires sont portés sur les dessins d'exécution. Les diamètres de ces accessoires (**) sont déterminés en fonction du type et du nombre d'armatures constituant l'unité.

92.3 COULIS D'INJECTION

* Le présent article concerne tous les coulis d'injection de conduits de précontrainte. Il est rappelé que :

- les coulis courants sont constitués de ciment(CPA-CEM I), d'eau et éventuellement d'adjuvants pour coulis d'injection. Ils peuvent être (ou non) « à durée d'injectabilité maîtrisée » et correspondre à ce que, dans le langage courant, on appelle souvent « coulis retardés et remalaxés » ;

- par opposition, sont dits « coulis spéciaux » ceux dont la composition comporte des constituants de types différents (CPJ-CEM II/A ou B par exemple) ou des éléments complémentaires (tels que des additifs comme les cendres volantes ou des fumées de silice).

** Cf. les normes NF EN 445, NF EN 446 et NF EN 447.

*** Les avis techniques ou les avis provisoires sont délivrés par la Commission interministérielle de la précontrainte (Cf. Règlement d'avis technique des coulis d'injection pour conduits de précontrainte).

Ils concernent les entreprises responsables :

- de la formulation du mélange (les formulateurs),
- de sa confection sur chantier et de son injection (les applicateurs).

La liste des coulis d'injection ayant fait l'objet d'un ATF ou d'un APF est publiée par le LCPC. Cette liste précise, pour chaque composition, le ou les formulateurs et le ou les applicateurs associés.

92.3.1 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.

92.3 COULIS D'INJECTION (*) (**)

Les coulis d'injection doivent bénéficier d'un avis technique favorable (ATF) ou d'un avis provisoire favorable (APF) (***).

92.3.1 CONSTITUANTS

Le coulis est constitué de ciment, d'eau, et éventuellement d'adjuvants, d'additions ou d'ajouts. La composition nominale qui est soumise à l'acceptation du maître d'œuvre après exécution des épreuves d'étude, précise :

- la nature, la qualité 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 (*).

** La marque NF-Liants Hydrauliques constitue une certification de conformité à la norme NF P 15-301. 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 Tusschenbrook.

*** * La plupart des ciments CPA-CEM I contiennent du chlore à l'état de traces.

*** ** Seul l'additif agent de mouture est autorisé.

*** *** L'eau potable est présumée satisfaire ces spécifications.

*** *** * Ces adjuvants sont généralement des produits du type plastifiant ou réducteur d'eau pouvant être expansifs ou non. Les adjuvants choisis doivent être tels que les épreuves d'étude et de convenance montrent que leur emploi améliore les propriétés des coulis en augmentant, par exemple, la facilité de mise en œuvre et en réduisant la tendance à l'exsudation.

Voir aussi la norme P 18-339.

Le ciment est un CPA-CEM I, ou un CPJ-CEM II/A-L, ou un CPJ-CEM II/A-D limité à 8% de fumée de silice, admis à la marque NF-Liants Hydrauliques (**).

Il doit respecter de plus les spécifications ci-après :

- ne pas présenter de phénomène de fausse prise (***) ;
- avoir une teneur en ion chlore inférieure à 0,05 % (***) ;
- avoir une proportion de constituants secondaires inférieure à 3% ;
- avoir une proportion d'additifs inférieure à 0,1% (***) ;
- ne contenir ni ion soufre, ni aucun autre élément pouvant corroder les aciers.

L'eau respecte les spécifications suivantes (***) :

- chlorure par ion Cl^- $\leq 500 \text{ mg/l}$;
- sulfate par ion SO_4^{2-} $\leq 400 \text{ mg/l}$;
- absence de détergent.

Les adjuvants (***) utilisés sont inscrits à la marque « NF Adjuvants ». Leur compatibilité avec le ciment 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^- ;
- 2,5 % de la masse du ciment en ions SO_4^{2-} ;
- 0,01 % de la masse du ciment en ions S^{2-} .

92.3.2 SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES

* Des spécifications particulières sont définies par le marché s'il y a lieu (Cf. circulaire 89-26 du 17 avril 1989).

** L'exsudation caractérise la stabilité du coulis.

*** Pour les coulis à durée d'injectabilité maîtrisée, une valeur limite nettement inférieure à 2 % peut être proposée par l'entrepreneur ou imposée par le marché.

La valeur limite de 2 % ne dispense pas, dans le cas particulier des câbles verticaux de hauteur supérieure à 10 mètres, que le marché prévoit un dispositif de complément d'injection de la partie supérieure.

*** * La fluidité caractérise l'injectabilité d'un coulis.

*** ** Il s'agit de la norme NF EN 196-1.

*** *** Elle est mesurée selon la norme NF EN 445.

*** *** * Il s'agit de la norme P 18-364.

92.3.2 SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES (*)

Les caractères suivants sont spécifiés :

a) *Exsudation* (**): la quantité d'eau exsudée à la surface du coulis maintenu au repos durant trois heures doit être au plus égale à 2 % du volume du coulis (***) ; cette eau doit être complètement réabsorbée vingt-quatre heures après injection.

b) *Fluidité* (***) : le temps d'écoulement au cône de Marsh avec un ajutage de 10 mm de diamètre doit, pour une température du coulis au moins égale à 25° C, être inférieur à vingt-cinq secondes pendant trente minutes au moins après la fabrication du coulis. Si le coulis est dit « à durée d'injectabilité maîtrisée », le délai précédent est porté à quatre heures au moins.

c) *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 (***) et les modes opératoires du LCPC.

d) *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.

e) *Variation de volume* (***) , qui doit être comprise entre - 1 % et + 5 % du volume initial.

f) *Absorption capillaire*, qui doit être inférieure à 1 g/cm². Les essais sont conduits selon les normes en vigueur (***) .

92.3.3 ÉPREUVE D'ÉTUDE DU COULIS

* Sous réserve de l'accord du maître d'œuvre, elle peut être remplacée par l'adoption d'une formule ayant fait l'objet d'une étude précédente :

- avec des méthodes de fabrication et d'injection identiques,
- dans des conditions thermiques identiques,
- en l'absence de modification dans la fabrication du ciment,
- pour un ouvrage dont le type de câblage soit comparable en longueur et en tracé (importance des déviations et des dénivelées).

** L'interprétation de l'épreuve d'étude doit permettre de définir la durée pratique d'utilisation à l'intention du chantier.

92.3.4 TOLÉRANCES

92.3.5 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.

Article 93 : Mise en œuvre.

93.1 LE CHARGÉ DE LA MISE EN PRÉCONTRAINTE

* Pour la consistance minimale et les détails de la mission du CMP, se reporter à l'article 95.1.

92.3.3 ÉPREUVE D'ÉTUDE DU COULIS

Si le coulis bénéficie d'un avis technique favorable, l'épreuve d'étude est réputée avoir été faite lors de l'instruction de l'avis technique.

Dans les autres cas, l'épreuve d'étude (*) a pour objet de vérifier que la formule nominale proposée permet de satisfaire aux exigences des spécifications. Le résultat doit être tel que la spécification de fluidité reste satisfaite si le coulis est fabriqué avec les moyens du chantier (**).

92.3.4 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.

92.3.5 MATÉRIEL

Le matériel de fabrication doit produire un coulis à consistance homogène en dispersant et défloculant complètement le ciment (*).

Article 93 : Mise en œuvre.

93.1 LE CHARGÉ DE LA MISE EN PRÉCONTRAINTE

La mise en précontrainte est effectuée sous la direction d'un responsable spécialement qualifié, dit CMP (Chargé de la mise en œuvre de la précontrainte), dont la compétence est reconnue par l'entreprise distributrice du procédé de précontrainte utilisé ; il en est justifié auprès du maître d'œuvre (*).

93.2 MISE EN PLACE DES CONDUITS ET ARMATURES

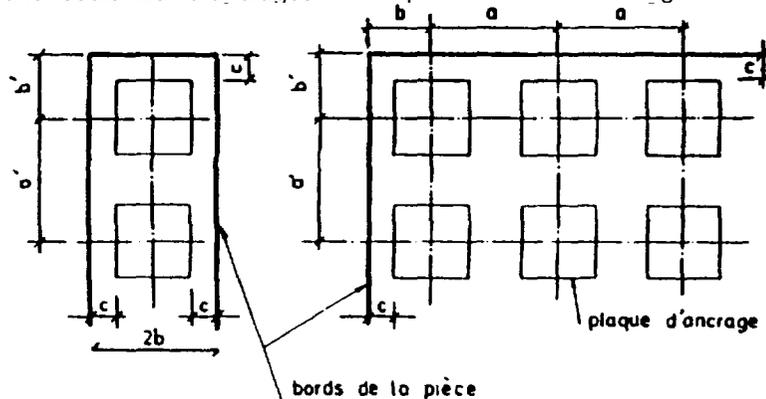
* Il faut, en particulier, éviter le festonnage des conduits au voisinage d'une paroi : dans un tel cas, la poussée sur vide risquerait fort de faire éclater le béton lors de la mise en tension des câbles. Il importe aussi d'éviter qu'au voisinage des ancrages les conduits ne s'écartent en position ou 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.

** Sauf justification spéciale, ces distances pour des plaques standards ne doivent pas descendre en dessous des valeurs précisées ci-après :

ENROBAGE LATÉRAL ET ENTRAXE DES ANCRAGES

une seule file d'ancrages

plusieurs files d'ancrages



Si l'on désigne par :

a_0 l'entraxe minimal entre deux ancrages,
 b_0 la distance minimale entre l'axe d'un ancrage et la paroi (valeurs définies dans la notice technique du procédé agréé ou autorisé),

on doit avoir :

$$\begin{aligned} a, a' &\geq a_0 \\ b, b' &\geq b_0 \end{aligned}$$

Pour une seule file d'ancrages : $a' \times b \geq 1,6 b_0^2$

Pour plusieurs files d'ancrage : $a \times b' \geq 1,6 b_0^2$ $a \times a' \geq 3 b_0^2$
 $a' \times b \geq 1,6 b_0^2$ $a \times b \geq 3 b_0^2$

93.2 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.

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 ;
- justifiant les contraintes locales conformément aux règles BPEL 91 ;
- tenant compte du ferrailage passif disposé localement.

Le mode de mise en place des armatures est défini et décrit dans le PAQ, dans le respect des prescriptions du marché.

Si les armatures sont enfilées dans les conduits (poussage toron partoron ou tirage d'un câble préfabriqué) les opérations ne doivent pas causer de dommages aux armatures et aux conduits.

FORCE à l'ancrage à la mise en tension (kN)	< 500	500 à 1 500	1 500 à 3 000	3 000 à 4 000	> 4 000
Enrobage minimal théorique c (mm)	30	50	70 (1)	80 (1)	100 (1)

(1) L'enrobage c peut être diminué dans le cas d'emploi de plaques de dimensions plus grandes sans descendre toutefois en dessous de 50 mm.

93.3 MISE EN TENSION DES ARMATURES

93.3.1 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.

93.3.2 RÉSISTANCE DU BÉTON



* Il s'agit de la norme NF P 18-405.

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 PAQ sont prises pour protéger les ancrages et les événements d'injection.

Toute armature endommagée doit être rejetée et remplacée.

93.3 MISE EN TENSION DES ARMATURES

93.3.1 MATÉRIEL DE MISE EN TENSION

Le matériel doit être conforme aux indications de l'agrément 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.

93.3.2 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 (*).

La valeur prescrite $f_{c \min}$ est la plus élevée des deux valeurs suivantes déterminée par les études d'exécution :

- $f_{c \min 1}$: résistance minimale nécessaire en flexion générale ;
- $f_{c \min 2}$: résistance nécessaire dans la zone d'ancrage.

||| ** Par exemple des mises en tension étalées dans le temps.

93.3.3 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 95.4.1.).

93.3.4 CONDUITE À TENIR EN CAS D'ANOMALIE

* Les dispositions à prendre en cas d'anomalie ne peuvent être que celles définies dans le PAQ (Cf. article 95.3).

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.

Si, néanmoins, une rupture accidentelle se produit sur une armature, il faut en premier lieu la localiser, et estimer le nombre n de fils rompus, avec limitation de 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.

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 PAQ (**).

93.3.3 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 du marché, aucune mise en tension n'est effectuée à des températures inférieures à -10°C . Au-dessous de $+5^\circ\text{C}$, 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.

93.3.4 CONDUITE À TENIR EN CAS D'ANOMALIE (*)

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 compensatrices n'ont pas été proposées par l'entrepreneur et acceptées par le maître d'œuvre.

** En ce cas, 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 alerte de son côté le service de vérification du contrôle en usine (VCU) (Laboratoire central des ponts et chaussées).

*** Le bureau d'études de l'entrepreneur précise l'importance de la précontrainte complémentaire à introduire, par substitution d'unités légèrement plus puissantes enfilables dans les mêmes conduits, ou par additions 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.

93.3.5 CONSIGNES DE SÉCURITÉ

* Les consignes de sécurité à caractère légal sont rappelées et, s'il y a lieu, complétées dans le PAQ. En particulier aucune personne ne doit se trouver à l'arrière ou au voisinage immédiat d'un vérin ou de l'extrémité prébloquée d'un câble.

93.4 PROTECTION DES ARMATURES

* La protection provisoire assurée par le fournisseur est prescrite par l'article 92.1.2. ci-avant. Sur les chantiers courants, les délais entre la fin de la mise en place des armatures et l'injection définitive sont suffisamment courts pour justifier cette disposition ; ils ne doivent pas dépasser quatre semaines environ (Cf. article 91).

L'entrepreneur :

- établit une fiche d'anomalies qu'il transmet au maître d'œuvre (**);
- soumet à son acceptation les moyens qu'il compte prendre pour remédier à l'anomalie, tels que :
 - réduction des frottements par une lubrification convenable,
 - choix d'une tension initiale de l'unité différente de la valeur prévue ou fixation d'une valeur plus réaliste de a_0 (allongement calculé correspondant à la pression à obtenir en fin de mise en tension),
 - remplacement de l'unité,
 - mise en œuvre d'unités de plus forte puissance (***),
 - mise en œuvre d'unités complémentaires (***).

La reprise des mises en tension est soumise à l'autorisation du maître d'œuvre (point d'arrêt).

93.3.5 CONSIGNES DE SÉCURITÉ (*)

93.4 PROTECTION DES ARMATURES

Sauf indication contraire du marché, il n'est pas prévu de renouvellement de la protection provisoire (*).

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.

La protection définitive des armatures doit être assurée par un produit homogène remplissant de façon complète l'intérieur des conduits. Pour les torons gainés graissés, il y a lieu de prendre les précautions définies dans les agréments et homologations, spécialement au voisinage des ancrages, et de ne pas endommager la protection d'origine en section courante. Dans les autres cas couverts par le présent chapitre, la protection définitive est assurée au moyen d'un coulis de ciment.

** 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.

*** 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 ferrailé 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.

La mise en œuvre de la protection définitive est soumise à l'autorisation du maître d'œuvre (point d'arrêt).

L'injection d'un tel coulis est interdite lorsque la température du béton descend au dessous de 0° C. Lorsque la température du béton descend au-dessous de 5° C ou que la température ambiante dépasse 25° C en maximum journalier à l'ombre, les dispositions particulières prévues au PAQ (Cf. article 95.3 C) sont mises en œuvre.

Au préalable, un essai d'étanchéité (**) est effectué s'il est prescrit par le marché.

Le lavage à l'eau des conduits est interdit.

Les conditions de mise en œuvre de l'injection sont définies dans le programme d'injection (Cf. article 95.2 ci-après) qui précise également le processus à suivre en cas d'arrêt de progression de coulis.

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 importants 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 (***).

Article 94 : Tolérances sur la position des conduits après bétonnage.

* 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 autorisée (Cf. règles BPEL, article 10.2,23) n'est pas spécifiée dans le seul but d'assurer la protection contre la corrosion. Il faut aussi assurer une mise en place correcte du béton (Cf. également article 64 et chapitre 10).

*** L'attention est attirée sur les risques (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.

Article 95 : Assurance de la qualité pour la précontrainte.

95.1 GÉNÉRALITÉS, MISSIONS DU CMP

||| * 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 93.1.

Article 94 : Tolérances sur la position des conduits après bétonnage (*).

La tolérance sur la distance minimale autorisée des nus des conduits aux parois coffrées ou non est de 5 millimètres (**).

La tolérance sur la position 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 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.

Article 95 : Assurance de la qualité pour la précontrainte.

95.1 GÉNÉRALITÉS, MISSIONS DU CMP

Le plan d'assurance qualité (PAQ) du chantier comporte dans son article consacré à l'organisation du chantier :

- la mention de l'origine et des références du personnel responsable des opérations de précontrainte,
- la désignation du « chargé de la mise en œuvre de la précontrainte » CMP (*).

** En ce qui concerne l'encadrement et les contrôles internes, la mission minimale du CMP commence par un contrôle général préalable à la mise en tension (Cf. article 93.3.3).

*** Cf. article 93.3.3.

*** * Dans la plupart des cas, la mise en précontrainte est réalisée par l'entreprise titulaire de l'agrément du procédé, agissant comme sous-traitant. Il est rappelé, d'autre part, que les notices techniques spécifient pour chaque procédé, lorsqu'il y a lieu, les opérations particulières délicates qui ne doivent être effectuées que par l'entreprise titulaire de l'agrément.

*** ** Cf. articles 93.3.4. et 95.4.3.

*** *** Cf. article 95.4.2.

95.2 CONTENU DE LA PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉCONTRAÎNTE

* 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.

Les missions du CMP comprennent au moins (**):

- 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 (***),

- la direction de la mise en précontrainte (*** *), c'est-à-dire notamment :
 - 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.

Le PAQ comporte également une procédure d'exécution (ou plusieurs) spécifique qui précise les opérations afférentes à la précontrainte.

95.2 CONTENU DE LA PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉCONTRAÎNTE

La procédure d'exécution relative à la précontrainte définit ou rappelle :

- les moyens en personnel ;
- les matériels utilisés et leurs instructions d'emploi constituées par les notices techniques et les manuels d'utilisation des entreprises distributrices, éventuellement complétées 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 et accessoires - produits d'injection - produits de protection provisoire (éventuellement) ainsi que leur mode de conditionnement ;

- les modes opératoires - méthodologie, instructions d'exécution et séquences - liaisons éventuelles avec d'autres procédures, conformément à l'article 95.3 ci-après ;

- les contrôles à effectuer aux différentes étapes de la mise en œuvre de la précontrainte et de la protection des armatures.

** 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.

95.3 PRÉCISIONS À APPORTER CONCERNANT LES MODES OPÉRATOIRES

A. -

B. -

* Il s'agit d'assurer la sécurité aussi bien des tiers que du personnel.

Sont précisés notamment :

- les intervenants chargés du contrôle interne,
- le mode de vérification du libre passage d'armatures dans tous les conduits (**),
- les points sensibles sur lesquels une attention particulière doit être portée,
- 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,
- des résultats de l'épreuve de convenance des coulis avant injection.

Les conditions, obligatoires dans tous les cas, relatives aux contrôles des mises en tension et des coulis sont indiquées aux articles 95.4 et 95.5. La ou les procédures afférentes à la précontrainte sont établies en conséquence.

95.3 PRÉCISIONS À APPORTER CONCERNANT LES MODES OPÉRATOIRES

Les précisions à apporter à ce titre concernent notamment :

A. - Le mode de manutention et de mise en place des produits et des armatures, ainsi que le mode d'obtention de la continuité de forme et d'étanchéité des conduits et le mode d'enfilage des armatures.

B. - Les opérations de mise en tension avec :

- les consignes de vérification de la résistance du béton conformément aux prescriptions de l'article 93.3.2 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,
 - les consignes et mesures de sécurité (*),

** Les mesures à prendre doivent s'inscrire dans le cadre prévu à l'article 93.3.4.

C.

* 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.

*** * L'injection est normalement menée conduit par conduit cependant lorsqu'il y a des armatures groupées entre lesquelles il y a risque de communication, il vaut mieux opérer par groupe de conduits.

- 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 (**).

C. - Les opérations de protection des armatures :

- protection provisoire :

- 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.

- protection définitive (injection) :

- 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,

- vérification de l'étanchéité,

- conditions particulières concernant les constituants et la fabrication du coulis (**),

- méthode d'injection (***),

- ordre détaillé des opérations d'injection compte tenu des phases du chantier (*** *),

- contrôles à effectuer (épreuves de convenance et de contrôle),

*** ** 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.

95.4 CONTRÔLES DE MISE EN TENSION

95.4.1 ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DU CONTRÔLE INTERNE

* 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.

- volume de coulis à prévoir par conduit (***) ou groupe de conduits,

- nature et modalités d'exécution des cachetages,

- consignes en cas d'incidents ou de conditions climatiques défavorables (***)).

95.4 CONTRÔLES DE MISE EN TENSION

95.4.1 ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DU CONTRÔLE INTERNE

a) Pressions et allongements (*)

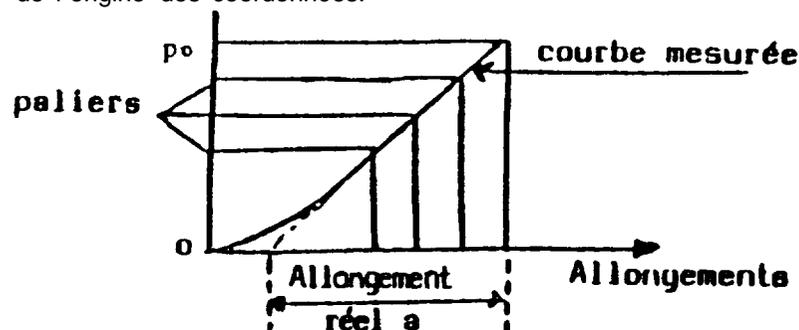
En tout état de cause, la note de calcul des allongements incluse dans le programme de précontrainte doit clairement préciser :

- 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 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 monotrons 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 95.3. le PAQ 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).

- 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.

- 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 PAQ (**).

b) Rentrées d'ancrage

Les rentrées d'ancrage sont mesurées avec une précision de l'ordre du millimètre (***) (*).

95.4.2 MESURE DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

* Cf. article 4.10 des règles BPEL 91.
Voir aussi la circulaire n° 94-33 du 19 avril 1994.

** Ces essais de contrôle effectués en cours de chantier complètent les essais de convenance visés à l'article 95.3 B qui, eux, concernent les premiers câbles mis en tension, souvent les trois premiers.

*** 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. Annexe C au présent fascicule (annexe contractuelle).

*** *** Le marché peut donner des précisions complémentaires, notamment sur l'interprétation des essais.

95.4.2 MESURE DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

Si le marché le prescrit (*), des mesures de coefficient de transmission (**) sont effectuées en tant qu'épreuves de contrôle.

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 qui figure dans les règles BPEL 91, article 3.3.11 et 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 ;

- en ce qui concerne les parties de structures dont le béton est déjà coulé, on considère que les coefficients réels de frottement par unité angulaire et par unité de longueur f' et φ' sont égaux aux coefficients f et φ pris en compte dans les calculs, multipliés par le facteur λ moyen correspondant à la famille des câbles, avec :

$$\lambda = \text{Log } k_r / \text{Log } k_{\text{cal}}$$

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.

95.4.3 DOCUMENTS DE SUIVI RELATIFS À LA MISE EN TENSION

* Cf. commentaire *** ** de l'article 35.3 pour les autres documents de suivi.

95.5 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.

95.5.1 CONTRÔLE INTERNE

95.4.3 DOCUMENTS DE SUIVI RELATIFS À LA MISE EN TENSION (*)

Les fiches de mise en tension comportent tous les résultats enregistrés et les observations faites.

Elles sont transmises journalièrement par le CMP au maître d'œuvre ainsi que les fiches d'anomalie éventuelles.

95.5 CONTRÔLES RELATIFS AUX INJECTIONS (*)

95.5.1 CONTRÔLE INTERNE

A. - Contrôles avant injection

Les contrôles à effectuer avant l'injection sont précisés ci-après :

Un essai d'étanchéité, si le marché le prescrit, est effectué pour détecter d'éventuels défauts d'étanchéité des conduits. Comme indiqué à l'article 93.4, il s'agit en général d'un essai sous vide.

* Cet essai, systématiquement effectué dans le cadre de l'avis technique, évite aux bénéficiaires de cette procédure d'avoir à le réitérer.

** Pour les ouvrages importants ou pour un lot conséquent d'ouvrages courants (à titre indicatif plus de cinq ouvrages), il est conseillé de prévoir au marché un essai de stabilité sur tube incliné.

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.

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 où le coulis bénéficie seulement d'un avis provisoire favorable, ou si le matériel d'injection proposé est différent de celui prévu par l'avis technique, l'entrepreneur doit effectuer à ses frais un essai de stabilité sur tube incliné (*).

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, 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.

Les contrôles à effectuer en cours d'injection comportent :

- 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 essais d'exsudation

A chaque démarrage de poste de travail, on procède à un prélèvement. Une première mesure effectuée à trois heures donne des indications pour les postes suivants.

En cours d'injection, une fois par poste de travail, un prélèvement est effectué à la fabrication et à la sortie du conduit ; ces mesures donnent des indications pour les postes suivants.

L'exsudation doit rester inférieure à 2 %.

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 et de celle du coulis.

Le CMP transmet journallement 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.

95.5.2 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.

95.5.2 CONTRÔLE EXTÉRIEUR (*)

Le contrôle extérieur lève les points d'arrêt suivants :

- mise en œuvre de la protection définitive,
- exécution du cachetage.

** *A posteriori*, il convient d'examiner attentivement le remplissage des événements (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 des contrôles gammagraphiques.

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.

CHAPITRE 10

**TOLÉRANCES SUR L'OUVRAGE FINI
ET ACHÈVEMENT DE L'OUVRAGE****Article 101 : Tolérances géométriques sur l'ouvrage fini.**

III * 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 en 52.2.

*** Des tolérances différentes peuvent être :

- soit plus sévères, par exemple pour l'assemblage d'éléments préfabriqués, pour les parties d'ouvrages devant recevoir des équipements métalliques, pour les tracés conditionnant la stabilité de la structure ou l'aptitude de l'ouvrage à sa destination ;
- soit adoucies, lorsqu'aucune raison de sécurité, d'aspect ou d'utilisation ne s'y oppose.

CHAPITRE 10

**TOLÉRANCES SUR L'OUVRAGE FINI
ET ACHÈVEMENT DE L'OUVRAGE****Article 101 : Tolérances géométriques sur l'ouvrage fini.**

Plusieurs catégories de tolérances 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.

101.1 TOLÉRANCE GÉNÉRALE 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).

101.2 DÉFAUT D'APLOMB

101.3 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 102 : Reprise des imperfections
ou des non-conformités éventuelles.**

102.1 GÉNÉRALITÉS

* En vertu de l'article 44 du CCAG, l'entrepreneur est tenu à l'obligation de parfait achèvement.

101.1 TOLÉRANCE GÉNÉRALE 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 :

$$0,07 \sqrt{d} \text{ cm , avec minimum de 1 cm et maximum de 7 cm.}$$

101.2 DÉFAUT D'APLOMB

Le défaut d'aplomb admissible d'un élément de hauteur h exprimée en centimètres, voisin de la verticale, est égal à :

$$\sqrt{h} / 7 \text{ cm}$$

101.3 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 (*) :

$$\sqrt{L} / 20 \text{ cm en élévation ou } \sqrt{L} / 10 \text{ cm en plan,}$$

et de 1 (un) cm.

Pour des arêtes courbes, les tolérances sont fixées par analogie.

**Article 102 : Reprise des imperfections
ou des non-conformités éventuelles.**

102.1 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, 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 PAQ.

** 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 102.3), la mise en conformité doit être recherchée avant de recourir à la proposition de réfection 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).

102.2 DÉFAUTS DE NATURE À PORTER ATTEINTE À LA QUALITÉ STRUCTURALE

|| * Voir aussi les articles 76.3 et 95.4.2 ci-dessus.

** 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.

Les réparations sont à la charge de l'entrepreneur (**).

102.2 DÉFAUTS DE NATURE À PORTER ATTEINTE À LA QUALITÉ STRUCTURALE (*)

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.

102.3 DÉFAUTS D'ASPECT - RAGRÉAGES

III * 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.

Article 103 : 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.

Article 104 : Nettoyage final.

* Il convient en particulier :
 - d'éliminer les divers détritiques, 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.

102.3 DÉFAUTS D'ASPECT (*) - RAGRÉAGES

Ces défauts concernent la géométrie de l'ouvrage (**), la texture ou la couleur des parements.

Les défauts mineurs peuvent être corrigés par dégraissage, lavage, rabotage, meulage.

Toute réparation concernant un parement est effectuée avec les précautions définies à l'article 55.5 ci-dessus, et soumise à la décision du maître d'œuvre.

Article 103 : Récolement.

Les documents définis au chapitre 3, à l'exception du projet des installations de chantier, 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 PAQ, 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.

Article 104 : 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-A DU CCTG

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.

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
	Domaine 01 : Généralités. Terminologie Normalisation. Documentation		
	<i>01.060 Grandeurs et unités</i>		
31.1	- Normes fondamentales - Unités de mesure - Facteurs de conversion.	FD X 02-051	FD
31.1	- Grandeurs et unités - Mécanique.	NF X 02-203	HOM
	<i>01.100 Dessins techniques</i>		
	<i>01.100.30 Dessins de bâtiment</i>		
31.1	- Dessins d'architecture, de bâtiment et de génie civil. Principes généraux - Principes de représentation.	NF P 02-001	HOM
62.2 - 62.3	- Dessins d'architecture, de bâtiment et de génie civil. Armatures industrielles pour béton armé - Façonnage - Codification. Ronds lisses - Barres, fils et fil machine à haute adhérence.	NF P 02-016	HOM

(1) HOM : homologuée - EXP : expérimentale - FD : fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
Domaine 03 : Sociologie. Services. Organisation et gestion de l'entreprise Administration. Transport			
<i>03.120 Qualité</i>			
<i>03.120.10 Management et assurance de la qualité</i>			
12	Normes pour le management de la qualité et l'assurance de la qualité. Partie 1 : lignes directrices pour leur sélection et utilisation.	NF EN ISO 9000-1 (X 50-121-1)	HOM
21	Management de la qualité et assurance de la qualité. Vocabulaire.	NF EN ISO 8402 (X 50-120)	HOM
21	Qualité. Management de la qualité et assurance de la qualité. Vocabulaire - Termes complémentaires.	NF X 50-125	HOM
Domaine 77 : Métallurgie			
<i>77.140 Produits en fonte et produits en acier</i>			
<i>77.140.60 Barres et ronds en acier</i>			
* Armatures pour béton armé			
61.1	- Ronds lisses soudables.	NF A 35-015	HOM
61.1	- Barres et couronnes soudables à verrous de nuance FeE500. Treillis soudés constitués de ces armatures.	NF A 35-016	HOM
61.1	- Barres et fils machine non soudables à verrous.	NF A 35-017	HOM
61.1	- Aptitude au soudage.	NF A 35-018	HOM
61.1	- Armatures constituées de fils soudables à empreintes. Partie 1 : Barres et couronnes. Partie 2 : Treillis soudés.	NF A 35-019-1 NF A 35-019-2	HOM HOM

(1) HOM : homologuée - EXP : expérimentale - FD : fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
61.1	- Acier pour béton. Fils soudables utilisés pour la fabrication d'armatures pour béton.	NF A 35-021	HOM
61.1	- Aciers pour béton. Treillis soudés constitués de fils de diamètre inférieur à 5 mm.	NF A 35-024	HOM
61.1	- Produits en acier. Armatures pour béton armé. Ronds lisses galvanisés à chaud - Barres, fil-machine et fils à haute adhérence, fils constitutifs de treillis soudés galvanisés à chaud.	A 35-025	EXP
62.4	- Armatures pour béton armé. Armatures industrielles pour le béton.	NF A 35-027	HOM
Domaine 91 : Bâtiment et matériaux de construction			
<i>91.060 Eléments de construction</i>			
<i>91.060.10 Murs. Cloisons. Façades</i>			
52.1	- Travaux de bâtiment. Murs en béton banché. Cahier des clauses techniques (réf. DTU 23.1).	NF P 18-210	HOM
<i>91.080 Structures de construction</i>			
<i>91.080.40 Structures en béton</i>			
* Gaines en feuillard d'acier pour câbles de précontrainte.			
92.2.1	- Terminologie, prescriptions, contrôle de la qualité.	NF EN 523 (P 18-160)	HOM
92.2.1	- Méthodes d'essai. Partie 1 : détermination de la forme et des dimensions.	NF EN 524-1 (P 18-161)	HOM
92.2.1	- Méthodes d'essai. Partie 2 : détermination du comportement à la flexion.	NF EN 524-2 (P 18-162)	HOM
92.2.1	- Méthodes d'essai. Partie 3 : essai de flexion dans les deux sens.	NF EN 524-3 (P 18-163)	HOM

(1) HOM : homologuée - EXP : expérimentale - FD : fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
92.2.1	- Méthodes d'essai. Partie 4 : détermination de la résistance aux charges latérales.	NF EN 524-4 (P 18-164)	HOM
92.2.1	- Méthodes d'essai. Partie 5 : détermination de la résistance à la traction.	NF EN 524-5 (P 18-165)	HOM
92.2.1	- Méthodes d'essai. Partie 6 : détermination de l'étanchéité (détermination des pertes en eau).	NF EN 524-6 (P 18-166)	HOM
61.2	- Produits en acier. Dispositifs en acier destinés au raboutage ou à l'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé. Partie 1 : Exigences générales.	NF A 35-020-1	HOM
61.2	- Produits sidérurgiques. Dispositifs en acier destinés au raboutage ou à l'ancrage d'armatures à haute adhérence pour béton armé. Partie 2 : Méthodes d'essai.	NF A 35-020-2	HOM
	<i>91.100 Matériaux de construction</i> <i>91.100.10 Ciment. Plâtre. Chaux. Mortier</i>		
	* Liants hydrauliques		
72.1	- Guide d'utilisation des ciments.	FD P 15-010	FD
72.1 - 75.2 92.3.1	- Ciments courants. Composition, spécifications et critères de conformité.	NF P 15-301	HOM
72.1 - 75.2	- Ciments à usage tropical. Composition, spécifications et critères de conformité.	NF P 15-302	HOM
71.2.2 - 72.1	- Ciments pour travaux à la mer.	NF P 15-317	HOM
71.2.2 - 72.1	- Ciments à faible chaleur d'hydratation initiale et à teneur en sulfures limitée.	NF P 15-318	HOM
71.2.2 - 72.1	- Ciments pour travaux en eaux à haute teneur en sulfates.	XP P 15-319	EXP
92.3.2	- Méthodes d'essais des ciments. Partie 1 : détermination des résistances mécaniques.	NF EN 196-1 (P 15-471)	HOM

(1) HOM : homologuée - EXP : expérimentale - FD : fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
	<i>91.100.20 Produits et matériaux minéraux et céramiques</i>		
53.2.2 - 53.2.3 72.2 - 72.5 - 72.6	- Granulats. Définitions, conformité, spécifications.	XP P 18-540	EXP
	<i>91.100.30 Béton et produits en béton</i>		
71.2.1	- Bétons. Classification des environnements agressifs.	P 18-011	FD
71.2.2	- Cendres volantes pour béton. Définitions, exigences et contrôle de qualité.	NF EN 450 (P 18-050)	HOM
72.4	- Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis. Partie 2 : Adjuvants pour bétons. Définitions et exigences.	NF EN 934-2 (P 18-342)	HOM
92.3 - 92.3.2	- Coulis pour câbles de précontrainte. Méthode d'essais.	NF EN 445 (P 18-141)	HOM
92.3	- Coulis pour câbles de précontrainte. Procédures d'injection de coulis.	NF EN 446 (P 18-142)	HOM
92.3	- Coulis pour câbles de précontrainte. Prescriptions pour les coulis courants.	NF EN 447 (P 18-140)	HOM
72.3	- Eau de gâchage pour béton.	XP P 18-303	EXP
71.2.1 - 71.4 73.1 - 73.3 76.2.1	- Béton - Béton prêt à l'emploi.	XP P 18-305	EXP
	* Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis.		
92.3.1	- Adjuvants, non expansifs, pour coulis courants d'injection pour précontrainte.	P 18-339	EXP
71.2.2	- Mesure du pourcentage d'air occlus dans un béton frais à l'aéromètre à béton.	NF P 18-353	HOM

(1) HOM : homologuée - EXP : expérimentale - FD : fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
92.3.2	- Coulis courants d'injection pour précontrainte - Essai d'absorption capillaire. * Adjuvants. Produits de cure pour bétons et mortiers.	P 18-364	EXP
74.6.1	- Définition, spécifications et marquage.	NF P 18-370	HOM
74.6.1	- Détermination du coefficient de protection.	NF P 18-371	HOM
71.3	- Bétons. Essais d'étude, de convenance et de contrôle - Confection et conservation des éprouvettes.	NF P 18-404	HOM
93.3.2	- Bétons. Essai d'information - Confection et conservation des éprouvettes.	NF P 18-405	HOM
71.3	- Bétons. Essai de compression.	NF P 18-406	HOM
71.2.2	- Béton. Essai d'écaillage des surfaces de béton durci exposées au gel en présence d'une solution saline.	XP P 18-420	EXP
82.1	- Bétons. Essai de gel sur béton durci. Gel dans l'eau - Dégel dans l'eau.	P 18-424	EXP
82.1	- Bétons. Essai de gel sur béton durci. Gel dans l'air - Dégel dans l'eau.	P 18-425	EXP
71.4	- Bétons. Essai d'affaissement.	NF P 18-451	HOM
72.5	- Additions pour béton hydraulique. Fillers.	NF P 18-501	HOM
71.2.2	- Additions pour béton hydraulique. Fumées de silice.	NF P 18-502	HOM
52.2.2	- Surfaces et parements de béton. Eléments d'identification.	P 18-503	FD
74	- Béton. Mise en œuvre des bétons de structure.	P 18-504	FD
71.2.2	- Additions pour béton hydraulique. Laitier vitrifié moulu de haut-fourneau.	NF P 18-506	HOM
71.2.2	- Additions pour béton hydraulique. Additions calcaires. Spécifications et critères de conformité.	NF P 18-508	HOM

(1) HOM : homologuée - EXP : expérimentale - FD : fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
	* Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique.		
72.7	- Produits de calage et scellement à base de liants hydrauliques. Caractères normalisés garantis.	P 18-821	EXP
72.7	- Produits de calage et scellement à base de résines synthétiques. Caractères normalisés garantis.	P 18-822	EXP
72.7	- Produits de scellement à base de liants hydrauliques ou de résines synthétiques. Essai d'arrachement.	P 18-831	EXP
72.7	- Produits de calage à base de liants hydrauliques. Essai d'aptitude à la mise en place.	P 18-832	EXP
72.7	- Produits de calage à base de résines synthétiques. Essai d'aptitude à la mise en place.	P 18-833	EXP
72.7	- Produits de calage à base de liants hydrauliques. Essai de ressuage en volume confiné.	P 18-834	EXP
72.7	- Produits de calage à base de résines synthétiques. Essai de fluage en compression à + 23 degrés Celsius et + 70 degrés Celsius.	P 18-835	EXP
72.7	- Produits de scellement à base de résines synthétiques. Essai de fluage en traction à + 23 degrés Celsius ou + 50 degrés Celsius.	P 18-836	EXP
72.7	- 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.	P 18-837	EXP

ANNEXE B AU TEXTE**Annexe contractuelle****BASES DES JUSTIFICATIONS DE RÉSISTANCE
ET DE COMPORTEMENT DES OUVRAGES PROVISOIRES
CAPACITÉS PORTANTES ET ÉPREUVES****SOMMAIRE**

1. Principes des justifications.
2. Charges et autres actions à prendre en compte.
 - 2.1 Charges permanentes.
 - 2.2 Actions climatiques.
 - 2.3 Charges de chantier.
 - 2.4 Actions accidentelles.
3. Modes de justification de la réponse des ouvrages provisoires.
4. Règles d'abattement en cas de emploi.
5. Règles particulières aux ouvrages provisoires métalliques.
 - 5.1 Justification par le calcul.
 - 5.2 Justification par des essais de la portance des éléments utilisés.
6. Règles particulières aux ouvrages provisoires en bois.
 - 6.1 Justification par le calcul.
 - 6.2 Justification par des essais de la portance des éléments utilisés.
7. Règles particulières aux ouvrages provisoires en béton.
 - 7.1 Justification par le calcul.
 - 7.2 Justification par des essais de la portance des éléments utilisés.

NOTA PRÉLIMINAIRE

Il est rappelé que la présente annexe n'est applicable qu'aux ouvrages provisoires relevant des techniques du génie civil (Cf. article 43.1 du fascicule 65-A). 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.

Article premier : Principes des justifications.

* Les conséquences de la spécificité des ouvrages provisoires sont développées dans les articles 3 à 7 de la présente annexe.

** Il s'agit présentement des directives ayant fait l'objet de la circulaire n° 79-25 du 13 mars 1979.

Cependant, à titre transitoire, il est fait référence, dans certains autres textes, aux directives communes du 13 décembre 1971 (pour ouvrages métalliques).

Article 2 : Charges et autres actions à prendre en compte.

2.1 CHARGES PERMANENTES

* Le caractère permanent ou variable est lié à la situation de projet considérée (Cf. article 4.2.3 des directives communes). Lorsque des parties d'ouvrage sont fixes durant une phase de construction donnée, les actions dues à leur poids sont introduites dans les calculs en tant que charges permanentes. Dans les situations de projet relatives aux ouvrages provisoires, les actions du béton frais (poids et poussées) doivent être considérées comme variables.

2.2 ACTIONS CLIMATIQUES

* Pour les actions du vent, se reporter en particulier à l'article 14.2 du titre II du fascicule n° 61 du CPC.

Article premier : Principes des justifications.

Sous réserve de leur spécificité (*), les ouvrages provisoires sont justifiés conformément aux principes des directives communes relatives au calcul des constructions (**).

Les coefficients de sécurité γ_F sont ceux applicables aux ouvrages définitifs. Les coefficients γ_m toujours au moins égaux aux valeurs applicables pour les ouvrages définitifs, font dans certains cas l'objet de majorations définies plus loin.

Article 2 : Charges et autres actions à prendre en compte.

2.1 CHARGES PERMANENTES

Se reporter à l'article 4.1 des directives communes (*).

2.2 ACTIONS CLIMATIQUES

Se reporter aux règles générales en vigueur (*).

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 simultanités prévisibles des diverses actions.

2.3 CHARGES DE CHANTIER

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

2.3.1

* Cette charge est à considérer comme une action libre au sens des directives communes. Elle 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 étalements ou matériels spéciaux étudiés.

2.3.2

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

Elles sont à considérer comme définissant une action libre au sens des directives communes. 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 180 kg en l'absence de charge sur les autres parties.

2.3 CHARGES DE CHANTIER

Se reporter à l'article 4.2.3 des directives communes (*).

2.3.1

En ce qui concerne la masse d'une équipe de bétonnage (personnel, matériel correspondant et surépaisseur temporaire de béton frais avant épandage), cette masse peut être modélisée de la manière suivante (*) :

- 500 kg/m² sur une surface de 3 m × 3 m disposée de la manière la plus défavorable ;
- 75 kg/m² sur le reste de la surface horizontale à bétonner ; tous coefficients ψ correspondants étant pris égaux à 1.

2.3.2

En ce qui concerne la masse d'une équipe au travail (personnel et matériel correspondant ainsi que matériaux transportés) pour déplacer ou installer certains matériaux ou matériels, cette masse peut être modélisée de la manière suivante (*) :

- 180 kg uniformément répartis sur toute surface inférieure ou égale à 1 m² ;
- $(180 + 100n)$ kg uniformément répartis sur toute surface de plus de 1 m² pouvant porter $(n + 1)$ personnes.

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.

2.3.4

* Voir le même manuel. 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.

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.

**Article 3 : Modes de justification
de la réponse des ouvrages provisoires.**

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

2.3.3

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

2.3.4

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

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 43 du fascicule).

**Article 3 : Modes de justification
de la réponse (*) 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.

** 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 de l'article 4.6 des règles CB 71, DTU P 21-701) ;
- 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.

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 (** *).

Article 4 : Règles d'abattement en cas de emploi.

* 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 étaitements 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 étaitements explicitement conçus et justifiés pour le emploi.

Article 5 : Règles particulières aux ouvrages provisoires métalliques.

5.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

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.

Article 4 : Règles d'abattement en cas de emploi.

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 fascicule 65-A.

|| Au cas où des étaitements 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 (*).

Article 5 : Règles particulières aux ouvrages provisoires métalliques.

5.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

5.1.1

En cas de justification par le calcul, il est fait application du titre V du fascicule n° 61 du cahier des prescriptions communes, moyennant utilisation d'un coefficient γ_m répondant aux conditions suivantes (*):

- ||
- pour tous les ouvrages provisoires, il est au moins égal à 1,1 ;
 - s'il est prescrit des épreuves sous charges égales à k fois les charges les plus agressives susceptibles d'être appliquées en cours de travaux et si $k > 1,15$, γ_m est au moins égal à $k/1,15$.

5.1.2

5.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE DES ÉLÉMENTS UTILISÉS

* 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.

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.

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.

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 (***).

Article 6 : Règles particulières aux ouvrages provisoires en bois.

* 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.

6.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

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

6.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE
DES ÉLÉMENTS UTILISÉS**Article 7: Règles particulières aux ouvrages provisoires en béton.**

7.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

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

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

Article 6: Règles particulières aux ouvrages provisoires en bois.

Il est fait application des règles DTU P 21-701, dites CB 71, modifiées en 1975 (*).

6.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL

Si des épreuves sont prescrites, les contraintes admissibles sont réduites, le cas échéant, comme indiqué en 5.1.1 ci-dessus, et les épreuves sont effectuées conformément au 5.1.2 (*).

6.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE
DES ÉLÉMENTS UTILISÉS

Si, dans le cadre de l'article 1.0.4 des règles CB 71, 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 en 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 par les règles CB 71 pour les constructions provisoires.

Article 7 : Règles particulières aux ouvrages provisoires en béton.

7.1 JUSTIFICATION PAR LE CALCUL (*)

En cas de justification par le calcul, il est fait application des règles BAEL 91, moyennant les précautions suivantes en cas d'emploi d'éléments minces (**).

*** 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.

7.2 JUSTIFICATION PAR DES ESSAIS DE LA PORTANCE DES ÉLÉMENTS UTILISÉS

* 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 * du paragraphe 7.1 précédent, une telle justification ne présenterait d'ailleurs qu'un intérêt limité.

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.

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

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 (*).

ANNEXE C AU TEXTE

Annexe contractuelle

MESURE DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

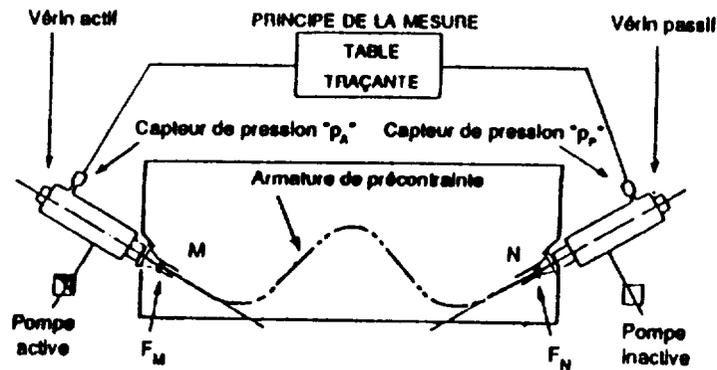
Cette annexe se rapporte à l'article 95.4.2 du présent fascicule.

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.

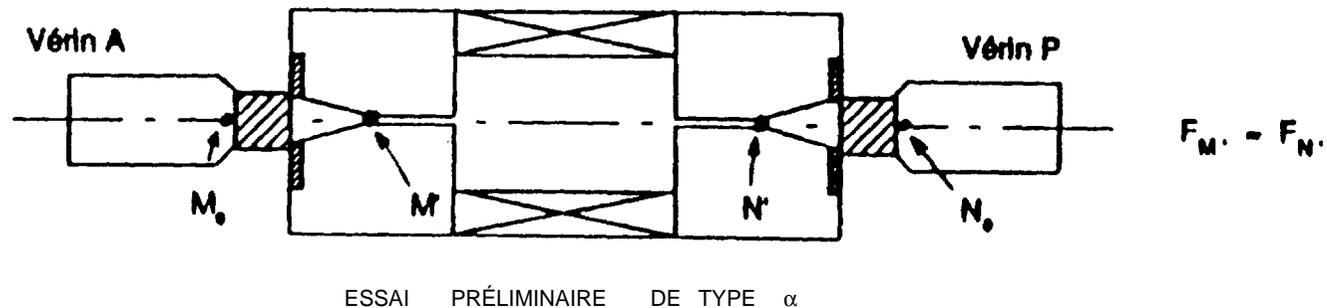
Dans un cas comme dans l'autre, ce coefficient k_{obs} est à corriger par le moyen d'un facteur $f_c (< 1^*)$ pour obtenir le coefficient réel de transmission k_r , directement comparable au coefficient de transmission calculé $k_{cal} = e^{-(\alpha+1)}$ où α représente la déviation angulaire totale le long du tracé et l la longueur du câble entre ancrages : $k_r = (1/f_c) \cdot k_{obs}$

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.



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.

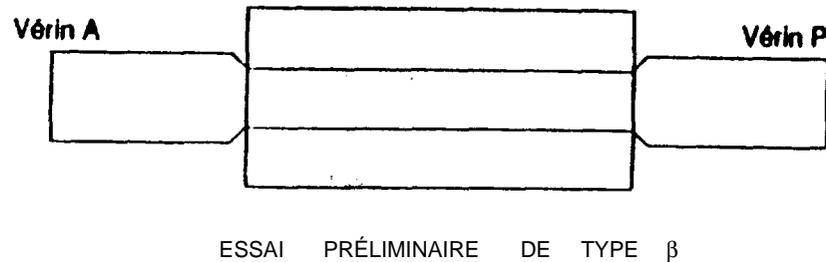
Ce type d'essai, assez lourd, n'est envisageable que pour des chantiers importants.

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.



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

Date : / /

Ouvrage : _____

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 : Gaine feuillard Tube métallique Tube plastique Autre

Diamètre du conduit : \varnothing_i ou \varnothing_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 <input type="checkbox"/>						
actif - passif <input type="checkbox"/>						

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 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.

Certaines prestations définies dans la présente annexe sont prescrites dans l'additif au fascicule 65-A.

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 ET MÉTRÉ**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 34 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, à l'article 32 du présent fascicule, à l'article 13 de l'additif au fascicule 65-A 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, étaitements 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 la note d'organisation générale du PAQ (Cf. article 35.2.2 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 76.1 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, étaitements 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 4 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 55.3 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 46 du présent fascicule, puis les opérations de repliement des différents éléments, le tout dans les conditions définies au chapitre 4 et éventuellement aux pièces particulières du marché (*).

1.4.4 COFFRAGES

Les coffrages définis, mis en œuvre et contrôlés conformément aux articles 53 et 55 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 7 du présent fascicule, du chapitre 3 de l'additif au fascicule 65-A et aux pièces particulières du marché (*).

La prestation comprend, le cas échéant, les dispositions complémentaires visées aux articles suivants :

- article 93 du présent fascicule en cas de précontrainte par post-tension ;
- articles 42 à 44 de l'additif en cas de précontrainte par pré-tension ;
- articles 53 et 55 du présent fascicule en cas de parements fins ou ouvragés ;
- article 14 de l'additif, si le marché a classé les travaux parmi ceux visés à l'article 11 de cet additif ;
- chapitre 2 de l'additif 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 l'humidification, la fourniture et l'application éventuelle d'un produit de cure, et le maintien des coffrages pendant le temps nécessaire, dans les conditions définies à l'article 74.6 du présent fascicule et aux pièces particulières du marché (*), ainsi que 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 à l'article 52.2 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).

*** Le bordereau des prix prévoit une plus-value pour les revêtements de protection (par exemple galvanisation).

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 74.7 du présent fascicule (**) et aux pièces particulières du marché.

1.5.4 PAREMENTS

Parmi les opérations définies aux articles 54 et 55 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 (**) des articles 61, 62, 63, 65 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 53.1.2.4 du présent fascicule.

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

* 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.

*** ** Les articles concernés de l'additif sont les suivants :

- article 53, pour les torons gainés protégés ;
- article 54, pour les autres techniques de protection ;
- article 62, pour les unités courtes ;
- article 63, pour les armatures utilisées à titre provisoire ;
- article 65, pour les structures comportant de nombreux joints ;
- chapitre 7, pour la précontrainte extérieure.

*** *** Cf. article 1.7.4 de la présente annexe.

1.7.2 ANCRAGESOU COUPLEURS

* Conformément aux dispositions visées à l'article précédent et, le cas échéant, à celles des articles 52.3.3 (protection par produits souples) et 61 (coupleurs) de l'additif au présent fascicule.

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 9 du présent fascicule, de l'article 66 de l'additif au fascicule 65-A et des pièces particulières du marché (***) ;

- les opérations de mise en tension définies à l'article 93.3 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 66.3 et 66.4 de l'additif au présent fascicule et aux pièces particulières du marché.

S'il y a lieu, les prestations tiennent compte des dispositions complémentaires définies dans l'additif au fascicule 65-A (*** **).

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

Les prestations (*) comprennent :

**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 71.2.2,2 de l'additif, relatif à la précontrainte extérieure.

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 et fixe les coefficients visés à l'article 4.10.1 des règles BPEL 91, qui définissent les marges réduites à respecter vis-à-vis des contraintes limites. Il précise si les mesures sont confiées à l'entreprise générale ou à un organisme associé au contrôle extérieur.

Dans ce cas, les dessins de précontrainte portent la mention « contrôles de coefficients de transmission nécessaires » et sont accompagnés d'un tableau récapitulatif des 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.

- 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 72.3 de l'additif au 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 71.2.2 de l'additif au 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.

- 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.

** Le marché indique en ce cas :

- une fourchette pour le nombre d'essais confiés à l'entreprise et les câbles sélectionnés a priori pour detels 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. premier alinéa de l'article 93.4)

*** Ces dispositions résultent du respect des clauses de l'article 55 ou du marché.

1.7.6 PROTECTION DÉFINITIVE PAR PRODUITS SOUPLES

* Le bordereau distingue d'une part les graisses, d'autre part les cires microcristallines.

En cas d'anomalie (Cf. articles 93.3.4 et 95.4.2 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 capotset des coupleurs éventuels, conformément aux dispositions des articles 92.3, 93.4, 95.3 et 95.5 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 93.4, 95.3 et 95.5 du présent fascicule pour l'essai d'étanchéité (**)
- article 55 de l'additif 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

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 de l'article 52 de l'additif au fascicule 65-A et des pièces particulières du marché (*).

Ne sont pas compris la protection provisoire et le cachetage définitif des ancrages.

1.7.7 PRÉCONTRAINTE COMPLÉMENTAIRE

* Il est rappelé que l'article 32.3.4 du présent fascicule précise que, dans ce cas, les dessins d'exécution indiquent l'emplacement des conduits laissés vides à cette fin.

1.7.8 PRÉCONTRAINTE ADDITIONNELLE

* Le commentaire de l'article 64 de l'additif précise les cas où une précontrainte additionnelle peut être prévue au marché. Le bordereau des prix précise les dispositifs à mettre en œuvre.

1.7.7 PRÉCONTRAINTE COMPLÉMENTAIRE

Dans le cas où le marché impose la prévision d'une précontrainte complémentaire (*), l'article 93.3.4 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 événements 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 est payée par le maître d'ouvrage comme dans le premier cas.

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 des articles 64 et 71 de l'additif au fascicule 65-A 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

* Il est rappelé que les dispositions du présent fascicule formulées pour les éléments coulés en place sont appliquées aux éléments préfabriqués, moyennant les adaptations de détail éventuellement nécessaires.

Il convient en outre de se référer au chapitre 3 de l'additif en cas de recours à un traitement thermique et au chapitre 4 de cet additif dans le cas de la précontrainte par pré-tension.

1.9 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ PAR PRÉ-TENSION

* Le marché peut prévoir un renforcement de la protection des extrémités des armatures, visée à l'article 43.4 de l'additif.

Article 2 : Détermination des quantités.

* Voir le commentaire (***) de l'article 43.1 du présent fascicule.

2.1 VOLUME DES BÉTONS

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 82 et 85 du présent fascicule ;
- leur manutention, leur stockage et leur mise en œuvre dans les conditions définies aux articles 83, 84 et 85 du présent fascicule.

1.9 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ 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 4 de l'additif au présent fascicule et aux pièces particulières du marché (*).

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

2.2.2 SURFACE NON COFFRÉE

2.2.3 SURFACE DE CURE

2.3 MASSE DES ACIERS POUR BÉTONS ARMÉS ET PRÉCONTRAINS ET ACCESSOIRES DIVERS RELATIFS À LA PRÉCONTRAINTÉ

2.3.1 ARMATURES DE BÉTON ARMÉ

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 coffrées sur lesquelles des reprises sont exécutées ultérieurement.

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 53.2.4 du présent fascicule.

2.2.2 SURFACE NON COFFRÉE

Le réglage de surface non coffrée fait l'objet d'un mètre 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 mètre sur place.

2.3 MASSE DES ACIERS POUR BÉTONS ARMÉS ET PRÉCONTRAINS ET ACCESSOIRES DIVERS RELATIFS À LA PRÉCONTRAINTÉ

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/m³.

2.3.2 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ PAR POST-TENSION

- 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 PRÉCONTRAINTÉ 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 porté à la fiche d'homologation ou d'autorisation des aciers correspondants et en attribuant à l'acier la masse volumique de 7 850 kg/m³.

2.3.3 ANCRAGES, COUPLEURS ET ORGANES COURANTS DE DÉVIATION

||| 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

||| 2.3.4 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 PRÉCONTRAINTÉ COMPLÉMENTAIRE NON UTILISÉS

2.3.5 CONDUITS POUR PRÉCONTRAINTÉ COMPLÉMENTAIRE NON UTILISÉS

* L'injection prévue dans le premier cas du 1.7.7 est réglée par un prix particulier.

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

||| 2.3.6 MESURES DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

Les mesures sont payées à l'unité.

2.3.7 PRÉCONTRAINTÉ ADDITIONNELLE

||| 2.3.7 PRÉCONTRAINTÉ ADDITIONNELLE

Les dispositifs de précontrainte additionnelle sont payés soit à l'unité, soit sous forme forfaitaire.

2.3.8 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ PAR PRÉ-TENSION

2.4 ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS

* 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.

*** ** Il est souvent préférable de traiter les conséquences de la modification intervenue par un avenant au marché.

2.3.8 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ 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 porté à la fiche d'homologation ou d'autorisation des aciers correspondants et en attribuant à l'acier la masse volumique de 7 850 kg/m³.

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 :

- 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)

RAPPELS CONCERNANT LA DÉMARCHE QUALITÉ (1)

Article 1 : Présentation de la démarche.

La démarche qualité, dont le fascicule 65-A ne présente que les aspects constituant les obligations contractuelles de l'entreprise, a pour objectif l'obtention de la qualité requise et l'acquisition des preuves qu'elle a bien été obtenue.

Elle consiste à prévenir les défauts plutôt que d'avoir à les corriger ; elle privilégie donc la maîtrise des facteurs d'obtention de la qualité par rapport au contrôle a posteriori.

Elle repose sur une collaboration entre l'entreprise et la maîtrise d'œuvre qui implique :

- une définition complète, précise et réaliste de la qualité requise ;
- une répartition clairement affichée des rôles de l'entreprise et de la maîtrise d'œuvre dans l'application de la démarche qualité ;
- un climat de confiance entre les intervenants, résultant notamment de la transparence des actions exécutées par chacun et d'une bonne communication de l'information.

Article 2 : Exigences de qualité.

2.1 INDICATIONS GÉNÉRALES

Les exigences de qualité se traduisent en dispositions de deux natures :

- spécifications de résultats portant sur des grandeurs mesurables et fixant les proportions admises de mesures défectueuses (borne ou fractile) ;
- prescriptions de moyens lorsque les performances visées ne sont pas traduisibles sous forme de spécifications ou si de telles spécifications sont incontrôlables dans des conditions techniques ou économiques acceptables.

(1) *Les éléments détaillés figurent dans le guide « Mise en œuvre des Plans d'Assurance de la Qualité - Exécution des ouvrages en béton armé et en béton précontraint ».*

2.2 QUALITÉ STRUCTURALE

Les exigences de qualité 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.

2.3 QUALITÉ D'ASPECT

Les exigences de qualité 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.

Article 3 : Rôle de l'entrepreneur.

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

- d'intégrer les exigences de la qualité dans ses méthodes d'exécution ;
- de vérifier ensuite que cette qualité a été obtenue.

Il donne au maître d'œuvre l'assurance qu'il s'est effectivement organisé pour obtenir la qualité requise et qu'il a mis en place un système de contrôle intérieur (interne et éventuellement externe).

Le plan d'assurance qualité (PAQ) remis au maître d'œuvre est la formalisation à son intention de cette organisation des travaux.

Article 4 : 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. Le contrôle de conformité aux stipulations du marché, y compris celles qui figurent dans le PAQ de l'entreprise en application du marché, est donc une prérogative constante du maître d'œuvre dont les actions de contrôle extérieur permettent de :

- vérifier que l'entreprise s'est effectivement organisée pour obtenir la qualité requise ;
- surveiller l'application et l'efficacité du contrôle interne de l'entreprise ;
- contrôler directement les étapes majeures de la construction (points d'arrêt) ;
- effectuer des épreuves de conformité.

La nature et la fréquence des actions de contrôle extérieur sont modulées en fonction du niveau d'assurance qualité, et donc de confiance, résultant du PAQ. Ces actions sont effectuées soit directement par la maîtrise d'œuvre soit, à sa demande, par un prestataire de services mandaté.

Article 5 - Organisation du contrôle.

Les actions de contrôle interne 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). Les résultats sont tenus à la disposition du maître d'œuvre (documents de suivi).

Le fascicule 65-A ne prévoit pas de "contrôle externe" exercé par un responsable de l'entreprise indépendant de la direction du chantier. Cependant il peut être proposé par l'entrepreneur ou, exceptionnellement, prescrit par le marché. Il peut avoir pour fonction d'apporter au chantier assistance et conseils, notamment pour le choix et la qualification des matériaux, produits et composants, pour l'analyse et l'acceptation des PAQ des fournisseurs et sous-traitants et leur intégration dans le PAQ de l'entreprise, pour le traitement des non-conformités ou de certaines d'entre elles.

Pour ce qui concerne les essais et épreuves, le fascicule 65-A 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 extérieur ; en cas d'obtention de résultats non conformes, elles constituent des points d'arrêt.
- Les épreuves d'information sont effectuées par l'entrepreneur et leurs résultats sont communiqués au maître d'œuvre.

ANNEXE 2 AUX COMMENTAIRES

(Annexe non contractuelle)

Liste des textes de référence cités dans le texte et les commentaires du fascicule 65-A du CCTG

Articles de référence

LOIS

- 31.1 - Loi n° 94-665 du 4 août 1994 relative à l'emploi de la langue française. (JO du 5 août 1994)
- 42.1 - Loi n° 76-1106 du 6 décembre 1976 relative au développement de la prévention des accidents du travail. (JO du 6-7 décembre 1976)

DÉCRETS - ARRÊTÉS - CIRCULAIRES

- 41.1 - 46 - Décret n° 47-1592 du 23 août 1947 portant règlement d'administration publique en ce qui concerne les mesures particulières de sécurité relatives aux appareils de levage autres que les ascenseurs et monte-charges (J.O. du 26 août 1947), modifié par le décret n° 50-1121 du 9 septembre 1950 et par le décret n° 95-608 du 6 mai 1995.
- 41.1 - 41.3 - 42.1
43.2 - 44 - 44.1 - 45
46 - 47 - 53.1.2 - Décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 portant règlement d'administration publique pour l'exécution des dispositions du livre II du code du travail (titre II : Hygiène et sécurité des travailleurs en ce qui concerne les mesures particulières de protection et de salubrité applicables aux établissements dont le personnel exécute des travaux du bâtiment, des travaux publics et tous autres travaux concernant les immeubles (JO du 20 janvier 1965), modifié par le décret n° 95-608 du 6 mai 1995.
- 42.1 - Décret n° 83-844 du 23 septembre 1983 relatif aux comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail. (JO du 25 septembre 1983)
- 42.1 - Décret n° 95-543 du 4 mai 1995 relatif au collège interentreprises de sécurité, de santé et des conditions de travail et modifiant le code du travail (deuxième partie : Décrets en Conseil d'Etat). (JO du 6 mai 1995)
- 41.1 - Décret n° 95-608 du 6 mai 1995 modifiant le code du travail (deuxième partie : Décrets en Conseil d'Etat) et divers textes réglementaires en vue de les rendre applicables aux travailleurs indépendants ainsi qu'aux employeurs exerçant directement une activité sur les chantiers de bâtiment ou de génie civil. (JO du 7 mai 1995)

Articles de référence

- 46 - Arrêté du 16 août 1951 relatif aux conditions de vérification des appareils de levage autres que les ascenseurs et monte-charges. (JO du 26 août 1951)
- 42.1 - Circulaire n° 82-40 du 23 avril 1982 relative aux obligations s'imposant aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre en matière d'hygiène et de sécurité. (Bulletin officiel n° 82-21)
- 92.3.2 - 95.5 - Circulaire n° 89-26 du 17 avril 1989 relative à la réglementation concernant l'emploi de la précontrainte. (fascicule n° 89-6 TD des textes officiels du MELTM)
- 95.4.2 - A3 1.7.4 - Circulaire n° 94-33 du 19 avril 1994 apportant des compléments à la réglementation de la mise en œuvre de la précontrainte (coefficients de transmission). (BO 94-12).

CAHIER DES CLAUSES ADMINISTRATIVES GÉNÉRALES

- 12 - 22.1 - 31 - 32
33 - 34 - 76.3 - 82.1
102.1 - 103 - A3 1.2 - Cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics de travaux (CCAG-Travaux). (décret n° 76-87 du 21 janvier 1976 modifié - brochure JO n° 2006)

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES APPLICABLES AUX MARCHÉS PUBLICS DE TRAVAUX

- 92.1.1 - 92.1.4 - Fascicule 4, titre II du CCTG - Armatures à haute résistance pour constructions en béton précontraint par pré- ou post-tension. (Bulletin officiel - fascicule spécial n° 83-14 quater)
- 32.3.5 - A1 2.2 - Fascicule 61, titre II du Cahier des prescriptions communes. Programme de charges et épreuves des ponts-routes. (Bulletin officiel - fascicule spécial n° 72-21 bis)
- 32.3.3 - 62.3 - 71.1 - Fascicule 62, titre premier, section I, dit règles « BAEL 91 ». Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant la méthode des états-limites. (Bulletin officiel - fascicule spécial n° 92-03)
- 32.3.2 - 71.1 - 93.2
94 - 95.4.2 - A3 1.7.4 - Fascicule 62, titre premier, section II, dit règles « BPEL 91 ». Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint, suivant la méthode des états-limites. (Bulletin officiel - fascicule spécial n° 92-04)

Articles de référence

- Préambule - 71 - Additif au fascicule 65-A.
72.6 - 76.2.1 - 85.2
91 - 92.2 - A3
- Préambule - 11 - Fascicule 65-B - Exécution des ouvrages de génie civil de faible importance en béton armé.
- 52.1 - DTU 23-1 (NF P 18-210) - Parois et murs en béton banché. (Cahiers du CSTB, livraison 306, cahier 23-86 de février 1990)
- Annexe A1 : 3 - 6 - DTU P 21.701 - Règles CB 71.

RECOMMANDATIONS - MANUELS - GUIDES

- 22.2 - Recommandation aux maîtres d'ouvrages publics à propos de la gestion et de l'assurance de la qualité lors de la passation et de l'exécution des marchés. Commission centrale des marchés - Groupe permanent d'étude des marchés de travaux (GPEM-T).
(Recommandation n° T-1-87, Bulletin officiel MELATT n° 88-11)
- 71 - 71.2.1 - 72.6 - Recommandations pour la prévention des désordres dus à l'alcali-réaction et document annexe « Guide pour l'élaboration du dossier Carrières ». (Publication LCPC 1994)
- 48 - Annexe A1 - Directives communes de 1979 relatives au calcul des constructions (DC 79).
(Annexe n° 1 à l'instruction du 9 janvier 1979 - Bulletin officiel - fascicule spécial n° 79-12 bis).
- Annexe A1 - Manuel de technologie « Coffrage » du Conseil international du bâtiment n° 85 (1985).
- Annexe B1 - Guide pour les entrepreneurs et les maîtres d'œuvre « Mise en œuvre des Plans d'Assurance de la Qualité ». (Publication SETRA 1991)
- 32 - Guide pour la commande et le pilotage des études d'ouvrages d'art. (Publication SETRA 1997)
- 33 - Guide de chantier du SETRA (extrait du GGOA 70, niveau 3- fascicule n° 3.5)
« Tabliers VIPP à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension ». (Publication SETRA - juillet 1976).

Articles de référence

- 45 - Note d'information n° 07 « Limitation de la déformation des ouvrages provisoires sous le poids du béton frais ». (SETRA - juillet 1989)
- 54.3 - 55.5 - Guide technique « Choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton ». (LCPC-SETRA - août 1996)
- 71 - Guide de rédaction des pièces écrites. (Publication SETRA 1996)
- 71 - Recommandations pour la durabilité des bétons durcis soumis au gel. (2000)
- 71 - Recommandations pour maîtriser la fissuration des dalles de ponts-mixtes. (Publication SETRA 1995)
- 71 - Guide technique « Défauts d'aspect des parements en béton ». (Publication LCPC 1991)
- 71.2.1 - Directive sur le service hivernal. (Direction des routes)
- 73.3 - Note d'information SETRA-LCPC sur les pompes à béton. (mai 1973)
- 74.3 - Recommandations pour l'exécution des reprises de bétonnage. (CEBTP, FFB, SETRA, à paraître en 2000)

AUTRES DOCUMENTS

- Normes ASTM

- 71.2.2 - Facteur d'espacement - Méthode modifiée de comptage par point - ASTM C 457

Page laissée intentionnellement blanche

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT,
DES TRANSPORTS ET DU
LOGEMENT

Conseil général des ponts et chaussées

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE,
DES FINANCES ET DE
L'INDUSTRIE

Commission centrale des marchés

Marchés publics de travaux

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES

FASCICULE N° 65 A

**EXÉCUTION DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL EN BÉTON ARMÉ
OU EN BÉTON PRÉCONTRAIT PAR POST-TENSION**

RAPPORT DE PRÉSENTATION

2000

RAPPORT DE PRÉSENTATION

DE LA MISE A JOUR DU FASCICULE 65 DU CCTG

« Exécution des ouvrages en béton armé ou précontraint »

1) Rappel de la situation réglementaire concernant l'exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint .

Le fascicule 65 comprend actuellement trois textes dont nous rappelons succinctement les objectifs :

- le fascicule 65-A, approuvé par décret du 16 janvier 1992, s'applique à la plupart des ouvrages en béton armé ou précontraint par post-tension en excluant les ouvrages complexes et certaines techniques particulières ou relativement peu courantes.
- l'additif au fascicule 65-A, approuvé par décret du 23 mars 1993, complète le texte précédent en visant des techniques particulières, applicables à des ouvrages relativement complexes.
- le fascicule 65-B, approuvé par décret du 10 mai 1996, vise des ouvrages de faible importance en béton armé, pour lesquels il s'est avéré possible de proposer des règles plus simples que celles du fascicule 65-A.

2) Principes de mise à jour du fascicule 65.

Par décision du 28 septembre 1994, Monsieur le Président du GPEM a créé un groupe de suivi du fascicule 65 comprenant :

MM.	DARPAS,	Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, Président
	JAFFRÉ,	Ingénieur ETP au SETRA, rapporteur
	de CHAMPS,	(Campenon-Bernard)
	JACQUES,	(LCPC)
	LACROIX	(Expert)
	POINEAU	(SETRA)
	SCHMOL	(SNBATI)
	THONIER	(FNTP)

Or, depuis la parution en 1992 du premier des textes actuellement en vigueur, des changements importants se sont produits, touchant la normalisation et la certification de certains produits. D'autre part, l'échelonnement des dates de parution (1992 à 1996) des trois textes constituant le fascicule 65 n'a pas manqué de créer quelques distorsions dues à la nécessité d'adapter les textes en fonction des expériences issues des chantiers.

La proposition actuelle vise donc la révision du fascicule 65-A et de son additif dans le but :

- de les harmoniser avec le dernier paru (fascicule 65-B) ;
- d'intégrer les plus récents textes normatifs en citant en commentaires toutes les normes auxquelles il est fait référence ;
- de tenir compte des nouvelles procédures de certification ;
- de clarifier certaines rédactions qui avaient été jugées ambiguës ;
- d'introduire tous les renvois utiles entre les divers textes de façon à faciliter leur compréhension et leur usage ; c'est d'ailleurs cette dernière tâche qui retarda nos délais par rapport au calendrier que nous avons cru pouvoir fixer.

Il s'agit donc d'un "toiletage" de caractère administratif et non pas d'une refonte complète remettant en chantier les diverses techniques. Nous avons cependant associé à nos travaux les représentants du béton prêt à l'emploi, en raison des nouveautés importantes apportées par la normalisation dans cette discipline.

3) Principales modifications apportées.

Les modifications apportées aux textes existants sont barrées en marge du projet présenté. Les principales sont rappelées ci-après.

3.1 Fascicule 65-A

Article 12 : Introduction de la référence à la norme NF EN ISO 9000 sur les systèmes qualité.

Chapitre 2 : Adoption d'une présentation (assurance de la qualité, contrôle de la qualité) qui avait été jugée plus satisfaisante pour le fascicule 65-B.

Article 32.3.3 : Suppression en commentaire de la mention du FeE400 qui est en voie de disparition au profit du FeE500.

Article 35.1 : En commentaire, on insiste sur la notion de point d'arrêt, particulièrement importante pour le déroulement des chantiers.

Article 35.2.1 : Un nouveau commentaire attire l'attention sur la qualité des parements fins ou ouvragés, point d'application particulièrement délicate sur les chantiers.

Article 35.2.3 : Il a été tenu compte de l'état des procédures de certification : existence de l'AFCAB, suppression de la COPLA.

Article 35.3 : L'ancien 35.3 a été supprimé. En effet il prévoyait trois degrés de développement du PAQ, le degré 3 pour la précontrainte, le degré 2 pour les autres ouvrages du fascicule 65-A et le degré 1 pour ceux du fascicule 65-B. La rédaction du fascicule 65-B montra l'insuffisance du degré 1 et le caractère artificiel et arbitraire de ce classement. Il n'y a donc plus qu'un type de PAQ, avec des prescriptions particulières pour chaque technique (telle que la précontrainte) ou simplifiées pour certains ouvrages courants (fascicule 65-B).

Chapitre 4 : Diverses précisions apportées pour préciser des rédactions qui avaient été considérées comme ambiguës.

Chapitre 6 : Tient compte des nouvelles normes qui ont été systématiquement refondues.

- Introduction de la certification AFCAB, qui s'appuie sur la norme NF A 35-027, relative aux armatures industrielles.
- Suppression des tableaux de diamètres des mandrins de cintrage, inclus dans les normes.
- Modification du paragraphe sur les jonctions par manchons, pour tenir compte de la parution de la norme.
- Suppression de la référence à la nuance FeE215 qui n'existe plus.
- Dans l'article 64, introduction de la réserve sur les risques d'incendie ou les milieux agressifs.

Chapitre 7 : Ce chapitre est en grande partie nouveau.

- En 71.1, mise à jour des références, notamment certaines recommandations.
- En 71.2.1, références au fascicule de documentation P 18-011, à la norme XP P 18-305 et aux recommandations vis-à-vis de l'alcali-réaction. Les classes d'environnement regroupent les dispositions normatives en ne retenant que ce qui est utile aux ouvrages d'art.
- Le 71.2.2 est entièrement nouveau. Le tableau donnant les spécifications liées au type de béton et à l'environnement constitue une adaptation des textes normatifs en éliminant ce qui est inutile pour les ouvrages d'art.
- Le 72.2 tient compte de la norme XP P 18-540 sur les granulats.
- Le 72.5 est nouveau ; il tient compte des additions admises par les normes.
- La fin du 72.6 et le 72.7 sont des ajouts qui ont déjà été introduits dans le fascicule 65-B.
- L'article 73 tient compte de la norme XP P 18-305 sur le BPE.
- En 73.2, les tolérances sur le dosage ont été adaptées pour tenir compte des données de l'expérience ; des modifications avaient déjà été apportées à ce sujet dans le fascicule 65-B.
- Le 74.7 (Conditions de température particulières) provient de l'additif dont il constituait le chapitre 3. Il a paru convenable de l'intégrer au fascicule 65-A, car il s'agit de conditions susceptibles d'intervenir sur la plupart des chantiers concernés par ce fascicule.
- L'article 75.1 intègre une rédaction mise au point pour le fascicule 65-B. Il en est de même de 76.1 et de 76.2.2.

Chapitre 8 :

- La rédaction du 82.1 a été complétée pour tenir compte de la fabrication de produits conformes à des normes homologuées.
- Cet article précise quels essais doivent être effectués pour les composants préfabriqués soumis au gel ou au gel avec fondants.
- La modification du 82.2 entérine le fait que la seule nuance d'acier doux lisse est le FeE235.

Chapitre 9 :

- Dans les articles 92.1.2 et 92.1.3, précisions concernant le conditionnement, le stockage et la manutention des armatures de précontrainte.
- Dans l'article 92.3, introduction de la référence à l'avis technique sur les coulis d'injection pour conduits de précontrainte. Tous les coulis d'injection sont concernés. Les nouvelles appellations des ciments sont utilisées.
- Dans le 92.3.2, l'ajout de l'alinéa sur la "variation de volume" tient compte de la norme NF EN 445.
- Les prescriptions sur les coulis d'injection tiennent compte de la note d'information n° 21 du SETRA (CTOA).
- Dans le 92.3.4, les tolérances sont passées des commentaires dans le texte avec des valeurs un peu plus sévères.
- Dans le 93.1, précision sur la désignation du CMP.
- En 95.3, développement dans les commentaires sur la méthode d'injection.
- Dans le 95.2.2 (commentaires) développement sur le contrôle extérieur.

L'Annexe A1 relative aux ouvrages provisoires, qui est renumérotée *Annexe B*, a été légèrement modifiée à la demande du SETRA.

L'Annexe A2 sur le matériel de fabrication du béton a pu être supprimée comme étant devenue sans objet après le rapprochement des normes avec nos propres textes.

Création d'une *Annexe C* sur la mesure des coefficients de transmission. Ce texte avait été introduit dans l'additif sous la forme d'une annexe n° 1, mais il a une portée suffisamment générale pour être placé dans le fascicule 65-A.

L'Annexe A3 (prestations et métré), qui est renumérotée *Annexe D*, a été mise à jour.

L'Annexe B1, qui est renumérotée *Annexe 1*, reprend le texte de la même annexe du fascicule 65-B, qui avait été amélioré par rapport au fascicule 65-A.

L'Annexe B2 (liste des textes de référence, liste des normes) a été mise à jour. La liste des normes est renumérotée *Annexe A*.

L'Annexe B3 traitant des granulats a été supprimée, car devenue sans objet (référence à la norme XP P 18-540).

3.2 Additif au fascicule 65-A

Les modifications apportées concernent essentiellement le numérotage des articles, les références et les appellations des ciments.

A noter, le transfert de l'ancien chapitre 3 sur les conditions climatiques extrêmes dans le fascicule 65-A.

Transfert également dans le fascicule 65-A de l'annexe sur les coefficients de transmission.

L'article 51 relatif aux coulis spéciaux est devenu sans objet dans l'additif, ce cas étant traité au chapitre 9 du fascicule 65-A.

Introduction dans le chapitre 7 de la marque NF pour les tubes en polyéthylène à haute densité.

Le chapitre 8 relatif aux peintures a été substantiellement remanié, notamment en ce qui concerne les garanties. Il fait référence aux nouvelles normes et s'appuie sur le guide technique du LCPC « Mise en peintures des bétons de génie civil ».

4) Conclusions.

En conclusion, les propositions faites permettront de rendre plus homogènes entre eux les trois textes constituant le fascicule 65, tout en s'adaptant à l'évolution des textes normatifs (aciers et bétons notamment). Il conviendra cependant d'envisager une modification du chapitre béton du fascicule 65-B, un certain décalage n'ayant pu être évité depuis la parution de ce dernier fascicule.

A noter que la référence à l'AFCAB et aux normes d'armatures pour béton armé permet la suppression du titre I du fascicule 4 du CCTG et de la Commission interministérielle qui avait été créée à cette occasion.

Les Ingénieurs Généraux des Ponts et Chaussées,

G. DARPAS

C. BOIS

ANNEXE AU RAPPORT

Composition du groupe de suivi du fascicule 65

<i>Président</i> :	M. DARPAS,	Ingénieur Général des Ponts et Chaussées à la MISOA.
<i>remplacé à partir du 21 mars 1998 par :</i>	M. BOIS,	Ingénieur Général des Ponts et Chaussées à la MISOA.
<i>Rapporteur</i> :	M. JAFFRÉ,	Ingénieur au CTOA du SETRA.
<i>Membres</i> :	MM. de CHAMPS,	Ingénieur à l'Entreprise Campenon-Bernard-SGE.
	JACQUES,	Délégué à la Qualité et à la Normalisation au LCPC.
	LACROIX,	Président des Commissions BAEL et BPEL.
	POINEAU,	Ingénieur Divisionnaire des TPE au SETRA.
	SCHMOL,	Ingénieur au SN-BATI.
	THONIER,	Directeur des Affaires Techniques à la FNTP.
<i>Ont également participé aux travaux du groupe :</i>		
	MM. MAILLOT,	Ingénieur à l'Entreprise RMC.
	OGER,	Ingénieur Divisionnaire des TPE au LCPC.

Page laissée intentionnellement blanche

459000003 001000 - Direction des Journaux officiels, 26, rue Desaix, Paris.