

TEXTES OFFICIELS

LOGEMENT

EQUIPEMENT

EXÉCUTION DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL EN BÉTON ARMÉ OU PRÉCONTRAIT

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES

applicables aux marchés publics de travaux

ADDITIF AU FASCICULE N° 65-A

N° 93-2 T.O.



MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT
ET DES TRANSPORTS

Page laissée intentionnellement blanche

SOMMAIRE

	Pages
Extraits du décret n° 93-446 du 23 mars 1993 relatif à la composition du Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux et approuvant ou modifiant divers fascicules	II
Circulaire n° 93-57 du 23 juillet 1993 relative aux mesures d'application, pour les ouvrages relevant du ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme, de l'additif au fascicule 65-A « Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint » du Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux passés au nom de l'État	III
Additif au fascicule 65-A :	
Table des matières	1
Annexes	94
Rapport de présentation	107
Liste des membres du groupe de travail	110
Errata du fascicule 65- A (brochure n° 92-8 T.O)	111

**EXTRAITS DU DÉCRET N° 93-446 DU 23 MARS 1993
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 25 mars 1993.)

Article premier. - Sont approuvés, en tant que fascicules du Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux, les fascicules suivants :

Fascicules applicables au génie civil (annexe I).

Fascicule n° 65-A (additif) relatif aux ouvrages en béton armé ou précontraint.

Art. 3. - Sont retirés les fascicules suivants du Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux :

Fascicules applicables au génie civil (annexe I).

Fascicule n° 65 : Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint.

Circulaire n° 93-57 du 23 juillet 1993 relative aux mesures d'application aux ouvrages relevant du ministère de l'Équipement, du Logement et des Transports de l'additif au fascicule 65-A « Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint » du Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux passés au nom de l'État.

NOR : EQU 9310099 C

Références :

- Décret n° 93-446 du 23 mars 1993 relatif à la composition du Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux passés au nom de l'État.
- Circulaire n° 92-74 du 1^{er} décembre 1992 du ministre de l'Équipement, du Logement et des Transports relative aux modalités d'application du fascicule n° 65-A.

Le ministre de l'Équipement, des Transports et du Tourisme,

à

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

Monsieur le vice-président du Conseil général des Ponts et Chaussées ;

Messieurs les inspecteurs généraux, coordonnateurs des missions d'inspection générale territoriale ;

Messieurs les inspecteurs généraux chargés d'une circonscription d'inspection des services maritimes ou de navigation ;

Messieurs les préfets de région, à l'attention :

- des directions régionales de l'Équipement ;
- des centres d'études techniques de l'équipement d'Aix-en-Provence, Bordeaux, Lille, Lyon, Metz, Nantes et Rouen ;
- des services de navigation ;
- des ports autonomes de Dunkerque, Le Havre, Rouen, Saint-Nazaire, Bordeaux, Marseille, Strasbourg, Paris et la Guadeloupe ;
- des services spéciaux des bases aériennes des Bouches-du-Rhône, de la Gironde et de l'Île-de-France ;

Messieurs les préfets, à l'attention :

- des directions départementales de l'équipement ;
- des services maritimes des ports de Boulogne et de Calais, du Nord (Dunkerque), de la Seine-Maritime (Le Havre et Rouen), de la Loire-Atlantique (Nantes), de la Gironde (Bordeaux) et des Bouches-du-Rhône (Marseille) ;

Monsieur le chef du service technique des bases aériennes ;

Messieurs les chefs de l'aviation civile de Nouméa et Papeete ;

Messieurs les directeurs et chefs de service des travaux maritimes de Toulon, Brest, Lorient, Cherbourg et Rochefort ;

Monsieur le directeur général d'Aéroports de Paris ;

Monsieur le directeur du laboratoire central des Ponts et Chaussées ;

Monsieur le directeur du service d'études techniques des routes et autoroutes.

Le décret n° 92-72 du 16 janvier 1992 a approuvé le fascicule 65-A qui s'applique à l'exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou en béton précontraint par post-tension.

L'additif joint à la présente circulaire est destiné à compléter le fascicule 65-A pour les ouvrages en béton armé ou en béton précontraint complexes ou faisant appel à des techniques particulières non traitées par le fascicule 65-A.

L'approbation de cet additif permet d'abroger complètement le fascicule 65 de 1985, de même que le paragraphe 4 de la circulaire n° 92-74 du 1^{er} décembre 1992.

Figurent en pièces jointes de l'additif au fascicule 65-A :

- deux annexes au texte, qui sont contractuelles,
- deux annexes aux commentaires, sans caractère contractuel.

Les clauses figurant dans cet additif se classent pour l'essentiel en trois catégories :

a) Prescriptions complémentaires pour les ouvrages importants et complexes (chapitre 1) : notamment pour les études d'exécution et les épreuves des bétons,

b) Techniques particulières non traitées dans le fascicule 65 de 1985, à savoir :

- bétons à hautes performances (chapitre 2),
- précontrainte extérieure (chapitre 8).

Les stipulations sont moins développées pour le béton à hautes performances, technique encore récente, que pour la précontrainte extérieure qui bénéficie d'une expérience déjà confirmée.

c) Techniques particulières traitées dans le fascicule 65 de 1985, dont les clauses sont reprises avec des modifications portant essentiellement sur la forme :

- bétonnage sous conditions climatiques extrêmes (chapitre 3),
- traitements thermiques (chapitre 4),
- précontrainte par prétension (chapitre 5),

- techniques et produits spéciaux de protection des armatures de précontrainte (chapitre 6),
- prescriptions particulières relatives à la précontrainte par post-tension (chapitre 7),
- peintures (chapitre 9).

La correspondance avec les articles et annexes du fascicule 65 de 1985 est indiquée dans le rapport de présentation inclus en fin de volume.

*
* *

L'ensemble constitué par le fascicule 65-A et le présent additif couvre donc l'éventail des techniques mises en œuvre dans les ouvrages en béton armé et béton précontraint.

Par ailleurs, pour les ouvrages en béton armé de faible importance, pour lesquels des prescriptions simplifiées sont suffisantes, la rédaction d'un fascicule spécifique du CCTG (fascicule 65-B) a été entreprise.

Le ministre de l'Équipement, des Transports et du Tourisme,
Pour le ministre et par délégation :
Le sous-directeur du Bâtiment et des Travaux Publics
J.-M. ÉTIENNE

Page laissée intentionnellement blanche

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
CHAPITRE 1 - DISPOSITIONS GÉNÉRALES	7
11 - Domaine d'application	7
12 - Assurance de la qualité	8
13 - Prescriptions additionnelles relatives aux études d'exécution	8
14 - Prescriptions additionnelles relatives aux épreuves des bétons	8
14.1 - Epreuve d'étude	8
14.2 - Epreuves de contrôle	10
14.3 - Epreuves d'information	11
CHAPITRE 2 - BÉTONS À HAUTES PERFORMANCES	12
21 - Définitions	12
22 - Produits et matériaux	13
22.1 - Ciments	13
22.2 - Granulats	13
22.3 - Additions	13
22.4 - Adjuvants	14
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
24 - Etude des bétons	15
25 - Assurance de la qualité	16
26 - Contrôle extérieur	16

CHAPITRE 3 - BÉTONNAGE SOUS CONDITIONS CLIMATIQUES EXTRÊMES	17
31 - Bétonnage par temps froid	17
32 - Bétonnage par temps chaud	17
CHAPITRE 4 - TRAITEMENTS THERMIQUES	19
41 - Dispositions générales	19
41.1 - Définition des traitements thermiques	19
41.2 - Domaine d'application	19
42 - Produits et matériaux	20
42.1 - Définition des bétons traités thermiquement	20
42.2 - Constituants des bétons traités thermiquement	20
43 - Prescriptions relatives aux cycles de température	21
43.1 - Phase de pré-prise	21
43.2 - Phase de montée en température	22
43.3 - Phase isotherme à la température maximale	22
43.4 - Phase de refroidissement	22
44 - Etudes et références des bétons	23
44.1 - Formule nominale du béton	23
44.2 - Analyse de la répartition des températures	23
44.3 - Epreuve d'étude	24
44.3.1 - Le béton dispose de références	24
44.3.2 - Le béton ne dispose pas de références	25
45 - Assurance de la qualité des bétons traités thermiquement	26
45.1 - Composition du plan d'assurance de la qualité	26
45.2 - Contrôle interne	26
46 - Contrôle extérieur	26
46.1 - Epreuvede convenance	27
46.1.1 - Analyse de la répartition des températures dans un élément	27
46.1.2 - Vérification du respect des caractères spécifiés ou prescrits	28
46.2 - Epreuves de contrôle	28
46.3 - Compléments aux épreuves d'information	28

CHAPITRE 5 - PRÉCONTRAINTÉ PAR PRÉTENSION	29
51 - Dispositions générales	29
52 - Produits et matériaux	30
52.1 - Armatures de précontrainte	30
52.2 - Tubes de gainage des armatures	30
52.3 - Bétons	30
53 - Mise en œuvre	31
53.1 - Opérations préalables à la mise en tension des armatures	31
53.1.1 - Prescriptions générales	31
53.1.2 - Mise en place des armatures de précontrainte	31
53.1.3 - Gainages	32
53.1.4 - Déviations des armatures de précontrainte	32
53.2 - Mise en tension	33
53.2.1 - Prescriptions générales	33
53.2.2 - Matériel	33
53.2.3 - Consignes de mise en tension	33
53.2.4 - Tolérances sur la tension et la position des armatures	34
53.2.5 - Fixation des tubes de gainage	34
53.3 - Mise en précontrainte de l'élément	35
53.4 - Opérations postérieures à la mise en précontrainte	35
54 - Assurance de la qualité	36
54.1 - Dispositions générales du plan d'assurance de la qualité	36
54.1.1 - Affectation des tâches du C.M.P.	36
54.1.2 - Les moyens de l'entreprise	36
54.1.3 - Les approvisionnements	37
54.1.4 - Contrôle interne	37
54.2 - Dispositions générales des épreuves de contrôle	38
54.2.1 - Contrôle avant mise en tension	38
54.2.2 - Contrôle avant bétonnage	38
54.2.3 - Contrôle avant mise en précontrainte	38
54.2.4 - Mise en précontrainte	39
54.2.5 - Contrôle après mise en précontrainte	39
54.3 - Contrôle extérieur	40

CHAPITRE 6 - TECHNIQUES ET PRODUITS SPÉCIAUX DE PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

61 - Coulis spéciaux	41
62 - Protection par produits souples	41
62.1 - Dispositions générales	41
62.2 - Produits de protection	42
62.3 - Mise en œuvre	45
62.4 - Dossier d'étude et procédure d'exécution	46
62.5 - Assurance de la qualité	47
62.6 - Contrôle extérieur	48
63 - Cas particulier des torons gainés-protégés	48
64 - Autres techniques de protection	48
65 - Procédés particuliers d'injection	48

CHAPITRE 7 - PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES RELATIVES À LA PRÉCONTRAINTÉ PAR POST-TENSION

71 - Coupleurs	51
71.1 - Définition, domaine d'emploi	51
71.2 Fournitures	52
71.3 - Mise en œuvre	52
71.4 - Assurance de la qualité	53
72 - Unités courtes de précontrainte	54
72.1 - Domaine d'emploi	54
72.2 - Choix des unités de précontrainte	54
72.3 - Mise en œuvre	55
72.4 - Assurance de la qualité	55
72.4.1 - Contenu de la procédure d'exécution relative à la précontrainte	55
72.4.2 Vérifications préalables de faisabilité	56
72.4.3 - Contrôles avant mise en tension	57
72.4.4 - Contrôles à la mise en tension	58
72.5 - Contrôle extérieur	58

73 - Armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire	58
73.1 - Fourniture	59
73.2 - Protection des armatures	59
73.3 - Procédure d'exécution relative à la précontrainte	59
74 - Précontrainte additionnelle	59
75 - Structures continues comportant de nombreux joints de construction	60
75.1 - Dispositions générales	60
75.2 - Continuité de forme et d'étanchéité des conduits	61
75.3 - Contrôles relatifs aux injections	63
76 - Prescriptions additionnelles relatives à la protection des armatures de précontrainte	63
76.1 - Domaine d'application	63
76.2 - Stockage	63
76.3 - Renouvellement de la protection provisoire	64
76.3.1 - Avant mise en tension	64
76.3.2 - Après mise en tension	64
76.4 - Dispositions particulières en période hivernale	65
CHAPITRE 8 - PRÉCONTRAINTE EXTÉRIEURE	66
81 - Dispositions générales	66
81.1 - Domaine d'application	66
81.2 - Dispositions constructives	66
81.3 - Etudes d'exécution	70
82 - Produits et matériaux	71
82.1 - Conduits	71
82.2 - Déviateurs	74
82.3 - Fournitures particulières pour les zones d'ancrages	75
82.4 - Protection des armatures de précontrainte	75
83 - Mise en œuvre	76
83.1 - Conduits	76
83.2 - Déviateurs	78
83.3 - Zones d'ancrages	81
83.4 - Protection des armatures de précontrainte	82
84 - Assurance de la qualité	82
84.1 - Acceptation des produits et matériaux	82
84.2 - Contrôle de la géométrie du tracé des armatures	83

CHAPITRE 9 - PEINTURES

	84
91 - Dispositions générales	84
91.1 - Domaine d'application	84
91.2 - Garanties particulières	84
92 - Produits et matériaux	86
92.1 - Choix	86
92.2 - Conditionnement	87
92.3 - Transport, stockage et manutention	87
92.4 - Contrôle de la conformité	87
93 - Mise en œuvre	88
93.1 - Préparation du support	88
93.2 - Préparation des produits	89
93.3 - Mode d'exécution	89
94 - Dossier d'étude et procédure d'exécution	90
94.1 - Dossier d'étude	90
94.2 - Procédure d'exécution	91
95 - Assurance de la qualité	91
95.1 - Composition du Plan d'assurance de la qualité	91
95.2 - Contrôle interne	91
96 - Contrôle extérieur	92
96.1 - Epreuves de convenance	92
96.2 - Epreuves de contrôle	93

ANNEXES AU TEXTE :

Annexe 1 - Mesure des coefficients de transmission	94
Annexe 2 - Liste des normes	100

ANNEXES AUX COMMENTAIRES :

Annexe 3 - Liste des textes de référence	104
Annexe 4 - Liste des sigles	106

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,
 - bétonnages sous conditions climatiques extrêmes.
- Emplois particuliers de la précontrainte:
 - précontrainte par prétension,
 - 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.

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 9.

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 76.

Article 12 - Assurance de la qualité.

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.

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 l'exécution dépasse un délai de l'ordre de six mois.

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'oeuvre (**).

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

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 de la qualité (P.A.Q.) de l'entreprise pendant la période de préparation des travaux.

Article 14 - Prescriptions additionnelles relatives aux épreuves des bétons.

Article 14 - Prescriptions additionnelles relatives aux épreuves des bétons

14.1 - ÉPREUVE D'ÉTUDE

14.1 - ÉPREUVE D'ÉTUDE

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

- * 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.

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 C.C.T.P., 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.

Si le marché a classé les travaux parmi ceux visés à l'article 11 ci-dessus, les prescriptions de l'article 75.1.2 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).

L'épreuve d'étude est réputée probante si, outre les conditions énumérées au 75.1.2.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 C.C.T.P.

14.2

* Lorsqu'un lot est de volume important, le C.C.T.P. 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.

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 77.2.3.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

- premier cas : Le béton est soit un béton entrant dans la fabrication d'éléments préfabriqués bénéficiant d'une certification officielle, soit un béton figurant dans le catalogue visé par le comité de la marque NF des usines de bétons prêts à l'emploi.

- deuxième cas : Il s'agit du cas général des bétons fabriqués sur chantier, ou dans une usine de béton prêt à l'emploi non titulaire de la marque NF, lorsque les clauses d'assurance de la qualité stipulées par le fascicule 65-A sont respectées et les résultats des études préliminaires (étude et convenance) ont été probants.

- troisième cas : Il s'agit du cas où l'une au moins des deux conditions d'application du cas précédent ne serait pas respectée.

*** Norme NF P 18-406 "Bétons - Essais de compression"

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

14.3

* 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

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

** 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

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 confectionner trois éprouvettes. 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 :

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

La borne inférieure prescrite est considérée comme respectée si la résistance f_{c1} 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'oeuvre.

CHAPITRE 2

BÉTONS À 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.

CHAPITRE 2

BÉTONS À 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

* Ces ciments sont de classe supérieure ou égale à la classe 45.

22.2

* 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.

** Norme NF P 18.301

*** 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

* 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 - CEMENTS

Les ciments (*) utilisés, admis à la marque NF - VP, sont des CPA ou des CPJ.

22.2 - GRANULATS

Les granulats (*) sont conformes aux normes en vigueur (**).

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

* Les adjuvants sont choisis sur la liste de la marque NF - adjuvants , qui implique la conformité aux normes applicables : NF P 18-103, P 18-330, NF P 18-331, 18-332, 18-333, 18-334, 18-335, 18-336, 18-337, 18-338.

** 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

* Il est recommandé de fabriquer les BHP dans des centrales possédant le niveau 3 d'équipement.

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 :

22.4 - ADJUVANTS

Les adjuvants sont conformes 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

Les centrales utilisées possèdent au moins le niveau 2 d'équipement (*) défini dans l'annexe au texte A2 du fascicule 65-A.

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

- 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.

23.2

* Compte tenu des propriétés rhéologiques des bétons, le temps s'écoulant entre leur mise en oeuvre 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

* 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 71.1 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 néces-

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

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 oeuvre.

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 de l'article 75.1 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.

saire d'adapter le coefficient λ utilisé à l'article 75.1.2 B du fascicule 65-A.

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

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.

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

Article 25 - Assurance de la qualité.

Le P.A.Q. comporte une procédure de fabrication et de mise en oeuvre 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

BÉTONNAGE SOUS CONDITIONS CLIMATIQUES EXTRÊMES

Article 31 - Bétonnage par temps froid.

* Le maître de l'ouvrage peut souhaiter éviter une longue interruption d'activité dans un site soumis à des gels prolongés.

** Le bétonnage par temps froid est généralement assorti d'un traitement thermique passif. En effet, les risques subsistent tant que la résistance du béton n'a pas atteint 5 MPa.

Article 32 - Bétonnage par temps chaud.

* L'effet nocif de certains facteurs atmosphériques tels que le vent, l'ensoleillement, une hygrométrie basse, est considérablement accru par temps chaud. Ces facteurs peuvent notamment compromettre l'obtention des résistances requises, augmenter le retrait, provoquer des fissurations superficielles nuisibles à l'aspect et à la durabilité.

** Le respect des prescriptions contenues dans cet article 74.6 est particulièrement important par temps chaud.

CHAPITRE 3

BÉTONNAGE SOUS CONDITIONS CLIMATIQUES EXTRÊMES

Le présent chapitre est applicable à tous les ouvrages.

Article 31 - Bétonnage par temps froid.

Lorsque la température mesurée sur chantier est inférieure à - 5 °C, la mise en place du béton n'est pas autorisée, sauf disposition contraire du marché prévoyant le recours à des solutions appropriées (*).

Lorsque cette température est comprise entre - 5 °C et + 5 °C, la mise en place du béton n'est autorisée que sous réserve de l'emploi de moyens (**) efficaces pour prévenir les effets dommageables du froid. Le programme de bétonnage précise alors les dispositions à prendre.

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

Article 32 - Bétonnage par temps chaud (*).

Pour les périodes où la température mesurée sur chantier est durablement supérieure à 25 °C, l'entrepreneur soumet au maître d'oeuvre, dans le cadre du programme de bétonnage, les dispositions qu'il propose de prendre en complément de celles qui résultent de l'article 74.6 (**) du fascicule 65-A, relatif à la cure du béton.

Lorsque la température du béton au moment de sa mise en oeuvre est susceptible de dépasser 40 °C, un niveau plus contraignant de ces dispositions complémentaires doit être prévu.

Parmi les dispositions complémentaires, on peut citer :

- l'utilisation de ciments à faible chaleur d'hydratation,
- l'utilisation d'eau refroidie,
- la réduction du délai entre la fabrication du béton et sa mise en place,
- l'emploi de circuits de refroidissement dans la masse du béton,
- le recours au travail de nuit.

De même, des dispositions particulières peuvent devoir être nécessaires, quel que soit le temps, pour du béton exécuté en grande masse, en raison du risque qui est alors celui de fissuration due aux gradients thermiques.

CHAPITRE 4

TRAITEMENTS THERMIQUES

Article 41 - Dispositions générales.

41.1

* Ces températures, variables dans le temps (cf. article 43 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.

41.2

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

CHAPITRE 4

TRAITEMENTS THERMIQUES

Article 41 - Dispositions générales.

41.1 - DÉFINITION DES TRAITEMENTS THERMIQUES

Un traitement thermique consiste à assujettir, par un procédé quelconque, la température du béton, juste après sa mise en oeuvre 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.

41.2 - 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

** 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 B.P.E.L.

Article 42 - Produits et matériaux.

42.1

* L'épreuve de contrôle (cf. article 46.2 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 46.2 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 45.2 ci-dessous).

42.2

* A défaut de normes, ces critères sont 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.

dans les calculs spécifiques des bétons traités thermiquement (**) et que la température du béton dépasse 40 °C pendant 6 heures.

Article 42 - Produits et matériaux.

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

42.1 - 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 (***).

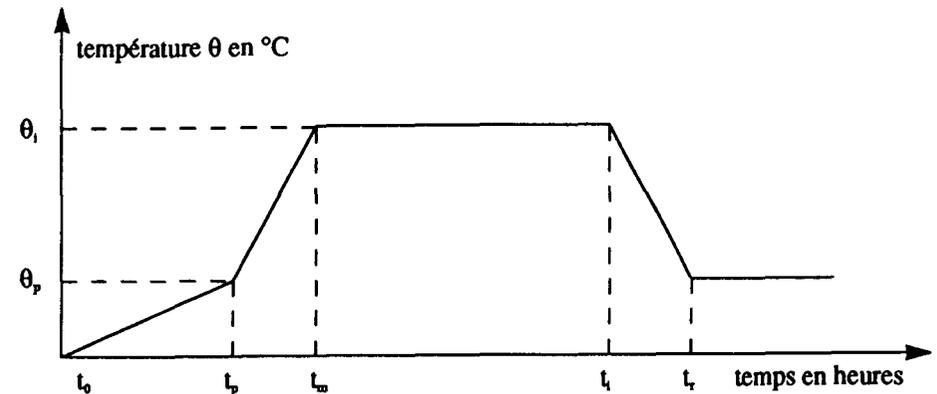
42.2 - CONSTITUANTS DES BÉTONS TRAITÉS THERMIQUEMENT

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

Article 43 - Prescriptions relatives aux cycles de température.

Article 43 - 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.

43.1

43.1 - 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.

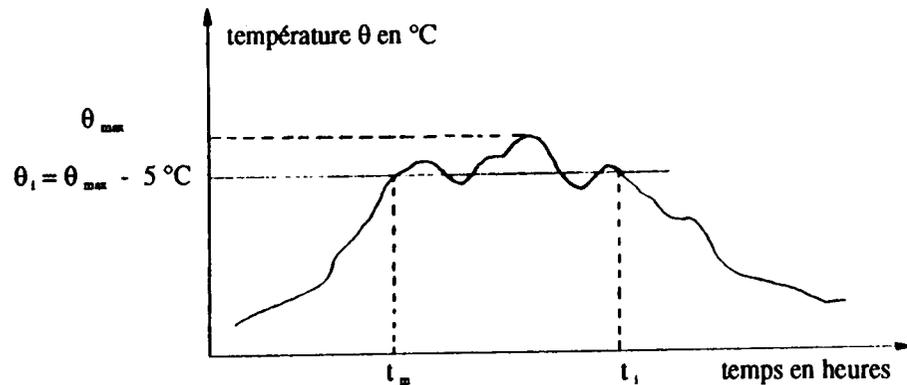
Aucune prescription générale ne porte sur la durée de la phase de pré-prise. Il est généralement admis qu'elle doit être d'autant plus longue que la température initiale du béton est plus faible et que la vitesse de montée en température ainsi que la température maximale sont plus élevées. Elle est normalement comprise entre 1 et 4 heures ; sa valeur est fixée, à 30 minutes près, après l'épreuve de convenance (cf. article 46.1 ci-dessous).

43.2

* 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.

43.3

* 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).



43.4

43.2 - PHASE DE MONTÉE EN TEMPÉRATURE

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

43.3 - 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.

43.4 - 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 44 - Etudes et références des bétons.

44.1

44.2

* 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 coeur 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 L.C.P.C. (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 coeur des zones massives et en tout point, d'autant mieux que les échanges de chaleur avec l'extérieur seront réduits.

Article 44 - 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.

44.1 - 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 75.1.1.d du fascicule 65-A).

44.2 - 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.

44.3

44.3.1

44.3 - ÉPREUVE D'ÉTUDE

44.3.1 - 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 42.1 ci-dessus), et dans les conditions décrites par l'article 75.1.2.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)
$$\overline{f_{c28}} - K_1 S_{28} \geq f_{c28}$$

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

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)
$$\overline{f_{cj}} - K_2 S_j \geq f_{cj}$$

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

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

44.3.2

44.3.2 - 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) (**)	$(f_{c_j})_T$	3
	$(f_{c28})_T$	3

* 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.

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

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

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

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

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

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

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

Article 45 - Assurance de la qualité des bétons traités thermiquement.

45.1

45.2

Article 46 - Contrôle extérieur.

COMMENTAIRES

Article 45 - Assurance de la qualité des bétons traités thermiquement.

45.1 - COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

Le P.A.Q., dans son chapitre consacré aux bétons (cf. article 76 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 44.2 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.

45.2- CONTRÔLE INTERNE

L'article 76.2 du fascicule 65-A est applicable. 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 P.A.Q., éventuellement adaptées après l'épreuve de convenue.

Article 46 - Contrôle extérieur.

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

TEXTE

46.1

* Dans le cas de fabrication en usine dans des conditions analogues à des fabrications antérieures, lorsque le dossier d'étude inclus dans le P.A.Q. s'appuie sur des références probantes, le maître d'oeuvre 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 P.A.Q.

46.1.1

* 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.

46.1 - ÉPREUVE DE CONVENANCE (*)

L'épreuve de convenance d'un béton traité thermiquement répond aux objectifs définis, dans le cas général, par l'article 77.1 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 P.A.Q., 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 P.A.Q. dans les conditions de l'article 46.1.1 ci-dessous ;
- la vérification du respect des caractères spécifiés ou prescrits dans les conditions de l'article 46.1.2 ci-dessous.

46.1.1 - 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 coeur 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.

46.1.2

46.2

46.3

* Les essais d'information systématiques sont traités à l'article 45.2 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 x 32 d'information (cf. article 45.2 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 (***) (**).

46.1.2 - 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 44.3.2 ci-dessus, l'interprétation des essais étant celle visée dans ce même article si le béton ne dispose pas de références.

46.2 - ÉPREUVES DE CONTRÔLE

L'article 77.2 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 convenance.

Dans le cas particulier où une valeur caractéristique f_{c28} , se rapportant à des résistances mesurées dans des conditions normalisées, serait spécifiée (cf. article 42.1 ci-dessus), le contrôle complémentaire serait effectué comme dans le cas d'un béton non traité.

46.3 - COMPLÉMENTS AUX ÉPREUVES D'INFORMATION

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

CHAPITRE 5

PRÉCONTRAINTÉ PAR PRÉ-TENSION

Article 51 - 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'oeuvre 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 B.P.E.L.) 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 pré-fabrication 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.

CHAPITRE 5

PRÉCONTRAINTÉ PAR PRÉ-TENSION

Article 51 - 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 C.M.P. (Chargé de la mise en oeuvre de la précontrainte). Celui-ci veille à la bonne ordonnance et la sécurité des opérations (*** *).

*** *** 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 23 du fascicule 65-A.

Article 52 - Produits et matériaux.

52.1

* 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.

52.2

* 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.

52.3

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

Article 52 - Produits et matériaux.

52.1 - ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

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.

52.2 - 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.

52.3 - BÉTONS

Les stipulations du fascicule 65-A et en particulier de l'article 7.2 sont complétées par les suivantes :

- Les bétons utilisés peuvent être des bétons courants ou des bétons à

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

** 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 53 - Mise en oeuvre.

53.1

53.1.1

* 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.

53.1.2

hautes performances définis au chapitre 2 du présent document.

- Le ciment doit être du CPA ou du CPJ 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 4 du présent document.

- 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 53 - Mise en oeuvre.

53.1 - OPÉRATIONS PRÉALABLES À LA MISE EN TENSION DES ARMATURES

53.1.1 - 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.

53.1.2 - MISE EN PLACE DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

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

Sur la longueur des produits d'un banc de fabrication, ces armatures doi-

* 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.

53.1.3

* 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.

53.1.4

vent 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'oeuvre.

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.

53.1.3 - 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 (**).

53.1.4 - 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'oeuvre peut demander qu'il soit procédé à une épreuve de convenance.

53.2

53.2.1

* La mise en tension simultanée d'armatures est possible pour la fabrication de composants de petites dimensions (poutre rectangulaire 20 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.

53.2.2

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

** Norme NF E 15-026

53.2.3

* Le blocage des armatures est réalisé par des dispositifs (clavettes ou plaque de serrage) subissant de multiples emplois. Le C.M.P. 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.

53.2 - MISE EN TENSION

53.2.1 - PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

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

53.2.2 - 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 (**).

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.

53.2.3 - 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 C.M.P. 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).

53.2.4

* Les valeurs spécifiées sont en accord avec les règles B.P.E.L. chapitre 10.

** 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.

53.2.5

* 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.

53.2.4 - 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 :

± 5 mm pour $h \leq 250$ mm,
 $\pm h/50$ (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.

53.2.5 - 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 (*).

53.3

* 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 54.2.3 .

*** 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...).

53.4

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

53.3 - MISE EN PRÉCONTRAINTE DE L'ÉLÉMENT

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

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

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 (**).

53.4 - OPÉRATIONS POSTÉRIEURES À LA MISE EN PRÉCONTRAINTE

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

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

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

Article 54 - Assurance de la qualité.

54.1

54.1.1

* Voir article 51 «Dispositions générales»

54.1.2

Article 54 - Assurance de la qualité.

54.1- DISPOSITIONS GÉNÉRALES DU PLAN D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

Le Plan d'Assurance de la 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'attribution des tâches du C.M.P.,
- les moyens de l'entreprise,
- les approvisionnements,
- le contrôle interne de la chaîne de production.

54.1.1 - AFFECTATION DES TÂCHES DU C.M.P.

En complément aux prescriptions du fascicule 65-A, le P.A.Q. désigne le C.M.P. 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'oeuvre de l'attestation de convenance de la position des armatures,
- l'établissement et la mise à disposition du maître d'oeuvre des fiches rassemblant les résultats des contrôles effectués pendant le durcissement du béton et les essais d'information relatifs à la résistance du béton.

54.1.2 - LES MOYENS DE L'ENTREPRISE

Le P.A.Q. 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.

54.1.3

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

54.1.4

54.1.3 - LES APPROVISIONNEMENTS

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

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

54.1.4 - CONTRÔLE INTERNE

Le P.A.Q. présente les principes et les modalités d'organisation et de fonctionnement du contrôle interne.

Les opérations obligatoirement décrites dans le P.A.Q. 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 oeuvre du béton et, s'il y a lieu, contrôle du traitement thermique.
- f) Vérification de la mise en précontrainte.
- g) Vérification de la conformité aux dessins d'exécution des éléments.

Les documents à établir dans le cadre du contrôle 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.

54.2

* Ce contrôle porte sur le respect de toutes les stipulations des articles 53.1, 53.2, 53.3 et 53.4, complétées par les pièces du marché. S'il y a lieu, le maître d'oeuvre 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 P.A.Q. sont effectués.

54.2.1

54.2.2

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

54.2.3

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

54.2 - DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES ÉPREUVES DE CONTRÔLE

Les épreuves de contrôle sont effectuées dans le cadre du contrôle interne, selon les modalités prévues dans le P.A.Q. (*).

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

54.2.1 - CONTRÔLE AVANT MISE EN TENSION

Le C.M.P. 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.

54.2.2 - CONTRÔLE AVANT BÉTONNAGE

Le C.M.P. 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 C.M.P. établit en outre, pour être transmise au maître d'oeuvre, 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.

54.2.3 - CONTRÔLE AVANT MISE EN PRÉCONTRAINTE

Avant mise en précontrainte des éléments, le C.M.P. 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.

** 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'oeuvre peut prévoir au marché que les contrôles soient effectués en sa présence, sans pour autant modifier l'échéancier de la production.

54.2.4

54.2.5

* Lorsque l'un des contrôles n'est pas prévu au programme de précontrainte, il incombe au maître d'oeuvre d'y procéder selon les méthodes de mesures et critères d'acceptation définis au C.C.T.P.

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

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'oeuvre (**).

54.2.4 - MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

Il revient au C.M.P. 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.

54.2.5 - 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'oeuvre.

Le C.M.P. 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.

54.3

54.3 - CONTRÔLE EXTÉRIEUR

L'entrepreneur donne toutes facilités utiles au maître d'oeuvre pour l'exercice du contrôle extérieur qui concerne les vérifications du respect du P.A.Q., 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 6

TECHNIQUES ET PRODUITS SPÉCIAUX DE PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Article 61 - Coulis spéciaux.

* Il est rappelé que les coulis spéciaux sont exclus du domaine d'application du fascicule 65-A par son article 91 qui précise en commentaire (***) qu'un coulis est dit « spécial » dès lors qu'il comporte un constituant au moins qui ne respecte pas les exigences générales édictées par l'article 92.3.1, ou qui n'est pas prévu par ce même article (par exemple : cendres volantes ou fumées de silice).

** L'agrément technique est accordé par le SETRA. Il définit des essais de contrôle sur chantier et peut prévoir des conditions spécifiques d'emploi, de fabrication ou de mise en oeuvre.

Article 62 - Protection par produits souples.

62.1

62.1.1

* 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.

CHAPITRE 6

TECHNIQUES ET PRODUITS SPÉCIAUX DE PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTE

Article 61 - Coulis spéciaux.

Les coulis spéciaux (*) font l'objet d'un agrément technique (**). Ils respectent les spécifications figurant à l'article 92.3.2 du fascicule 65-A pour les coulis dits « à durée d'injectabilité maîtrisée ».

Article 62 - Protection par produits souples.

62.1 - DISPOSITIONS GÉNÉRALES

62.1.1 - DÉFINITIONS

Les produits souples de protection des armatures de précontrainte sont des produits pétroliers :
- soit des graisses (*) à base d'huile minérale,

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.

62.1.2

* 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.

62.2

* 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 cires (**) microcristallines.

62.1.2 - 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.

62.2 - 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 62.2.1 et 62.2.2 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.

62.2.1

* 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)

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

62.2.1 - 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	X 41 - 002 modifiée (***) *	Absence de corrosion

62.2.2

62.2.2 - 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.

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

CARACTÈRES SPÉCIFIÉS	MÉTHODES D'ESSAI (*)	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 M 07 - 015	Cotation : 1 a
Protection contre la rouille Brouillard salin : 5 % de NaCl 168 heures à 35 °C ± 1 °C Brouillard : eau distillée 168 heures à 35 ° ± 1 °C	NF X 41 - 002 NF X 41 - 002 modifiée (***)	Passe Absence de corrosion

62.2.3

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

62.3

* L'article 95.1 (commentaire **) du fascicule 65-A rappelle que le C.M.P. peut déléguer cette tâche.

62.3.1

62.3.2

* 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.

62.2.3 - CHOIX

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

62.3 - MISE EN OEUVRE

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

La mise en oeuvre de l'injection est effectuée sous la direction du C.M.P. (*) qui coordonne l'action des différents intervenants.

62.3.1 - OPÉRATIONS PRÉALABLES

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

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

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

62.3.2 - 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.

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

62.3.3

62.4

62.4.1

62.4.2

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

La pression d'injection des produits souples ne doit pas dépasser 1,5 MPa. Il convient de maintenir une pression comprise entre 0,5 MPa et 1 MPa pendant une durée de cinq minutes après la fin de l'injection.

62.3.3 - 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 83.1.4 du présent fascicule).

62.4 - DOSSIER D'ÉTUDE ET PROCÉDURE D'EXÉCUTION

62.4.1 - DOSSIER D'ÉTUDE

L'entrepreneur propose le produit de protection à l'acceptation du maître d'oeuvre 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 62.2.1 (graisses) ou 62.2.2 (cires) ci-dessus.

62.4.2 - PROCÉDURE D'EXÉCUTION

La procédure d'exécution de l'injection, soumise au visa du maître d'oeuvre, 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,

- * 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.

62.5

62.5.1

62.5.2

- 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.

62.5 - ASSURANCE DE LA QUALITÉ

62.5.1 - COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

La partie du P.A.Q. 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 oeuvre.

62.5.2 - CONTRÔLE INTERNE

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

La mise en oeuvre de l'injection fait l'objet d'un contrôle selon les modalités prévues par le P.A.Q.

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.

62.6

62.6.1

* 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).

62.6.2

* 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.

Article 63 - 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 64 - Autres techniques de protection.

* Il s'agit par exemple de la protection des armatures de précontrainte par galvanisation 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 65 - Procédés particuliers d'injection.

62.6 - CONTRÔLE EXTÉRIEUR

62.6.1 - ÉPREUVE DE CONVENANCE

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

62.6.2 - ÉPREUVES DE CONTRÔLE

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

Article 63 - Cas particulier des torons gainés-protégés.

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

Article 64 - Autres techniques de protection (*),

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

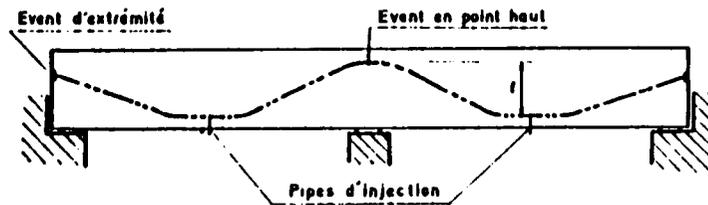
Article 65 - Procédés particuliers d'injection.

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

* 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 71 ci-après) ou lorsque des tabliers de ponts sont construits en voussoirs préfabriqués assemblés à joints conjugués (Cf. article 75 ci-après).

Des sujétions tenant aux conditions d'exécution se présentent lorsque la mise en oeuvre de la précontrainte peut être affectée par des périodes de gel prolongé (Cf. article 76.4 ci-après).

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



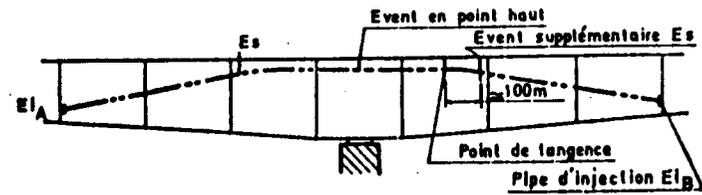
Dans le cas où la flèche «f» du conduit ne dépasse pas environ 1,50 mètre, l'injection peut se faire par les extrémités.

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.

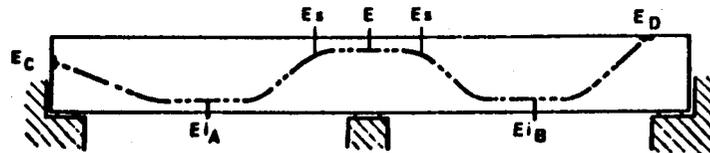
procédé de construction ou à ses conditions d'exécution, l'entrepreneur doit tenir compte, dans ses documents d'exécution et dans ses consignes afférentes à la protection des armatures, de toutes les conséquences directes ou indirectes de la prolongation de durée de la protection provisoire (*).

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 (**).



- 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 7

PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES RELATIVES À LA PRÉCONTRAINTÉ PAR POST-TENSION

Article 71 - Coupleurs.

* Les règles B.P.E.L. (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.

71.1

* Il importe de ne pas confondre les coupleurs avec les dispositifs de aboutage 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.

CHAPITRE 7

PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES RELATIVES À 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 71 - Coupleurs (*).

71.1 - 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.

71.2

71.2.1

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

71.2.2

* Voir les notices relatives au procédé concerné.

71.2.3

71.2.4

71.3

71.3.1

71.3.2

71.2 - FOURNITURES

71.2.1 - 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'oeuvre dans la mesure où ils ne sont pas fixés par le marché.

71.2.2 - CONDITIONNEMENT

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

71.2.3 - 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.

71.2.4 - 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.

71.3 - MISE EN OEUVRE

71.3.1 - LE CHARGÉ DE LA MISE EN PRÉCONTRAINTÉ

La mise en oeuvre des coupleurs est effectuée sous la direction du C.M.P.

71.3.2 - 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

* Dans certains cas particuliers, les coupleurs peuvent être logés à l'intérieur de fenêtres ménagées dans le coffrage du béton de deuxième phase et bétonnées après mise en tension du câble secondaire. Une telle disposition doit être compatible avec les spécifications relatives au procédé de précontrainte concerné et est subordonnée à l'accord du maître d'œuvre. Elle doit faire l'objet d'une étude approfondie garantissant notamment le respect des prescriptions relatives à la coaxialité des coupleurs avec les armatures qu'ils raccordent, ainsi qu'à leur injectabilité.

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

71.3.3

71.3.4

71.4

secondaire. Cette condition est généralement (*) réalisée par un capotage étanche conforme à l'agrément.

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

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.

71.3.3 - MISE EN PLACE DES ARMATURES

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

71.3.4 - 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 oeuvre de l'injection et précise notamment si l'injection est réalisée tronçon par tronçon ou globalement à la fin.

71.4 - 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.

* 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.

Article 72 - Unités courtes de précontrainte.

72.1

* A titre indicatif, longueur inférieure à 5 mètres.

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

72.2

* 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.

Elle doit préciser dans le détail la succession des opérations :

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

Article 72 - Unités courtes de précontrainte.

72.1 - 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.

72.2 - CHOIX DES UNITÉS DE PRÉCONTRAÎTE

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.

72.3

* 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 72.4.2, commentaire**).

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

72.4

72.4.1

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

72.3 - 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 C.M.P.

72.4 - ASSURANCE DE LA QUALITÉ

72.4.1 - CONTENU DE LA PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉCONTRAINTE

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 oeuvre de la précontrainte.

Doivent en particulier être précisés :

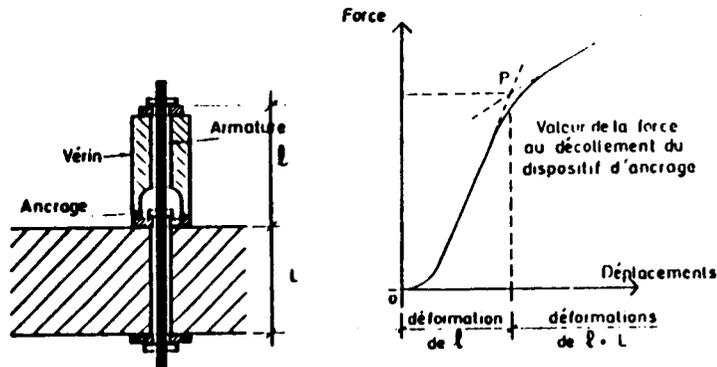
- les vérifications préalables de faisabilité,
- les contrôles avant mise en tension,

72.4.2

* Chargé des ouvrages provisoires.

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

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



- les contrôles pendant et après mise en tension.

72.4.2 - VÉRIFICATIONS PRÉALABLES DE FAISABILITÉ

Elles sont effectuées sous la direction du C.M.P., et en présence du C.O.P. (*) s'il s'agit d'ouvrages provisoires.

Le C.M.P. vérifie la qualification du personnel et contrôle le matériel :

- conformité aux stipulations de l'agrément du procédé de précontrainte,

- bon état (absence de fuites, maintien en charge à pression constante),
- présence d'un manomètre étalonné et de la courbe de tarage du vérin donnant la correspondance entre la pression au manomètre et la force exercée par le vérin,

- présence sur les vérins d'un dispositif limiteur de pression réglé à $1,05 p_0$.

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

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

*** * 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.

72.4.3

72.4.3,1

* 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.

72.4.3,2

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

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 (***) .

72.4.3 - CONTRÔLES AVANT MISE EN TENSION

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

72.4.3,1 - RÉCEPTION DES UNITÉS DE PRÉCONTRAINTE

Le C.M.P. contrôle la conformité à l'agrément des différents éléments (*).

72.4.3,2 - CONTRÔLE AVANT BÉTONNAGE

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

72.4.3,3

72.4.3,3 - CONTRÔLE APRÈS BÉTONNAGE ET AVANT MISE EN TENSION

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

72.4.4

72.4.4 - CONTRÔLES À LA MISE EN TENSION

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

* 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 oeuvre dans un certain nombre d'unités de précontrainte.

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 (**).

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

72.5

72.5 - CONTRÔLE EXTÉRIEUR

* Le marché peut prévoir que cette épreuve de convenance soit fusionnée avec les vérifications préalables (Cf. article 72.4.2 ci-dessus).

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

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

Article 73 - Armatures de précontrainte utilisées à titre provisoire.

Article 73 - 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.

73.1

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

73.2

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

73.3

* Le nombre de remplois inclut les remplois antérieurs éventuels

Article 74 - 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).

73.1 - FOURNITURE

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

73.2 - 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 (*).

73.3 - PROCÉDURE D'EXÉCUTION RELATIVE À LA PRÉ-CONTRAINTÉ

La procédure fixe les limitations de tension et le nombre des remplois (*) ainsi que toutes les consignes à respecter lors de la mise en oeuvre 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 74 - Précontrainte additionnelle.

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

- 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 oeuvre 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 oeuvre des vérins (chambres de tirage au niveau des culées) ;
- des supports éventuels, etc.

Article 75 - Structures continues comportant de nombreux joints de construction.

75.1

* 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.

Lorsque le marché prévoit la possibilité de mettre en oeuvre 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 75 - Structures continues comportant de nombreux joints de construction.

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

75.1 - 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 B.P.E.L.

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

75.2

75.2 - 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.

75.2.1

75.2.1 - CAS DES OUVRAGES BÉTONNÉS EN PLACE

* Les procédés les plus couramment utilisés sont les suivants :

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

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 $4 \varnothing$ (\varnothing 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.

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.

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

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

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

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

75.2.2

- * 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.

75.2.2 - 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 oeuvre 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.

75.3

* Pour les structures faisant l'objet du présent article 75, le marché doit normalement prescrire de tels essais.

Article 76 - Prescriptions additionnelles relatives à la protection des armatures de précontrainte.

76.1

76.2

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.

75.3 - 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 76 - Prescriptions additionnelles relatives à la protection des armatures de précontrainte.

76.1 - DOMAINE D'APPLICATION

Cet article s'applique en cas de stockage prolongé d'armatures de précontrainte sur chantier, ou d'écart de temps important (supérieur à quatre semaines) entre leur mise en place dans le béton et leur protection définitive.

76.2 - STOCKAGE

Les stipulations de l'article 92.1.3 du fascicule 65-A sont complétées par ce qui suit :

Il est rappelé qu'à tout moment les armatures doivent être protégées des étincelles provenant de découpages et des soudures éventuelles exécutées dans le voisinage, des chocs et d'une façon générale de toute pollution ou agression.

Aucune couverture de protection utilisée à cet effet ne doit être en contact avec l'acier. De plus, un minimum de ventilation doit être assuré afin d'éliminer l'humidité sous les bâches.

Lorsque les armatures de précontrainte sont protégées pour le transport par un emballage maritime étanche, il y a lieu, notamment dans les régions à climat chaud et humide, de déposer cet emballage dès l'arrivée des armatures sur le chantier et de les stocker dans un local ventilé.

76.3

76.3.1

* 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.

76.3.2

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

** Ce délai est réduit à une semaine, sans possibilité de renouvellement, lorsque les armatures mises en oeuvre 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.

76.3 - RENOUELEMENT DE LA PROTECTION PROVISOIRE

76.3.1 - 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 (**).

76.3.2 - APRÈS MISE EN TENSION

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

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

Au delà de quatre semaines, si le programme de précontrainte, visé par le maître d'oeuvre, 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 extradoss,
- 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.

76.4

* 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.

76.4 - 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 8

PRÉCONTRAINTÉ EXTÉRIEURE

Article 81 - Dispositions générales.

81.1

81.2

* 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.

81.2.1

* 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 8

PRÉCONTRAINTÉ EXTÉRIEURE

Article 81 - Dispositions générales.

81.1 - DOMAINE D'APPLICATION.

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

81.2- 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.

81.2.1 - 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 ;

*** 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.

81.2.2

81.2.2,1

81.2.2,2

* 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 RPAO 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.

- résistance à la pression d'injection maximale proposée par l'entrepreneur dans le cadre du P.A.Q, compte tenu de la température maximale du produit injecté définie par ce même document ;

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

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

81.2.2 - DÉVIATEURS

81.2.2,1 - 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.

81.2.2,2 - 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»,

- *** * Les deux parois en cause sont :
- la paroi déviatrice, extérieure au conduit,
 - la paroi du conduit.

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

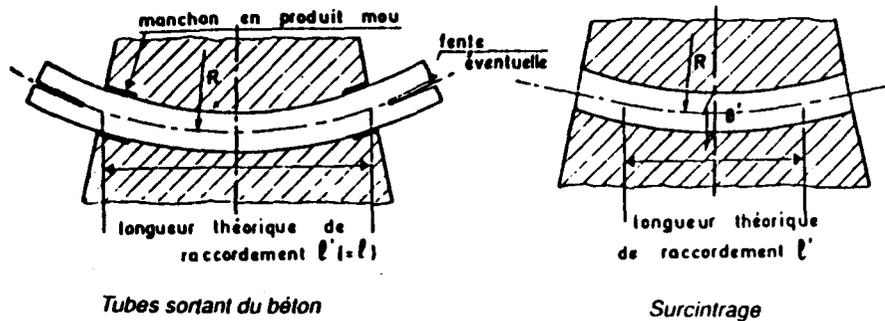
Il importe de prendre toute disposition adéquate pour éviter une éventuelle accumulation d'eau entre les deux parois qui pourrait, en cas de gel, provoquer une désorganisation du béton adjacent.

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

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, «déviator à double paroi» (***) (*). Selon la forme et les possibilités de jeu de la paroi déviatrice, on distingue les cas suivants :

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

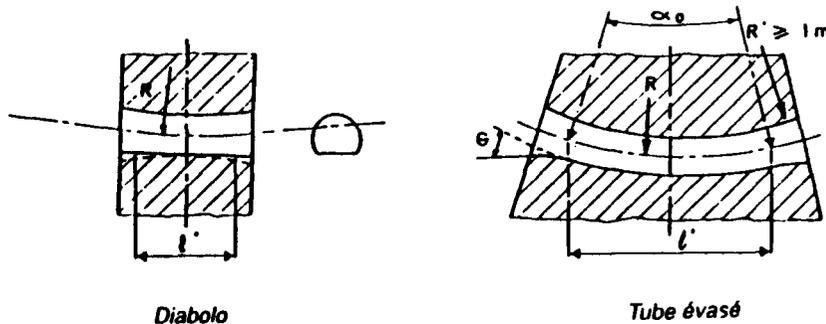
Exemples de solutions de type b1 aménagé



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

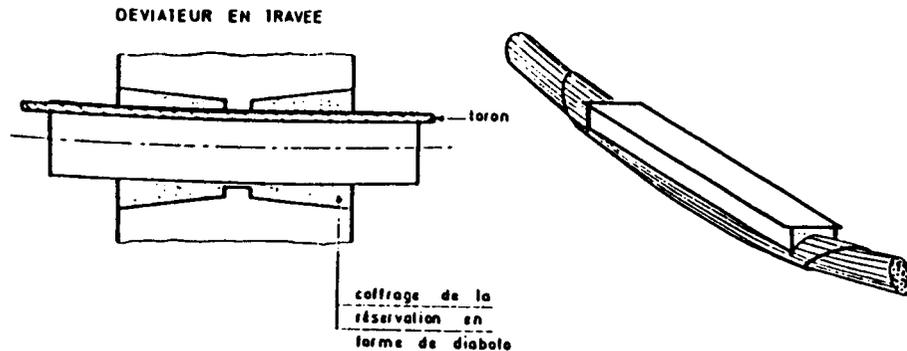
b 2. Paroi déviatrice fixe, de forme élaborée (***) (**), pouvant tolérer des défauts de mise en place dans une plage assez étendue.

*** ** Exemples de solutions de type b2



*** ** *

Exemple de solution de type b3



81.2.3

* 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 améliorer le comportement, les conditions de non décompression de la section d'enrobage sous combinaisons quasi-permanentes ne sont pas à appliquer.

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'accrochent, 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.

81.2.3 - 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.

81.3

81.3.1

* 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.

** 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 83.2.2 ci-après).

81.3.2

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

81.3 - ÉTUDES D'EXÉCUTION

81.3.1 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.
- 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 P.A.Q, les tolérances d'implantation des déviateurs (***) et d'analyser leurs conséquences sur les déviations angulaires parasites à prendre en compte.

81.3.2 - 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'oeuvre, 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 82 - Produits et matériaux.

82.1

82.1.1

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

- une matière plastique (autre que le P.E.H.D.), 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 série S8
7 T 15	76,1	75
12 T 15	80,0	90
19 T 15	101,6	110
27 T 15	114,3	125
37 T 15	139,7	140

Article 82 - Produits et matériaux.

82.1 - CONDUITS

82.1.1 - MATÉRIAUX ET TYPES DE TUBES

Sauf disposition contraire du marché, les tubes sont en polyéthylène à haute densité (P.E.H.D.) 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 (**).

82.1.1,1

* A la date d'édition du présent fascicule, les normes applicables sont : NF T 54-072 pour les caractéristiques des tubes, et NF T 54-044 pour les produits de base.

** En l'absence de norme, la mesure est effectuée selon la méthode d'essai n° 32 du L.C.P.C.

*** La série S 8 est la plus couramment utilisée.

La série S 12,5 n'est envisageable qu'en partie droite, à moins que le câble soit constitué de torons gainés-protégés, le tube étant injecté au coulis de ciment avant leur mise en tension.

La série S5 ne se justifie que lorsque le tracé du câble implique une pression d'injection supérieure à 1 MPa.

Dans chacune de ces séries, à un diamètre extérieur donné correspond une épaisseur de tube bien définie.

*** * La pression nominale est la pression d'eau maintenue constante que le tube doit supporter sans défaillance et avec une sécurité convenable pendant 50 ans à la température de 20°C. En fait, dans un essai de courte durée à 20°C, les tubes sont capables de résister à une pression de l'ordre du triple de leur pression nominale.

*** ** En l'absence de norme, il sera fait application de la méthode d'essai n°32 du L.C.P.C.

L'essai est considéré comme satisfaisant si aucune fissuration n'est constatée après 72 heures d'immersion dans un liquide tensio-actif.

82.1.1,1 - TUBES EN POLYÉTHYLÈNE À HAUTE DENSITÉ

Il s'agit de tubes conformes aux normes en vigueur tant pour les produits de base que pour les procédés de fabrication (*). Le matériau est un polyéthylène PE 5-3 de catégorie B (résistant au rayonnement ultraviolet), présentant une teneur en anti-oxydants supérieure à 1000 p.p.m. (**).

Le tube appartient à l'une des classes de pression de la série (***) suivante :

- Série S 12,5, pression nominale (***) *) 0,4 MPa - PN 4
- Série S 8 , pression nominale 0,6 MPa - PN 6
- Série S 5 , pression nominale 1,0 MPa - PN 10

Si les tubes sont livrés en couronnes (Cf. article 82.1.2,1 ci-après) de diamètre inférieur à 30 fois le diamètre des tubes, ils doivent présenter une aptitude particulière de résistance à la fissuration sous contrainte. Celle-ci est appréciée par un essai effectué conformément aux normes en vigueur (***) **).

82.1.1, 2

* A la date d'édition du présent fascicule, les normes applicables sont :
NF A 49-542,49-643,49-501 et 49-541

** 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.

82.1.2

82.1.2,1

* A la date d'édition du présent fascicule, la norme applicable est la norme NF T 54-072.

82.1.1, 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 $20 \varnothing$ (**).

82.1.2 - CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

82.1.2,1 - 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 aux prescriptions de la norme en vigueur (*).

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

82.1.2,2

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

82.2

* 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.

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 P.A.Q. les dispositions qu'il compte prendre pour respecter cette contrainte.
- Les tubes seront protégés de la lumière directe du soleil (**) pendant tout le temps de transport et de stockage.

82.1.2,2 - 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 (*).

82.2- 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 :

- 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 P.A.Q., par les moyens précisés dans ce même document.

82.3

82.3.1

* La démontabilité suppose alors que l'injection est réalisée à l'aide d'un produit souple. Cette disposition est corrélatrice de la «déviation par le conduit» définie au 81.2.2,2 a.

** Cette disposition est associée à la «déviation à double paroi» définie au 81.2.2,2 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.

82.3.2

82.4

* 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.

82.3 - ZONES D'ANCRAGE

82.3.1 - 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.

82.3.2- 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 Précontrainte, dans les conditions prévues par le règlement de l'agrément.

82.4- PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ

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 6 du présent fascicule.

Conformément à l'article 81.2 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 83 - Mise en œuvre.

83.1

83.1.1

* 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.

83.1.1,1

Article 83 - Mise en œuvre.

83.1 - CONDUITS

83.1.1- 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.

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.

83.1.1,1- 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.

83.1.1,2

* Une épaisseur minimale de 3 mm s'impose pour le tube (voir 82.1.1,2)

83.1.2

83.1.3

83.1.3,1

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

83.1.3,2

83.1.1,2- 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.

83.1.2- 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 C.C.T.G.

83.1.3- 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 P.A.Q. La démonstration de leur efficacité doit être faite par l'entrepreneur. Elle peut résulter soit d'essais de convenance, soit de références antérieures.

83.1.3,1- 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.

83.1.3,2- TUBES EN ACIER

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

83.1.4

* 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	$\alpha = 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
- matériau composite	$\alpha = 1,25 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
- polyéthylène	$\alpha = 20 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
- polypropylène	$\alpha = 15 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
- graisse ou cire	$\alpha_3 = 60 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

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

83.2

83.2.1

* 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.

83.1.4- 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 oeuvre. 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, $T_{\max} = 60^{\circ}\text{C}$ (*).

83.2- DÉVIATEURS

83.2.1- 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 $30 \cdot \varnothing$

\varnothing représentant le diamètre extérieur du conduit

Le diamètre intérieur de celui-ci satisfait, par ailleurs, aux conditions définies à l'article 82.1.1

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 81.2.2,2, la paroi déviateur 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 83.2.2 ci-après). Il appartient à l'entrepreneur de démontrer que cette condition est bien remplie.

La paroi déviateur doit, en outre, assurer le libre passage à un tube fictif dont le diamètre est au moins :
 $\phi' > \phi + 10$ mm (**)

** 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 déviateur est un

tube surcintré.

83.2.2

83.2.2- POSITIONNEMENT DES DÉVIATEURS

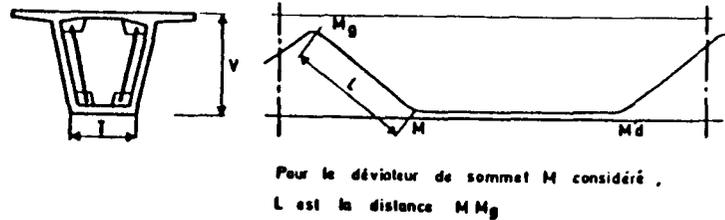
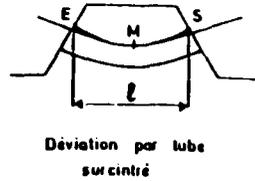
Les tolérances définies ci-après concernent 3 points caractéristiques E,S,M situés respectivement à l'entrée, à la sortie et au milieu de la paroi déviateur, sur la ligne théorique de contact entre ladite paroi et le câble ou éventuellement, en ce qui concerne les points E et S, sur son prolongement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

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

83.2.2,1

* Les notations sont définies sur les figures qui suivent.



83.2.2,1 - 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 81.2.2,2).

83.2.2,2 - 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 :

- $k_v \cdot 1$ dans le sens vertical,
- $k_t \cdot 1$ 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 81.2.2,2, $k_v = k_t = 10^{-2}$
- dans le cas b2 de 81.2.2,2, $k_v = k_t = 2 \times 10^{-2}$

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 81.2.2,2)

$$\omega_{\max} = 5 \times 10^{-2} \text{ radian}$$

Il incombe à l'entrepreneur de préciser dans le P.A.Q 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.

83.2.3

- * 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 C.C.T.G.

83.3

83.3.1

- * 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.

83.3.2

83.2.3 - 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 C.C.T.G.

83.3- ZONES D'ANCRAGE

83.3.1 - GÉOMÉTRIE DU TRACÉ DANS L'ENTRETOISE. TOLÉRANCES D'IMPLANTATION

Les principes généraux définis aux articles 83.2.3 et 83.2.4 sur les «Déviateurs» sont applicables moyennant les adaptations ci-après (*).

83.3.2- 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 83.2.1.

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 83.2.1. L'évasement en question doit, par ailleurs, présenter un rayon de courbure principal au moins égal à 1 mètre.

83.3.3

83.3.3- 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.

83.4

83.4- PROTECTION DES ARMATURES DE PRÉCONTRAINTÉ (*)

* Il est rappelé que, suivant l'article 81.2 du présent fascicule, les armatures de précontrainte extérieure doivent être démontables, sauf disposition contraire du marché.

Les dispositions exigées pour la mise en oeuvre des produits de protection font l'objet de l'article 93.4 du fascicule 65-A, et du chapitre 6 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 84 - Assurance de la qualité.

Article 84 - Assurance de la qualité.

84.1

84.1 - 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'oeuvre.

Conformément à l'article 83.1.3 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.

84.2

* 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.

84.2- CONTRÔLE DE LA GÉOMÉTRIE DU TRACÉ DES ARMATURES

Le plan d'assurance de la qualité (P.A.Q.) comprend obligatoirement les procédures concernant les points suivants:

- Dispositions prises pour respecter la condition sur les flèches résiduelles des conduits livrés en couronnes (article 82.1.2,1 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 83.2.2,1 et 83.2.2,2 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 81.2.2,2 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 9 PEINTURES

Article 91 - Dispositions générales.

91.1

* 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).

91.2

* 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).

91.2.1

CHAPITRE 9 PEINTURES

Article 91 - Dispositions générales.

91.1 - DOMAINE D'APPLICATION

Le présent chapitre (*) s'applique aux travaux de fourniture et de mise en œuvre (**) de systèmes de peintures sur bétons (généralement multicouches) pour protéger, imperméabiliser ou décorer les parois et les parements.

91.2 - 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 peintures.

91.2.1 - GARANTIES CONTRE LES DÉCOLLEMENTS, PELAGES ET CLOQUAGES

Pendant une durée de 8 (huit) ans, il n'est pas toléré d'altérations telles que décollements, pelages ou cloquages, à quelque niveau qu'ils se produisent, dont la superficie cumulée dépasse 1% de la superficie de référence.

* Par exemple poutre, pile, culée, etc...

** Par exemple balustre de garde-corps, etc...

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

*** * Ces systèmes sont définis dans la note d'information technique du L.C.P.C. "Mise en peinture des bétons de génie civil" (avril 1978).

91.2.2

* Norme NF X 08-014 :
- Couleurs
- Ecart et tolérances colorimétriques
- Formules de différence de couleur CIE LUV et CIE LAB •.

Fascicule de documentation X 08-015 :
- Couleurs
- Ecart et tolérances colorimétriques
- Formules de différence de couleur CIE 1964 UCS NBS.

** Ce caractère est alors prévu dans le marché.

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 0,25 m² (**),

- sinon, une superficie de 0,25 m² représentative de l'élément considéré (***).

Pour les systèmes à base de résine acrylique ou vinylique (*** *), la durée de la garantie est ramenée à 5 (cinq) ans.

91.2.2- GARANTIES D'ASPECT

Si le marché prévoit de telles garanties, elles ne sont applicables qu'aux parties vues des ouvrages préalablement définies :

- aucune altération non uniforme de la couleur n'est acceptable pendant une durée de 5 (cinq) ans. Si des mesures sont possibles, aucun écart (*) de plus de 3 (trois) unités LAB• n'est admis entre zones voisines d'exposition comparable.

- en ce qui concerne l'altération uniforme des couleurs, une clause de garantie n'est prévue que dans le cas d'ouvrages à caractère esthétique marqué (**). Aucune altération uniforme de la couleur donnant un écart supérieur à 5 (cinq) unités LAB• par rapport à la couleur d'origine n'est admise pendant un délai de 3 (trois) ans.

Les garanties d'aspect ne s'appliquent pas aux systèmes à base de résines acrylique et vinylique.

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

Article 92 - Produits et matériaux.

92.1

* 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.

Ces différents critères sont développés dans la note d'information technique d'avril 1978 du L.C.P.C. portant sur la « mise en peintures des bétons de génie civil ». Figure également dans cette note la classification des systèmes de peintures en six systèmes types :

1. Systèmes à base de résines époxydes ;
2. Systèmes à base de résines polyuréthanes ;
3. Systèmes à base de résines époxydes et de brai de houille ;
4. Systèmes à base de résines de caoutchouc chloré ;
5. Systèmes à base de résines « Pliolite » ;
6. Systèmes à base de résines acryliques et vinyliques.

Pour chaque système sont précisés l'usage, le but recherché, la constitution du système ainsi que les références d'emploi.

La note d'information technique est complétée par une annexe, remise à jour périodiquement et comportant des fiches de systèmes de peintures ayant subi avec succès les principaux essais de qualité en laboratoire. Il convient de préciser qu'il s'agit là d'une procédure d'évaluation des produits conçue pour apporter une aide efficace aux utilisateurs, et non d'une procédure de certification de qualité.

** Ces indications comportent notamment :

- 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),
- la définition du domaine d'emploi,
- le délai de validité d'emploi.

Article 92 - Produits et matériaux.

92.1 - CHOIX (*)

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

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

92.2

92.2 - CONDITIONNEMENT

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

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

- le nom et l'adresse du fabricant,
- le nom et l'adresse de l'usine de fabrication,
- la dénomination commerciale,
- la date de fabrication,
- le numéro du lot de fabrication,
- les masses nette et brute, et le volume net,
- les mentions prescrites par la réglementation pour ce type de produit,
- et les conditions particulières d'utilisation.

La date limite d'utilisation du produit est apposée sur l'étiquette et le délai de péremption sur la fiche technique correspondante.

92.3

92.3 - TRANSPORT, STOCKAGE ET MANUTENTION

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

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

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 produits sont séparés par nature.

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

92.4

92.4 - CONTRÔLE DE LA CONFORMITÉ

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

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

En dehors des opérations de contrôle ainsi définies, le maître d'oeuvre 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.

** Les essais d'identification rapide ont pour but de détecter, dès la livraison, des erreurs de destination ou des modifications de la composition des peintures.

***- Norme NF T 30-084 - Peintures et vernis.

Détermination de l'extrait sec conventionnel.

- Norme NF T 30-012 - Peintures.

Détermination du taux de cendres dans les vernis, peintures et préparations assimilées.

- Norme NF T 30-020 - Peintures et vernis.

Détermination de la masse volumique. Méthode du pycnomètre.

Article 93 - Mise en œuvre.

93.1

* Les parements de béton peuvent être souillés par les huiles de décoffrage, les adjuvants et produits de cure, la calcite, les coulures de rouille, les produits de ragréage, etc.

** Les solvants pénètrent dans le béton et sont difficiles à éliminer complètement. Ils peuvent aussi nuire à l'adhérence de la peinture.

Chaque lot livré fait l'objet d'une attestation de conformité (*) comprenant au moins des essais d'identification rapide (**) qui comportent la détermination:

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

dans la mesure où ces essais ont une signification pour la peinture considérée.

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

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

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

Article 93 - Mise en œuvre.

93.1 - 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 (**).

*** Il est rappelé que l'abrasif proposé doit satisfaire aux prescriptions du décret n° 69.558 du 6 juin 1989 qui interdit l'emploi de produits contenant plus de 5% de silice libre.

*** * Dans certains cas, pour éviter de compromettre la tenue de la peinture, les défauts du béton (bullage, nids de sable, laitance, microfissures, etc...) sont à corriger.

93.2

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

** Les produits doivent être parfaitement homogénéisés à l'aide d'un agitateur électrique (ou pneumatique). Une attention toute particulière doit être apportée à l'ajout de diluants éventuellement nécessaires compte tenu du mode d'application (brosse, pistolet à air, pistolet sans air).

Il est préférable d'utiliser des produits prêts à l'emploi sans dilution préalable.

93.3

* Des thermomètres et hygromètres enregistreurs, dont le fonctionnement est vérifié quotidiennement, sont placés en permanence à proximité immédiate des emplacements de travail.

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 (***).

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

La préparation du support comporte obligatoirement un dépoussiérage.

93.2- PRÉPARATION DES PRODUITS

Les produits sont préparés en fonction des dispositions de la fiche technique (*) du fabricant, éventuellement précisées au cours de l'épreuve de convenance (**).

93.3 - MODE D'EXÉCUTION

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

Toute mise en oeuvre est interdite lorsque :

- la température du subjectile se situe à moins de 3° C au-dessus du point de rosée,
- le degré hygrométrique relatif et la température de l'atmosphère ambiante (*) sortent des limites fixées par la fiche technique du fabricant,
- la température du subjectile dépasse la valeur prévue dans la fiche technique du fabricant.

93.3.1

93.3.1 - HUMIDITÉ DU SUPPORT

L'application des produits est interdite par temps de pluie et sur des surfaces humides ou condensantes.

Le séchage à la flamme est interdit.

93.3.2

93.3.2 - DÉLAIS DE SÉCHAGE ET DE RECOUVREMENT

La mise en œuvre doit respecter, pour les différentes couches, les délais de séchage et les délais de recouvrement fixés dans la fiche technique.

93.3.3

93.3.3 - PROTECTION

Les couches de peinture fraîchement appliquées sont protégées pendant toute la période de séchage, notamment contre les averses, les écoulements liquides et les projections diverses, si nécessaire par la mise en place d'écrans.

Article 94 - Dossier d'étude et procédure d'exécution.

94.1

Article 94 - Dossier d'étude et procédure d'exécution.

94.1 - DOSSIER D'ÉTUDE

L'entrepreneur soumet le système proposé à l'acceptation du maître d'œuvre, en précisant les renseignements suivants :

- fiches techniques d'identification des produits,
- références d'emploi,
- indication du nombre de couches,
- épaisseurs globale et élémentaire,
- désignation des produits.

Si le marché le prescrit, ces éléments sont complétés par une épreuve d'étude.

94.2

* Pour le choix des peintures, se reporter à la note d'information technique du L.C.P.C. " Mise en peinture des bétons de génie civil " qui donne en annexe des fiches descriptives pour un certain nombre de systèmes connus.

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'études (au moins trois mois).

** Les paramètres d'application comprennent notamment les conditions atmosphériques, les périodes favorables (la période favorable s'étend généralement d'avril à octobre), la préparation des produits, la dilution, le mode d'application, les délais de recouvrement.

*** Le délai minimal de deux mois est généralement nécessaire pour éviter la dégradation des produits par l'alcalinité du béton jeune.

Article 95 - Assurance de la qualité.

95.1

95.2

94.2- PROCÉDURE D'EXÉCUTION

La procédure d'exécution précise :

- l'organisation et la répartition des différents ateliers,
- les modalités de préparation du support,
- la compatibilité du système de peintures avec la nature, la texture et l'humidité du support (*),

- les paramètres d'application (**),
- 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 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 95 - Assurance de la qualité.

95.1- COMPOSITION DU PLAN D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

La partie du P.A.Q. relative aux travaux de peinture est constituée par :

- le dossier d'étude des produits,
- les procédures d'exécution,
- les modalités du contrôle interne portant sur la préparation et la mise en œuvre des produits.

95.2- CONTRÔLE INTERNE

La préparation du support et la mise en œuvre font l'objet d'un contrôle interne selon des modalités prévues par le P.A.Q.

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,
 - homogénéisation,
 - respect du temps de mûrissement,

- l'application des produits :

- matériel utilisé,
- ambiance, humidité de surface, humidité interne,
- quantités mises en oeuvre, surfaces revêtues, dosage par mètre carré,
- durée de séchage et délais entre couches,
- aspects intermédiaires après séchage.

Article 96 - Contrôle extérieur.

96.1

* L'état de surface du support peut être apprécié par référence à des plaquettes étalons de défauts de surface (cf : Note d'information technique du L.C.P.C.)

Article 96 - Contrôle extérieur.

Le maître d'oeuvre s'assure de l'exécution du contrôle interne dans les conditions définies par le P.A.Q.

96.1 - 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, un essai d'application des produits sur une surface représentative de l'ouvrage, choisie par le maître d'oeuvre 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.

96.2

* Cf : Note d'information technique du L.C.P.C.

** La surface étalon peut être une plaquette, ou une partie de la surface réalisée lors de l'épreuve de convenance.

96.2- ÉPREUVES DE CONTRÔLE

Le maître d'oeuvre fait procéder au contrôle de conformité qui porte sur la couleur et l'aspect final.

Les contrôles d'aspect sont effectués conformément aux critères définis par le marché (*).

Le contrôle de la couleur est effectué soit visuellement, soit par référence à une surface étalon (**).

ANNEXE 1 AU TEXTE (Annexe contractuelle)

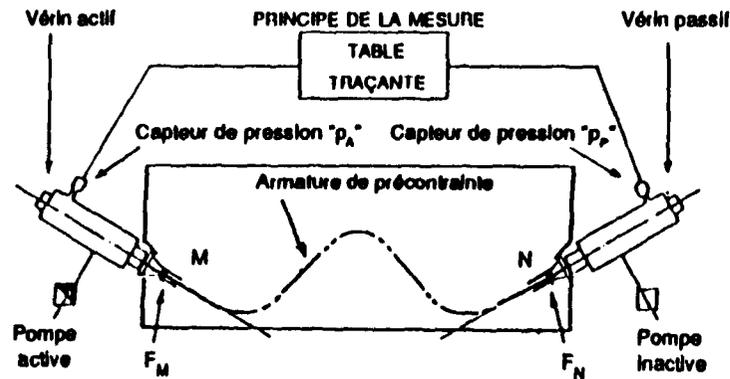
MESURE DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSION

Le présent document constitue une annexe au texte du fascicule 65-A. Plus précisément, il se rapporte à l'article 95.4.2 dudit fascicule.

I - Généralités

La méthode d'essai du L.C.P.C. définit, pour la mesure des coefficients de transmission, deux niveaux de modes opératoires :

- le niveau 1, le plus sommaire, ne requiert aucun appareillage spécifique. Les pressions côté actif (p_A) et côté passif (p_P) sont relevées lorsque p_A atteint la pression d'alerte p_{aA} et la pression finale p_{0A} .
- le niveau 2, le plus élaboré, nécessite l'utilisation de capteurs de pression et d'une table traçante pour l'enregistrement de la courbe $p_P = f(p_A)$, p_P et p_A représentant les pressions dans la chambre du vérin passif et dans celle du vérin actif.



Les essais de convenance ainsi que les essais prévus dès l'origine au titre du contrôle interne sont de niveau 2.

Dans la mesure où les deux vérins ont la même section, le coefficient de transmission observé $k_{obs} < 1$ est égal

- au rapport p_{0P} / p_{0A} quand le mode opératoire est celui de niveau 1 (le rapport p_{aP} / p_{aA} étant calculé à titre de contrôle),
- à la pente de la droite $p_P = f(p_A)$ quand le mode opératoire est celui de niveau 2.

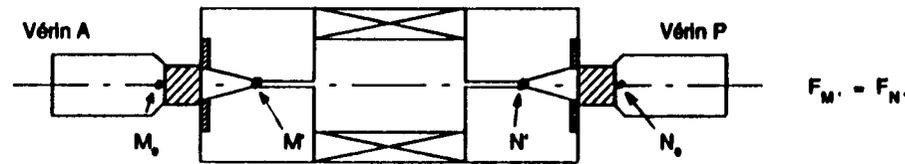
Dans un cas comme dans l'autre, ce coefficient k_{obs} est à corriger par le moyen d'un facteur $f_c (< 1)$ pour obtenir le coefficient réel de transmission k_r , directement comparable au coefficient de transmission calculé $k_{cal} = e^{-(\alpha+\varphi)}$ où α représente la déviation angulaire totale le long du tracé et 1 la longueur du câble entre ancrages : $k_r = (1 / f_c) \cdot k_{obs}$

k_{cal} représente en effet la valeur théorique du rapport des forces de tension F_M et F_N à la sortie des trompettes de déviation des ancrages, les perturbations liées à la traversée des ancrages et de leurs trompettes d'une part, aux caractéristiques du couple de vérins utilisés pour la mesure d'autre part, n'étant pas prises en compte dans l'évaluation de k_{cal} par le bureau d'études.

Le facteur de correction $f_c < 1$ peut être estimé de plusieurs façons :

a) Par mesure directe au cours d'un essai préliminaire (de type α) sur chantier.

On utilise deux blocs de béton en opposition dans lesquels sont incorporés les dispositifs d'appui (plaques), de déviation (trompettes) et de raccordement au conduit. Après enfilage du câble, on met en place, sur ces blocs, les têtes d'ancrage et les clavettes ainsi que le couple de vérins destiné à effectuer la mesure du coefficient de transmission des unités de l'ouvrage.



ESSAI PRÉLIMINAIRE DE TYPE α

Côté actif, la pression p_A est montée jusqu'à p_{0A} ; côté passif, la pression p_P atteint alors p_{0P} .

f_c est égal :
- soit à la pente du diagramme $p_P = f(p_A)$
- soit au rapport p_{0P} / p_{0A}

selon qu'on utilise ou non un ensemble capteurs de pression - table traçante.

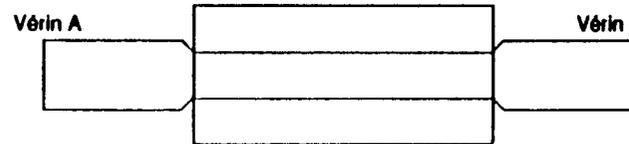
Ce type d'essai, assez lourd, n'est envisageable que pour des chantiers importants.

b) Par décomposition en produit de facteurs correspondant chacun à un phénomène physique aisément mesurable.

f_c peut en effet se mettre sous la forme : $f_c = r^2 \cdot f_v$

- $f_v (< 1)$ représente l'influence des pertes dans le couple de vérins utilisés, l'un fonctionnant en actif, l'autre en passif. f_v est mesuré par un essai préliminaire (de type β) sur chantier.

Les deux vérins sont montés en opposition sur un bâti permettant de les relier par un faisceau d'armatures strictement rectilignes et parallèles.



ESSAI PRÉLIMINAIRE DE TYPE β

Côté actif, la pression p_A est montée jusqu'à p_{0A} ; côté passif, la pression p_P atteint alors p_{0P} .

f_v est égal :
- soit à la pente du diagramme $p_P = f(p_A)$
- soit au rapport p_{0P} / p_{0A}

selon qu'on utilise ou non un ensemble capteurs de pression - table traçante.

- le facteur r (< 1) représente la perte relative de tension du câble à la traversée d'un ensemble trompette - tête d'ancrage - clavettes.

Il peut être déterminé une fois pour toutes par un couple d'essais préliminaires ($\alpha + \beta$) effectués en atelier ou en laboratoire (avec utilisation des mêmes vérins dans les deux cas) :

- l'essai de type α fournit f_c

- l'essai de type β donne f_v

On en déduit : $r^2 = f_c / f_v$

La procédure b) ainsi décrite permet de limiter les essais préliminaires sur chantier à ceux de type β qui, contrairement à ceux de type α , n'impliquent pas la confection de blocs de béton.

C) Par utilisation des valeurs forfaitaires données dans les notices techniques.

Dans l'état actuel de la réglementation, il convient de souligner que ces valeurs ne sont que des ordres de grandeur et peuvent conduire à des erreurs relatives non négligeables lorsqu'on cherche à réévaluer les coefficients de frottement selon la méthode prévue à l'article 95.4.2 du fascicule 65-A et que les coefficients de transmission k_r (ou k_{cal}) sont assez proches de l'unité.

C'est pourquoi l'emploi de ladite méthode de réévaluation est interdit lorsqu'on a recours aux valeurs forfaitaires des notices techniques et que k_r est supérieur à 0,80.

II - Fiche type de relevé de coefficient de transmission

Afin de permettre une exploitation rationnelle des nombreuses mesures de coefficients de transmission qui sont effectuées sur les chantiers de précontrainte, les résultats de ces mesures ainsi qu'un certain nombre de données de base indispensables pour leur interprétation sont à récapituler sur une fiche-type dont le modèle est donné ci-après.

La crédibilité des résultats dépend considérablement du soin apporté au renseignement de ces fiches. A cet égard, l'attention est attirée sur le fait que α représente la déviation angulaire totale le long du tracé, éventuellement gauche, du câble et qu'elle ne peut donc être évaluée sérieusement à partir d'un simple dessin en élévation du câblage de l'ouvrage. Pour un tracé complexe, la valeur correspondante doit être extraite de la note de calculs de l'ouvrage.

Toute mesure du coefficient de transmission doit faire l'objet d'une telle fiche, que cette mesure ait été faite au titre du contrôle interne ou au titre du contrôle extérieur.

Les fiches ainsi renseignées sont à adresser aux destinataires prévus par le CCTG ainsi qu'à la société distributrice du procédé de précontrainte concerné.

RELEVÉ DE COEFFICIENT DE TRANSMISSION

1 - Données générales

Date : / /

Ouvrage :
 Maître d'œuvre :
 Entreprise :
 Société distributrice :
 C.M.P. :
 Procédé de précontrainte :
 Unité de précontrainte :
 Acier de précontrainte :
 Numéro du câble contrôlé :
 Nature du câble contrôlé :
 Nature du conduit :
 Diamètre du conduit :
 Mise en place des armatures :
 Lubrification :

Responsable de la mesure :

Intérieur Extérieur
 Gaine Tube Tube Autre
 feuillard métallique plastique
 \varnothing_i ou \varnothing_e
 Usine Poussage Treuillage
 Sans Huile Graisse Autre

2 - Données du bureau d'études

Type d'unité	l (m)	α (rad)	f	φ	σ_{p0} (MPa)	k_{cal}
actif - actif <input type="checkbox"/>						
actif - passif <input type="checkbox"/>						

3 - Ancrages et matériels utilisés

Type d'ancrage	Vérin actif : type et n°	Vérin passif : type et n°	fc (< 1)

4 - Méthode de mesure

Niveau 1 : Niveau 2 :

5 - Origine du facteur de correction f_c

- Mesure directe de f_c sur chantier $f_c =$
- Mesure directe de f_v sur chantier $f_v =$
et mesures antérieures de r $r =$
- Valeurs forfaitaires

6 - Coefficient de transmission

Pression repère	p_A (bar)	p_P (bar)	k_{obs}	k_r
- finale - d'alerte				

ANNEXE 2 AU TEXTE
(Annexe contractuelle)

Liste arrêtée à la date de décembre 1991 des normes évoquées dans le texte
et les commentaires de l'additif au fascicule 65-A du CCTG

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)	Date
	A - Métallurgie			
	<i>A 49 - Tubes et produits tubulaires en acier</i>			
	* Tubes en acier			
82.1.1,2	- Profils creux sans soudure ou soudés finis à chaud pour construction. Dimensions. Conditions techniques de livraison.	NF A 49-501	HOM	oct. 1986
82.1.1,2	- Profils creux soudés finis à froid pour construction. Dimensions. Conditions techniques de livraison.	NF A 49-541	HOM	oct. 1986
82.1.1,2	- Tubes galvanisés à section circulaire, carrée, rectangulaire, soudés longitudinalement pour constructions métalliques. Dimensions. Conditions techniques de livraison.	NF A 49-542	HOM	juil. 1987
82.1.1,2	- Tubes ronds, carrés et rectangulaires du commerce, soudés longitudinalement par pression à partir de produits plats laminés à chaud puis formés à froid. Dimensions. Conditions techniques de livraison.	NF A 49-643	HOM	sep. 1987
	E - Mécanique			
	<i>E 15 - Instruments de mesure de pression</i>			
53.2.2	- Manomètres industriels. Manomètres métalliques indicateurs. Intervalles de mesure de 0,4 bar à 1600 bar	NF E 15-026	HOM	déc. 1985
(1) HOM : Homologué, EXP : Expérimentale, ENR : Enregistrée, FD : Fascicule de documentation				

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)	Date
	M - Combustibles. Energie nucléaire Combustibles liquides			
	<i>M 07 - Méthodes d'essais</i>			
62.2.2	- Epreuve de corrosion du cuivre par les produits pétroliers. Essai à la lame de cuivre	NF M 07-015	HOM	sep. 1982
	P - Batiment et génie civil			
	<i>P 18 - Bétons - Granulats</i>			
22.4	* Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis. Définitions, classification et marquage.	NF P 18-103	HOM	août 1989
22.2	* Granulats naturels pour bétons hydrauliques	NF P 18-301	HOM	déc. 1983
	* Adjuvants pour bétons, mortiers et coulis			
22.4	- Hauts réducteurs d'eau	P 18-330	EXP	déc. 1990
22.4	- Accélérateurs de prise sans chlore	NF P 18-331	HOM	déc. 1986
22.4	- Accélérateurs de durcissement sans chlore	NF P 18-332	HOM	déc. 1986
22.4	- Fluidifiants	NF P 18-333	HOM	déc. 1986
22.4	- Hydrofuges de masse	NF P 18-334	HOM	déc. 1986
22.4	- Plastifiants	NF P 18-335	HOM	déc. 1986
22.4	- Réducteurs d'eau - plastifiants	NF P 18-336	HOM	déc. 1986
22.4	- Retardateurs de prise	NF P 18-337	HOM	mars 1990
22.4	- Entraîneurs d'air	NF P 18-338	HOM	déc. 1986
	* Bétons			
14.3	- Essai d'information. Confection et conservation des éprouvettes	NF P 18-405	HOM	déc. 1981
14.2	- Essai de compression	NF P 18-406	HOM	déc. 1981
54.2.3				
26	- Essai d'affaissement	NF P 18-451	HOM	déc. 1981

(1) HOM : Homologuée, EXP : Expérimentale, ENR : Enregistrée, FD : Fascicule de documentation

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)	Date
	T - Industries chimiques <i>T 30 - Peintures, pigments, vernis. Méthodes d'essai</i>			
92.4	- Peintures. Détermination du taux de cendres dans les vernis, peintures et préparations assimilées.	NF T 30-012	HOM	oct . 1981
92.4	- Peintures et vernis. Détermination de la masse volumique. Méthode du pycnomètre.	NF T 30-020	HOM	août 1989
92.4	- Peintures et vernis. Détermination de l'extrait sec conventionnel.	NF T 30-084	HOM	avr. 1990
	<i>T 36 - Généralités. Terminologie</i>			
92.1	- Peintures et vernis. Classification des peintures, des vernis et des produits connexes.	NF T 36-005	HOM	sep. 1989
	<i>T 54 - Produits semi-ouvrés</i>			
82.1.1,1	- Tubes et raccords en polyéthylène. Désignation du polyéthylène basée sur la masse volumique nominale et sur l'indice de fluidité à chaud.	NF T 54-044	ENR	sep. 1978
82.1.1,1 82.1.2,1	- Tubes en polyéthylène "5". Spécifications.	NF T 54-072	HOM	juin 1981
	<i>T 60 - Corps gras, huiles et graisses industrielles. Généralités. Terminologie. Essais. Classifications et spécifications.</i>			
62.2.1	- Produits pétroliers. Détermination du point de goutte des huiles et graisses industrielles.	NF T 60-102	HOM	mai 1970
62.2.2	- Produits pétroliers. Détermination de la pénétrabilité au cône des produits paraffineux.	NF T 60-119	HOM	mai 1970
(1) HOM : Homologuée, EXP : Expérimentale, ENR : Enregistrée, FD : Fascicule de documentation				

Articles de référence	Titre de la norme	Indice	Statut (1)	Date
62.2.2	- Produits pétroliers. Détermination du point de figeage des paraffines, des cires, des vaselines et des pétrolata issus du pétrole.	NF T 60-128	HOM	déc. 1974
62.2.1	- Produits pétroliers. Pénétrabilité au cône des graisses lubrifiantes.	NF T 60-132	HOM	mai 1970
<p>X - Normes fondamentales Normes générales <i>X 08 - Couleurs</i></p>				
91.2.2	- Ecart et tolérances colorimétriques. Formules de différence de couleur. CIE LUV et CIE LAB	NF X 08-014	ENR	mars 1983
91.2.2	- Ecart et tolérances colorimétriques. Formules de différence de couleur. CIE 1964 UCS ; NBS ; ANLAB <i>X 41 - Méthodes d'essais concernant la protection contre les agents physiques, chimiques et biologiques.</i>	NF X 08-015	FD	nov. 1983
62.2.1 62.2.2	- Essai au brouillard salin	NF X 41-002	HOM	août 1975
<p>(1) HOM : Homologuée, EXP : Expérimentale, ENR : Enregistrée, FD : Fascicule de documentation</p>				

ANNEXE 3 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

Article de référence	
	ARRÊTÉS - CIRCULAIRES
63	- Arrêté du 20 avril 1988 approuvant le règlement de l'homologation et du contrôle des armatures de précontrainte gainées-protégées. (Brochure n° 89-6 T.O des textes officiels du M.E.L.T.M.)
74	- Lettre-circulaire de la Direction des Routes - R / EG 3 du 20 juillet 1983.
42.2	- Circulaire COPLA n° 90-78 du 16 octobre 1990 relative aux qualités de ciments aptes à la construction en béton précontraint par pré-tension.
	CAHIER DES CLAUSES ADMINISTRATIVES GÉNÉRALES
91.2 92.4	- Cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics de travaux (CCAG - Travaux). (Décret n° 76-87 du 21 janvier 1976 modifié - Brochure J.O. n° 2006)
	CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES GÉNÉRALES APPLICABLES AUX MARCHÉS PUBLICS DE TRAVAUX
83.1.2 83.2.5 91.1	- Fascicule 56 - Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion. (Bulletin Officiel fascicule spécial n° 86.6 bis)
41.2 51 53.2.4 71 72.3	- Fascicule 62, titre 1er, 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.

Article de référence	
91.2.1 92.1 94.2 96.1 96.2	<p>RECOMMANDATIONS - GUIDES</p> <p>- Note d'information technique "Mise en peintures des bétons de génie civil" (Publication du LCPC - avril 1978)</p>
82.1.1,1 Annexe 1	<p>MÉTHODES D'ESSAI</p> <p>- Analyse de la partie organique des peintures et produits assimilés. Méthode d'essai LCPC n° 32</p> <p>- Mesure des coefficients de transmission</p>
44.2 62.2.1 62.2.1 62.2.2 62.2.1 62.2.2	<p>AUTRES DOCUMENTS</p> <p>- 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)</p> <p>- Normes BS</p> <p>- Corrosive substances in grease - Copper strip test - BS 2000 - Part 112 - 1982</p> <p>- Oil separation on storage of grease - BS 2000 - Part 121- 1982</p> <p>- Normes ASTM</p> <p>- Standard Test Method for Oxidation Stability to Lubricating Greases by the Oxygen Bomb Method - ASTM D 942 - 90</p>

ANNEXE 4
(Annexe non contractuelle)

**LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE TEXTE ET LES COMMENTAIRES
DE L'ADDITIF AU FASCICULE 65-A DU CCTG**

AFNOR	: Association Française de Normalisation
ASTM	: American Standard Test Method (Normes d'essais américaines)
BHP	: Béton à hautes performances
BPEL	: Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états-limites
BS	: British Standards (Normes britanniques)
CCAG	: Cahier des clauses administratives générales
CCAP	: Cahier des clauses administratives particulières
CCTG	: Cahier des clauses techniques générales
CCTP	: Cahier des clauses techniques particulières
CMP	: Chargé de la mise en œuvre de la précontrainte
COP	: Chargé des ouvrages provisoires
COPLA	: Commission interministérielle permanente des liants hydrauliques et des adjuvants du béton
CPA	: Ciment Portland artificiel
CPJ	: Ciment Portland composé
IP	: Institute of Petroleum
LCPC	: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
NF	: Marque de conformité aux normes françaises, gérée par l'AFNOR
PAQ	: Plan d'assurance de la qualité
PEHD	: Polyéthylène à haute densité
RPAO	: Règlement particulier de l'appel d'offres
SETRA	: Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
VCU	: Vérification du contrôle en usine

RAPPORT DE PRÉSENTATION
DE L'ADDITIF AU FASCICULE 65-A DU C.C.T.G.
« Exécution d'ouvrages de génie civil 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 a été approuvé par le décret n° 85-404 du 3 avril 1985. Il s'est rapidement avéré qu'il était trop lourd pour la plupart des ouvrages et notamment pour les plus modestes ; les premières applications ont aussi montré la nécessité de certaines adaptations. Il a été finalement décidé de le remplacer par trois textes :

- le fascicule 65-A qui s'applique à la plupart des ouvrages en béton armé ou précontraint par post-tension, mais qui a pu être allégé par rapport au fascicule 65 initial en excluant certaines techniques particulières ou des prescriptions uniquement destinées à des ouvrages présentant une certaine complexité. Ce texte est maintenant édité (n° 92-8 T.O.) ;
- l'additif au fascicule 65-A destiné à traiter les sujets non abordés par le précédent. C'est ce texte qui est présenté aujourd'hui ;
- le fascicule 65-B qui traitera des ouvrages pour lesquels l'importance du chantier et les techniques utilisées justifient de se contenter de clauses techniques simplifiées. Ce dernier texte reste à rédiger.

2) *Additif au fascicule 65-A - Généralités.*

Le groupe chargé d'établir l'additif au fascicule 65-A a été constitué par décision du 27 février 1990 de M. le Président du Groupe Permanent d'Etudes des Marchés de Travaux.

La liste des personnes ayant participé aux travaux du groupe est donnée en annexe. La discussion du texte a fait l'objet de 13 réunions.

Les sujets traités en additif au fascicule 65-A répondent à deux buts :

- reprendre ce qui subsistait du fascicule 65 originel, y compris les annexes, de façon à pouvoir l'abroger définitivement ;
- introduire certaines techniques nouvelles, dans la mesure où l'expérience était suffisante pour rédiger des prescriptions précises.

Les prescriptions de cet additif se placent dans le cadre défini par le 65-A, notamment pour ce qui concerne les procédures, la gestion de la qualité et la terminologie. Pour les chapitres traitant des techniques particulières, nous avons repris les mêmes plans que ceux du fascicule 65-A, c'est-à-dire : Dispositions générales, produits et matériaux, mise en œuvre, assurance de la qualité, contrôle extérieur.

Le paragraphe suivant présente chaque chapitre de façon plus détaillée.

3) *Options de détail.*

Chapitre 1 - Dispositions générales.

D'une part, il constitue une introduction générale aux autres chapitres ; d'autre part, il rassemble diverses prescriptions du fascicule 65 qui ne s'appliquaient qu'à des ouvrages importants ou complexes.

Il s'agit du programme des études d'exécution (article 13 du fascicule 65) et de prescriptions complémentaires relatives aux épreuves des bétons qui figuraient dans l'annexe T 24-4 du fascicule 65.

Chapitre 2 - Bétons à hautes performances.

Il est entièrement nouveau et répond au désir d'utiliser dans des conditions réglementaires des bétons dont l'usage commence à se répandre.

La résistance caractéristique d'au moins 50 MPa a semblé être celle retenue à l'échelon européen. Les stipulations sont relativement peu nombreuses, faute d'une expérience suffisamment large et dans le but de ne pas entraver le développement d'une technique relativement récente en France.

Chapitre 3 - Bétonnage sous conditions climatiques extrêmes.

C'est la reprise des articles 36.4 et 36.5 du fascicule 65. Quelques personnes auraient souhaité développer un peu plus ce chapitre, notamment pour le bétonnage par temps chaud ; mais il s'est avéré qu'il s'agissait surtout de règles de l'art qui ressortissaient plus d'un manuel que d'un texte réglementaire.

Chapitre 4 - Traitement thermiques.

Ce chapitre reprend l'annexe T. 36.1 du fascicule 65.

Chapitre 5 - Précontrainte par prétension.

Il reprend l'article 35 du fascicule 65 en y intégrant diverses prescriptions qui étaient disséminées dans l'article 24.2.

Chapitre 6 - Techniques et produits spéciaux de protection des armatures de précontrainte.

Le fascicule 65 A ne traitait que les coulis courants. On trouve donc dans le chapitre 6 les coulis spéciaux qui doivent faire l'objet d'un agrément technique, les produits souples (graisses ou cires) dont la rédaction est nouvelle, le cas particulier des torons gainés-protégés qui font l'objet d'une homologation.

On a également introduit un article 64 « Autres techniques de protection » qui renvoie à une procédure d'homologation ou de normes, ceci dans le but de ne pas exclure la galvanisation ou l'application directe d'un produit de protection.

Enfin, l'article 65 « Procédés particuliers d'injection » reprend les parties des articles 34.7.4.1 et 34.7.4.3 du fascicule 65 qui traitaient d'une part des procédés de construction nécessitant une prolongation de la protection provisoire, d'autre part des conduits dont la largeur ou le tracé sont tels qu'ils risquent de provoquer des difficultés de cheminement du coulis.

Chapitre 7 - Prescriptions particulières relatives à la précontrainte par post-tension.

Ce chapitre regroupe des compléments au fascicule 65-A concernant des aspects particuliers relatifs à la précontrainte par post-tension. Il s'agit de la reprise de divers articles du fascicule 65, à savoir :

- le 34.4.3 et le paragraphe 3 de l'annexe T 34.1 pour les coupleurs ;

- le 34.6.4b et le paragraphe 8 de l'annexe T 34.1 pour les unités de courte longueur ;
- le 34.4.9 pour la précontrainte provisoire ;
- le paragraphe 6 de l'annexe T. 34.1 pour la précontrainte additionnelle ;
- le paragraphe 2.6 de l'annexe T. 34.1 pour les structures comportant de nombreux joints de construction ;
- le 34.7.3 et quelques autres prescriptions dispersées concernant le stockage prolongé des armatures et le renouvellement de la protection provisoire.

Chapitre 8 - Précontrainte extérieure.

Ce chapitre est entièrement nouveau et a été rédigé à partir de recommandations du SETRA. Cette technique disposant d'une expérience déjà confirmée, il a été possible de donner un ensemble de stipulations précises. La principale option est que la précontrainte extérieure doit être démontable sans endommager la structure.

Chapitre 9 - Peintures.

Ce chapitre reprend l'article 38.4 et l'annexe T 38.1 du fascicule 65. Les enduits ont été traités dans le fascicule 65-A.

Les stipulations ont été revues en fonction de l'évolution récente de ces techniques.

Annexes

L'annexe n° 1 se réfère à l'article 95.4.2 du fascicule 65-A en donnant des précisions sur la mesure des coefficients de transmission des câbles de précontrainte. Un modèle de fiche est donné pour faciliter l'exploitation ultérieure des mesures.

L'annexe n° 2 est le strict équivalent de l'annexe B 2 du 65-A ; elle récapitule la liste des documents de référence.

4) Conclusions.

L'approbation de l'additif au fascicule 65-A permettra d'abroger les articles encore en vigueur du fascicule 65 approuvé par décret du 3 avril 1985.

Il restera à rédiger le fascicule 65-B qui traitera des petits ouvrages pour lesquels il est possible d'adopter des clauses simplifiées.

ANNEXE AU RAPPORT

Composition du groupe de travail

Président : M. DARPAS Ingénieur général des Ponts et Chaussées.

Rapporteurs successifs : MM. ANDRÉ, IDTPE au SETRA.
JAFFRÉ, Ingénieur ETP au SETRA.

Membres : MM. BOIS, ICPC, Directeur Technique au LCPC, puis attaché à la Mission d'Inspection Spécialisée Ouvrages d'art.
CADORET, Ingénieur à l'Entreprise BOUYGUES, puis Directeur à TECHNODS SA, groupe ciments français.
CEZARD, Ingénieur à SCETAUROUTE.
CHAUSSIN, ICPC au SETRA, puis Directeur Technique au LCPC.
CRUZ, Chef de la Division génie civil, département TEGG à EDF.
de CHAMPS, Ingénieur à l'Entreprise CAMPENON-BERNARD.
DUBOIS, Lieutenant-Colonel, du Service Technique des Bâtiments, Fortifications et Travaux - Ministère de la Défense.

Mme HUMBERT, IPC à la DREIF.

MM. JACQUES, Délégué à la Qualité des Essais, à la Normalisation et à la Réglementation du LCPC.
MATHIVAT, Ingénieur au SNBATI.
PEDRETTI, Ingénieur à la CIPEC.
PERZO, Ingénieur-conseil.
PLISKIN, Directeur délégué à l'ATILH.
SCHMOL, Ingénieur au SNBATI.
THENOZ, ICPC attaché à la Mission d'Inspection Spécialisée Ouvrages d'art.
THONIER, Directeur des affaires techniques à la FNTP.
TRINH, Ingénieur au CEBTP (SES de Saint-Rémy).
TRUFANDIER ou son représentant JERRAM, Ingénieurs au Département des Ouvrages d'art de la SNCF.

Secrétaire : M. OGER, ITPE au LCPC.

Ont également participé aux travaux du groupe :

MM. ANDRÉ, Chargé de mission au service chimie du LCPC.
CHABERT, Ingénieur au LCPC.
CHARDIN, Président du Syndicat des Procédés Industriels de Précontrainte.
DARDARE, Ingénieur au CERIB.
POUSSE, Ingénieur-conseil.

ERRATA DU FASCICULE 65-A (brochure n° 92-8 T.O.)

- Page III : Dernière ligne : « de la circulaire du... restent en vigueur ».
Il s'agit de la circulaire n° 92-74 du 1^{er} décembre 1992, ce qui apparaît en titre de la page V.
- Page VI, paragraphe 1 : Deuxième ligne : lire « pré-tension » au lieu de « prétention ».
Quatrième ligne : lire « ouvrages » au lieu de « ouvages ».
- Page VII, paragraphe 2.1 : Troisième ligne : il manque un mot : « par exemple le chapitre « Béton » **traite** aussi bien des constituants... »
- Page VIII, paragraphe 2.3. b2 : Sixième ligne : il manque un accent : « certaines stipulations à introduire ».
- Page X : Dans la rubrique « ANNEXES » du tableau, les paragraphes entre parenthèses : (B2, B3, C1, C2, D) se rapportent à l'annexe T 24.1 et non pas T 24.4 de l'ancien fascicule 65.
- Page 37 : L'astérisque (*) de l'article 52.2.1 n'est pas rappelé dans la colonne des commentaires.
- Page 41, article 53.1.2.3 : Première ligne : lire « bétonnage » au lieu de « béonnage ».
- Page 46 : Les deux premières lignes auraient dû être rattachées au bas de la page 45.
- Page 47, article 55.1 : Trois lignes avant la fin : lire « ...prescriptions de l'article 73 ci-après ».
- Page 55, article 62.4 : Deuxième ligne du dernier paragraphe : Il manque une notation : « avec les valeurs **d** prévues... »
- Page 55 : Tableau de l'article 62.4 : Il manque deux mots : « de fils tréfilés lisses **ou laminés** ».
- Page 61 : Tableau : Il manque un trait vertical à gauche de la colonne des racines cinquièmes.
- Page 77 : A la deuxième ligne du commentaire * de l'article 77.2.1, lire : « ...des épreuves de contrôle... ».
- Page 79 : Dernière ligne du « premier cas » : « des usines de **bétons prêts** à l'emploi ».
- Page 90 : Le paragraphe « b) Conduits en matière plastique », texte et commentaire, aurait dû rester à la fin de la page 89.
Ajouter : Septième ligne de l'article 92.2.2 : le symbole radical n'est pas complet.
- Page 95 : Le commentaire ** de l'article 93.2 aurait dû se trouver sur la page suivante, en regard de l'appel de commentaires (**).
- Page 105 : Le commentaire *** aurait dû se trouver sur la page suivante, en regard de l'appel de commentaires (***).
- Page 106 : Première ligne du texte : Lire p indice zéro au lieu de po.
Le commentaire *** ** de l'article 95.4.2. aurait dû se trouver sur la page suivante, en regard de l'appel de commentaires (*** **)
- Page 125, article 1. Généralités : Le renvoi (1) n'a plus lieu d'être. Il correspondait à une note en bas de page de l'ancien fascicule 65, supprimé dans le fascicule 65-A.
- Page 133, dernière ligne : Le commentaire en italiques a été tronqué. Il conviendrait de rétablir en bas de la page 133 la suite de ce commentaire qui figure sur les deux premières lignes de la page 134. « Le règlement d'inscription sur la liste d'aptitude... chaque charge livrée (cf. art. 76.2) ».
- Page 134 : Le paragraphe 2-3 a été tronqué. Il convient de le rétablir conformément à la page 134 rectifiée ci-après.

Page 135 : Deuxième ligne de l'article 1.1 : Il manque une virgule : « ...aux articles 31 et 37 du C.C.A.G., à l'article 34 du présent fascicule... ».

Page 137 : Deuxième ligne de l'article 1.4.3, lire : « la fourniture... ».

Neuvième ligne du commentaire * de l'article 1.4.4, lire : « ...d'une paroi de coffrage **correspondant** à une classe... ».

Page 150, référence à l'article 33 : Lire « Tabliers V.I.P.P., à poutres préfabriquées... » au lieu de « Tabliers V.I.P.P. à, poutres préfabriquées... ».

Page 151 : Il manque un tiret dans l'indice de la norme NF P 02-001.

PAGE 134 RECTIFIÉE DU FASCICULE 65-A

2.3 NIVEAU 1 D'ÉQUIPEMENT

Le niveau 1 d'équipement découle de la définition du niveau 2 en appliquant aux prescriptions correspondantes les possibilités de dérogations ou de modifications précisées ci-dessus.

A. Stockage des constituants.

Idem niveau 2 (art. 2. 1 A).

B. Dosage.

Le premier alinéa de l'article 2.1 B est remplacé par le suivant :

« Les différents équipements doivent permettre un dosage pondéral des constituants, sauf de l'eau et des solutions d'adjuvants qui peuvent être dosées volumétriquement. »

La suite de l'article est inchangée.

C. Mélange.

Le deuxième alinéa de l'article 2.1 C est remplacé par le suivant :

« Les bétonnières à axe incliné ne sont pas admises pour une capacité nominale C supérieure ou égale à 500 litres (un demi-mètre cube). »

D. Appareillage de conduite de la fabrication du béton.

Les prescriptions correspondantes de l'article 2.1 D peuvent être supprimées.