



Ministère
de l'Équipement,
des Transports
et du Logement

Secrétariat
d'État
au Logement

Secrétariat
d'État
au Tourisme

BULLETIN Officiel

Marchés publics de travaux

CAHIER DES CLAUSES
TECHNIQUES GÉNÉRALES

Additif au fascicule n° 65 A

Exécution des ouvrages de génie civil
en béton armé ou en béton précontraint

FASCICULE SPÉCIAL N° 2000-4

AOÛT 2000

Direction des affaires économiques et internationales

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
Additif au fascicule n° 65 A :	
Table des matières	1
Annexes	88
Rapport de présentation	94

Page laissée intentionnellement blanche

-III-

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

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 1er, 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

CHAPITRE 1 : DISPOSITIONS GÉNÉRALES	7
Article 11 - Domaine d'application	7
Article 12 - Assurance de la qualité.	7
Article 13 - Prescriptions additionnelles relatives aux études d'exécution.	8
Article 14 - Prescriptions additionnelles relatives aux épreuves des bétons.	8
14.1 - Epreuve d'étude	8
14.2 - Epreuves de contrôle	9
14.3 - Epreuves d'information	10
CHAPITRE 2 : BÉTONS À HAUTES PERFORMANCES	12
Article 21 - Définitions.	12
Article 22 - Produits et matériaux.	13
22.1 - Ciments	13
22.2 - Granulats	13
22.3 - Additions	13
22.4 - Adjuvants	14
Article 23 - Techniques de fabrication et de mise en œuvre.	14
23.1 - Fabrication du béton	14
23.2 - Mise en œuvre du béton	15
23.3 - Cure	15
Article 24 - Etude des bétons.	15
Article 25 - Assurance de la qualité.	16
Article 26 - Contrôle extérieur.	16

CHAPITRE 3-TRAITEMENTS THERMIQUES	17
Article 31 - Dispositions générales.	17
31.1 - Définition des traitements thermiques	17
31.2 - Domaine d'application	17
Article 32 - Produits et matériaux.	18
32.1 - Définition des bétons traités thermiquement	18
32.2 - Constituants des bétons traités thermiquement	18
Article 33 - Prescriptions relatives aux cycles de température.	18
33.1 - Phase de pré-prise	19
33.2 - Phase de montée en température	19
33.3 - Phase isotherme à la température maximale	20
33.4 - Phase de refroidissement	20
Article 34 - Etudes et références des bétons.	21
34.1 - Formule nominale du béton	21
34.2 - Analyse de la répartition des températures	21
34.3 - Epreuve d'étude	22
Article 35 - Assurance de la qualité des bétons traités thermiquement.	24
35.1 - Composition du plan d'assurance qualité	24
35.2 - Contrôle interne	24
Article 36 - Contrôle extérieur.	24
36.1 - Epreuve de convenance	25
36.2 - Epreuves de contrôle	26
36.3 - Compléments aux épreuves d'information	26

CHAPITRE 4-PRÉCONTRAINTEPARPRÉ-TENSION	27
Article 41 - Dispositions générales.	27
Article 42 - Produits et matériaux.	28
42.1 - Armatures de précontrainte	28
42.2 - Tubes de gainage des armatures	28
42.3 - Bétons	28
Article 43 - Mise en œuvre.	29
43.1 - Opérations préalables à la mise en tension des armatures	29
43.2 - Mise en tension	30
43.3 - Mise en précontrainte de l'élément	32
43.4 - Opérations postérieures à la mise en précontrainte	32
Article 44 - Assurance de la qualité.	33
44.1 - Dispositions générales du plan d'assurance qualité	33
44.2 - Contrôle interne	35
44.3 - Contrôle extérieur	37
CHAPITRE 5-TECHNIQUES ET PRODUITS SPÉCIAUX DE PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE	38
Article 51 - Coulis spéciaux.	38
Article 52 - Protection par produits souples.	38
52.1 - Dispositions générales	38
52.2 - Produits de protection	39
52.3 - Mise en œuvre	42
52.4 - Dossier d'étude et procédure d'exécution	43
52.5 - Assurance de la qualité	44
52.6 - Contrôle extérieur	44
Article 53 - Cas particulier des torons gainés-protégés.	45
Article 54 - Autres techniques de protection.	45
Article 55 - Procédés particuliers d'injection.	45

CHAPITRE 6-PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES RELATIVES À LA PRÉCONTRAINTE PARPOST-TENSION	47
Article 61 - Coupleurs.	47
61.1 - Définition, domaine d'emploi	47
61.2 - Fournitures	48
61.3 - Mise en œuvre	48
61.4 - Assurance de la qualité	49
Article 62 - Unités courtes de précontrainte.	50
62.1 - Domaine d'emploi	50
62.2 - Choix des unités de précontrainte	50
62.3 - Mise en œuvre	50
62.4 - Assurance de la qualité	51
62.5 - Contrôle extérieur	53
Article 63 - Armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire.	54
63.1 - Fourniture	54
63.2 - Protection des armatures	54
63.3 - Procédure d'exécution	54
Article 64 - Précontrainte additionnelle.	55
Article 65 - Structures continues comportant de nombreux joints de construction.	55
65.1 - Dispositions générales	55
65.2 - Continuité de forme et d'étanchéité des conduits	56
65.3 - Contrôles relatifs aux injections	58
Article 66 - Prescriptions additionnelles relatives à la protection des armatures de précontrainte.	58
66.1 - -Domaine d'application	58
66.2 - Renouvellement de la protection provisoire	58
63.2 - Dispositions particulières en période hivernale	59

CHAPITRE 7-PRÉCONTRAÎTE EXTÉRIEURE	60
Article 71 - Dispositions générales.	60
71.1 - Domaine d'application	60
71.2 - Dispositions constructives	60
71.3 - Etudes d'exécution	63
Article 72 - Produits et matériaux.	65
72.1 - Conduits	65
72.2 - Déviateurs	67
72.3 - Fournitures particulières pour les zones d'ancrages	68
72.4 - Protection des armatures de précontrainte	69
Article 73 - Mise en œuvre.	69
73.1- Conduits	69
73.2 - Déviateurs	72
73.3 - Zones d'ancrages	74
73.4 - Protection des armatures de précontrainte	75
Article 74 - Assurance de la qualité.	76
74.1 - Acceptation des produits et matériaux	76
74.2 - Contrôle de la géométrie du tracé des armatures	76
CHAPITRES 8 -PEINTURES	77
Article 81 - Dispositions générales.	77
81.1 - Domaine d'application	77
81.2 - Garanties particulières	77
Article 82 - Produits et matériaux.	79
82.1 - Choix	79
82.2 - Conditionnement	80
82.3 - Transport, stockage et manutention	81
82.4 - Contrôle de la conformité	81

Article 83 - Mise en œuvre.	82
83.1 - Préparation du support	82
83.2 - Préparation des produits	83
83.3 - Mode d'exécution	83
Article 84 - Dossier d'étude et procédure d'exécution.	85
84.1 - Dossier d'étude	85
84.2 - Procédure d'exécution	85
Article 85 - Assurance de la qualité.	86
85.1 - Composition du plan d'assurance qualité	86
85.2 - Contrôle interne	86
Article 86 - Contrôle extérieur .	87
86.1 - Epreuves de convenance	87
86.2 - Epreuves de contrôle	87
ANNEXE A AU TEXTE : NORMES APPLICABLES AUX TRAVAUX RÉGIS PAR L'ADDITIF AU FASCICULE 65-A.	88
ANNEXE 1 AUX COMMENTAIRES LISTE DES TEXTES DE RÉFÉRENCE.	92

CHAPITRE 1

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

* Les procédés de construction particuliers faisant l'objet du présent fascicule sont les suivants :

- Utilisation de bétons à hautes performances.
- Emploi de bétons dans des conditions non courantes :
 - traitements thermiques.

- Emplois particuliers de la précontrainte :

- précontrainte par pré-tension,
- utilisation de coupleurs,
- précontrainte provisoire ou additionnelle,
- précontrainte extérieure.

- Techniques et produits spéciaux de protection des armatures de précontrainte.

- Peintures.

** Un volume de béton inférieur à 1000 m³ n'est pas normalement concerné. Cette limite est à apprécier selon la nature de l'ouvrage.

Article 12 : Assurance de la qualité.

CHAPITRE 1

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

Le présent document contient les clauses techniques générales complétant le fascicule 65-A.

Il traite d'une part des stipulations applicables aux ouvrages faisant appel à des techniques ou des procédés de construction particuliers (*). Ces stipulations font l'objet des chapitres 2 à 8.

Il fournit d'autre part des prescriptions additionnelles applicables à des ouvrages caractérisés par :

- soit un niveau élevé de complexité des études d'exécution,
- soit un volume de béton important (**),
- soit un nombre important de phases de bétonnage,
- soit une longue durée prévisible d'exécution.

Ces prescriptions additionnelles font l'objet des articles 13 et 14 ci-après, ainsi que de l'article 66.

Article 12 : Assurance de la qualité.

Si le marché a classé les travaux parmi ceux visés à l'article 11 ci-dessus, les stipulations du fascicule 65-A peuvent être complétées en fonction de l'importance et de la technicité de l'ouvrage. Leurs modalités d'application doivent alors être précisées, notamment dans le cas où le marché imposerait un contrôle externe.

**Article 13 : Prescriptions additionnelles
relatives aux études d'exécution.**

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

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

**Article 14 : Prescriptions additionnelles
relatives aux épreuves des bétons.**

14.1 ÉPREUVE D'ÉTUDE

* L'épreuve d'étude implique alors l'exécution :

- d'une gâchée répondant à la formule nominale ;
- de deux gâchées dérivées de la formule nominale, par une modification du rapport entre le poids de sable et le poids total des granulats, respectivement de plus et de moins 10 pour 100 ;
- de deux gâchées dérivées de la formule nominale, par une modification de la quantité d'eau de gâchage, respectivement de plus et de moins 10 litres ;
- éventuellement, de deux gâchées dérivées de la formule nominale, par une modification de la quantité de ciment, respectivement de plus et de moins 15 kg par mètre cube de béton, avec réajustement éventuel de la formule ;
- éventuellement de gâchées dérivées de la formule nominale, par une modification du dosage des adjuvants (et des additions éventuelles), compatible avec leur zone d'efficacité.

**Article 13 : Prescriptions additionnelles
relatives aux études d'exécution.**

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

- la liste prévisionnelle des documents à fournir,
- le calendrier prévisionnel de production de ces documents, lequel comporte :
 - l'échéancier d'envoi des documents,
 - les dates prévues pour l'obtention des visas ou acceptations du maître d'œuvre (**).

La liste énumère les documents dont la fourniture est nécessaire à la réalisation des ouvrages provisoires et des ouvrages définitifs. Elle est dressée en conformité avec le cadre des études tel qu'il est fixé au marché.

Ce programme des études est intégré au plan d'assurance qualité (PAQ) de l'entreprise pendant la période de préparation des travaux.

**Article 14 : Prescriptions additionnelles
relatives aux épreuves des bétons.**

14.1 ÉPREUVE D'ÉTUDE

L'épreuve d'étude a pour objet la justification de la composition des bétons.

Si le marché a classé les travaux parmi ceux visés à l'article 11 ci-dessus, les prescriptions de l'article 75.2 du fascicule 65-A peuvent être complétées par une étude particulière (*) portant sur la sensibilité de la formule au dosage des constituants du béton, à l'aide de formules dérivées de la formule nominale.

Les constituants du béton concernés sont les suivants :

- granulats,
- eau de gâchage,
- ciment,
- adjuvants,
- additions éventuelles (notamment dans le cas des bétons à hautes performances).

Ces gâchées ont pour objet la mise en évidence de la susceptibilité du béton à une variation de la proportion de ses constituants.

L'intervalle de variation qu'il est possible d'en déduire englobe l'intervalle de tolérances de fabrication.

Chaque gâchée donne lieu à un prélèvement à partir duquel sont effectués :

- un essai de consistance ;
- un essai de détermination de la résistance à la compression à 28 jours dont le résultat sera pris égal à la moyenne arithmétique des mesures effectuées sur 3 éprouvettes ;
- les essais relatifs aux autres caractères spécifiés par le CCTP, qui peuvent être, par exemple, la résistance à la compression à un âge différent de 28 jours, la résistance à la traction, la masse volumique, etc...

** f_{CE} est le résultat de l'essai de compression à 28 jours (moyenne des mesures sur les trois éprouvettes) correspondant à la formule nominale.

14.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

* Lorsqu'un lot est de volume important, le CCTP prescrit habituellement d'effectuer un nombre de prélèvements plus grand que trois, normalement un multiple de trois. Il sera généralement réalisé trois prélèvements par 100 m³ de béton coulé.

** n est le nombre de prélèvements par lot,

S est l'estimateur de l'écart-type de la population représentée par les résultats.

L'épreuve d'étude est réputée probante si, outre les conditions énumérées au 75.2.B du fascicule 65-A, les exigences suivantes sont également respectées :

a) les résultats des essais de résistances à la compression à 28 jours effectués sur les formules dérivées de la formule nominale sont compris dans la fourchette $f_{CE} \pm 15\% f_{CE}^{(**)}$.

b) les résultats des essais complémentaires éventuels satisfont les valeurs requises correspondantes fixées au CCTP.

Si les résultats obtenus sur les formules dérivées de la formule nominale ne satisfont pas la condition de consistance et celle du a) ci-dessus, il y a lieu d'adapter la formule nominale afin d'éviter une sensibilité trop grande.

14.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

Lorsque le nombre de prélèvements par lot est supérieur à trois (*), le tableau du 76.2.2.B du fascicule 65-A, donnant les valeurs de k_1 et k_2 est complété comme indiqué ci-dessous :

n (**)		premier cas	deuxième cas	troisième cas
6	k_1	3	3.4	5.5
	k_2	3	3	0
9	k_1	3.3	3.7	5.2
	k_2	3	3	0
12	k_1	3.5	3.8	5
	k_2	3	3	0
≥ 15	k_1	1.2 S	1.3 S	1.9 S
	k_2	3	3	1

*** Norme NF P 18-406 « Bétons - Essais de compression »

14.3 ÉPREUVES D'INFORMATION

* Elles sont notamment indispensables lorsqu'une borne inférieure de la résistance à la compression est prescrite à un âge j correspondant à une phase de construction. Les conditions de conservation des éprouvettes d'information sont alors différentes des conditions normalisées et sont définies pour représenter au mieux les conditions de maturation du béton.

** Par exemple : module d'élasticité, résistance à la traction, résistances à long terme.

*** Norme NF P 18-405

14.3.1 ESSAIS D'INFORMATION SYSTÉMATIQUES

* Les lots sont normalement les mêmes que ceux qui sont définis pour la résistance à 28 jours.

- 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 fascicule 65-A sont respectées et que les résultats de l'épreuve de convenance 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.

L'interprétation des mesures de résistance à la compression à 28 jours est effectuée conformément aux normes en vigueur (***).

14.3 ÉPREUVES D'INFORMATION

Les épreuves d'information ont un double but :

- vérifier que la qualité du béton est compatible avec les modalités de la construction (*),

- permettre d'acquérir des données autres que celles fournies par l'épreuve de contrôle (**).

Les essais d'information sont exécutés conformément aux normes en vigueur (***).

14.3.1 ESSAIS D'INFORMATION SYSTÉMATIQUES

Ces essais sont exécutés et interprétés de la manière suivante :

Parmi les gâchées (ou charges) constituant le lot (*), n gâchées (ou charges) sont choisies, dans chacune desquelles on fait un prélèvement pour confectonner trois éprouvettes.

** Pour l'application des prescriptions de l'article 93.3.2 du fascicule 65-A, on effectue généralement trois prélèvements de trois éprouvettes. Il est toutefois admis, pour les ouvrages dont la structure résistante est constituée d'éléments assemblés par précontrainte, de n'effectuer qu'un seul prélèvement issu d'une seule gâchée par lot. Cela constitue un cas particulier des modalités définies ci-contre ($n = 1$), le résultat trouvé devant être supérieur ou égal à la borne prescrite.

L'écrasement d'éprouvettes peut être complété ou remplacé par des méthodes non destructives sous réserve :

- de l'établissement préalable d'une corrélation entre les résultats de la méthode et la résistance à la compression du béton,
- d'une précision au moins égale dans l'information.

14.3.2 ESSAIS D'INFORMATION COMPLÉMENTAIRES

Ces éprouvettes sont confectionnées et conservées dans des conditions étudiées pour représenter au mieux les conditions de mise en place et de maturation du béton dans la partie d'ouvrage concernée.

A j jours, on dispose de n résultats (**) (un résultat étant la moyenne arithmétique de trois mesures) notés :

$$f_{c1} \leq f_{c2} \dots \leq f_{cn}$$

La borne inférieure prescrite est considérée comme respectée si la résistance f_{ci} est supérieure ou égale à la valeur de la borne.

14.3.2 ESSAIS D'INFORMATION COMPLÉMENTAIRES

Ces essais sont demandés et interprétés par le maître d'œuvre.

CHAPITRE 2

BÉTONS A HAUTES PERFORMANCES**Article 21 : Définitions.**

* Selon le, ou les objectifs recherchés, la mise au point d'une formule de BHP peut permettre, de plus, l'amélioration de certaines des performances suivantes :

- sur béton frais :
 - ouvrabilité accrue facilitant la mise en place dans les coffrages,
 - aptitude au pompage améliorée.

- sur béton durci :
 - augmentation des résistances aux jeunes âges (compression et traction),
 - augmentation des résistances à terme (compression et traction),
 - diminution du fluage,
 - augmentation du module d'élasticité,
 - faible fissuration des bétons aux jeunes âges,
 - imperméabilité à l'air, aux gaz, à l'eau,
 - résistance accrue aux agents agressifs,
 - résistance accrue aux cycles de gel-dégel,
 - résistance accrue à l'abrasion liquide et solide.

Certaines de ces performances peuvent être obtenues par des moyens autres que la diminution du rapport Eau/Liants ; dans ce cas, le présent chapitre ne s'applique pas aux bétons correspondants.

L'utilisation des BHP permet également de réaliser des structures moins lourdes.

On pourra se reporter aux « Recommandations provisoires relatives à la modification des règles de prise en compte de la fissuration et à l'emploi des bétons à hautes performances » (SETRA, LCPC, CSTB, juin 1997).

CHAPITRE 2

BÉTONS A HAUTES PERFORMANCES**Article 21 : Définitions.**

Les bétons à hautes performances (BHP) présentent des performances supérieures (*) à celles des bétons traditionnels. Ils se caractérisent par :

- une résistance caractéristique à la compression à 28 jours (f_{c28}) supérieure à 50 MPa ;
- un rapport pondéral Eau/Liants inférieur à 0,40 ; (les liants englobent tous les matériaux présentant une activité hydraulique et/ou pouzzolanique).

Les propriétés physico-chimiques de ces bétons peuvent par ailleurs leur conférer des performances améliorées, en particulier dans le domaine de la durabilité, grâce à leur faible porosité.

Article 22 : Produits et matériaux .

22.1 CIMENTS

||| * Ces ciments sont de classe supérieure ou égale à la classe 32,5.

22.2 GRANULATS

* La continuité de la granulométrie du béton améliore généralement l'aptitude au pompage des bétons fluides. L'attention est attirée sur le fait que la résistance du béton peut être limitée par la résistance des granulats eux-mêmes.

||| ** Cf. norme XP P 18-540, article 10, granulats pour bétons hydrauliques.

*** Le maintien dans le temps de la consistance du béton est amélioré par l'emploi de granulats présentant un coefficient d'absorption d'eau inférieur à 1 %.

22.3 ADDITIONS

* Les ultrafines sont des poudres de granulométrie nettement plus fine que celle des ciments. Les seules ultrafines actuellement utilisées industriellement sont les fumées de silice.

L'incorporation de fumée de silice devient nécessaire lorsqu'une résistance caractéristique à 28 jours supérieure à 80 MPa est recherchée.

La fumée de silice est utilisée sous forme de poudre densifiée ou de suspension aqueuse, ajoutée lors de la fabrication du béton. En cas d'utilisation en suspension aqueuse, celle-ci est réhomogénéisée avant introduction dans le malaxeur à béton. La fumée de silice peut également être prédosée avec le ciment en usine.

Article 22 : Produits et matériaux.

22.1 CIMENTS

||| Les ciments (*) utilisés, admis à la marque NF-Liants hydrauliques, sont des CPA-CEM I ou des CPA-CEM II/A ou B.

22.2 GRANULATS (*)

||| Les prescriptions de l'article 72.2 du fascicule 65-A sont applicables.

Les granulats appartiennent à la catégorie A (**).

Le coefficient d'absorption d'eau est inférieur à 2 % (***).

22.3 ADDITIONS

Les additions utilisées sont les suivantes :

- cendres volantes, laitiers, fillers calcaires, pouzzolanes, ultrafines (*).

22.4 ADJUVANTS

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

** Les dosages en superplastifiants, plastifiants-réducteurs d'eau, ou plastifiants, sont généralement supérieurs à ceux utilisés dans les bétons classiques.

*** On a souvent recours aux superplastifiants pour l'obtention de bétons fluides. Afin de prolonger la durée pratique d'utilisation du béton fluidifié, il peut être nécessaire d'employer un retardateur de prise.

*** * En cas d'emploi de fumée de silice, la défloculation de ce matériau est assurée par la présence de superplastifiant.

Article 23 : Techniques de fabrication et de mise en œuvre.

23.1 FABRICATION DU BÉTON

||| * La liste d'aptitude est établie par la Commission d'agrément des usines fabriquant du béton.

En cas de pesée séparée d'ultrafines, la portée de la bascule utilisée doit être adaptée aux quantités, généralement limitées, de matériaux à peser.

** Le malaxage doit généralement être prolongé par rapport à celui d'un béton courant.

Les adjuvants sont mélangés à l'eau de gâchage, sauf dans le cas de superplastifiants, qui peuvent être introduits dans le mélangeur en deux parties :

- une partie en début de malaxage, avec l'eau de gâchage,
- une partie en fin de malaxage.

*** Une telle dérogation n'est envisageable que sous réserve d'une amélioration des performances actuelles des bétonnières portées.

22.4 ADJUVANTS

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

La confection des BHP implique notamment l'emploi, parmi ces adjuvants (**), de superplastifiants (***), plastifiants réducteurs d'eau, ou plastifiants.

La compatibilité des différents adjuvants entre eux, ainsi qu'avec les liants et additions, telles que les fumées de silice (*** *), doit être vérifiée.

Article 23 : Techniques de fabrication et de mise en œuvre.

Les prescriptions de l'article 73 du fascicule 65-A sont applicables. Seuls sont examinés ci-après les aspects complémentaires spécifiques liés aux BHP.

23.1 FABRICATION DU BÉTON

||| Lorsqu'il s'agit de béton prêt à l'emploi, la centrale utilisée doit être inscrite sur la liste d'aptitude (*).

Le cycle de malaxage (**) est déterminé par des essais.

L'ajout des superplastifiants dans les bétonnières portées est interdit, sauf dérogation (***).

23.2 MISE EN ŒUVRE DU BÉTON

* Compte tenu des propriétés rhéologiques des bétons, le temps s'écoulant entre leur mise en œuvre et leur réglage doit être limité.

** La durée d'action limitée des superplastifiants peut entraîner une chute assez rapide de la consistance des bétons très fluides à la fabrication.

23.3 CURE

* Le défaut de cure risque en effet d'entraîner une fissuration par retrait plastique.

Article 24 : Etude des bétons.

* Certaines formulations de BHP peuvent ne pas respecter les formules de dosage en ciment fournies à l'article 71.2 du fascicule 65-A, en particulier dans le cas d'emploi de fumée de silice. Sous réserve d'une étude préalable, le dosage minimum en liant pourra inclure la fumée de silice, en lui affectant un coefficient d'efficacité α (1 kg de fumée de silice comptant pour α kg de ciment) éventuellement supérieur à 1.

** Quand la résistance requise du béton est supérieure à la classe vraie du ciment, la résistance du béton a une plus grande sensibilité, en valeur absolue, aux variations de résistance du ciment. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'adapter le coefficient λ utilisé à l'article 75.2 B du fascicule 65 A.

*** Lorsque ces performances ne sont pas régies par des normes, le marché précise les méthodes d'essai.

23.2 MISE EN ŒUVRE DU BÉTON (*)

La conception de la structure et de l'étanchéité des coffrages doit être adaptée à la fluidité (**) des BHP.

La vibration doit faire l'objet d'études et d'essais.

23.3 CURE

La cure (*) des BHP doit être effectuée dès leur mise en œuvre.

Sauf étude particulière, la durée de cette cure est égale à celle donnée par le tableau de l'article 74.6.2 du fascicule 65-A, augmentée de un jour.

Article 24 : Etude des bétons (*), ().**

Les prescriptions des articles 75.1 et 75.2 du fascicule 65-A, complétées par l'article 14.1 du présent fascicule, sont applicables. Seuls sont examinés ci-après les aspects spécifiques aux BHP.

Les performances particulières requises doivent être justifiées par des essais (***).

Article 25 : Assurance de la qualité.

* Les conditions d'acceptation sur chantier d'ultrafines produites en usine (notamment les fumées de silice) peuvent être liées aux résultats de contrôles effectués directement en usine.

Article 26 : Contrôle extérieur.

* Cette adaptation concerne par exemple la fabrication et la préparation des éprouvettes, dans la mesure où des dispositions complémentaires à la norme actuelle sont nécessaires.

** Norme NF P 18-451. Il est recommandé d'effectuer la mesure au cône d'Abrams, une minute après le démoulage.

*** La méthode au cône n'est pas adaptée à la mesure de la consistance de bétons plus fluides.

Article 25 : Assurance de la qualité.

Le PAQ comporte une procédure de fabrication et de mise en œuvre des bétons, toutes les prescriptions du fascicule 65-A relatives à l'assurance de la qualité étant applicables (*).

Article 26 : Contrôle extérieur.

Les méthodes d'essais doivent être adaptées (*) aux hautes performances mesurées.

La consistance des BHP est mesurée au cône d'Abrams (**) lorsque l'affaissement n'excède pas 20 ± 2 cm (***).

CHAPITRE 3

TRAITEMENTS THERMIQUES

Article 31 : Dispositions générales.

31.1 DÉFINITION DES TRAITEMENTS THERMIQUES

* Ces températures, variables dans le temps (cf. article 33 ci-dessous), sont normalement différentes de la température ambiante et des températures qu'atteindrait le béton sous le seul effet non maîtrisé du dégagement de chaleur provoqué par la réaction exothermique d'hydratation du ciment.

31.2 DOMAINE D'APPLICATION

* Lorsque le seul objectif vise à homogénéiser les températures, notamment pour éviter la fissuration, le présent chapitre n'est pas intégralement applicable.

** Les données à prendre en compte dans les calculs, dans le cas de bétons traités thermiquement, figurent notamment à l'annexe n°6 des règles BPEL.

CHAPITRE 3

TRAITEMENTS THERMIQUES

Article 31 : Dispositions générales.

31.1 DÉFINITION DES TRAITEMENTS THERMIQUES

Un traitement thermique consiste à assujettir, par un procédé quelconque, la température du béton, juste après sa mise en œuvre et pendant une durée limitée, à des valeurs fixées a priori (*).

Il a pour objectif principal de conférer au béton des performances mécaniques accrues au jeune âge et/ou de rendre les températures homogènes dans l'ensemble du béton constituant l'élément traité ; il peut avoir en outre pour effet, recherché ou non, de modifier certaines propriétés du béton.

On distingue deux familles de traitements thermiques des bétons :

- les traitements dits « actifs » comportent un apport de chaleur, soit directement à l'élément traité (généralement par effet Joule), soit par sa périphérie (étuvage, chauffage des coffrages, etc...) ;

- les traitements dits « passifs » ne comportent pas d'apport extérieur de chaleur autre qu'un éventuel chauffage du béton avant sa mise en place dans l'élément ; ils consistent à maîtriser les échanges de chaleur de l'élément avec l'extérieur pour bénéficier au mieux de la chaleur dégagée par la réaction exothermique d'hydratation du ciment.

31.2 DOMAINE D'APPLICATION

Le présent chapitre a pour objet de présenter les stipulations applicables aux bétons traités thermiquement, lorsque l'un au moins des objectifs visés est l'augmentation des résistances du béton au jeune âge (*). Il est applicable dès lors que le projet retient une au moins des données à prendre en compte dans les calculs spécifiques des bétons traités thermiquement (**) et que la température du béton dépasse 40 °C pendant 6 heures.

Article 32 : Produits et matériaux.

32.1 DÉFINITION DES BÉTONS TRAITÉS THERMIQUEMENT

* L'épreuve de contrôle (cf. article 36.2 ci-dessous) utilise donc des éprouvettes traitées dans les mêmes conditions que le béton de l'élément construit.

** L'épreuve de contrôle est alors complétée en conséquence (cf. article 36.2 ci-dessous).

*** La valeur f_{cj} correspondante est normalement prescrite par une borne inférieure, j étant choisi en fonction du déroulement des phases d'exécution de l'ouvrage. La vérification du respect de f_{cj} relève de l'épreuve d'information (cf. article 35.2 ci-dessous).

32.2 CONSTITUANTS DES BÉTONS TRAITÉS THERMIQUEMENT

* A défaut de normes, ces critères ont été fixés par la COPLA (Commission interministérielle permanente des liants hydrauliques et des adjuvants du béton). Cf. Circulaire COPLA n° 90-78 du 16 octobre 1990.

Article 33 - Prescriptions relatives aux cycles de température**Article 32 : Produits et matériaux.**

L'objet de cet article est de préciser les stipulations modificatives ou complémentaires à celles des articles 71 (Définition et spécifications des bétons et mortiers), 72 (Constituants des bétons et mortiers) et 73 (Fabrication et transport des bétons) du fascicule 65-A.

32.1 DÉFINITION DES BÉTONS TRAITÉS THERMIQUEMENT

Les spécifications du béton faisant l'objet de l'article 71 du fascicule 65-A s'appliquent avec les deux conditions suivantes :

- la valeur caractéristique notée f_{c28} se rapporte au béton traité (*). Cependant, dans le cas où le béton est un béton prêt à l'emploi préparé en usine, une deuxième valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton à vingt-huit jours, au moins égale à f_{c28} et se rapportant à un béton conservé dans les conditions normalisées, doit être spécifiée et garantie par le fournisseur (**);

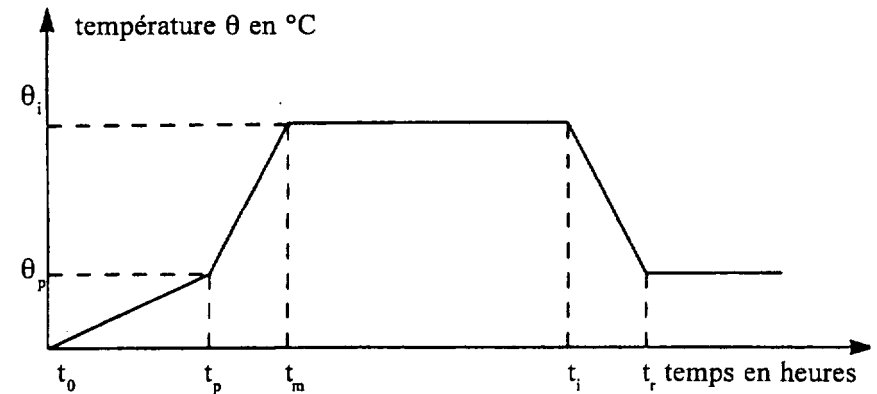
- la résistance à la compression à un âge j inférieur à vingt-huit jours constitue un caractère obligatoire (***).

32.2 CONSTITUANTS DES BÉTONS TRAITÉS THERMIQUEMENT

Le ciment satisfait aux critères d'aptitude aux traitements thermiques fixés par les normes en vigueur (*).

Article 33 : Prescriptions relatives aux cycles de température.

Un traitement thermique se manifeste, en chaque point de l'élément traité, par un cycle de température que l'on caractérise en distinguant quatre phases selon le schéma suivant :



- $t_p - t_0$: durée de la phase de pré-prise ;
 $t_m - t_p$: durée de la phase de montée en température ;
 $t_i - t_m$: durée de la phase isotherme à la température maximale ;
 $t_r - t_i$: durée de la phase de refroidissement.

33.1 PHASE DE PRÉ-PRISE

33.1 PHASE DE PRÉ-PRISE

A partir de la fin du bétonnage t_0 , la température θ_p reste sensiblement constante et égale à la température du béton à l'état frais jusqu'au moment t_p correspondant soit au début de la prise du ciment, soit au début du chauffage.

Aucune prescription générale ne porte sur la durée de la phase de pré-prise. Il est généralement admis qu'elle doit être d'autant plus longue que la température initiale du béton est plus faible et que la vitesse de montée en température ainsi que la température maximale sont plus élevées. Elle est normalement comprise entre 1 et 4 heures ; sa valeur est fixée, à 30 minutes près, après l'épreuve de convenance (cf. article 36.1 ci-dessous).

33.2 PHASE DE MONTÉE EN TEMPÉRATURE

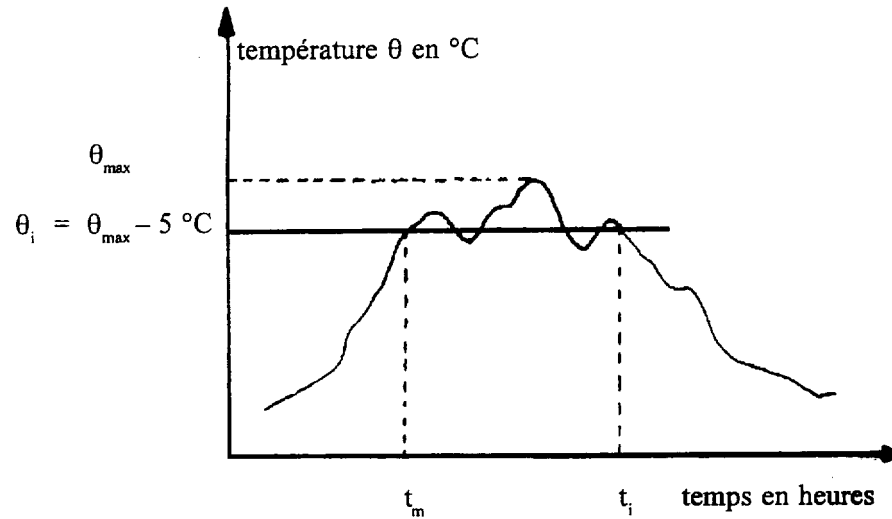
33.2 PHASE DE MONTÉE EN TEMPÉRATURE

* Une vitesse de montée en température trop élevée conduit à des pertes de résistance par défaut d'hydratation du ciment et à des hétérogénéités de température dans l'élément traité pouvant notamment provoquer une fissuration du béton.

Au cours de cette phase, la température augmente de la valeur θ_p de la phase de pré-prise à la valeur θ_i de la phase isotherme. La vitesse de montée en température n'est généralement pas constante ; elle ne doit pas dépasser 20°C / heure (*).

33.3 PHASE ISOTHERME À LA TEMPÉRATURE MAXIMALE

* La température n'est jamais rigoureusement constante au cours de cette phase dite « isotherme ». Par convention, sauf anomalie ponctuelle importante décelée sur l'enregistrement, on retiendra comme valeur θ_i du palier la température maximale θ_{max} diminuée de 5°C , la durée étant comptée entre le moment où le béton atteint θ_i pour la première fois (au temps t_m) et le moment où il l'atteint pour la dernière fois (au temps t_i).



33.4 PHASE DE REFROIDISSEMENT

33.3 PHASE ISOTHERME À LA TEMPÉRATURE MAXIMALE

Au cours de cette phase, la température est maintenue à une température θ_i sensiblement constante. Le choix de cette température θ_i et de la durée de son maintien détermine, dans une large mesure, le gain de résistance du béton au jeune âge.

La température θ_i ne doit pas dépasser 80°C (*), la durée de maintien pouvant varier selon les résultats de l'épreuve d'information sans descendre en deçà d'une valeur fixée après l'épreuve de convenance.

33.4 PHASE DE REFROIDISSEMENT

Au cours de cette phase, la température décroît de θ_i à la température ambiante.

La vitesse de refroidissement doit être suffisamment faible pour éviter les chocs thermiques et les écarts de température dans l'élément traité provoquant une fissuration du béton.

Article 34 : Etudes et références des bétons.

34.1 FORMULE NOMINALE DU BÉTON

34.2 ANALYSE DE LA RÉPARTITION DES TEMPÉRATURES

* Les références sont constituées d'au moins deux enregistrements simultanés, dans une même section, de l'évolution de la température en fonction du temps, obtenus lors du traitement dans des conditions analogues, d'éléments de mêmes cotes géométriques et constitués de béton de même formule nominale (même ciment, notamment), respectivement en un point situé au cœur de la zone la plus massive de la pièce et en un point situé à deux centimètres environ de la surface (dans la zone la plus sensible à la température extérieure). Les écarts entre les courbes peuvent alors être interprétés directement.

** Selon la méthode LCPC (présentée dans le bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées n°126, juillet-août 1983, pages 115 à 118, information 2 824), ou toute autre méthode fournissant des informations équivalentes.

*** Méthode d'essai du Laboratoire central des ponts et chaussées. Cet essai fournit directement la courbe de température en fonction du temps qui sera respectée, dans le cas d'un traitement passif, au cœur des zones massives et en tout point, d'autant mieux que les échanges de chaleur avec l'extérieur seront réduits.

Article 34 : Etudes et références des bétons.

Dans le cas d'un béton traité thermiquement, les études comportent :

- la détermination de la formule nominale du béton,
- l'analyse de la répartition des températures dans les éléments traités,
- l'épreuve d'étude.

34.1 FORMULE NOMINALE DU BÉTON

La formule nominale d'un béton traité thermiquement répond aux mêmes exigences que celle d'un béton non traité (Cf. article 75.1 du fascicule 65-A).

34.2 ANALYSE DE LA RÉPARTITION DES TEMPÉRATURES

Cette analyse est fondée, soit sur des références (*), soit sur une étude par simulation (**) utilisant le résultat d'un « essai de détermination de la chaleur d'hydratation dégagée dans le béton » (***) et, dans le cas d'un traitement actif, le cycle de chauffage extérieur visé.

34.3 ÉPREUVE D'ÉTUDE

34.3.1 LE BÉTON DISPOSE DE RÉFÉRENCES

34.3 ÉPREUVE D'ÉTUDE

34.3.1 LE BÉTON DISPOSE DE RÉFÉRENCES

Les références peuvent concerner :

- le béton lui-même par des résultats de mesure de résistances à la compression à vingt-huit jours obtenus dans les conditions normalisées. Ces références ne peuvent être utilisées que pour justifier la valeur caractéristique correspondante dans le cas où elle est spécifiée (cf. article 32.1 ci-dessus), et dans les conditions décrites par l'article 75.2.A du fascicule 65-A ;
- le même béton traité thermiquement dans des conditions analogues à celles qui sont proposées.

Les populations de référence, répondant aux mêmes conditions que celles qui sont rappelées à l'alinéa ci-dessus, sont alors constituées des résultats de mesures des résistances à la compression obtenus à vingt-huit jours, d'une part, et j jours, d'autre part, sur éprouvettes traitées thermiquement dans des conditions représentatives de celles qui agissent sur le béton des éléments de structure traités.

Ces deux populations de référence tiennent lieu d'épreuve d'étude probante si :

$$a) \quad \bar{f}_{c28} - K_1 S_{28} \geq f_{c28}$$

condition dans laquelle \bar{f}_{c28} est la moyenne arithmétique et S_{28} l'estimateur de l'écart type des résultats obtenus à vingt-huit jours (si $S_{28} < 0,07 \bar{f}_{c28}$ il sera pris égal à $0,07 \bar{f}_{c28}$).

f_{c28} est la valeur caractéristique requise de la résistance à la compression à vingt-huit jours et K_1 est un coefficient dont la valeur est forfaitairement prise égale à 2.

$$b) \quad \bar{f}_{cj} - K_2 S_j \geq f_{cj}$$

condition dans laquelle \bar{f}_{cj} est la moyenne arithmétique et S_j l'estimateur de l'écart type des résultats obtenus à j jours (si $S_j < 0,07 \bar{f}_{cj}$, il sera pris égal à $0,07 \bar{f}_{cj}$).

f_{cj} est la borne inférieure prescrite pour la résistance à j jours, et K_2 est un coefficient dont la valeur est forfaitairement prise égale à 1,5.

34.3.2 LE BÉTON NE DISPOSE PAS DE RÉFÉRENCES

* Les éprouvettes sont conservées dans les conditions normalisées.

** Les éprouvettes sont traitées dans les conditions du traitement thermique proposé puis, après refroidissement, conservées dans les conditions normalisées.

34.3.2 LE BÉTON NE DISPOSE PAS DE RÉFÉRENCES

Si le béton ne dispose pas de références, au sens de l'article précédent, l'épreuve d'étude implique l'exécution en laboratoire d'une gâchée répondant à la formule nominale du béton.

Cette gâchée donne lieu à un prélèvement permettant la confection des éprouvettes dont le nombre minimal est fixé dans le tableau ci-après :

Pour la mesure de

Sur béton non traité (indice NT) (*)	$(f_{c28})_{NT}$	3
Sur béton traité thermiquement (indice T) (**)	$(f_{cj})_T$ $(f_{c28})_T$	3

L'épreuve d'étude est probante si les trois conditions suivantes sont respectées :

$$a) \quad \overline{(f_{cj})}_T \geq 1,1 f_{cj}$$

$\overline{(f_{cj})}_T$: moyenne arithmétique des éprouvettes traitées ;

$$b) \quad \overline{(f_{c28})}_T \geq 1,2 f_{c28}$$

$\overline{(f_{c28})}_T$: moyenne arithmétique des éprouvettes traitées ;

$$c) \quad \frac{\overline{(f_{c28})}_T}{\overline{(f_{c28})}_{NT}} \geq 0,9$$

$\overline{(f_{c28})}_{NT}$: moyenne arithmétique des éprouvettes non traitées.

Article 35 : Assurance de la qualité des bétons traités thermiquement.

35.1 COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

35.2 CONTRÔLE INTERNE

Article 36 : Contrôle extérieur.

Article 35 : Assurance de la qualité des bétons traités thermiquement.

35.1 COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

Le PAQ, dans son chapitre consacré aux bétons (Cf. article 75.1 du fascicule 65-A) est complété et, sur certains points, modifié, pour tenir compte du traitement thermique. Il comporte donc :

- la présentation des études et/ou références du béton traité ;
- la description des moyens de fabrication, de transport, de manutention, et de mise en place du béton, visés à l'article 73 du fascicule 65-A, ainsi que la méthode de traitement thermique et les moyens correspondants. Il précise le (ou les) cycle(s) de température devant régner à l'intérieur du béton des éléments, assorti(s) de tolérances cohérentes avec l'étude (cf. article 34.2 ci-dessus) et indique les moyens devant permettre de vérifier que les cycles réels respectent ces tolérances.
- les modalités d'exécution et d'interprétation des épreuves qui incombent à l'entreprise.

35.2 CONTRÔLE INTERNE

Les dispositions de l'article 75.1 du fascicule 65-A sont applicables. Les essais d'information relèvent de l'article 14.3 du présent fascicule. Les éprouvettes d'information servant à la vérification de la valeur f_{cj} prescrite sont traitées dans les conditions définies par le PAQ, éventuellement adaptées après l'épreuve de convenance.

Article 36 : Contrôle extérieur.

L'entrepreneur donne toutes facilités utiles au maître d'œuvre pour l'exercice du contrôle extérieur qui concerne l'épreuve de convenance, les épreuves de contrôle et les essais éventuels complémentaires relevant des épreuves d'information (article 14.3.2 du présent fascicule).

36.1 ÉPREUVE DE CONVENANCE

* Dans le cas de fabrication en usine dans des conditions analogues à des fabrications antérieures, lorsque le dossier d'étude inclus dans le PAQ s'appuie sur des références probantes, le maître d'œuvre peut se dispenser de faire procéder à une épreuve de convenance. Celle-ci peut alors se limiter à une vérification des conditions d'application du PAQ.

36.1.1 ANALYSE DE LA RÉPARTITION DES TEMPÉRATURES
DANS UN ÉLÉMENT

* L'opportunité de procéder à cette vérification est à analyser en fonction de la géométrie des pièces traitées et des phases de fabrication et de traitement ; les défauts sont à redouter lorsque des parties grêles sont proches de parties massives ou aux reprises entre bétons d'âges différents.

** Le marché fixe la (ou les) section(s) représentative(s).

*** Dans le cas d'éléments précontraints par pré-tension, cette sonde est placée approximativement au centre de gravité des armatures de précontrainte.

36.1 ÉPREUVE DE CONVENANCE (*)

L'épreuve de convenance d'un béton traité thermiquement répond aux objectifs définis, dans le cas général, par l'article 76.1 du fascicule 65-A qui demeure intégralement applicable. Elle doit permettre :

- la reconnaissance de l'aptitude du matériel de fabrication du béton ;
- la vérification du respect des prescriptions de fabrication inscrites au marché et des dispositions prévues par le PAQ, notamment en matière de qualité des constituants, contrôles en cours de fabrication, conditions de transport et de manutention du béton ;
- la vérification du respect des dispositions de fabrication décrites par le PAQ dans les conditions de l'article 36.1.1 ci-dessous ;
- la vérification du respect des caractères spécifiés ou prescrits dans les conditions de l'article 36.1.2 ci-dessous.

36.1.1 ANALYSE DE LA RÉPARTITION DES TEMPÉRATURES
DANS UN ÉLÉMENT

L'objectif de l'analyse est de :

- vérifier l'absence d'écarts de température (*) susceptibles d'entraîner des altérations, dégradations ou fissurations du béton ;
- déterminer les conditions de la représentativité des éprouvettes de contrôle et d'information ;
- préciser les paramètres caractérisant le (ou les) cycle(s) de températures régnant dans le béton.

L'épreuve de convenance exige la confection d'un béton témoin et porte sur l'étude d'au moins une section représentative des éléments à traiter thermiquement (**).

L'expérimentation nécessite la mise en place de trois sondes de température:

- La sonde numéro 1 est noyée, dans le cas général (***), à cœur de la zone la plus massive.

*** * En fonction du nombre de voies d'enregistrement dont on peut disposer, il est recommandé d'ajouter des sondes de température en divers points judicieusement choisis.

*** ** Si tel n'est pas le cas, les éprouvettes utilisées ultérieurement dans le cadre des épreuves de contrôle et d'information devront être traitées en les assujettissant à une évolution de température située entre les deux enregistrements issus des sondes 1 et 2.

36.1.2 VÉRIFICATION DU RESPECT DES CARACTÈRES SPÉCIFIÉS OU PRESCRITS

36.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

36.3 COMPLÉMENTS AUX ÉPREUVES D'INFORMATION

* Les essais d'information systématiques sont traités à l'article 35.2 ci-dessus, les essais complémentaires peuvent être, par exemple, des essais de résistance à la compression à un âge supérieur à vingt-huit jours.

- La sonde numéro 2 est noyée dans le béton, dans la zone déterminée à l'étude où l'écart de température avec la précédente est maximal.

- La sonde numéro 3 est noyée au cœur d'une éprouvette cylindrique 16 × 32 d'information (cf. article 35.2 ci-dessus).

Les sondes de température (***) sont reliées à un enregistreur permettant de tracer les courbes d'évolution de la température en fonction du temps.

Le béton témoin est soumis au traitement thermique proposé. Les enregistrements des sondes 1 et 2 définissent les limites de tolérance des paramètres des cycles de température. L'enregistrement de la sonde 3 doit se situer entre les deux enregistrements précédents (***) (**).

36.1.2 VÉRIFICATION DU RESPECT DES CARACTÈRES SPÉCIFIÉS OU PRESCRITS

L'une des gâchées utilisées pour la confection du béton témoin donne lieu aux prélèvements permettant la confection des éprouvettes selon le tableau de l'article 34.3.2 ci-dessus, l'interprétation des essais étant celle visée dans ce même article si le béton ne dispose pas de références.

36.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

L'article 76.2 du fascicule 65-A, complété par l'article 14.2 du présent fascicule est applicable, les éprouvettes étant traitées dans les conditions définies après l'épreuve de convenue.

Dans le cas particulier où une valeur caractéristique f_{c28} , se rapportant à des résistances mesurées dans des conditions normalisées, serait spécifiée (cf. article 32.1 ci-dessus), le contrôle complémentaire serait effectué comme dans le cas d'un béton non traité.

36.3 COMPLÉMENTS AUX ÉPREUVES D'INFORMATION

Si le marché prévoit des essais complémentaires (*) d'information, ceux-ci relèvent directement du contrôle extérieur.

CHAPITRE 4

PRÉCONTRAINTÉ PAR PRÉ-TENSION**Article 41 : Dispositions générales.**

* La précontrainte par pré-tension est utilisée pour la fabrication industrialisée d'éléments qui sont pour certains soumis à des procédures d'avis technique ou de contrôle interne approuvé par un organisme officiel de contrôle ou de certification.

** Pour les autres productions, le maître d'œuvre doit prévoir dans le marché des stipulations complémentaires en liaison avec le chapitre 8 du fascicule 65-A.

*** De nombreuses règles du titre 1er, section 2, du fascicule n°62 (règles BPEL) impliquent la qualité de l'exécution, notamment :

- qualité du béton : article 2.1 et annexe n°6 en cas de traitement thermique,
- tension à l'origine : article 3.2,
- pertes de tension : article 3.4,
- valeur probable de la précontrainte : article 3.5,
- contrainte limite de compression en cours de construction : article 6.1,
- dispositions constructives : chapitre 10.

*** * Le CMP peut déléguer une partie des tâches qui lui incombent, cette délégation étant précisée par le PAQ.

*** ** La précontrainte par pré-tension peut être réalisée en usine de préfabrication ou sur chantier. Lorsque l'usine de préfabrication, bien qu'appartenant à l'entreprise, est distincte du chantier, cette disposition est étendue au responsable de l'unité de production.

*** *** Dans ce cas, le producteur devient alors entrepreneur au sens du texte. Sur les obligations du producteur envers l'entrepreneur titulaire du marché, voir le commentaire ** de l'article 22.1 du fascicule 65-A.

CHAPITRE 4

PRÉCONTRAINTÉ PAR PRÉ-TENSION**Article 41 : Dispositions générales (*).**

Les stipulations du présent chapitre visent les productions régulières (**) d'éléments précontraints par pré-tension destinés au génie civil. Elles explicitent les conditions d'obtention des forces de précontrainte en conformité avec les règles correspondantes de conception et de calcul (***), les avis techniques rendus contractuels et les spécifications des contrôles internes approuvés.

La mise en tension des armatures et la mise en précontrainte des éléments sont effectuées sous la direction d'un responsable spécialement qualifié dit CMP (Chargé de la mise en œuvre de la précontrainte). Celui-ci veille à la bonne ordonnance et la sécurité des opérations (*** *).

Lorsque l'entrepreneur n'assure pas directement la production (*** **), il répercute sur le producteur les obligations du marché (*** ***).

Article 42 : Produits et matériaux.

42.1 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

* Dans le cadre de la pré-tension, l'adhérence est un caractère essentiel par définition. C'est pourquoi les armatures sont des fils non lisses ou des torons.

42.2 TUBES DE GAINAGE DES ARMATURES

* L'objet du gainage est d'annihiler l'adhérence des armatures de précontrainte sur une longueur limitée dont la valeur est donnée par le calcul.

42.3 BÉTONS

* La teneur totale du béton en soufre des sulfures doit être inférieure à 0,50% de la masse de ciment.

Article 42 : Produits et matériaux.

42.1 ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Les armatures de précontrainte doivent être des fils autres que ronds et lisses (*) ou des torons, en acier à haute résistance ; elles bénéficient d'une homologation ou d'une autorisation de fourniture de la Commission interministérielle de la précontrainte.

Aucun traitement de surface des armatures de précontrainte par pré-tension ne doit avoir pour effet de réduire leur adhérence au béton. La protection contre la corrosion pendant la préparation des armatures doit être assurée compte tenu de cette sujétion.

Les stipulations de l'article 92.1 du fascicule 65-A concernant les armatures de précontrainte par post-tension sont applicables aux armatures de précontrainte par pré-tension.

42.2 TUBES DE GAINAGE DES ARMATURES

Le gainage des armatures (*) est réalisé par des tubes en matériau sans adhérence aux armatures et ne mobilisant que de très faibles frottements. Ce matériau constitutif des gaines doit être exempt de tout produit agressif tant pour l'acier que pour le béton.

Les tubes ouverts longitudinalement sont interdits.

42.3 BÉTONS

Les stipulations du fascicule 65-A et en particulier de l'article 72 sont complétées par les suivantes :

- Les bétons utilisés peuvent être des bétons courants ou des bétons à hautes performances définis au chapitre 2 du présent document.
- Le ciment doit être du CPA-CEM I ou du CPJ-CEM II/A ou B, avec cendres volantes, pouzzolane ou laitier, contenant au maximum 0,20% de soufre des sulfures (*).
- Les critères de choix du ciment tiennent compte de l'éventuel traitement thermique du béton, comme indiqué au chapitre 3 du présent document.

** L'emploi de granulats marins lavés est autorisé à condition de respecter la stipulation relative à la quantité maximale d'ions chlore susceptible d'être solubilisée dans les bétons.

Article 43 : Mise en œuvre.

43.1 OPÉRATIONS PRÉALABLES À LA MISE EN TENSION DES ARMATURES

43.1.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

* Ces déformations ne doivent pas entraîner une diminution moyenne de la tension sur banc de plus de 0,5%. Au delà de cette limite, le dispositif doit être modifié et/ou il faut faire le choix d'un ordre de mise en tension qui minimise l'incidence de ces déformations.

43.1.2 MISE EN PLACE DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

* Du fait de l'encombrement des dispositifs d'ancrage, une légère déviation peut être inévitable entre les supports d'ancrage et les coffrages d'extrémités les plus proches. Lorsque cette déviation dépasse 2°, la possibilité d'obtenir la tension prévue doit être justifiée.

** Le raboutage par manchon (clavette à double entrée) entre deux poutres sur le banc de préfabrication est autorisé si des dispositions sont prises pour éviter tout blocage à la mise en tension.

Il doit présenter une résistance suffisante pour éliminer les risques de rupture ou de relâchement durant les phases d'exécution.

Le raboutage par soudure est interdit.

- L'emploi des granulats marins (**) non traités, des granulats de laitier et des adjuvants chlorés est interdit.

- La quantité maximale d'ions chlore (Cl⁻) susceptible d'être solubilisée dans les bétons est fixée à 0,10% de la masse de ciment.

Article 43 : Mise en œuvre.

43.1 OPÉRATIONS PRÉALABLES À LA MISE EN TENSION DES ARMATURES

43.1.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Les supports d'ancrage doivent être suffisamment rigides pour ne subir que de très faibles déformations pendant la mise en tension des armatures (*).

Les moules doivent être suffisamment rigides et conçus de manière à ne pas porter atteinte aux caractéristiques géométriques des éléments fabriqués, et à assurer les tolérances spécifiées compte tenu de leurs modalités d'assemblage.

43.1.2 MISE EN PLACE DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

Les armatures de précontrainte doivent être débarrassées de toute graisse ou saleté pouvant nuire à leur adhérence.

Sur la longueur des produits d'un banc de fabrication, ces armatures doivent pouvoir passer librement, sans subir de déviation notable (*), entre les armatures de béton armé et dans les coffrages d'extrémité de chaque produit.

L'emploi du chalumeau oxyacétylénique est interdit pour la coupe des armatures sauf dérogation accordée par le maître d'œuvre.

Les armatures doivent être continues et ne présenter aucun raboutage à l'intérieur des éléments (**). Elles doivent être calées en respectant les distances minimales d'enrobage et de manière à éviter tout déplacement ultérieur.

43.1.3 GAINAGES

* Le gainage n'intéresse que certaines armatures et est situé dans les zones d'extrémité des produits. Lorsque des produits différents sont fabriqués simultanément sur des bancs de grande longueur, certains peuvent comporter des armatures gainées sur toute leur longueur.

** Les tubes ne peuvent être placés à leur position définitive qu'après la mise en tension.

43.1.4 DÉVIATIONS DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

43.2 MISE EN TENSION

43.2.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

* La mise en tension simultanée d'armatures est possible pour la fabrication de composants de petites dimensions (poutre rectangulaire de 20 cm x 20 cm, par exemple), ou de prédalles. Il faut dans ce cas que toutes les armatures de précontrainte aient une longueur identique entre les ancrages.

43.2.2 MATÉRIEL

* Le manomètre de contrôle doit être vérifié en référence à un manomètre étalon une fois par an.

||| ** Norme NF EN 837-1

43.1.3 GAINAGES

Les tubes de gainage figurant aux dessins d'exécution (*) sont enfilés sur les armatures au fur et à mesure de la mise en place de celles-ci et laissés en position provisoire (**).

43.1.4 DÉVIATIONS DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

Les déviations des armatures figurant aux dessins d'exécution sont réalisées par des dispositifs rigides, permettant un libre déplacement de l'armature, à laquelle ils ne doivent provoquer aucune blessure lors de la mise en tension.

L'entrepreneur doit justifier de l'absence effective de blessure des armatures et de l'obtention de la valeur fixée pour leur tension à la fin de la mise en tension. En l'absence de références contrôlées, le maître d'œuvre peut demander qu'il soit procédé à une épreuve de convenance.

43.2 MISE EN TENSION

43.2.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

La mise en tension peut être réalisée armature par armature ou par groupes d'armatures (*).

43.2.2 MATÉRIEL

Le matériel de mise en tension doit faire l'objet de vérifications périodiques.

L'entrepreneur doit disposer sur le lieu de fabrication d'un manomètre de contrôle (*) ou bien d'un dynamomètre permettant de contrôler les informations du manomètre du vérin qui doit être conforme à la norme sur les manomètres industriels (**).

43.2.3 CONSIGNES DE MISE EN TENSION

* Le blocage des armatures est réalisé par des dispositifs (clavettes ou plaque de serrage) subissant de multiples emplois. Le CMP doit veiller à la limitation du nombre de ces emplois (indiqué dans la procédure de contrôle interne), de manière à ne pas compromettre le résultat par le mauvais état d'un accessoire.

43.2.4 TOLÉRANCES SUR LA TENSION ET LA POSITION
DES ARMATURES

* Les valeurs spécifiées sont en accord avec le chapitre 10 des règles BPEL.

** Dans le cas où ce critère n'est pas vérifié, un contrôle supplémentaire est effectué sur le vérin de manière à confirmer ou infirmer la valeur de p_0 .

*** Cette spécification peut être appliquée au barycentre des armatures.

La vérification du manomètre du vérin est effectuée avant démarrage de la fabrication puis toutes les cent mises en tension d'armature et/ou tous les six mois au moins.

43.2.3 CONSIGNES DE MISE EN TENSION

Les consignes portent sur les reprises successives pour mettre en tension les armatures (ou chaque type d'armatures).

La pression maximale à atteindre, p_0 , est précisée, ainsi que les valeurs de rentrée d'armatures au blocage des armatures. Le CMP s'assure du bon état des accessoires (*). Est également précisé, sauf disposition contraire du marché, l'allongement a_0 prévisible pour les armatures (ou pour chaque type d'armatures).

43.2.4 TOLÉRANCES SUR LA TENSION ET LA POSITION (*)
DES ARMATURES

a) La pression ne doit en aucun cas dépasser p_0 .

Le supplément éventuel de rentrée d'ancrage par rapport à la valeur fixée ne doit pas correspondre à une diminution supérieure à 0,5% de la tension sur le banc.

Sauf disposition contraire du marché, l'allongement est obligatoirement limité à $1,07 a_0$. Les allongements finaux sont considérés comme satisfaisants s'ils sont compris entre $0,95 a_0$ et $1,07 a_0$ (**).

b) Après mise en tension, la tolérance sur l'enrobage des armatures de précontrainte est de - 0 à + 5 mm.

Après mise en tension, la tolérance sur la position des armatures (***) par rapport aux dessins d'exécution est fixée à ± 10 mm dans toutes les directions. Toutefois, pour les pièces de hauteur (ou d'épaisseur) h inférieure ou égale à 500 mm, la tolérance suivant l'une ou l'autre de ces dimensions est de :

43.2.5 FIXATION DES TUBES DE GAINAGE

* Le dispositif en cause a un double rôle :

- empêcher la laitance de pénétrer sous la gaine, ce qui rétablirait une adhérence,
- éviter le déplacement de la gaine sous l'effet de la vibration du béton.

Il peut être constitué par un ruban adhésif fixé à chaque extrémité de la gaine.

43.3 MISE EN PRÉCONTRAINTÉ DE L'ÉLÉMENT

* En conditionnant directement l'ensemble des performances des éléments, la résistance que doit présenter le béton au moment du relâchement des armatures revêt en précontrainte par pré-tension une importance capitale.

** Voir à l'article 44.2.3.

*** Une détension brutale des armatures est interdite, compte tenu des conséquences graves qu'elle peut présenter (augmentation de la longueur de scellement, risque de fendage du béton dans la zone de scellement des armatures de précontrainte...).

43.4 OPÉRATIONS POSTÉRIEURES À LA MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

* L'emploi du chalumeau oxyacétylénique est interdit pour la coupe des armatures, sauf dérogation accordée par le maître d'œuvre.

± 5 mm pour $h \leq 250$ mm,
 $+ h/50$ (en mm) pour $250 < h \leq 500$ mm.

La tolérance sur la distance entre armatures de précontrainte et armatures passives est égale à celle des armatures passives entre elles.

43.2.5 FIXATION DES TUBES DE GAINAGE

A l'achèvement de la mise en tension, les tubes sont définitivement positionnés. Puis ils sont cachetés à leurs extrémités et maintenus en position par un dispositif approprié (*).

43.3 MISE EN PRÉCONTRAINTÉ DE L'ÉLÉMENT

La mise en précontrainte de l'élément n'est autorisée que si la résistance à la compression du béton a atteint la valeur fixée par le projet (*). Cette valeur dite « résistance permettant le relâchement des armatures de précontrainte » est contrôlée par une épreuve d'information (**).

Le lot de béton faisant l'objet de cette épreuve d'information est constitué par l'unité de fabrication pour laquelle la décision de relâchement est donnée. Pour ce lot, il est effectué un prélèvement de trois éprouvettes.

Le relâchement des armatures de précontrainte s'effectue progressivement par déplacement d'un seul côté du support d'ancrage ou des deux supports d'ancrage alternativement. Il est effectué simultanément sur toutes les armatures (***).

43.4 OPÉRATIONS POSTÉRIEURES À LA MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

Après relâchement, la coupe des armatures est effectuée soit à la meule ou éventuellement à l'aide d'une cisaille spéciale pour les fils de petit diamètre, soit par fusion du métal par l'intermédiaire d'un poste à l'arc (*). Lors de cette opération, les armatures en attente doivent être protégées.

Les armatures en attente destinées à être noyées dans un béton de seconde phase ne subissent aucun traitement de protection. Dans le cas où les armatures de précontrainte doivent être arasées sur la face d'about de l'élément, cette opération est réalisée au moyen d'une meule. Les extrémités de ces armatures sont ensuite protégées de la corrosion par un produit adapté mis en place après séchage de la surface du béton.

Le marquage d'identification des éléments est réalisé conformément à l'article 82.3 du fascicule 65-A.

Article 44 : Assurance de la qualité.

44.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

44.1.1 AFFECTATION DES TÂCHES DU CMP

* Voir article 41 « Dispositions générales ».

Article 44 : Assurance de la qualité.

44.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

Le plan d'assurance qualité, établi par le fabricant, définit les dispositions prises pour obtenir en permanence la conformité des éléments aux spécifications du marché et explicite les modalités du contrôle interne.

Il définit notamment, par analogie avec la post-tension :

- l'affectation des tâches du CMP,
- les moyens de l'entreprise,
- les approvisionnements,
- l'organisation et le fonctionnement du contrôle interne de la chaîne de production.

44.1.1 AFFECTATION DES TÂCHES DU CMP

En complément aux prescriptions du fascicule 65-A, le PAQ désigne le CMP et /ou son délégué (*) (nom et références professionnelles) dont la mission comporte au moins :

- le contrôle du bon ordonnancement et de la sécurité des opérations effectuées avant bétonnage ainsi que des opérations de mise en tension et de mise en précontrainte,
- l'établissement des procès-verbaux des mesures effectuées au cours de la mise en tension et de la mise en précontrainte,

- avant bétonnage, l'établissement et la mise à disposition du maître d'œuvre de l'attestation de convenance de la position des armatures,
- l'établissement et la mise à disposition du maître d'œuvre des fiches rassemblant les résultats des contrôles effectués pendant le durcissement du béton et les essais d'information relatifs à la résistance du béton.

44.1.2 LES MOYENS DE L'ENTREPRISE

44.1.2 LES MOYENS DE L'ENTREPRISE

Le PAQ décrit les moyens opérationnels du centre de production, du bureau d'études, des outils de fabrication et de contrôle, des méthodes de fabrication et de contrôle.

44.1.3 LES APPROVISIONNEMENTS

44.1.3 LES APPROVISIONNEMENTS

Le préfabricant précise son choix en matière de matériaux (*) (qualité, origine, marque), leur mode d'approvisionnement et de stockage.

* Armatures de précontrainte, constituants du béton (ciment, adjuvants, granulats...), accessoires divers (tubes de gainage, organes de levage, inserts...).

Les produits et les matériaux sont présentés avec leur homologation, agrément, marque NF...

||| 44.1.4 ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT DU CONTRÔLE INTERNE

||| 44.1.4 ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT DU CONTRÔLE INTERNE

Le PAQ présente les principes et les modalités d'organisation et de fonctionnement du contrôle interne.

Les opérations obligatoirement décrites dans le PAQ sont :

- a) Réception, identification, contrôle, stockage, manutention des approvisionnements.
- b) Etudes préalables sur les bétons.
- c) Vérification de la conformité et de la position des armatures de béton armé et celles des organes de levage.
- d) Vérification de la mise en tension et de la position des armatures de précontrainte et de celle des tubes de gainage.
- e) Vérification de la mise en œuvre du béton et, s'il y a lieu, contrôle du traitement thermique.
- f) Vérification de la mise en précontrainte.
- g) Vérification de la conformité aux dessins d'exécution des éléments.

44.2 CONTRÔLE INTERNE

* Ce contrôle porte sur le respect de toutes les stipulations des articles 43.1, 43.2, 43.3 et 43.4, complétées par les pièces du marché. S'il y a lieu, le maître d'œuvre s'assure que les contrôles fixés par la procédure de contrôle interne approuvé par un organisme officiel de contrôle ou de certification et repris par le PAQ sont effectués.

44.2.1 CONTRÔLE AVANT MISE EN TENSION

44.2.2 CONTRÔLE AVANT BÉTONNAGE

* En cas d'incidents ou d'anomalies concernant les armatures de précontrainte, l'entrepreneur en rend compte au maître d'œuvre qui alerte le service de vérification du contrôle en usine (VCU) (Laboratoire central des ponts et chaussées).

Les documents à établir dans le cadre du contrôle interne comprennent:

- a) les bons de réception des approvisionnements en produits et matériaux,
- b) les résultats des mises en tension,
- c) les comptes rendus des épreuves d'information effectuées sur les bétons à la mise en précontrainte,
- d) les comptes rendus des épreuves de contrôle sur produits finis (rentrées des armatures, contreflèche, dimensions et aspect des éléments...),
- e) les comptes rendus des épreuves de contrôle effectuées sur les bétons à 28 jours.

44.2 CONTRÔLE INTERNE

Les opérations de contrôle interne sont effectuées selon les modalités prévues dans le PAQ (*).

Le centre de production doit être équipé d'un laboratoire lui permettant d'effectuer en permanence les diverses vérifications prévues.

44.2.1 CONTRÔLE AVANT MISE EN TENSION

Le CMP procède à la vérification de l'état des accessoires nécessaires à la mise en tension en veillant tout particulièrement au contrôle de la limitation du nombre de remplois des dispositifs de blocage des armatures.

44.2.2 CONTRÔLE AVANT BÉTONNAGE

Le CMP dresse procès-verbal de toutes les mesures effectuées au cours des opérations de mise en tension. Il y reporte les observations qui ont pu être faites, ainsi que les anomalies qui ont pu être décelées et les décisions qui ont été prises en conséquence (*).

Avant tout début de bétonnage, le CMP établit en outre, pour être transmise au maître d'œuvre, l'attestation de convenance des vérifications effectuées finalement par lui, après mise en tension, sur la position des armatures, des attaches de levage et des tubes de gainage.

44.2.3 CONTRÔLE AVANT MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

* Les modalités d'exécution et d'exploitation des épreuves d'information sont données à l'article 14.3 du présent fascicule.

** Norme NF P 18-406 « Bétons - Essais de compression ».

*** En cas de production non régulière (produits sans référence en génie civil ou fabrication sur chantier) ou en l'absence de procédure de contrôle interne approuvée par un organisme officiel de contrôle ou de certification, le maître d'œuvre peut prévoir au marché que les contrôles soient effectués en sa présence, sans pour autant modifier l'échéancier de la production.

44.2.4 MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

44.2.5 CONTRÔLE APRÈS MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

* Lorsque l'un des contrôles n'est pas prévu au programme de précontrainte, il incombe au maître d'œuvre d'y procéder selon les méthodes de mesures et critères d'acceptation définis au CCTP.

** Compte tenu de la dispersion, une précision de 1/10 de mm est suffisante.

44.2.3 CONTRÔLE AVANT MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

Avant mise en précontrainte des éléments, le CMP établit les fiches rassemblant les résultats des contrôles effectués pendant le durcissement du béton et procède à l'épreuve d'information (*) de manière à connaître la résistance du béton des éléments à précontraindre.

La résistance du béton permettant le relâchement est mesurée par l'écrasement en compression d'éprouvettes conformément aux normes en vigueur (**).

Les résultats des essais d'information sont consignés sur des fiches, établies pour chaque banc d'éléments fabriqués, et tenues à la disposition du maître d'œuvre (***).

44.2.4 MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

Il revient au CMP de donner l'ordre de mise en précontrainte.

L'ordre de mise en précontrainte est donné lorsque la « résistance permettant le relâchement » est atteinte. Si cette résistance n'est pas atteinte au délai fixé par le programme de précontrainte, la décision de relâchement est différée.

44.2.5 CONTRÔLE APRÈS MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

Les contrôles après mise en précontrainte prévus au programme de précontrainte (*) et effectués par l'entreprise portent normalement sur :

- la mesure de rentrée d'armatures (**) sur une ou deux extrémités d'éléments d'un même banc de fabrication,
- la mesure des contreflèches des éléments ayant fait l'objet du précédent contrôle.

L'âge du béton lors de ces mesures doit être porté sur les fiches qui sont tenues à la disposition du maître d'œuvre.

Le CMP complète le procès-verbal des mesures effectuées au cours des opérations de mise en tension par celui de toutes les mesures effectuées au cours des opérations de mise en précontrainte. Il y reporte les observations qui ont pu être faites, ainsi que les anomalies qui ont pu être décelées.

44.3 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

44.3 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

L'entrepreneur donne toutes facilités utiles au maître d'œuvre pour l'exercice du contrôle extérieur qui concerne les vérifications du respect du PAQ, les épreuves de contrôle de la résistance à la compression du béton à 28 jours et des essais complémentaires éventuels relevant des épreuves d'information.

CHAPITRE 5

**TECHNIQUES ET PRODUITS SPÉCIAUX
DE PROTECTION DES ARMATURES
DE PRÉCONTRAINTÉ****Article 51 : Coulis spéciaux.**

||| * Pour tous les coulis, qu'ils soient courants ou spéciaux, il convient de se référer au chapitre 9 du fascicule 65-A.

Article 52 : Protection par produits souples.

52.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

52.1.1 DÉFINITIONS

CHAPITRE 5

**TECHNIQUES ET PRODUITS SPÉCIAUX
DE PROTECTION DES ARMATURES
DE PRÉCONTRAINTÉ****Article 51 : Coulis spéciaux.**

||| Article devenu sans objet (*).

Article 52 : Protection par produits souples.

52.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

52.1.1 DÉFINITIONS

Les produits souples de protection des armatures de précontrainte sont des produits pétroliers :

* Une graisse est un lubrifiant plastique obtenu par dispersion, sous la forme d'un réseau tridimensionnel stabilisé, d'un épaississant insoluble dans un fluide lubrifiant.

En général, le composant liquide est une huile minérale et l'agent épaississant un savon métallique (lithium, calcium, aluminium...).

** Une cire est un solide malléable cristallisé, constitué d'hydrocarbures saturés.

52.1.2 DOMAINE D'EMPLOI

* C'est notamment le cas lorsque l'on souhaite pouvoir contrôler la tension des armatures de précontrainte.

** C'est notamment le cas lorsqu'il est prévu une précontrainte démontable.

52.2 PRODUITS DE PROTECTION

* Ces produits sont susceptibles de réagir avec le béton.

** Ces produits peuvent comporter des anions agressifs tels que : Cl^- ; S^{2-} ; SO_4^{2-} ; NO_3^- .

- soit des graisses (*) à base d'huile minérale,

- soit des cires (**) microcristallines.

52.1.2 DOMAINE D'EMPLOI

La protection des armatures de précontrainte par produits souples peut être utilisée tant pour la précontrainte intérieure (*) que pour la précontrainte extérieure (**) au béton.

Il s'agit dans tous les cas d'une protection définitive.

52.2 PRODUITS DE PROTECTION

L'utilisation des graisses à savons potassiques, sodiques, et potassiques + sodiques est interdite (*).

Les produits utilisés sont conformes aux spécifications des articles 52.2.1 et 52.2.2 ci-après.

Leur absence d'agressivité (**) vis-à-vis des aciers de précontrainte est déterminée par des essais physiques ou justifiée par des références d'emplois antérieurs.

52.2.1 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX GRAISSES

* En l'absence de normes françaises, il est fait référence à des normes ASTM, British Standards ou IP (Institute of Petroleum).

** Identique à la méthode IP 121/75(81)

*** Identique à la méthode IP 112/56(81)

*** * Paragraphes 3.1.2, 3.2 et 3.3.1 de l'article 3 et ensemble des articles 4 à 7 de la norme.

La modification consiste à remplacer la solution de NaCl par de l'eau distillée.

52.2.1 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX GRAISSES

CARACTÈRES SPÉCIFIÉS	MÉTHODES D'ESSAI (*)	VALEURS SPÉCIFIÉES
Point de goutte	NF T 60 -102	≥ 150 °C
Pénétration travaillée 60 coups à - 20 °C	NF T 60 -132	≥ 150 (1/10 mm)
Ressuage à 40 °C	BS 2000-Part 121-1982 (**)	à 72 heures ≤ 2,5 % à 7 jours ≤ 4,5%
Résistance à l'oxydation 100 heures à 100 °C 400 heures à 100 °C	ASTM D 942.90	≤ 0,03 MPa ≤ 0,20 MPa
Corrosion cuivre 100 heures à 100 °C	BS 2000-Part 112-1982 (***)	Cotation : 1 a
Protection contre la rouille Brouillard : eau distillée 168 heures à 35°C ± 1°C	Clauses pertinentes de NF X 41-002 (***)	Absence de corrosion

52.2.2 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX CIRES

* En l'absence de normes françaises, il est fait référence à des normes ASTM, British Standards ou IP (Institute of Petroleum)

** La modification consiste à effectuer l'essai pendant 7 jours, sans le poids de 100 grammes.

*** Paragraphes 3.1.2, 3.2 et 3.3.1 de l'article 3 et ensemble des articles 4 à 7 de la norme.

La modification consiste à remplacer la solution de NaCl par de l'eau distillée.

52.2.2 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX CIRES

CARACTÈRES SPÉCIFIÉS	MÉTHODES DESSAI(*)	VALEURS SPÉCIFIÉES
Point de figeage	NF T 60-128	≥ 65 °C
Pénétration à - 20 °C	NF T 60-119	Absence de faïençage
Ressuage à 40 °C	BS 2000-Part 121-1982 modifiée (**)	≤ 0,5%
Résistance à l'oxydation 100 heures à 100 °C	ASTM D 942.90	≤ 0,03 MPa
Corrosion cuivre 100 heures à 100°C	NF EN ISO 2160 (M 07-015)	Cotation : 1 a
Protection contre la rouille		
Brouillard salin : 5% de NaCl 168 heures à 35 °C ± 1°C	NF X 41-002	Passe
Brouillard : eau distillée 168 heures à 35 °C ± 1°C	clauses pertinentes de NF X 41-002 (***)	Absence de corrosion

52.2.3 CHOIX

* Les graisses sont sujettes à un phénomène de ressuage. Dans le cas d'une injection sur chantier, l'emploi des cires est préférable.

52.3 MISE EN ŒUVRE

52.3.1 OPÉRATIONS PRÉALABLES

52.3.2 TRANSPORT ET INJECTION

* Cette limitation est liée à la relaxation des aciers de précontrainte.

** Selon sa viscosité, la température d'injection d'une graisse est généralement comprise entre 50 °C et 100 °C ; celle d'une cire est comprise entre 80 °C et 100 °C.

*** Une destruction (par cisaillement) de la structure de la graisse accroît le phénomène de ressuage.

52.2.3 CHOIX

L'emploi des graisses (*) n'est admis que dans le cas d'une précontrainte intérieure au béton.

52.3 MISE EN ŒUVRE

Les conditions de mise en œuvre sont définies dans la procédure d'exécution de l'injection.

La mise en œuvre de l'injection est effectuée sous la direction du CMP qui coordonne l'action des différents intervenants.

52.3.1 OPÉRATIONS PRÉALABLES

Elles consistent à vérifier l'étanchéité des conduits de précontrainte et de leurs raccords.

Dans le cas de la précontrainte extérieure, l'étanchéité est vérifiée, soit à l'air comprimé exempt d'eau, soit sous vide.

Dans le cas de la précontrainte intérieure, l'étanchéité est vérifiée sous vide.

52.3.2 TRANSPORT ET INJECTION

On utilise généralement des camions spécialement aménagés et équipés pour maintenir la température des produits souples et les injecter.

Lorsque les quantités de produits à injecter sont faibles, l'approvisionnement peut être effectué en fûts et d'autres dispositifs de chauffage doivent être envisagés.

La température des produits, limitée à 100 °C (*), doit être parfaitement homogène avant l'injection. La plage acceptable pour chaque type de produit (**) est précisée dans la procédure d'exécution de l'injection.

L'injection des graisses nécessite un matériel spécifique permettant de maintenir l'intégrité de leur structure (**).

52.3.3 OPÉRATIONS POSTÉRIEURES À L'INJECTION

52.4 DOSSIER D'ÉTUDE ET PROCÉDURE D'EXÉCUTION

52.4.1 DOSSIER D'ÉTUDE

52.4.2 PROCÉDURE D'EXÉCUTION

* Il s'agit à la fois :

- du petit matériel (flexibles de raccordement, joints d'étanchéité, clés, talkies-walkies, ...)
- des récipients destinés à la récupération du produit aux extrémités afin d'éviter les salissures,
- du matériel de chauffage, de stockage et d'injection du produit.

** Afin de détecter le cas échéant les bouchons ou les fuites.

*** Notamment les consignes d'hygiène et de sécurité relatives à la manutention des produits chauds.

52.3.3 OPÉRATIONS POSTÉRIEURES À L'INJECTION

Il est procédé à l'exécution des cachetages définitifs.

Dans le cas de la précontrainte extérieure, il peut être nécessaire de prévoir des vases d'expansion (Cf. article 73.1.4 du présent fascicule).

52.4 DOSSIER D'ÉTUDE ET PROCÉDURE D'EXÉCUTION

52.4.1 DOSSIER D'ÉTUDE

L'entrepreneur propose le produit de protection à l'acceptation du maître d'œuvre en précisant les renseignements suivants :

- désignation du produit,
- origine,
- éléments principaux de la composition,
- références d'emploi,
- procès-verbal d'essais attestant que le produit respecte les spécifications des articles 52.2.1 (graisses) ou 52.2.2 (cires) ci-dessus.

52.4.2 PROCÉDURE D'EXÉCUTION

La procédure d'exécution de l'injection, soumise au visa du maître d'œuvre, indique les moyens utilisés pour obtenir un remplissage correct des conduits. Elle précise notamment :

- les éléments d'identification des unités de précontrainte à injecter (repérage, numéro, longueur, ...) et l'ordre des opérations d'injection,
- la nature des orifices d'injection : ancrage, évent,
- le détail des raccordements,
- la liste et les caractéristiques du matériel (*) nécessaire,
- les valeurs minimale et maximale de la température d'injection,
- le volume de produit et la durée prévisible (**) d'injection pour chaque unité de précontrainte,
- la valeur de la pression d'injection et la durée du maintien en pression lorsque l'injection est terminée,
- les consignes à respecter (***) et les dispositions particulières à prendre en cas d'incident.

52.5 ASSURANCE DE LA QUALITÉ

52.5.1 COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

52.5.2 CONTRÔLE INTERNE

52.6 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

52.6.1 ÉPREUVE DE CONVENANCE

* Cette épreuve de convenance est généralement associée à l'injection de la première unité de précontrainte. Elle permet éventuellement un ajustement des paramètres de l'injection (température, pression).

52.6.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

* Une indication rapide, permettant de détecter une erreur de livraison, peut être obtenue par comparaison du spectre infra-rouge du produit livré à un spectre de référence déposé.

52.5 ASSURANCE DE LA QUALITÉ

52.5.1 COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

La partie du PAQ relative à l'injection des produits souples est constituée par:

- le dossier d'étude des produits,
- la procédure d'exécution de l'injection,
- les modalités du contrôle interne relatif à la mise en œuvre.

52.5.2 CONTRÔLE INTERNE

L'attestation de conformité du produit livré est tenue à la disposition du maître d'œuvre.

La mise en œuvre de l'injection fait l'objet d'un contrôle selon les modalités prévues par le PAQ. Les vérifications portent sur :

- l'étanchéité des conduits,
- la température d'injection,
- la pression d'injection,
- la durée de maintien en pression à la fin de l'injection.

52.6 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

52.6.1 ÉPREUVE DE CONVENANCE

Le maître d'œuvre s'assure par une épreuve de convenance (*) que les moyens mis en œuvre permettent d'obtenir un remplissage correct des conduits.

52.6.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

Lorsqu'une épreuve de contrôle est demandée par le maître d'œuvre, elle consiste à vérifier la conformité (*) d'un ou plusieurs caractères du produit souple aux spécifications.

Article 53 : Cas particulier des torons gainés-protégés.

* Cf. Règlement de l'homologation et du contrôle des armatures de précontrainte gainées-protégées, approuvé par l'arrêté du 20 avril 1988.

Article 54 : Autres techniques de protection.

||| * Il s'agit par exemple de la protection des armatures de précontrainte par galvanisation (Cf. norme NF A 35-035) ou application directe d'un produit de protection.

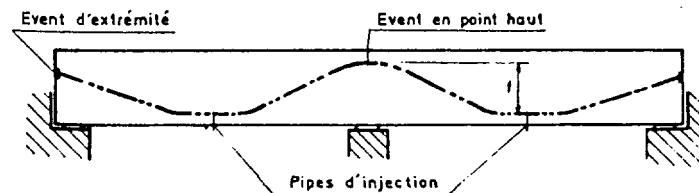
Ces techniques particulières doivent offrir des garanties équivalentes aux procédés traditionnels sans engendrer d'effets secondaires nocifs.

Article 55 : Procédés particuliers d'injection.

||| * Des sujétions tenant à la nature de l'ouvrage et à son procédé de construction se présentent lorsque des ouvrages sont construits par tronçons avec raccordement des armatures de précontrainte par coupleurs (Cf. article 61 ci-après) ou lorsque des tabliers de ponts sont construits en voussoirs préfabriqués assemblés à joints conjugués (Cf. article 65 ci-après).

||| Des sujétions tenant aux conditions d'exécution se présentent lorsque la mise en œuvre de la précontrainte peut être affectée par des périodes de gel prolongé (Cf. article 66.4 ci-après).

** Ces dispositions pourront s'inspirer des croquis ci-après.



Dans le cas où la flèche « f » du conduit ne dépasse pas environ 1,50 mètre, l'injection peut se faire par les extrémités.

Article 53 : Cas particulier des torons gainés-protégés.

Les torons gainés-protégés font l'objet d'une homologation (*) ou bénéficient d'une autorisation de fourniture.

Article 54 : Autres techniques de protection (*).

Ces techniques doivent relever de normes ou être soumises à une procédure d'agrément technique.

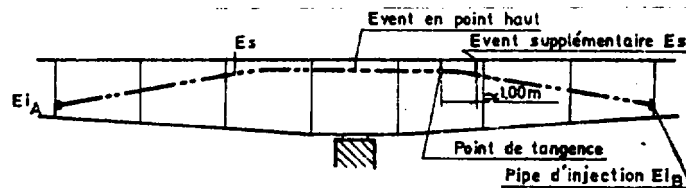
Article 55 : Procédés particuliers d'injection.

Lorsque les délais prévus à l'article 93.4 du fascicule 65-A ne peuvent être respectés, en raison de sujétions dues à la nature de l'ouvrage et à son procédé de construction ou à ses conditions d'exécution, l'entrepreneur doit tenir compte, dans ses documents d'exécution et dans ses consignes afférentes à la protection des armatures, de toutes les conséquences directes ou indirectes de la prolongation de durée de la protection provisoire (*).

||| Lorsque des difficultés sont à prévoir dans le cheminement du coulis (conduits de grande longueur, de grande hauteur, de tracé complexe), la procédure d'exécution relative à la précontrainte précise les dispositions particulières permettant d'assurer le remplissage correct des conduits (**).
||| Des reprises d'injection sont à prévoir.

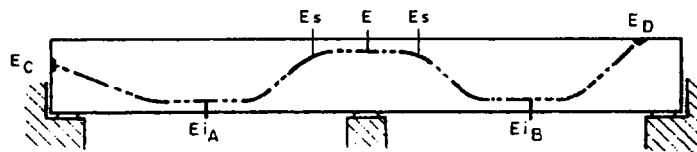
Les conduits verticaux en U de grande hauteur sont injectés par le point bas mais avec des dispositions particulières (utilisation d'un entonnoir évent).

Les dispositions à prévoir peuvent consister à utiliser un coulis à durée d'injectabilité maîtrisée, à mettre en place des événements supplémentaires au début des parties courbes descendantes des conduits et à faire des reprises d'injection comme le montrent les croquis ci-dessous.



- Injection de A vers B avec purge et fermeture des événements intermédiaires et de l'événement d'extrémité B.

- Reprise de l'injection de B vers A avec purge et fermeture des événements intermédiaires et de l'événement d'extrémité A.



- Injection de A vers C, B, et D avec purge et fermeture des événements intermédiaires et des événements d'extrémités C et D.

- Reprise de l'injection de B vers D, A et C avec purge et fermeture des événements intermédiaires et des événements d'extrémités C et D.

CHAPITRE 6

CHAPITRE 6

**PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES RELATIVES
A LA PRÉCONTRAINTÉ PAR POST-TENSION****PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES RELATIVES
A LA PRÉCONTRAINTÉ PAR POST-TENSION**

Les prescriptions contenues dans ce chapitre concernent :

- certaines techniques particulières de précontrainte par post-tension :
 - coupleurs,
 - unités courtes de précontrainte,
 - précontrainte provisoire,
 - précontrainte additionnelle,
- les structures continues comportant de nombreux joints de construction,
- la protection des armatures de précontrainte.

Article 61 : Coupleurs.**Article 61 : Coupleurs (*).**

* Les règles BPEL (article 6.1,5 commentaire *) recommandent de limiter le plus possible, par exemple à 1/2, la proportion d'armatures couplées dans une même section.

61.1 DÉFINITION, DOMAINE D'EMPLOI

* Il importe de ne pas confondre les coupleurs avec les dispositifs de rabouillage destinés à raccorder deux armatures mises en tension simultanément par une opération unique (manchons de raccordement de barres par exemple).

** L'utilisation de coupleurs en précontrainte extérieure exige un examen particulier vis à vis du fonctionnement et de la sécurité. En l'absence d'indication dans les agréments, il y a lieu de consulter la Commission interministérielle de la précontrainte ainsi que le détenteur du procédé.

61.1 DÉFINITION, DOMAINE D'EMPLOI

Un coupleur (*) est un dispositif permettant de raccorder l'extrémité d'un nouveau câble, dit secondaire, sur l'extrémité d'un câble, dit primaire, déjà tendu lors d'une phase précédente de travaux.

Les prescriptions qui suivent concernent l'utilisation des coupleurs en précontrainte intérieure (**) au béton.

61.2 FOURNITURES

61.2.1 PROVENANCE

* Les coupleurs et leurs accessoires doivent être agréés ou bénéficier d'une autorisation de distribution ou d'emploi.

61.2.2 CONDITIONNEMENT

* Voir les notices relatives au procédé concerné.

61.2.3 TRANSPORT, STOCKAGE, MANUTENTION

61.2.4 ACCEPTATION

61.3 MISE EN ŒUVRE

61.3.1 LE CHARGÉ DE LA MISE EN PRÉCONTRAINTE

61.3.2 MISE EN PLACE DES COUPLEURS

* Dans certains cas particuliers, les coupleurs peuvent être logés à l'intérieur de fenêtres ménagées dans le coffrage du béton de deuxième phase et bétonnées après mise en tension du câble secondaire.

61.2 FOURNITURES

61.2.1 PROVENANCE

Les coupleurs, y compris tous leurs accessoires, sont approvisionnés exclusivement auprès de l'entreprise distributrice du procédé de précontrainte choisi (*). Les catégories et modèles de coupleurs sont soumis à l'acceptation du maître d'œuvre dans la mesure où ils ne sont pas fixés par le marché.

61.2.2 CONDITIONNEMENT

Les coupleurs sont livrés sous un emballage assurant leur protection contre la corrosion (*). Cette protection doit rester efficace jusqu'à la mise en œuvre de la protection définitive.

61.2.3 TRANSPORT, STOCKAGE, MANUTENTION

Le transport, le stockage et la manutention des coupleurs sont organisés pour éviter toute altération d'origine mécanique, chimique ou électrochimique. Les coupleurs sont stockés dans un local clos.

61.2.4 ACCEPTATION

L'acceptation des coupleurs est subordonnée à leur identification ainsi qu'à la vérification du bordereau de livraison et du certificat de conformité aux spécifications.

61.3 MISE EN ŒUVRE

61.3.1 LE CHARGÉ DE LA MISE EN PRÉCONTRAINTE

La mise en œuvre des coupleurs est effectuée sous la direction du CMP.

61.3.2 MISE EN PLACE DES COUPLEURS

Pour permettre leur fonctionnement satisfaisant, les coupleurs doivent être isolés du béton de deuxième phase au moment de la mise en tension du câble secondaire. Cette condition est généralement (*) réalisée par un capotage étanche conforme à l'agrément.

Une telle disposition doit être compatible avec les spécifications relatives au procédé de précontrainte concerné et est subordonnée à l'accord du maître d'œuvre. Elle doit faire l'objet d'une étude approfondie garantissant notamment le respect des prescriptions relatives à la coaxialité des coupleurs avec les armatures qu'ils raccordent, ainsi qu'à leur injectabilité.

** En règle générale, la longueur minimale des alignements à ménager de part et d'autre d'un coupleur est fixée à quinze diamètres du conduit, à partir des extrémités de l'ensemble coupleur-organe de raccordement au conduit.

61.3.3 MISE EN PLACE DES ARMATURES

61.3.4 MISE EN TENSION ET PROTECTION DES ARMATURES

61.4 ASSURANCE DE LA QUALITÉ

* Dans le cas d'une injection par tronçons, la procédure précise, pour chaque tronçon, le décalage dans le temps entre la mise en tension des armatures et l'injection.

Les coupleurs sont maintenus par des dispositifs de fixation tenant compte de leur poids, de leur encombrement et de leurs sujétions fonctionnelles, suffisamment rigides pour qu'ils ne puissent subir, avant et pendant bétonnage, ni déplacement, ni déformation excédant les tolérances admises.

La coaxialité des coupleurs avec les armatures qu'ils permettent de raccorder doit être assurée. Les câbles eux-mêmes doivent être maintenus rectilignes sur des longueurs (**) correspondant aux prescriptions du procédé de précontrainte utilisé.

Pour assurer leur bonne injectabilité, les coupleurs sont équipés d'évents pour injection et d'une purge, prolongés jusqu'au parement voisin par un tube d'injection d'un diamètre au moins égal à celui de l'évent.

61.3.3 MISE EN PLACE DES ARMATURES

Dans le cas d'emploi de coupleurs, l'enfilage des armatures est effectué avant bétonnage.

61.3.4 MISE EN TENSION ET PROTECTION DES ARMATURES

Outre les prescriptions résultant des articles 93.3 et 93.4 du fascicule 65-A, le programme d'injection définit les conditions de mise en œuvre de l'injection et précise notamment si l'injection est réalisée tronçon par tronçon ou globalement à la fin.

61.4 ASSURANCE DE LA QUALITÉ

Comme il est indiqué à l'article 95.2 du fascicule 65-A, la procédure d'exécution relative à la précontrainte définit les modes opératoires, en liaison avec les autres procédures, conformément à l'article 95.3 du fascicule 65-A.

Elle doit préciser dans le détail la succession des opérations :

- de mise en œuvre des coupleurs,
- de mise en tension des armatures,
- d'injection (*).

Article 62 : Unités courtes de précontrainte.

62.1 DOMAINE D'EMPLOI

* A titre indicatif, longueur inférieure à 5 mètres.

** A titre indicatif, longueur inférieure à 2 mètres.

62.2 CHOIX DES UNITÉS DE PRÉCONTRAINTÉ

* Il est par ailleurs souhaitable de dimensionner largement les plaques d'ancrage afin de limiter les déformations sous ancrage. L'usinage des pièces d'ancrage doit faire l'objet d'une précision particulière. L'utilisation de barres comportant un filetage particulier (dit d'artilleur) peut être recommandée. Les agréments des procédés de précontrainte donnent des informations permettant de faciliter le choix des unités de précontrainte à utiliser.

62.3 MISE EN ŒUVRE

* Les opérations de mise en tension d'unités de précontrainte, notamment de barres, sont relativement dangereuses. Il y a lieu de se reporter aux consignes de sécurité prescrites par les notices techniques des procédés de précontrainte.

** Il peut y avoir lieu d'effectuer une reprise de tension (Cf. article 62.4.2 ci-après, commentaire **).

Article 62 : Unités courtes de précontrainte.

62.1 DOMAINE D'EMPLOI

Les armatures de précontrainte de faible (*) ou très faible (**) longueur sont principalement utilisées :

- sous forme d'étriers actifs,
- comme armatures de clouage (corbeaux d'appui, bossages d'ancrage, déviateurs etc.),
- pour la précontrainte des éléments de faibles dimensions (entretoises, etc.),
- pour le brélage d'éléments en phase de construction.

62.2 CHOIX DES UNITÉS DE PRÉCONTRAINTÉ

Les unités de précontrainte peuvent être constituées de torons, de barres, ou de fils.

Lorsque la précontrainte doit être réalisée par des armatures de très faible longueur (inférieure à 2 mètres environ) et lorsque, de plus, toute insuffisance de cette précontrainte peut mettre en danger la sécurité du personnel d'exécution ou celle de la structure (c'est le cas, par exemple, de la précontrainte d'éléments rapportés tels que bossages d'ancrage, déviateurs, corbeaux, etc.), l'étude d'exécution doit sélectionner un procédé de précontrainte présentant une très faible rentrée d'armatures, et dont la rentrée d'armatures peut être facilement contrôlée et compensée (*). En particulier, les barres nervurées sont à exclure.

62.3 MISE EN ŒUVRE (*)

Les opérations de mise en tension et les contrôles correspondants sont conduits conformément aux stipulations de la procédure d'exécution relative à la précontrainte, compte tenu des mises au point effectuées à l'occasion des épreuves de convenance (**) et sous la direction du CMP.

L'incidence de la longueur de rentrée des armatures (tant par glissement de l'armature que par déformation sous ancrage) sur la perte de tension initiale est, évidemment, d'autant plus grande que la longueur de l'armature est plus petite. A titre d'exemple, une rentrée d'armatures de 4 millimètres (valeur courante donnée par les agréments des procédés de précontrainte) pour un étrier actif, constitué par un monotoron de 2 mètres de longueur, entraîne une perte de l'ordre de 25 % sur l'effort appliqué. S'il se produit un excédent de rentrée d'ancrage de 1 millimètre, la perte totale atteint alors 31 %.

Se reporter également aux règles BPEL.

62.4 ASSURANCE DE LA QUALITÉ

62.4.1 CONTENU DE LA PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉCONTRAÎTE

* Ils doivent être conformes à la notice relative au procédé de précontrainte.

62.4.2 VÉRIFICATIONS PRÉALABLES DE FAISABILITÉ

* Chargé des ouvrages provisoires

62.4 ASSURANCE DE LA QUALITÉ

62.4.1 CONTENU DE LA PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉCONTRAÎTE

Outre les prescriptions de l'article 95.2 du fascicule 65-A, la procédure définit notamment :

- les modes opératoires (*),
- les dispositions que l'entrepreneur compte prendre pour la réalisation effective de la précontrainte,
- les contrôles complémentaires à effectuer aux différentes étapes de la mise en œuvre de la précontrainte.

Doivent en particulier être précisés :

- les vérifications préalables de faisabilité,
- les contrôles avant mise en tension,
- les contrôles pendant et après mise en tension.

62.4.2 VÉRIFICATIONS PRÉALABLES DE FAISABILITÉ

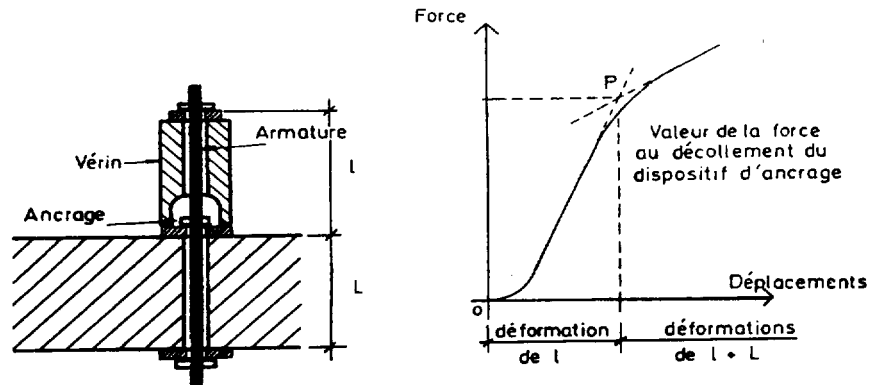
Elles sont effectuées sous la direction du CMP, et en présence du COP (*) s'il s'agit d'ouvrages provisoires.

Le CMP vérifie la qualification du personnel et contrôle le matériel :

- conformité aux stipulations de l'agrément du procédé de précontrainte,
- bon état (absence de fuites, maintien en charge à pression constante),

||| ** Les vérifications préalables peuvent montrer la nécessité (par exemple dans le cas de déformations importantes sous ancrage) d'effectuer, au bout d'un certain délai (généralement une semaine), une reprise de tension par décollement du dispositif d'ancrage avec l'aide d'un vérin.

PRINCIPE DE LA REPRISE DE TENSION D'UNE ARMATURE DE PRÉCONTRAÎTE DE FAIBLE LONGUEUR



*** En cas d'utilisation de capteurs de forces, il convient de s'assurer que ceux-ci sont insensibles aux excentremets.

||| *** * Il y a lieu en général de faire trois reprises de tension, avec à chaque fois un serrage de l'écrou.

*** ** Lorsque les unités de précontrainte de faible longueur présentent, en outre, des courbures à faible rayon (c'est souvent le cas des étriers actifs), le calcul classique des allongements devient peu représentatif. Les tolérances sur les allongements peuvent alors être élargies.

Il est rappelé que la tension des armatures est limitée à $0,7 f_{prg}$ quand le rayon de courbure est inférieur à 3 m.

62.4.3 CONTRÔLES AVANT MISE EN TENSION

- présence d'un manomètre étalonné et de la courbe de tarage du vérin donnant la correspondance entre la pression au manomètre et la force exercée par le vérin,
- présence sur les vérins d'un dispositif limiteur de pression réglé à $1,05 p_0$.

Il vérifie la méthode de mise en tension choisie pour obtenir l'effort requis (**), déterminé par les études d'exécution.

Cette vérification concerne notamment les points suivants :

- instrumentation de certaines unités de précontrainte (***) ;
- détermination (cas des barres) des modalités de serrage des écrous et du nombre minimal de reprises de tension (****) ;
- essai du procédé de compensation des rentrées d'armatures (calages, vis-écrous, etc.) ;
- vérification que les mesures des allongements et des rentrées d'armatures sont possibles (utilisation de vérins à lumières) ;
- détermination de la précision avec laquelle il faut effectuer les mesures (***) (**).

62.4.3 CONTRÔLES AVANT MISE EN TENSION

Ils sont effectués sous la direction du CMP conformément aux prescriptions de l'article 93.3.3 du fascicule 65-A. Des contrôles supplémentaires sont nécessaires aux trois stades définis ci-après.

62.4.3,1 RÉCEPTION DES UNITÉS DE PRÉCONTRAINTÉ

* Ce contrôle concerne notamment la compatibilité des pièces entre elles (dans le cas des barres, il convient de vérifier que les écrous fonctionnent sans jeu excessif), et l'examen des états de surface.

62.4.3,2 CONTRÔLE AVANT BÉTONNAGE

* Sinon la plaque d'ancrage transmet l'effort de serrage au tube rigide et non au béton qui l'entoure.

62.4.3,3 CONTRÔLE APRÈS BÉTONNAGE
ET AVANT MISE EN TENSION

62.4.4 CONTRÔLES À LA MISE EN TENSION

* Par exemple, pour les barres, il est conseillé de serrer l'écrou avant la mise en place du vérin, de vérifier que le centrage de l'écrou est correct et que l'écrou tourne librement après avoir mis légèrement le vérin en pression (10 MPa). Il est conseillé de contrôler, à l'aide de moyens appropriés (extensomètres, capteurs de pression, capteurs de force), l'effort mis en œuvre dans un certain nombre d'unités de précontrainte.

** Elles consistent en général à détendre l'armature, examiner l'ancrage, etc...

62.5 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

* Le marché peut prévoir que cette épreuve de convenance soit fusionnée avec les vérifications préalables (Cf. article 62.4.2 ci-dessus).

62.4.3,1 RÉCEPTION DES UNITÉS DE PRÉCONTRAINTÉ

Le CMP contrôle la conformité à l'agrément des différents éléments (*).

62.4.3,2 CONTRÔLE AVANT BÉTONNAGE

En cas d'utilisation de conduits rigides (tubes métalliques), le CMP vérifie que la plaque d'ancrage n'est pas susceptible de se mettre en butée sur le conduit (*).

62.4.3,3 CONTRÔLE APRÈS BÉTONNAGE
ET AVANT MISE EN TENSION

Le CMP contrôle le respect des dispositions retenues à l'issue des épreuves préalables (matériel de mise en tension, dispositifs de mesure, etc.)

62.4.4 CONTRÔLES À LA MISE EN TENSION

Les contrôles définis à l'article 95.4 du fascicule 65-A sont effectués dans les conditions suivantes :

Les indications relevées au cours des opérations (*), consignées sur le carnet de mise en tension, sont soumises à examen avant de procéder aux autres opérations (coupe, injection, etc.).

En cas d'anomalie (difficulté de serrage des écrous, etc.), il convient d'appliquer les consignes prévues (**).

62.5 CONTRÔLE EXTÉRIEUR

Le maître d'œuvre s'assure, par une épreuve de convenance (*), que les moyens mis en œuvre permettent d'obtenir l'effort de précontrainte requis.

Aucune mise en tension n'est autorisée avant obtention de résultats conformes.

Article 63 : Armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire.

63.1 FOURNITURE

* Il est rappelé que l'utilisation à titre définitif d'armatures de précontrainte après plusieurs emplois provisoires est interdite, sauf dérogation.

63.2 PROTECTION DES ARMATURES

* Du type galvanisation, par exemple (consulter l'entreprise distributrice du procédé).

63.3 PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉCONTRAINTÉ

* Le nombre de remplois inclut les remplois antérieurs éventuels.

Article 63 : Armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire.

Le présent article complète le chapitre 9 du fascicule 65-A dans le cas d'une utilisation provisoire des armatures de précontrainte.

63.1 FOURNITURE

Avant chaque réutilisation (*) éventuelle, le CMP procède à un contrôle visuel de l'armature et élimine toute partie rouillée, déformée ou entaillée.

63.2 PROTECTION DES ARMATURES

Les armatures utilisées à titre provisoire, susceptibles d'être soumises à des risques de corrosion, reçoivent, soit une protection provisoire éventuellement renouvelée, soit une protection permanente (*).

63.3 PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉCONTRAINTÉ

La procédure fixe les limitations de tension et le nombre des remplois (*) ainsi que toutes les consignes à respecter lors de la mise en œuvre de ces armatures provisoires (marquage à la peinture, mise en tension, détensions, contrôles, stockage ...). Les indications essentielles sont reportées sur les dessins d'exécution.

En l'absence de spécifications particulières du marché, la tension initiale des armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire avec emploi est limitée à la plus faible des deux valeurs suivantes :

$$0,7 F_{prg} \quad \text{ou} \quad 0,8 F_{peg}$$

Elle est limitée à $0,6 F_{prg}$ pour les barres.

Article 64 : Précontrainte additionnelle.

* Une précontrainte additionnelle peut être prévue pour les ouvrages :

- susceptibles d'être soumis à des charges d'exploitation d'importance croissante (par exemple : ouvrages susceptibles d'être situés sur des itinéraires de convois exceptionnels de classes C2, D ou E, définis par la lettre-circulaire de la Direction des routes R/EG.3 du 20 juillet 1983).
- soumis à des redistributions d'efforts par déformations différées gênées (structures dont le schéma statique de construction diffère du schéma de fonctionnement définitif ou soumises à des dénivellations d'appui).

Il s'agit, en général des grands ouvrages en béton précontraint, cependant des ouvrages plus modestes mais dont la structure permet la mise en œuvre de cette précontrainte additionnelle peuvent être concernés.

** A titre d'exemple, les dispositions peuvent porter sur les points suivants :

- des réservations dans les entretoises pour permettre le passage et l'ancrage d'armatures de précontrainte extérieure au béton (leurs dimensions doivent permettre un réglage de l'inclinaison des armatures) ;
- le renforcement des entretoises ;
- des gabarits à réserver pour permettre la mise en œuvre des vérins (chambres de tirage au niveau des culées) ;
- des supports éventuels, etc.

Article 65 : Structures continues comportant de nombreux joints de construction.

65.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

* Il est en effet plus facile d'assembler correctement les conduits rectilignes que les éléments courbes.

Le contrôle de la continuité s'en trouve également facilité.

Article 64 : Précontrainte additionnelle.

L'objet de cet article est de définir les dispositions à prendre lorsque le marché prévoit une précontrainte additionnelle (*) ultérieure.

Lorsque le marché prévoit la possibilité de mettre en œuvre pendant la durée d'exploitation de l'ouvrage une précontrainte additionnelle, les études d'exécution fixent les dispositions (**) à prendre.

Ces dispositions sont réalisées lors de l'exécution de la structure initiale et l'entrepreneur fournit une procédure prévisionnelle pour la réalisation de la précontrainte additionnelle.

Le dossier d'ouvrage doit contenir le détail de ces dispositions ainsi que la procédure précitée.

Article 65 : Structures continues comportant de nombreux joints de construction.

Les prescriptions du chapitre 9 du fascicule 65-A sont complétées par ce qui suit.

65.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Le tracé des armatures de précontrainte doit comporter le moins possible de tronçons courbes (*) traversant les joints, et respecter les alignements droits minimaux fixés par l'agrément ou, à défaut, par l'article 10.2,1 des règles BPEL.

Ces dispositions ne doivent cependant pas conduire à réduire les rayons de courbure.

65.2 CONTINUITÉ DE FORME ET D'ÉTANCHÉITÉ DES CONDUITS

65.2.1 CAS DES OUVRAGES BÉTONNÉS EN PLACE

* Les procédés les plus couramment utilisés sont les suivants :

a) Dans le cas de gaines métalliques, la jonction s'effectue par vissage d'un manchon de gaine de diamètre immédiatement supérieur à celui des gaines à raccorder. La longueur minimale du manchon est de $4\varnothing_i$ (\varnothing_i est le diamètre intérieur de la gaine). Les joints des manchons sont étanchés :

- soit par un ruban adhésif dans les cas courants ;
- soit par un manchon thermorétractable dans le cas où la protection définitive est faite à l'avancement.

b) Dans le cas des tubes en acier, la jonction s'effectue :

- soit par un emboîtement collé, complété par un manchon thermo-rétractable dans les cas courants ;
- soit par soudure, par un manchon vissé, ou par sertissage, dans le cas d'une protection définitive par graisse (des essais particuliers sont nécessaires pour contrôler l'étanchéité).

c) Dans le cas de tubes en matière plastique, la jonction s'effectue :

- soit par un manchon coulissant collé (applicable seulement à certaines matières plastiques) ;
- soit par soudure (polyéthylène).

65.2 CONTINUITÉ DE FORME ET D'ÉTANCHÉITÉ DES CONDUITS

Le contrôle de cette continuité doit être effectué avant et après bétonnage.

Il s'agit de vérifier le respect des stipulations de l'article 93.2 du fascicule 65-A selon un mode opératoire défini par la procédure d'exécution de la précontrainte.

65.2.1 CAS DES OUVRAGES BÉTONNÉS EN PLACE

La continuité de forme (*) est réalisée au moment du réglage des conduits de la partie à bétonner et avant leur fixation définitive.

La continuité de l'étanchéité doit être assurée au droit des jonctions entre les éléments constituant un conduit.

Les opérations de décoffrage et de décintrement ne doivent causer aucun dommage aux conduits de précontrainte débouchant sur les joints et les traversant.

65.2.2 CAS DES OUVRAGES PRÉFABRIQUÉS PAR VOUSOIRS AVEC CONDUITS INTÉRIEURS AU BÉTON

* Ces dispositions peuvent consister notamment en :

- des manchons gonflables de longueur et de rigidité suffisante ;
- des barres ou tubes rigides convenablement formés et enfilés à travers les conduits en regard.

** Ces précautions peuvent être notamment :

- le regroupement des conduits par familles (armatures de précontrainte de fléau, de continuité, etc.) ;
- l'écartement des conduits d'une même famille qui aboutissent à des joints différents.

*** Ces procédés peuvent être notamment :

- des joints toriques ;
- des rainures concentriques remplies, par exemple, d'un polymère thermodurcissable (produit d'encollage) ;
- des manchons intérieurs dilatables.

65.2.2 CAS DES OUVRAGES PRÉFABRIQUÉS PAR VOUSOIRS AVEC CONDUITS INTÉRIEURS AU BÉTON

La continuité de forme est réalisée au moment de la préfabrication en positionnant correctement les conduits. Ce positionnement est obtenu par le recours à des dispositions appropriées (*).

Il y a lieu de s'assurer, en particulier dans les parties minces (hourdis, etc.), que le dispositif envisagé ne crée pas de déviations angulaires génératrices de poussées au vide locales.

Pour s'affranchir partiellement des difficultés d'obtention d'une véritable continuité d'étanchéité, des précautions sont prises lors des études d'exécution (**).

De plus, l'isolement des conduits ou des groupes de conduits doit être recherché par divers procédés (***), le procédé retenu étant vérifié par des essais particuliers.

Les dispositions envisagées sont portées sur les dessins d'exécution, et le dessin des armatures de précontrainte doit faire apparaître nettement les possibilités d'injection des conduits en fonction de la technique de protection définitive retenue.

Il convient de veiller à empêcher l'introduction de tout produit étranger aux droits des joints et aux abouts.

Avant enfilage des armatures de précontrainte, les bourrelets de résine éventuels sont enlevés.

Avant la mise en œuvre de la protection définitive, on procède à un essai d'étanchéité.

Si des fuites sont repérées, elles sont étanchées. On procède alors à un nouvel essai pour détecter les défauts d'étanchéité restants.

Pour éviter tout risque de communication entre conduits, il convient de procéder à l'injection simultanée de tout ou partie des conduits d'un même groupe d'armatures de précontrainte.

65.3 CONTRÔLES RELATIFS AUX INJECTIONS

* Pour les structures faisant l'objet du présent article 65, le marché doit normalement prescrire de tels essais.

**Article 66 : Prescriptions additionnelles relatives
à la protection des armatures de précontrainte.**

66.1 DOMAINE D'APPLICATION



66.2 RENOUELEMENT DE LA PROTECTION PROVISOIRE

66.2.1 AVANT MISE EN TENSION

* Il est rappelé que l'entrepreneur doit veiller aux compatibilités respectives des produits utilisés sur le chantier et en usine.

** Il convient en effet d'éviter les risques de pollution des parements.

66.2.2 APRÈS MISE EN TENSION

* Lors de la mise en tension, la protection provisoire est localement altérée par l'effet des frottements.

65.3 CONTRÔLES RELATIFS AUX INJECTIONS

L'article 95.5.1.A du fascicule 65-A est complété comme suit.

Lors des essais d'étanchéité (*), il y a lieu de contrôler la correspondance entre la numérotation des conduits et celle des événements en s'assurant du fonctionnement de ces derniers.

**Article 66 : Prescriptions additionnelles relatives
à la protection des armatures de précontrainte.**

66.1 DOMAINE D'APPLICATION



66.2 RENOUELEMENT DE LA PROTECTION PROVISOIRE

66.2.1 AVANT MISE EN TENSION

La protection provisoire assurée avant livraison sur chantier doit être complétée ou renouvelée (*) avant l'enfilage des armatures dans les conduits lorsque les vérifications faites à ce moment en montrent la nécessité.

Si l'ambiance est agressive, ou si la procédure de précontrainte comporte une prolongation de durée de la protection provisoire, celle-ci doit être renforcée par pulvérisation ou exceptionnellement par remplissage des conduits si leur nature le permet (**).

66.2.2 APRÈS MISE EN TENSION

La protection provisoire éventuelle des armatures peut devoir être renouvelée ou complétée dans les zones voisines des ancrages (*).

** Ce délai est réduit à une semaine, sans possibilité de renouvellement, lorsque les armatures mises en œuvre ont été homologuées avec limitation motivée par la susceptibilité à la corrosion.

*** En cas d'atmosphère agressive, le marché prévoit au préalable un essai de convenance permettant de s'assurer que la durabilité des armatures tendues ne risque pas d'être compromise par un maintien prolongé de la protection provisoire.

66.3 DISPOSITIONS PARTICULIÈRES EN PÉRIODE HIVERNALE

* Si la mise en tension est indispensable (par exemple pour éviter des fissures de retrait), on peut tendre des armatures provisoires qui seront remplacées dès que les conditions climatiques permettront de reprendre le cours normal des travaux.

Le délai normalement admissible pendant lequel les armatures tendues peuvent rester sous protection provisoire, sans autre renouvellement, est de quatre semaines (**) en atmosphère normale (***).

Au delà de quatre semaines, si le programme de précontrainte, visé par le maître d'œuvre, prévoit une prolongation du délai entre mise en tension et application de la protection définitive, la protection provisoire doit être renouvelée ou complétée avec la périodicité suivante :

- quatre semaines si elle a été appliquée par pulvérisation, ou par un procédé analogue.
- en tant que de besoin si elle a été obtenue par remplissage.

Le délai de quatre semaines peut être porté à six semaines, en atmosphère normale, si les conditions suivantes sont satisfaites :

- les armatures ne débouchent pas en extrados,
- leurs extrémités sont munies de capots étanches,
- les conduits sont parfaitement continus.

Sauf indication spéciale du marché, les armatures de précontrainte, après mise en tension, ne peuvent rester au total plus de trois mois sous protection provisoire.

66.3 DISPOSITIONS PARTICULIÈRES EN PÉRIODE HIVERNALE

La procédure d'exécution relative à la précontrainte tient compte des périodes prévisibles de gel, de façon à éviter de mettre en place et en tension des armatures dont l'injection devrait être différée pour ce motif (*).

Si l'injection est différée, l'entrepreneur assure la protection provisoire des conduits et des armatures. Après une période de gel, l'injection n'est exécutée qu'après un essai à l'air destiné à détecter la présence éventuelle de bouchons de glace.

CHAPITRE 7

PRÉCONTRAINTE EXTÉRIEURE**Article 71 : Dispositions générales.**

71.1 DOMAINE D'APPLICATION

71.2 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

* Si le marché n'impose pas de précontrainte remplaçable, les stipulations du présent chapitre sont cependant applicables.

** Cette exigence a pour objectif de limiter l'emploi des seules techniques de protection superficielle des armatures de précontrainte, telles que la galvanisation ou la peinture. Celles-ci demandent, en effet, une surveillance et un entretien particulièrement contraignants.

71.2.1 CONDUITS

* Les conduits pour précontrainte provisoire ne sont pas injectés. Leur rôle consiste à :

- faciliter la mise en place des armatures,
- les protéger contre d'éventuelles agressions mécaniques,
- empêcher le fouettement d'une armature en cas de rupture accidentelle.

** Ces exigences se superposent à celles de l'article 92.2.1 du fascicule 65-A.

CHAPITRE 7

PRÉCONTRAINTE EXTÉRIEURE**Article 71 : Dispositions générales.**

71.1 DOMAINE D'APPLICATION

Le présent chapitre s'applique aux structures précontraintes dont les armatures sont placées à l'extérieur du béton.

71.2 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Sauf indication contraire du marché, les dispositions suivantes sont retenues (*) :

- Les armatures sont logées et protégées, sur toute leur longueur, à l'intérieur de conduits (**).
- La précontrainte est remplaçable, c'est-à-dire qu'elle doit pouvoir être démontée sans aucune détérioration de la structure. Cette opération peut cependant nécessiter la destruction de l'armature et de son conduit.

71.2.1 CONDUITS

Les dispositions qui suivent concernent les conduits pour armatures extérieures au béton assurant la précontrainte définitive des ouvrages, quelle que soit la nature du produit d'injection utilisé (coulis de ciment, graisse, cire ...). Elles ne s'appliquent pas aux conduits pour précontrainte provisoire de construction (*).

Les caractéristiques des conduits en cause doivent permettre de satisfaire aux exigences particulières suivantes (**) :

- absence d'agressivité des matériaux constitutifs vis-à-vis des produits d'injection et des armatures ;
- résistance à la pression d'injection maximale proposée par l'entrepreneur dans le cadre du PAQ, compte tenu de la température maximale du produit injecté définie par ce même document ;

*** Dans le cas d'une injection au coulis de ciment, le coulis une fois durci exerce un effet répartiteur très favorable à la tenue à long terme du conduit.

71.2.2 DÉVIATEURS

71.2.2.1 CONCEPTION

71.2.2.2 DÉFINITIONS DES DIFFÉRENTS TYPES DE DÉVIATEURS

* Dans le présent texte, cet élément structural du déviateur est supposé constitué de béton (mais la plupart des prescriptions qui suivent sont extrapolables au cas où il serait métallique). Il fait partie intégrante de la structure. Son dimensionnement relève des textes généraux en vigueur.

||| ** Au niveau de la consultation des entreprises, le Règlement de la consultation (RC) peut utilement demander des propositions techniques à cet égard.

*** La démontabilité suppose alors que le conduit est injecté à l'aide d'un produit souple.

*** * Les deux parois en cause sont :

- la paroi déviateur, extérieure au conduit ;
- la paroi du conduit.

L'expression communément utilisée de « double tubage » est parfois impropre car la paroi déviateur peut ne pas avoir une forme tubulaire.

- résistance à la pression de contact exercée par les câbles dans les zones courbes lors de la mise en tension, ou, à long terme, dans le cas d'une injection par produit souple (***) ;

- bonne tenue au vieillissement (notamment vis-à-vis des ultra-violets pour les conduits exposés à la lumière).

71.2.2 DÉVIATEURS

71.2.2.1 CONCEPTION

Un déviateur doit satisfaire aux exigences suivantes :

- résister aux forces tant longitudinales que transversales que le câble lui applique et transmettre ces forces à l'ensemble de la structure,
- réaliser sans cassure angulaire inacceptable le raccordement entre deux tronçons droits théoriquement coplanaires,
- sauf indication contraire du marché, permettre la démontabilité de l'armature sans détérioration des éléments structuraux.

71.2.2.2 DÉFINITIONS DES DIFFÉRENTS TYPES DE DÉVIATEURS

Les déviateurs comprennent :

- un élément structural capable de reprendre les efforts exercés par le câble dans la zone de déviation (*),
- un organe assurant la géométrie de la déviation.

L'organe courant de déviation (**) se rattache à l'un des types suivants, soit :

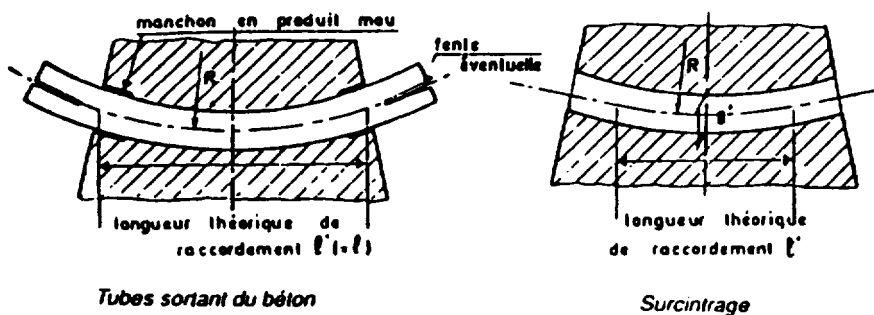
a - un tronçon du conduit (***). Il s'agit alors d'un tube cintré scellé d'emblée dans le béton du déviateur. Cette solution est dite « déviation par le conduit »,

b - un élément indépendant du conduit lié rigidement ou non à la structure du déviateur lors de la mise en tension de l'armature de précontrainte. Ce type de solution est appelé, par la suite, « déviation à double paroi » (*** *). Selon la forme et les possibilités de jeu de la paroi déviateur, on distingue les cas suivants :

Il importe de prendre toute disposition adéquate pour éviter une éventuelle accumulation d'eau entre les deux parois qui pourrait, en cas de gel, provoquer une désorganisation du béton adjacent.

*** ** Un préréglage au moyen d'un fil guide entre déviateurs successifs est fortement conseillé dans ce cas.

Exemples de solutions de type b1 aménagé

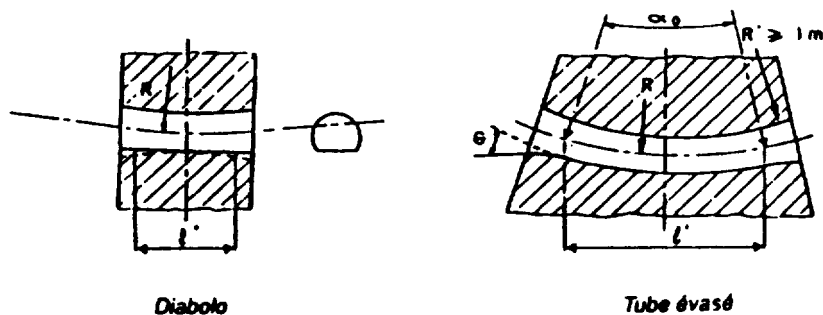


b 1. Paroi déviatrice fixe de forme tubulaire simple, exigeant, tout comme la déviation par le conduit, une mise en place rigoureuse (***) (**).

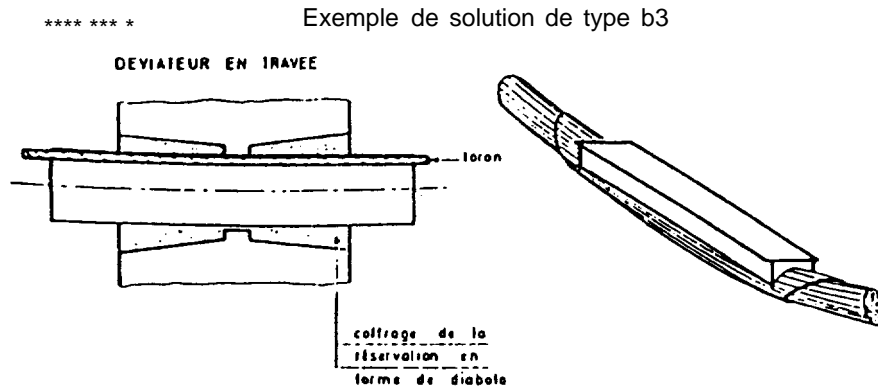
Différents aménagements permettent toutefois d'absorber certaines imprécisions angulaires dans la mesure où elles sont localisées dans le plan de déviation.

*** **

Exemples de solutions de type b2



b 2. Paroi déviatrice fixe, de forme élaborée (***) (**), pouvant tolérer des défauts de mise en place dans une plage assez étendue.



71.2.3 ZONES D'ANCRAGES

* A cet égard, le dimensionnement de l'entretoise relève des textes généraux en vigueur. Il est précisé toutefois que, dans le cas où une précontrainte de l'entretoise est utilisée pour en améliorer le comportement, les conditions de non décompression de la section d'enrobage sous combinaisons quasi-permanentes ne sont pas à appliquer.

71.3 ÉTUDES D'EXÉCUTION

71.3.1 CONSISTANCE DES ÉTUDES D'EXÉCUTION

* Ce dessin d'accès à la précontrainte extérieure complète les documents prévus à l'article 32.4 du fascicule 65-A (dispositions pour la visite et l'entretien). Il s'agit, notamment, des voies permettant d'amener jusqu'à l'ouvrage des engins de capacité suffisante pour approvisionner le matériel nécessaire à la surveillance, à l'entretien et au renforcement éventuel de la structure.

b 3. Paroi déviatrice mobile présentant, au moins provisoirement, des degrés de liberté cinématique suffisants pour permettre un réglage automatique de son orientation au début de la mise en tension (** ** **).

Les solutions de type b2 et b3 s'accommodent, à l'intérieur de certaines limites, d'imprécisions de positionnement grâce à :

- leur seule géométrie dans le cas b2,
- leur géométrie combinée à leurs possibilités de déplacement et de déformation dans le cas b3.

71.2.3 ZONES D'ANCRAGES

Les câbles sont ancrés dans des entretoises massives à travers lesquelles ils sont généralement déviés.

Comme les déviateurs en partie courante, ces entretoises doivent satisfaire aux exigences suivantes :

- résister aux forces longitudinales et transversales que leur appliquent les câbles et transmettre ces forces à l'ensemble de la structure (*),
- réaliser sans cassure angulaire inacceptable le raccordement avec les tronçons rectilignes constituant les tracés des câbles à leur sortie,
- sauf indication contraire du marché, permettre la démontabilité des armatures de précontrainte sans détérioration des éléments structuraux.

71.3 ÉTUDES D'EXÉCUTION

71.3.1 CONSISTANCE DES ÉTUDES D'EXÉCUTION

Outre les documents prévus par l'article 32 du fascicule 65-A, l'entrepreneur doit fournir :

- Un dessin des dispositifs d'accès à la précontrainte extérieure. Ce dessin indique :
 - les points d'entrée dans la structure et les accès à celle-ci (*),
 - les points de levage et leur capacité portante.

** Il s'agit de préciser les volumes interdits à toute implantation ultérieure de canalisations ou d'équipements.

*** Ces tolérances sont soumises à certains plafonnements (cf. article 73.2.2 ci-après).

71.3.2 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION

* Cette contrainte est liée à la vulnérabilité au feu et à la corrosion des armatures de précontrainte extérieure.

- Une étude de la faisabilité du remplacement des armatures de précontrainte, lorsque celle-ci est remplaçable.

Cette étude doit mettre en évidence les conditions dans lesquelles la structure est apte à supporter la suppression provisoire de l'une quelconque de ses armatures extérieures remplaçables, ou de plusieurs d'entre elles, suivant les exigences du marché.

Elle doit également définir tous les éléments nécessaires à ces remplacements, notamment :

- la position des ancrages fixes et des ancrages actifs tant pour les armatures d'origine que pour celles de substitution éventuelles,
- les gabarits à réserver impérativement pour permettre ce remplacement (**).

- Une étude des effets des imperfections d'implantation des déviateurs.

Ce document a pour objet de préciser, en liaison avec le PAQ, les tolérances d'implantation des déviateurs (***) et d'analyser leurs conséquences sur les déviations angulaires parasites à prendre en compte.

71.3.2 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION

Outre les gabarits définis ci-dessus, une zone de protection est prévue autour des armatures de précontrainte, que celles-ci soient remplaçables ou non. Elle est clairement indiquée sur tous les dessins d'exécution définissant le tracé de ces armatures (*).

Sauf étude spécifique soumise à l'agrément du maître d'œuvre, cette zone est limitée, dans chaque section de l'armature, soit par le périmètre d'un rectangle vertical centré sur elle et perpendiculaire à son axe, soit par les parois en béton de l'ouvrage. Les dimensions du rectangle sont de 2 mètres de largeur horizontale et 4 mètres de hauteur.

Aucun câble électrique, canalisation ou équipement d'aucune sorte ne peut être implanté à l'intérieur de cette zone, sauf dérogation du maître d'ouvrage.

Article 72 : Produits et matériaux.

72.1 CONDUITS

72.1.1 MATÉRIAUX ET TYPES DE TUBES

* D'autres matériaux peuvent être utilisés, dans certains cas, après avis d'un organisme spécialisé agréé par le maître d'œuvre.

- une matière plastique (autre que le PEHD), à l'exclusion de celles qui sont susceptibles de libérer des radicaux chimiques agressifs vis-à-vis des produits d'injection ou des aciers à haute résistance,

- un matériau composite (résine armée de fibres de verre, par exemple).

Ces matériaux doivent permettre de satisfaire aux exigences générales sur les conduits.

** En pratique, pour les unités et les conduits les plus couramment employés, les diamètres extérieurs minimaux utilisables sont donnés dans le tableau ci-après :

Unités	Tubes en acier	Tubes en polyéthylène
7 T 15	76,1	75
12 T 15	80	90
19 T 15	101,6	110
27 T 15	114,3	125
37 T 15	139,7	140

72.1.1,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE À HAUTE DENSITÉ

* La marque, créée en janvier 1990, est appliquée à son dernier indice de révision (révision n° 12 à la date d'édition du présent fascicule).

Article 72 : Produits et matériaux.

72.1 CONDUITS

72.1.1 MATÉRIAUX ET TYPES DE TUBES

Sauf disposition contraire du marché, les tubes sont en polyéthylène à haute densité (PEHD) ou en acier (*).

Le diamètre intérieur d'un conduit doit être au moins égal à $1,7 \cdot \sqrt{A_p}$, A_p représentant la section nominale de l'ensemble des armatures constituant l'unité (**).

72.1.1,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE À HAUTE DENSITÉ

Les tubes sont en polyéthylène de type PE 80 ou PE 100. Ils sont admis à la marque NF, selon l'identification AFNOR NF 114 (*), dans l'un des deux groupes suivants :

- groupe 4 - Applications industrielles,
- groupe 2 - Eau potable.

L'organisation de la qualité du fournisseur est conforme à la norme NF EN ISO 9002.

Toute fourniture de tubes du groupe 4 doit être accompagnée des documents de traçabilité concernant l'origine, la qualité et la quantité du polyéthylène de récupération utilisé pour la fabrication. En l'absence de ces documents, la fourniture est refusée.

Selon le type d'utilisation, et en accord avec le maître d'œuvre, les tubes sont choisis dans les séries de pression suivantes :

- | | | |
|------------------------|-----------------|-----------------|
| - série basse pression | PN = 0,63 MPa : | PE 80 |
| - série pression | PN = 1 MPa : | PE 80 ou PE 100 |

72.1.1, 2 TUBES EN ACIER

* A la date d'édition du présent fascicule, les normes applicables sont :
XP A 49-646, NF EN 10210-1 et -2, NF EN 10219-1 et -2.

** Si, pour des raisons particulières, un rayon $R < 20 \varnothing$ est prévu dans l'ouvrage, un essai de cintrage selon un rayon $R' = 0,8 R$ est à effectuer.

Pour de faibles rayons, on peut utiliser des tubes étirés.

L'attention est attirée sur le fait que, dans ce cas, les coefficients de frottement sont sensiblement majorés.

72.1.1, 2 TUBES EN ACIER

Les aciers utilisés sont au moins de nuance E235 et de qualité 2.

Les tubes doivent être conformes aux normes en vigueur (*). Ce sont des tubes ronds soudés formés à froid à partir de produits laminés à chaud ou des profils creux circulaires.

L'épaisseur du tube doit respecter les conditions suivantes :

$$e \geq \varnothing / 50$$

$$e \geq 1,5 \text{ mm}$$

où \varnothing désigne son diamètre extérieur.

Si, en outre, il est prévu d'assembler des tronçons de tubes par soudage, il faut que :

$$e \geq 3 \text{ mm}$$

Le tube doit être cintrable à froid sur un rayon de $20 \varnothing$ (**).

72.1.2 CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

72.1.2,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

* Pendant la phase d'approvisionnement sur l'ouvrage, il convient d'éviter une durée d'exposition supérieure à 48 heures.

72.1.2,2 TUBES EN ACIER

* De bonnes précautions, pour éviter une telle oxydation, consistent à huiler les tubes et à obturer leurs extrémités.

72.2 DÉVIATEURS

* En cas d'utilisation de matériaux différents, il convient de s'assurer que lesdits matériaux :

- se prêtent à un cintrage précis,
- présentent une résistance acceptable aux pressions de contact qu'exercent les câbles, tant lors des mises en tension qu'à long terme.

72.1.2 CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

72.1.2,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

Seuls les tubes dont le diamètre extérieur est inférieur à 70 mm peuvent être livrés en couronnes. Pour des diamètres plus importants, ils sont livrés en éléments droits.

||| Le marquage des tubes est conforme au règlement de la marque NF.

En complément des prescriptions du fascicule 65-A relatives au stockage des conduits, les exigences suivantes doivent être respectées :

- Pour les tronçons droits, la distance entre points d'appui est limitée à 3 mètres et la hauteur de gerbage à 1,50 m.

- La flèche résiduelle après déroulement du conduit ne doit pas excéder $2 \varnothing$ sur une longueur de 5 mètres (\varnothing étant le diamètre extérieur de la gaine). L'entrepreneur propose dans le PAQ les dispositions qu'il compte prendre pour respecter cette contrainte.

- Les tubes sont protégés de la lumière directe du soleil (*) pendant tout le temps de transport et de stockage.

72.1.2,2 TUBES EN ACIER

Ils sont livrés en longueurs droites et accompagnés d'une attestation de conformité.

Tout tube présentant une oxydation adhérente intérieure et/ou extérieure généralisée est refusé (*).

72.2 DÉVIATEURS

Dans le cas d'une déviation par le conduit, le tube cintré constitutif de ce conduit au droit de la déviation est, sauf disposition particulière du marché (*), en acier.

Dans le cas d'une déviation à double paroi, la paroi déviatrice peut être :

72.3 FOURNITURES PARTICULIÈRES POUR LES ZONES D'ANCRAGE

72.3.1 ENVELOPPE DE L'ARMATURE SUR LA LONGUEUR DE L'ENTRETOISE

* La démontabilité suppose alors que l'injection est réalisée à l'aide d'un produit souple. Cette disposition est corrélative de la « déviation par le conduit » définie au 71.2.2,2 a.

** Cette disposition est associée à la « déviation à double paroi » définie au 71.2.2,2 b.

Il importe de prendre toute disposition adéquate pour éviter une éventuelle accumulation d'eau entre les deux enveloppes qui pourrait, en cas de gel, provoquer une désorganisation du béton adjacent.

72.3.2 DISPOSITIFS D'ANCRAGE

- soit une coque en acier de forme adéquate,
- soit la paroi coffrée d'une réservation à l'intérieur de l'élément structural du déviateur.

Dans tous les cas, il appartient à l'entrepreneur de démontrer, soit par des essais de convenance, soit par des références antérieures, que la géométrie intrinsèque théorique de la paroi peut être obtenue, à l'intérieur de certaines limites de tolérance définies dans le PAQ, par les moyens précisés dans ce même document.

72.3 FOURNITURES PARTICULIÈRES POUR LES ZONES D'ANCRAGE

72.3.1 ENVELOPPE DE L'ARMATURE SUR LA LONGUEUR DE L'ENTRETOISE

Cette enveloppe peut être simple (*) ou double.

Dans le premier cas, elle est constituée d'un dispositif d'épanouissement (désigné dans ce qui suit par trompette) et d'un tube cintré assurant le raccordement au conduit.

Dans le second cas, cet ensemble ou enveloppe interne, destiné à confiner le produit d'injection, est complété par une enveloppe externe résultant de l'assemblage d'une trompette coffrante et d'un tube de réservation (**).

Ces dispositifs, au même titre que les organes d'ancrage à proprement parler, doivent faire l'objet d'un agrément, d'une autorisation de distribution ou d'une autorisation d'emploi spécifiques à une utilisation en précontrainte extérieure.

72.3.2 DISPOSITIFS D'ANCRAGE

Les organes d'ancrage ainsi que les trompettes et leurs raccordements aux tubes, tant pour l'enveloppe interne que pour l'enveloppe externe (s'il en est prévu) doivent faire l'objet d'un agrément, d'une autorisation de distribution ou d'une autorisation d'emploi spécifiques à une utilisation en précontrainte extérieure et octroyés, sur avis de la Commission interministérielle de la précontrainte, dans les conditions prévues par le règlement de l'agrément.

72.4 PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

* Le principe de la précontrainte extérieure la rend vulnérable aux agressions de toute nature (déjections d'origine animale et notamment des oiseaux, déprédations, feux,...). Le choix du type de protection dépendra donc des possibilités d'accès aux armatures, de la proximité, même hors du périmètre de protection, de conduits ou câbles électriques, et de sa démontabilité.

Article 73 : Mise en œuvre.

73.1 CONDUITS

* Il est recommandé d'adopter une longueur d'appui provisoire au moins égale à un diamètre de gaine et un espacement des supports qui ne soit pas supérieur à 5 mètres, cette valeur étant ramenée à 2,5 mètres dans le cas des câbles constitués de torons gainés protégés, injectés avant mise en tension.

73.1.1 ASSEMBLAGES, RACCORDS ET JOINTS DE DÉPLACEMENT

* Un assemblage ne doit pas constituer un point faible. Il est donc nécessaire que deux tronçons assemblés satisfassent aux mêmes critères qu'un tronçon unique en ce qui concerne l'étanchéité, la tenue à une pression interne et, si besoin, la résistance à la traction.

72.4 PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Les produits utilisés pour les injections (*) sont de mêmes natures que ceux servant à la protection des armatures de précontrainte intérieure au béton. Ils font l'objet d'exigences définies à l'article 92.3 du fascicule 65-A et au chapitre 5 du présent fascicule.

Conformément à l'article 71.2 du présent fascicule, les armatures sont logées et protégées, sur toute leur longueur, à l'intérieur de conduits, sauf indication contraire du marché.

La protection des têtes d'ancrage est assurée par un capot étanche définitif fixé mécaniquement. Ce capot reçoit lui-même une protection anti-corrosion efficace.

Article 73 : Mise en œuvre.

73.1 CONDUITS

Pendant la mise en place des conduits dans l'ouvrage, il convient d'apporter un soin particulier aux conditions d'appui (*) sur leurs supports provisoires, de façon à éviter des déformations locales excessives sous l'effet du poids propre des conduits, des armatures et du coulis.

73.1.1 ASSEMBLAGES, RACCORDS ET JOINTS DE DÉPLACEMENT

La démonstration de l'efficacité d'un type d'assemblage (*) ou de raccord mécanique (notamment s'il s'agit du raccordement de deux matériaux de natures différentes) doit être faite par l'entrepreneur. Elle peut résulter soit d'essais de convenance, soit de références antérieures.

Dans un cas comme dans l'autre, les conditions de mise en œuvre, particulièrement en ce qui concerne les problèmes d'encombrement et de place disponible pour réaliser les opérations de raccordement, doivent être représentatives de celles que permettent les dispositions retenues pour le chantier en cause.

73.1.1,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

73.1.1,2 TUBES MÉTALLIQUES

* Une épaisseur minimale de 3 mm s'impose pour le tube (voir 72.1.1,2)

73.1.2 PROTECTION ANTICORROSION DES TUBES MÉTALLIQUES

73.1.3 PIQUAGES POUR ÉVÉNEMENTS ET INJECTIONS

Pour les tubes en polyéthylène, des joints de déplacement, destinés à rattraper le mou du conduit, sont à prévoir dès que la longueur du câble dépasse 100 m.

73.1.1,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

L'assemblage est fait par thermofusion, soit par soudage au miroir, soit par utilisation d'un raccord électro-soudable.

Les coupes des tronçons à assembler doivent être d'équerre.

73.1.1,2 TUBES MÉTALLIQUES

L'assemblage peut être réalisé :

- par soudage bout à bout (*),
- par manchonnage et système d'étanchéité,
- par tulipage complété, soit par une étanchéité, soit par un collage.

73.1.2 PROTECTION ANTICORROSION DES TUBES MÉTALLIQUES

Les tubes métalliques doivent être protégés extérieurement par un système anticorrosion donnant, au moins, une garantie de 4 ans au degré Ri 3 selon les spécifications du fascicule 56 du CCTG.

73.1.3 PIQUAGES POUR ÉVÉNEMENTS ET INJECTIONS

Les diamètres des perçages et des tubes événements sont conformes aux valeurs indiquées à l'article 92.2.3 du fascicule 65-A du CCTG.

Les événements sont raccordés aux tubes par des dispositifs capables de résister à une pression au moins égale à celle définie dans le cadre du PAQ. La démonstration de leur efficacité doit être faite par l'entrepreneur. Elle peut résulter soit d'essais de convenance, soit de références antérieures.

73.1.3,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

* Il est recommandé, dans la mesure du possible, de réaliser les perçages avant la mise en place des câbles.

73.1.3,2 TUBES EN ACIER

73.1.4 VASES D'EXPANSION

* Le volume d'expansion à prévoir est au moins :

$$\Delta V = V (\alpha_3 - 2 \alpha) (T_{\max} - T_0)$$

où V représente le volume du conduit, α_3 le coefficient de dilatation cubique du produit d'injection et α le coefficient de dilatation linéaire du matériau constitutif du conduit.

En l'absence d'essais spécifiques probants, les coefficients de dilatation des matériaux couramment utilisés sont pris égaux aux valeurs suivantes :

- acier	α	=	1,00	$\times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
- matériau composite	α	=	1,25	$\times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
- polyéthylène	α	=	20	$\times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
- polypropylène	α	=	15	$\times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
- graisse ou cire	α_3	=	60	$\times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

Pour les produits d'injection souples (graisses ou cires), α_3 représente le coefficient de dilatation cubique.

73.1.3,1 TUBES EN POLYÉTHYLÈNE

Lorsque les armatures sont enfilées dans le tube (*), tout perçage au moyen d'outils durs non munis d'une butée de fin de course ainsi que tout perçage par fusion est interdit.

73.1.3,2 TUBES EN ACIER

Les perçages doivent être effectués avant l'enfilage des armatures de précontrainte.

73.1.4 VASES D'EXPANSION

Dans les cas d'injection au moyen d'un produit souple, ils sont nécessaires lorsque la température ambiante maximale T_{\max} est susceptible de dépasser la température minimale T_0 que le produit présente, dans la zone la plus défavorable, lors de sa mise en œuvre. Ils doivent être dimensionnés de façon à absorber l'excès de volume du contenu par rapport à son enveloppe lorsque la température ambiante atteint T_{\max} . Dans les conditions climatiques de la France métropolitaine, $T_{\max} = 60^\circ\text{C}$ (*).

73.2 DÉVIATEURS

73.2.1 GÉOMÉTRIE DE LA DÉVIATION

* L'absence d'arêtes n'est impérative que dans les zones où un contact entre paroi déviatrice et conduit est possible compte tenu des imprécisions de positionnement des déviateurs.

** La valeur de 10 mm constitue un minimum absolu pour la marge à réserver entre le diamètre extérieur du conduit et le diamètre intérieur du tube déviateur. La marge à retenir effectivement doit tenir compte de différentes conditions pratiques, entre autres :

- la longueur de la déviation,
- l'existence éventuelle de joints sur cette longueur,
- la géométrie du surcintrage lorsque la paroi déviatrice est un tube surcintré.

73.2 DÉVIATEURS

73.2.1 GÉOMÉTRIE DE LA DÉVIATION

La forme du déviateur est telle que le rayon minimal R_{\min} du tracé de l'armature de précontrainte qui y passe soit en tout point supérieur à la plus grande des deux valeurs suivantes :

1 mètre et $30 \varnothing$ (\varnothing représentant le diamètre extérieur du conduit)

Le diamètre intérieur de celui-ci satisfait, par ailleurs, aux conditions définies à l'article 72.1.1

La forme des déviateurs à double paroi est constituée d'un assemblage sans arête (*) d'éléments de surfaces toriques pour chacun desquels le plus grand des rayons de courbure principaux est, en tout point, au moins égal à :

- R_{\min} précédemment défini, dans les zones théoriques de contact,
- 1 mètre dans les zones de compensation des incertitudes de positionnement.

En effet, dans les cas de déviation à double paroi visés en b2 et b3 de l'article 71.2.2,2, la paroi déviatrice doit être conçue pour reprendre, à chacune de ses extrémités, une imprécision angulaire de direction arbitraire au moins égale à θ_{\min} , proposée par l'entreprise, compte tenu du système de déviation utilisé.

Sauf spécification plus sévère du marché : $\theta_{\min} = 5/100$ radian.

La valeur θ_{\min} ainsi fixée doit couvrir tous les écarts angulaires résultant des tolérances tant sur la forme intrinsèque des déviateurs que sur leur positionnement (Cf. article 73.2.2 ci-après). Il appartient à l'entrepreneur de démontrer que cette condition est bien remplie.

La paroi déviatrice doit, en outre, assurer le libre passage à un tube fictif dont le diamètre est au moins :

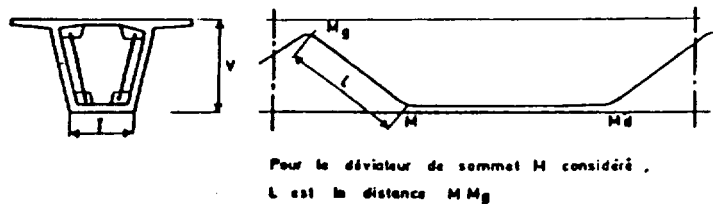
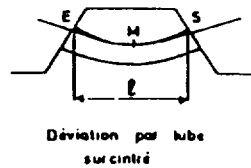
$$\varnothing' \geq \varnothing + 10 \text{ mm (**)}$$

73.2.2 POSITIONNEMENT DES DÉVIATEURS

* Les désignations conventionnelles des axes supposent l'axe longitudinal de la structure sensiblement horizontal et le plan de déviation du câble sensiblement vertical.

73.2.2,1 TOLÉRANCES SUR LA POSITION ABSOLUE DES POINTS E, S ET M

* Les notations sont définies sur les figures qui suivent.



73.2.2,2 TOLÉRANCES SUR LA POSITION RELATIVE DES POINTS E, S ET M

73.2.2 POSITIONNEMENT DES DÉVIATEURS

Les tolérances définies ci-après concernent 3 points caractéristiques E, S, M situés respectivement à l'entrée, à la sortie et au milieu de la paroi déviatrice, sur la ligne théorique de contact entre ladite paroi et le câble ou éventuellement, en ce qui concerne les points E et S, sur son prolongement direct.

Elles sont repérées sur des axes de direction fixe sensiblement parallèles à l'axe longitudinal de la structure, à son axe transversal horizontal et à la verticale (*).

73.2.2,1 TOLÉRANCES SUR LA POSITION ABSOLUE DES POINTS E, S ET M

Si l'on désigne par V la hauteur totale de structure résistance, et par L la distance théorique entre le déviateur considéré et son voisin le plus proche (*), l'écart entre position théorique et position réelle du point M est, dans tous les cas, limité à :

- longitudinalement $L / 200$
- verticalement $\min (L / 200 ; V / 80 ; 30 \text{ mm })$
- transversalement $\min (L / 200 ; 30 \text{ mm })$

Ces conditions s'appliquent également aux points E et S lorsque la paroi déviatrice est fixe (cas a, b1 et b2 de 71.2.2,2).

73.2.2,2 TOLÉRANCES SUR LA POSITION RELATIVE DES POINTS E, S ET M

Lorsque la paroi déviatrice est rigidement liée dès le départ à la structure du déviateur, l'écart entre positions relatives théoriques et positions relatives réelles des points E et S est limité à :

- $k \sqrt{l}$ dans le sens vertical,
- $k \sqrt{l}$ dans le sens transversal,

1 désignant la longueur de la paroi déviatrice.

Sauf indication contraire du marché, k_v et k_t sont fixés comme suit :

- dans les cas a et b1 de 71.2.2,2 , $k_v = k_t = 1 \times 10^{-2}$
- dans le cas b2 de 71.2.2,2 , $k_v = k_t = 2 \times 10^{-2}$

En outre, l'écart angulaire ω (résultant d'une incertitude de positionnement de la paroi déviatrice autour de l'axe ES) entre position théorique et position réelle du plan EMS est borné à ω_{max} . Si la paroi déviatrice est de forme tubulaire simple (cas a et b1 de 71.2.2,2) : $\omega_{max} = 5 \times 10^{-2}$ radian

Il incombe à l'entrepreneur de préciser dans le PAQ les mesures à prendre pour assurer le respect de ces tolérances et de démontrer, soit par un essai spécifique, soit par des références antérieures, l'efficacité de ces mesures.

73.2.3 PROTECTION ANTICORROSION DES PARTIES MÉTALLIQUES DES ORGANES DE DÉVIATION

- * Il est possible également de protéger ces organes :
- soit par peinture donnant une garantie d'anticorrosion de 5 ans au degré Ri2 ,
 - soit par métallisation donnant une garantie d'anticorrosion de 5 ans au sens de l'article 4.2.1 du fascicule n°56 du CCTG.

73.3 ZONES D'ANCRAGE

73.3.1 GÉOMÉTRIE DU TRACÉ DANS L'ENTRETOISE. TOLÉRANCES D'IMPLANTATION

- * Les conditions plus sévères définies dans le présent article résultent des éléments suivants :
- un épanouissement convenable des armatures individuelles à proximité de la tête d'ancrage n'est pas conciliable avec un rayon de courbure trop faible du tracé à l'extrémité de la trompette,
 - la tension des armatures est plus élevée à la sortie des organes d'ancrage qu'au droit d'un déviateur courant,
 - la traversée d'une entretoise d'ancrage est nettement plus longue que celle d'un déviateur courant.

73.2.3 PROTECTION ANTICORROSION DES PARTIES MÉTALLIQUES DES ORGANES DE DÉVIATION

Les parties métalliques des organes de déviation doivent être protégées, sauf indication contraire du marché (*), par galvanisation à chaud donnant une garantie d'anticorrosion de 11 ans au sens de l'article 4.2.1 du fascicule n°56 du CCTG.

73.3 ZONES D'ANCRAGE

73.3.1 GÉOMÉTRIE DU TRACÉ DANS L'ENTRETOISE. TOLÉRANCES D'IMPLANTATION

Les principes généraux définis aux articles 73.2.3 et 73.2.4 sur les « Déviateurs » sont applicables moyennant les adaptations ci-après (*).

73.3.2 TRACÉ DU CÂBLE HORS TROMPETTE

73.3.2 TRACÉ DU CÂBLE HORS TROMPETTE

C'est un cercle de rayon R_{\min} au moins égal à la plus grande des deux valeurs suivantes :

2 mètres, $R_{\min} + 1$ mètre.

La définition de R_{\min} est donnée à l'article 73.2.1.

Lorsque l'enveloppe est double, le tube de réservation peut être évasé à sa sortie de l'entretoise de façon à compenser une imprécision angulaire θ de direction arbitraire. Les conditions à respecter sur θ sont celles de l'article 73.2.1. L'évasement en question doit, par ailleurs, présenter un rayon de courbure principal au moins égal à 1 mètre.

73.3.3 JEUX ENTRE PAROIS DANS LE CAS D'UNE DOUBLE ENVELOPPE

73.3.3 JEUX ENTRE PAROIS DANS LE CAS D'UNE DOUBLE ENVELOPPE

Hors trompette, le jeu minimal à réserver entre le diamètre intérieur du tube-coffrant et le diamètre extérieur du tube-conduit est de 10 mm.

Au niveau des trompettes, le jeu minimal résulte des dispositions de la notice technique annexée à l'agrément ou à l'autorisation du système de précontrainte extérieure utilisé.

73.4 PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

73.4 PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ (*)

* Il est rappelé que, suivant l'article 71.2 du présent fascicule, les armatures de précontrainte extérieure doivent être démontables, sauf disposition contraire du marché.

Les dispositions exigées pour la mise en œuvre des produits de protection font l'objet de l'article 93.4 du fascicule 65-A, et du chapitre 5 du présent fascicule.

** Cette injection a pour but de mieux répartir les efforts dans les déviateurs afin d'éviter toute déchirure des gaines individuelles de protection des torons

Sauf dispositif de déviation accepté par la Commission interministérielle de la précontrainte, les torons gainés-protégés sont injectés au coulis de ciment avant mise en tension. Celle-ci est réalisée après durcissement du coulis (**).

Article 74 : Assurance de la qualité.

74.1 ACCEPTATION DES PRODUITS ET MATÉRIAUX

74.2 CONTRÔLE DE LA GÉOMÉTRIE DU TRACÉ DES ARMATURES

* Il est rappelé que les documents de suivi sont les pièces écrites organisant et matérialisant la réalité des contrôles internes.

** Il est rappelé qu'un point d'arrêt est une étape des travaux pour laquelle un accord formel du contrôle extérieur est nécessaire à la poursuite de l'opération.

Article 74 : Assurance de la qualité.

74.1 ACCEPTATION DES PRODUITS ET MATÉRIAUX

Les attestations de conformité concernant les produits et matériaux utilisés pour les conduits, déviateurs et ancrages, sont tenues à la disposition du maître d'œuvre.

Conformément à l'article 73.1.3 du présent fascicule, les raccordements des événements doivent faire l'objet d'essais de convenance de la part de l'entrepreneur, ou bénéficiaire de références antérieures.

74.2 CONTRÔLE DE LA GÉOMÉTRIE DU TRACÉ DES ARMATURES

Le plan d'assurance qualité (PAQ) comprend obligatoirement les procédures concernant les points suivants :

- Dispositions prises pour respecter la condition sur les flèches résiduelles des conduits livrés en couronnes (article 72.1.2,1 du présent fascicule) : les documents de suivi correspondants (*) sont tenus à la disposition du maître d'œuvre.

- Méthodes adoptées pour le contrôle du positionnement des déviateurs conformément aux articles 73.2.2,1 et 73.2.2,2 du présent fascicule, ces contrôles doivent porter sur la vérification de la position absolue du déviateur et sur celle des positions relatives des points E, M et S. Ces contrôles sont réalisés avant bétonnage quel que soit le type de déviateur, et de nouveau, après bétonnage, pour les points E et S, si le déviateur utilisé est de type A suivant la terminologie adoptée au 71.2.2,2 du présent fascicule.

Les documents de suivi sont transmis au maître d'œuvre.

Sauf stipulation contraire du marché, un point d'arrêt (**) est observé avant bétonnage de chacun des déviateurs.

CHAPITRE 8

PEINTURES

Article 81 : Dispositions générales.

81.1 DOMAINE D'APPLICATION

* Dans ce chapitre, les règles relatives à la protection des ouvrages métalliques contre la corrosion, qui figurent dans le fascicule 56 du CCTG, ont été étendues aux ouvrages en béton.

** Il s'agit de travaux qui sont :

- soit prévus au marché,
- soit rendus nécessaires en application de l'article 102 du fascicule 65-A du CCTG (Reprise des imperfections ou des non-conformités éventuelles).

*** Par exemple, intérieurs de tunnels en couleurs claires.

*** * Par exemple, pour l'entretien des tunnels.

*** ** Par exemple, pour des écrans anti-bruit.

81.2 GARANTIES PARTICULIÈRES

* Pour les ouvrages situés en ambiance tropicale, la durée de garantie est fixée par le CCAP.

** L'existence de ces garanties particulières n'a pas pour effet de retarder la libération des sûretés au-delà de l'expiration du délai de garantie (cf. article 44.3 - 2ème alinéa du CCAG).

CHAPITRE 8

PEINTURES

Article 81 : Dispositions générales.

81.1 DOMAINE D'APPLICATION

Le présent chapitre (*) s'applique aux travaux de fourniture et de mise en œuvre (**) de systèmes de peinture sur bétons (généralement trois couches) afin d'améliorer :

- la protection du béton,
- la sécurité (***),
- la facilité de nettoyage et l'économie d'énergie (*** *),
- l'esthétique (*** **).

81.2 GARANTIES PARTICULIÈRES

Sauf stipulation différente du marché (*), les garanties particulières au sens de l'article 44.3 du CCAG (**) portent sur la tenue des produits et la tenue des couleurs des systèmes de peinture.

81.2.1 GARANTIES CONTRE LES DÉCOLLEMENTS, PELAGES ET CLOQUAGES

* Par exemple poutre, pile, culée, etc.

** Tout en se référant à une figure géométrique simple (rectangle, carré, cercle ou triangle).

*** Ces durées de garanties peuvent être modulées en fonction des ambiances, des zones d'exposition particulières ou encore des conditions de service.

Pour les tunnels, ne sont concernées que les parties lessivables ; les entrées et les sorties des tunnels peuvent être traitées comme des parties extérieures.

*** * Les épaisseurs sèches désignées dans les tableaux sont celles décrites dans le marché.

*** ** Dans les contrats habituels, les assureurs limitent les risques à des durées de deux ans.

81.2.1 GARANTIES CONTRE LES DÉCOLLEMENTS, PELAGES ET CLOQUAGES

Pendant la durée de la garantie, il n'est pas toléré d'altérations telles que décollements, pelages et cloquages, à quelque niveau qu'ils se produisent, dont la superficie cumulée dépasse 1% de la superficie de référence.

La définition de la garantie fait appel à la notion de superficie de référence qui se rapporte aux éléments structurels de l'ouvrage ou de l'élément d'ouvrage (*). Sauf disposition différente du marché, elle a pour valeur :

- la superficie de l'élément structurel, si elle est inférieure à 1 m²,
- sinon, une superficie de 1 m² représentative de l'élément considéré (**).

Les durées de garanties (***) contre les décollements, pelages et cloquages destructeurs, suivant que le béton est en extérieur ou en tunnel, sont données dans les tableaux 1 et 2 ci-après.

Tableau 1 : Durées de garanties contre les décollements, pelages et cloquages destructeurs pour des bétons en extérieur.

Épaisseur sèche (***) du revêtement	Peinture monocomposant	Peinture bicomposant
≥ 150 µm	4 ans	5 ans
≥ 300 µm	6 ans	8 ans

Tableau 2 : Durées de garanties contre les décollements, pelages et cloquages destructeurs pour des tunnels en béton.

Épaisseur sèche (***) du revêtement	Peintures aptes à être lessivées
≥ 200 µm	5 ans
≥ 300 µm	8 ans

Le prix du marché doit comprendre le coût supplémentaire d'une assurance spécifique (*** **).

81.2.2 GARANTIES D'ASPECT

* Les garanties d'aspect sont indépendantes de l'épaisseur sèche du revêtement.

** Les normes concernées sont les suivantes :

- NF ISO 7724-1,-2,-3 Peintures et vernis - Colorimétrie.
Partie 1 : Principes (classement T 36-004-1)
Partie 2 : Mesurage de la couleur (classement T 36-004-2)
Partie 3 : Calcul des différences de couleur (classement T 36-004-3)
- X 08-000 Dictionnaire de colorimétrie théorique et technique.
- NF T 34-554-1,-2 Peintures et vernis - Systèmes de peinture anti-corrosion - Stabilité dans le temps des caractéristiques colorimétriques d'une peinture de finition pour ouvrage métallique.
Partie 1 : Critères de performance.
Partie 2 : Détermination sur ouvrage en service.

*** Ce caractère est alors prévu dans le marché.

Article 82 : Produits et matériaux.

82.1 CHOIX

* Outre l'insensibilité aux alcalis, les critères de choix sont multiples :

- nature de l'ouvrage ;
- objectifs fixés ;
- ambiance et conditions de service ;
- durée de vie souhaitée.

81.2.2 GARANTIES D'ASPECT (*)

Si le marché prévoit de telles garanties, elles ne sont applicables qu'aux parties exposées et visibles des ouvrages.

Les durées de garanties d'uniformité de la couleur (**) et de constance de la couleur (***) sont données dans le tableau 3 ci-après.

Tableau 3 : Durées de garanties d'aspect.

	Peinture monocomposant	Peinture bicomposant
Uniformité de la couleur	Pas de garantie	5 ans
Constance de la couleur	Pas de garantie	3 ans

Pendant le délai de garantie, l'obligation d'entretien de l'entrepreneur comprend la réparation des revêtements.

Article 82 : Produits et matériaux.

82.1 CHOIX (*)

Les produits à utiliser sont proposés par l'entrepreneur compte tenu des stipulations du marché.

Ces différents critères sont développés dans le Guide technique du LCPC « Mise en peintures des bétons de génie civil » (1998).

En parallèle au guide, est publiée une liste des systèmes de peinture pour béton ayant subi avec succès les essais de qualité en laboratoire, avec identification physico-chimique des produits. Cette liste a été réactualisée en 1998.

Il convient de préciser qu'il s'agit d'une procédure de qualification des systèmes de peinture conçue pour apporter une aide efficace aux utilisateurs, et non d'une procédure de certification de qualité.

** La fiche technique comporte notamment les informations suivantes :

- la désignation du produit,
- la classification du produit conformément à la normalisation en vigueur (norme NF T 36-005 - Peintures et vernis. Classification des peintures, des vernis et des produits connexes),
- le domaine d'emploi,
- la préparation du produit,
- les modes d'application.

La fiche de sécurité donne des renseignements quant à la toxicité des produits et recommande certaines précautions d'utilisation.

82.2 CONDITIONNEMENT

Les produits proposés doivent faire l'objet d'une fiche technique et d'une fiche de sécurité, délivrées par le fabricant, et donnant des indications (**) pour l'utilisation du produit.

82.2 CONDITIONNEMENT

Les produits sont livrés en récipients d'origine, hermétiques.

Il est fait mention des renseignements suivants sur l'étiquette apposée sur chaque récipient :

- le nom et l'adresse du fabricant,
- la dénomination commerciale,
- la composante Base ou Durcisseur (pour les produits bicomposant),
- le nom et l'adresse de l'usine de fabrication,
- la date de fabrication,
- le numéro du lot de fabrication,

82.3 TRANSPORT, STOCKAGE ET MANUTENTION

||| * Les conditions hygrométriques du local sont également à prendre en considération.

82.4 CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ

* Le laboratoire chargé des essais est soumis à l'accord du maître d'œuvre.

En dehors des opérations de contrôle ainsi définies, le maître d'œuvre peut procéder, à titre exceptionnel, à une vérification complémentaire de la qualité. En application de l'article 24.6 du CCAG, les frais afférents à cette vérification complémentaire sont à la charge du maître d'ouvrage.

||| ** La détermination des caractéristiques d'identification rapide a pour but de détecter, dès la livraison, si les formulations des peintures ont été modifiées.

- |||
- la date limite de péremption,
 - les masses ou les volumes (en net),
 - les étiquetages de sécurité,
 - les conditions particulières d'utilisation.

82.3 TRANSPORT, STOCKAGE ET MANUTENTION

Les produits nécessaires à l'exécution des travaux doivent être approvisionnés sur le chantier avant le début prévu de la mise en œuvre.

Le transport et la manutention, à partir du lieu de livraison jusqu'à la mise en œuvre, sont organisés de manière que les produits ne subissent pas d'altérations.

||| Tout récipient présentant des traces de fuite, ou dont l'étiquette servant de fiche d'identification manque, est rebuté et évacué hors du chantier.

Les produits sont stockés sur le chantier dans un local (*) clos et couvert pour les protéger des effets de l'ensoleillement direct et du gel.

||| Les peintures et diluants sont séparés par nature de couche.

82.4 CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ

Il doit être procédé sur chantier à une vérification systématique de la concordance des étiquettes avec les bons de commande.

||| Il doit être effectué un sondage de conformité (*) sur les lots approvisionnés en déterminant, par des essais, les caractéristiques d'identification rapide ou CIR (**):

- la masse volumique,
- l'extrait sec,
- la teneur en cendres,

||| et en vérifiant leur conformité aux spécifications.

*** Les normes concernées sont les suivantes :

- NF EN ISO 3251 (T 30-084) - Peintures et vernis.
Détermination de l'extrait sec des peintures, des vernis et des liants pour peintures et vernis.
- NF T 30-094 - Peintures et vernis.
Peintures hydrodiluable - Détermination des teneurs en liant et en matières pulvérulentes.
- NF T 30-012 - Peintures.
Détermination du taux de cendres dans les vernis, peintures et préparations assimilées.
- NF T 30-020 - Peintures et vernis.
Détermination de la masse volumique - Méthode du pycnomètre.

Article 83 : Mise en œuvre.

83.1 PRÉPARATION DU SUPPORT

* Les parements de béton peuvent être souillés par des huiles de décoffrage, des produits de cure, de la calcite, des coulures de rouille, des pollutions atmosphériques, des microorganismes, etc.

** Les solvants pénètrent dans le béton et peuvent entraîner avec eux certaines souillures. De plus, ils sont difficiles à éliminer complètement. Ils peuvent aussi nuire à l'adhérence de la peinture.

*** Il est rappelé que l'abrasif proposé doit satisfaire aux prescriptions du décret n° 69.558 du 6 juin 1969 qui interdit l'emploi de produits contenant plus de 5% de silice libre, en raison des risques de silicose.

Par ailleurs, divers décrets environnementaux imposent la récupération et le traitement de l'abrasif avant la mise en décharge.

- décret n° 77-974 du 19 août 1977,
- décret n° 97-517 du 15 mai 1997,
- avis relatif à la nomenclature des déchets (JO du 11 novembre 1997).

Ces essais sont réalisés conformément aux normes (***) en vigueur.

Si les résultats sortent des tolérances prévues par le PAQ et qu'un second prélèvement confirme les premières valeurs, une analyse chimique complète peut être demandée par le maître d'œuvre.

Seule cette analyse permet de conclure à l'acceptation ou au rebut de la livraison.

Article 83 : Mise en œuvre.

83.1 PRÉPARATION DU SUPPORT

La préparation du support est effectuée conformément à la procédure d'exécution des travaux, éventuellement mise au point au cours de l'épreuve de convenance.

Pour le nettoyage préalable du support (*), l'usage de solvants et le lavage à l'acide sont interdits (**).

Dans le cas d'un décapage par projection d'abrasif, il est rappelé l'importance du choix de l'abrasif en liaison avec le matériel pour obtenir le degré de nettoyage requis (***). Ce décapage est suivi d'un dépoussiérage

*** * Les pressions d'eau à utiliser (valeur fixée au niveau du compresseur) dans un objectif de décapage sont comprises entre 40 et 100 MPa.

Les pressions de l'ordre de 15 à 40 MPa ne permettent qu'un nettoyage du support et les pressions supérieures à 100 MPa sont déconseillées car généralement trop agressives vis-à-vis du béton.

*** ** Pour éviter de compromettre la tenue et l'aspect de la peinture, les défauts du béton tels que les bullage, les nids de sable et les microfissures sont à corriger à l'aide d'un produit de ragréage employé localement ou de manière généralisée.

83.2 PRÉPARATION DES PRODUITS

* Il est indispensable de respecter les dosages indiqués par le fournisseur pour la préparation des produits bicomposant.

En cas d'ajout de diluants, éventuellement nécessaires compte tenu du mode d'application (brosse, rouleau, pistolet à air, pistolet sans air), il convient de porter une attention particulière à la nature et à la quantité du diluant utilisé.

Les produits doivent être parfaitement homogénéisés à l'aide d'un agitateur électrique ou pneumatique.

La fiche technique indique notamment les conditions atmosphériques à respecter pendant la préparation des produits.

83.3 MODE D'EXÉCUTION

Dans le cas d'un décapage à l'eau, il est rappelé l'importance du choix de la pression (***) (*). Il est ensuite primordial que le support soit suffisamment sec en regard des systèmes de peinture à appliquer.

En cas de ragréage (***) (**), les méthodes et produits utilisés doivent être compatibles avec le système de peinture.

83.2 PRÉPARATION DES PRODUITS

Les produits sont préparés en fonction des dispositions de la fiche technique (*) du fabricant, en ayant pris connaissance de la fiche de sécurité. Si le mode de préparation est modifié au cours de l'épreuve de convenance, la modification doit alors être précisée dans le PAQ.

83.3 MODE D'EXÉCUTION

Les produits sont mis en œuvre conformément aux dispositions de la procédure d'exécution des travaux établie en fonction de la fiche technique du fabricant, avec éventuellement une mise au point apportée au cours de l'épreuve de convenance.

* Des thermomètres et des hygromètres enregistreurs sont placés en permanence à proximité immédiate des emplacements de travail. Connaissant les deux paramètres, température et hygrométrie relative, le point de rosée se déduit à l'aide d'un abaque.

** Les températures minimale et maximale de l'atmosphère ambiante généralement admises pour l'application d'un système de peinture sont respectivement égales à 7 °C et à 35 °C.

*** Le pourcentage d'hygrométrie relative de l'atmosphère ambiante doit être inférieur à 85 %.

83.3.1 HUMIDITÉ DU SUPPORT

* Si une technique de séchage de la surface du béton est envisagée, elle doit être conduite avec prudence : n'utiliser que de l'air sec ou un rayonnement infrarouge.

83.3.2 DÉLAIS DE SÉCHAGE ET DE RECOUVREMENT

La mise en œuvre ne peut se faire que si :

- la température du subjectile est supérieure ou égale à la température de rosée + 3° C (*), Elle est inférieure à la température maximale d'utilisation du produit donnée dans la fiche technique du fabricant.
- la température de l'atmosphère ambiante est comprise dans la limite d'utilisation fixée dans la fiche technique du fabricant (**).
- le pourcentage d'hygrométrie relative de l'atmosphère ambiante est comprise dans la limite d'utilisation fixée dans la fiche technique du fabricant (***).

83.3.1 HUMIDITÉ DU SUPPORT

L'application des produits est interdite par temps de pluie et sur des surfaces ruisselantes.

Le séchage à la flamme est interdit (*).

83.3.2 DÉLAIS DE SÉCHAGE ET DE RECOUVREMENT

La mise en œuvre doit respecter les délais de séchage après les préparations de support et le ragréage éventuel.

Les délais de séchage et les délais de recouvrement, pour les différentes couches, sont indiqués dans la fiche technique rédigée par le fabricant.

Pendant le délai de séchage de chacune des couches de peintures, aucune projection ou souillure diverse ne doit se produire (mise en place de bâches).

Article 84 : Dossier d'étude et procédure d'exécution.

84.1 DOSSIER D'ÉTUDE

84.2 PROCÉDURE D'EXÉCUTION

* Le délai minimal de deux mois est généralement nécessaire pour éviter la dégradation des produits par l'alcalinité du béton jeune.

** Pour le choix du système de peinture, se reporter à la liste des fiches des systèmes de peinture qualifiés pour béton, éditée par le LCPC.

En cas d'utilisation d'un système n'ayant pas fait l'objet d'une fiche, l'attention est attirée sur la durée des épreuves d'étude (au moins quatre mois).

*** Les paramètres d'application comprennent notamment les conditions atmosphériques, la préparation des produits, la dilution éventuelle, le mode d'application, les délais de séchage et de recouvrement.

Article 84 : Dossier d'étude et procédure d'exécution.

84.1 DOSSIER D'ÉTUDE

L'entrepreneur soumet le système proposé à l'acceptation du maître d'œuvre, avec les informations suivantes :

- désignation des produits,
- fiches techniques d'identification des produits,
- fiches de sécurité des produits,
- références d'emploi,
- indication du nombre de couches,
- épaisseurs par couche et pour le système complet.

Si le marché le prescrit, ces éléments sont complétés par une épreuve d'étude.

84.2 PROCÉDURE D'EXÉCUTION

La procédure d'exécution précise :

- l'organisation et la répartition des différents ateliers,
- les délais à respecter entre l'exécution du béton et l'application des produits [un délai minimal de 2 (deux) mois est à respecter après coulage du béton (*)],
- les modalités de préparation du support,
- le système de peinture utilisé (**),
- les paramètres d'application (***),
- les points critiques et les points d'arrêt de l'exécution,
- les consignes à respecter et les dispositions particulières à prendre en cas d'incident ou de conditions climatiques défavorables.

Article 85 : Assurance de la qualité.

85.1 COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

85.2 CONTRÔLE INTERNE

Article 85 : Assurance de la qualité.

85.1 COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ

La partie du PAQ relative à la mise en peinture est constituée par :

- le dossier d'étude des produits,
- les procédures d'exécution,
- les modalités du contrôle interne portant sur la préparation du support et la mise en œuvre des produits,
- les conditions d'hygiène et de sécurité.

85.2 CONTRÔLE INTERNE

La préparation du support et la mise en œuvre font l'objet d'un contrôle interne selon des modalités prévues par le PAQ.

Les vérifications sont effectuées pendant les phases successives et commandent le passage d'une phase à la phase suivante. Ces vérifications portent sur :

- la préparation du support : produits et matériels utilisés,
- l'état de surface avant tout commencement d'application,
- la préparation des produits :
 - proportions des mélanges,
 - ajout éventuel de diluants,
 - homogénéisation,
 - respect du temps de mûrissement,
- l'application des produits :
 - matériel utilisé,
 - conditions atmosphériques,
 - quantités mises en œuvre,
 - rendement humide,
 - délais de séchage et de recouvrement des différentes couches.

Article 86 : Contrôle extérieur.

86.1 ÉPREUVES DE CONVENANCE

* La surface étalon peut être une plaquette, ou une partie de la surface réalisée lors de l'épreuve de convenance.

Cf. norme NF T 34-554-1, et -2.

** L'attention est attirée sur le caractère destructif de cet essai.

Article 86 : Contrôle extérieur.

Le maître d'œuvre s'assure de l'exécution du contrôle interne dans les conditions définies par le PAQ.

86.1 ÉPREUVES DE CONVENANCE

L'entrepreneur prend les dispositions nécessaires pour la réalisation des épreuves de convenance qui consistent à effectuer, dans les conditions du chantier, une préparation du support et un essai d'application des produits sur une surface représentative de l'ouvrage, choisie par le maître d'œuvre en accord avec l'entrepreneur.

Cet essai permet de vérifier que les dispositions prévues conduisent à des résultats conformes aux prescriptions du marché.

La convenance porte sur les opérations suivantes :

- mode de préparation du support,
- modalités d'application des produits.

Si les résultats obtenus au cours de ces épreuves ne sont pas probants, l'entrepreneur propose les modifications nécessaires pour arriver aux résultats spécifiés.

86.2 ÉPREUVES DE CONTRÔLE

Le maître d'œuvre fait procéder au contrôle de conformité qui porte sur l'aspect final, la couleur et, s'il y a lieu, sur l'adhérence du revêtement.

Les contrôles d'aspect sont effectués conformément aux critères définis par le marché.

Le contrôle de la couleur est effectué en déterminant les caractéristiques colorimétriques et en les comparant à celles déterminées sur une surface étalon (*).

Le contrôle d'adhérence est réalisé suivant les critères du marché (**).

ANNEXE A AU TEXTE

Annexe contractuelle

NORMES APPLICABLES AUX TRAVAUX RÉGIS PAR L'ADDITIF AU 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 17 : Métrologie et mesurage. Phénomènes physiques.		
	<i>17.100 Mesurage de force, poids et pression.</i>		
43.2.2	- Manomètres. Partie 1 : manomètres à tube de Bourdon. Dimensions, métrologie, prescriptions et essais.	NF EN 837-1 (E 15-039-1)	HOM
	<i>17.180 Optique et mesurage optique.</i>		
	<i>17.180.20 Couleurs et mesurage de lumière.</i>		
81.2.2	- Dictionnaire de colorimétrie théorique et technique.	X 08-000	EXP
81.2.2	- Peintures et vernis. Colorimétrie. Partie 1 : principes.	NF ISO 7724-1 (T 36-004-1)	HOM
	Partie 2 : mesurage de la couleur.	NF ISO 7724-2 (T 36-004-2)	HOM
	Partie 3 : calcul des différences de couleur.	NF ISO 7724-3 (T 36-004-3)	HOM

(1) HOM : Homologuée EXP : Expérimentale ENR : Enregistrée FD : Fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
Domaine 75 : Industrie du pétrole et technologies associées.			
	<i>75.080 Produits pétroliers en général.</i>		
52.2.2	- Produits pétroliers - Action corrosive sur le cuivre - Essai à la lame de cuivre.	NF EN ISO 2160 (M 07-015)	HOM
	<i>75.100 Lubrifiants, huiles industrielles et produits connexes.</i>		
52.2.1	- Graisses lubrifiantes. Détermination du point de goutte.	NF T 60-102	HOM
52.2.1	- Produits pétroliers. Pénétrabilité au cône et résistance à l'eau des graisses lubrifiantes.	NF T 60-132	HOM
	<i>75.140 Cires, produits bitumineux et autres produits pétroliers.</i>		
52.2.2	- Produits pétroliers - Détermination de la pénétrabilité au cône des produits paraffineux.	NF T 60-119	HOM
52.2.2	- Produits pétroliers - Détermination du point de figeage des paraffines, des cires, des vaselines et des pétrolata issus du pétrole.	NF T 60-128	HOM
Domaine 77 : Métallurgie.			
	<i>77.060 Corrosion des métaux.</i>		
52.2.1	- Essai au brouillard salin.	NF X 41-002	HOM
52.2.2	<i>77.140 Produits en fonte et produits en acier.</i>		
	<i>77.140.65 Fil machine, câbles et chaînes en acier.</i>		
54	- Produits en acier. Fils lisses et torons de précontrainte galvanisés à chaud.	NF A 35-035	HOM

(1) HOM : Homologuée EXP : Expérimentale ENR : Enregistrée FD : Fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
	<i>77.140.75 Tubes en acier.</i>		
72.1.1,2	- Tubes en acier. Tubes ronds, carrés et rectangulaires de précision, soudés longitudinalement par induction à partir de produits plats laminés à chaud ou à froid, revêtus ou non. Dimensions. Conditions techniques de livraison.	XP A 49-646	EXP
72.1.1,2	- Profils creux pour la construction finis à chaud en aciers de construction non alliés et à grains fins. Partie 1 : conditions techniques de livraison.	NF EN 10210-1 (A 49-502-1)	HOM
	Partie 2 : tolérances, dimensions et caractéristiques du profil.	NF EN 10210-2 (A 49-502-2)	HOM
72.1.1,2	- Profils creux pour la construction formés à froid en aciers de construction non alliés et à grains fins. Partie 1 : conditions techniques de livraison.	NF EN 10219-1 (A 49-540-1)	HOM
	Partie 2 : tolérances, dimensions et caractéristiques du profil.	NF EN 10219-2 (A 49-540-2)	HOM
Domaine 87 : Industries des peintures et des couleurs.			
	<i>87.040 Peintures et vernis.</i>		
82.4	- Peintures. Détermination du taux de cendres dans les vernis, peintures et préparations assimilées.	NF T 30-012	HOM
82.4	- Peintures et vernis. Détermination de la masse volumique - Méthode du pycnomètre.	NF T 30-020	HOM
82.4	- Peintures et vernis. Détermination de l'extrait sec des peintures, des vernis et des liants pour peintures et vernis.	NF EN ISO 3251 (T 30-084)	HOM
82.4	- Peintures et vernis. Peintures hydrodiluable. Détermination des teneurs en liants et en matières pulvérulentes.	NF T 30-094	HOM

(1) HOM : Homologuée EXP : Expérimentale ENR : Enregistrée FD : Fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)
81.2.2 86.2	- Peintures et vernis. Systèmes de peinture anticorrosion. Stabilité dans le temps des caractéristiques colorimétriques d'une peinture de finition pour ouvrage métallique. Partie 1 : critères de performance. Partie 2 : détermination sur ouvrage en service.	NF T 34-554-1 NF T 34-554-2	HOM HOM
82.1	- Peinture et vernis - Classification des peintures, des vernis et des produits connexes.	NF T 36-005	HOM
Domaine 91 : Bâtiment et matériaux de construction.			
<i>91.100 Matériaux de construction.</i>			
<i>91.100.20 Produits et matériaux minéraux et céramiques</i>			
22.2	- Granulats. Définitions, conformité, spécifications. <i>91.100.30 Béton et produits en béton.</i>	XP P 18-540	EXP
22.4	- Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis. Partie 2 : Adjuvants pour bétons. Définitions et exigences.	NF EN 934-2 (P 18-342)	HOM
14.3	- Béton. Essai d'information - Confection et conservation des éprouvettes.	NF P 18-405	HOM
14.2 44.2.3	- Béton. Essai de compression.	NF P 18-406	HOM
26	- Béton. Essai d'affaissement.	NF P 18-451	HOM

(1) HOM : Homologuée EXP : Expérimentale ENR : Enregistrée FD : Fascicule de documentation

ANNEXE 1 AUX COMMENTAIRES

(Annexe non contractuelle)

Liste des textes de référence cités dans le texte et les commentaires de l'additif au fascicule 65-A du CCTG

Articles de référence

DÉCRETS - ARRÊTÉS - CIRCULAIRES

- 83.1 - Décret n° 77-974 du 19 août 1977 relatif aux informations à fournir au sujet de déchets générateurs de nuisances. (JO du 28 août 1977)
- 83.1 - Décret n° 97-517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux.
- 53 - Arrêté du 20 avril 1988 approuvant le règlement de l'homologation et du contrôle des armatures de précontrainte gainées-protégées. (Brochure n° 89-6 TO des textes officiels du MELTM)
- 64 - Lettre-circulaire de la Direction des routes - R/EG 3 du 20 juillet 1983.
- 32.2 - Circulaire COPLA n° 90-78 du 16 octobre 1990 relative aux qualités de ciments aptes à la construction en béton précontraint par pré-tension.
- 83.1 - Avis relatif à la nomenclature des déchets. (JO du 11 novembre 1997)

CAHIER DES CLAUSES ADMINISTRATIVES GÉNÉRALES

- 81.2 - 82.4 - 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

- 73.1.2 - 73.2.3 - Fascicule 56 - Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion. (Bulletin officiel fascicule spécial n° 86.6 bis)
- 81.1

Articles de référence

- 31.2
41 - 43.2.4
61 - 62.3
- 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)
- (pour mémoire) - Fascicule 65-A - Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint par post-tension.

RECOMMANDATIONS - GUIDES

- 21
- Recommandations provisoires relatives à la modification des règles de prise en compte de la fissuration et à l'emploi des bétons à hautes performances » (SETRA, LCPC, CSTB, juin 1997)
- 81.2.1 - 82.1
84.2
86.1 - 86.2
- Guide technique « Mise en peinture des bétons de génie civil ». (Publication du LCPC - 1998)

AUTRES DOCUMENTS

- 34.2
- Simulation des températures dans les éléments en béton en cours de fabrication.
Bulletin de liaison LPC n° 126, juillet-août 1983 (Auteurs : P. Acker, C. Foucrier, P. Delude).

- Normes BS

- 52.2.1
- Corrosive substances in grease - Copper strip test - BS 2000 - Part 112 - 1982
- 52.2.1 - 52.2.2
- Oil separation on storage of grease - BS 2000 - Part 121 - 1982

- Normes ASTM

- 52.2.1 - 52.2.2
- Standard Test Method for Oxidation Stability to Lubricating Greases by the Oxygen Bomb Method - ASTM D 942 - 90

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

ADDITIF AU FASCICULE N° 65 A

**EXÉCUTION DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL EN BÉTON ARMÉ
OU EN BÉTON PRÉCONTRAIT**

RAPPORT DE PRÉSENTATION

2000

Page laissée intentionnellement blanche

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 fondant s.
- 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.

459000040 - 001000 Direction des Journaux officiels, Paris