RENOVATION DE LA PROTECTION ANTICORROSION DU PONT DE TANCARVILLE



Maître d'Ouvrage

CCIT Seine Estuaire

181 quai Frissard
BP 1410
76067 Le Havre cedex

Maître d'œuvre

setec tpi

Immeuble Central Seine
42/52, quai de la Râpée
CS 71230
75583 Paris cedex 12
Tél : 01.82.51. 67.88
Télécopie : 01.82.51.53.87
E-mail : tpi@setec.fr

DCE - CCTP

Livret n°4
Renforcement de la capacité des butées au vent

	Projet :				Référence :		Indices :	
	Société :	Affaire :	Emet. :	Type :	Phase :	Numéro :	Dif. :	Rev. :
	003	55381	S	CCT	ACT	0004	A	0

Dif.	Rev.	Date	Auteur	Vérificateur	Approbateur	Modification
A	0	27/06/2025	C.BIMIER	T. JULIEN	S. EZRAN	Première émission en interne
A	1	11/08/2025	C.BIMIER	T. JULIEN	S. EZRAN	

SOMMAIRE

1. DISPOSITIONS GENERALES 9
1.1 OBJET DU MARCHE 9
1.2 DONNEES GENERALES ET TECHNIQUES 9
1.3 NECESSITE D'UN RENFORCEMENT DES BUTEES AU VENT 9
1.4 PRESENTATION DE LA SOLUTION PROPOSEE 10
2. ORGANISATION ET PREPARATION DES TRAVAUX 10
2.1 STIPULATIONS PRELIMINAIRES 10
2.2 DOCUMENTS A FOURNIR PAR L'ENTREPRISE 10
2.2.1 Dispositions générales 10
2.2.2 Liste des documents à fournir 10
2.2.3 Délai de remise des principaux documents 11
2.3 PROGRAMME D'EXECUTION DES TRAVAUX 12
2.4 PLAN QUALITE 12
2.4.1 Dispositions générales 12
2.4.2 Points d'arrêt et points critiques 12
2.4.3 Contrôle intérieur 13
2.4.4 Contrôle extérieur 14
2.4.5 Traitement des non conformités 14
2.4.6 Chargé des ouvrages provisoires - Contenu du plan qualité 14
2.4.7 Phases d'établissement et d'application du PAQ 14
2.4.8 Dossier qualité dans le DOE 14
2.4.9 Organisation des contrôles de la maîtrise d'œuvre 14
2.5 DOCUMENT D'ORGANISATION GENERALE DU CHANTIER 14
2.6 PROCEDURES D'EXECUTION 14

2.6.1 Contenu d'une procédure 14
2.6.2 Liste des procédures d'exécution 15
2.6.3 Documents annexés aux procédures d'exécution 15
2.6.4 Prise en compte des éléments de structure avoisinants dans le PAQ 15
2.7 SECURITE ET PROTECTION DE LA SANTE 15
2.8 SCHEMA D'ORGANISATION ET DE SUIVI DE L'ELIMINATION DES DECHETS 16
2.9 PLAN D'ASSURANCE ET DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (PRE) 16
2.9.1 Objectifs et contenu du PRE 16
2.9.2 Plan d'Organisation et d'Intervention spécifique (POI) 16
2.10 ETUDE DE L'IMPACT CARBONE DU CHANTIER 16
2.11 JOURNAL DE CHANTIER 16
2.12 DOCUMENTS DE SUIVI DU CONTROLE INTERIEUR 16
2.13 MANAGEMENT DE LA QUALITE DES PARTIES EN BETON 17
2.14 DOSSIER DE RECOLEMENT DE L'OUVRAGE 17
2.15 DOSSIER DES INTERVENTIONS ULTERIEURES SUR L'OUVRAGE 17
2.16 CONTRAINTES DE REALISATION DES TRAVAUX 18
2.16.1 Conditions d'accès aux zones de travaux 18
2.16.2 Coactivité des travaux 18
3. ETUDES D'EXECUTION 18
3.1 GENERALITES 18
3.2 PROGRAMME DES ETUDES D'EXECUTION 19
3.2.1 Réunion de démarrage 19
3.2.2 Modifications des dispositions contractuelles 19
3.2.3 Chargé des études d'exécution 19
3.3 ETUDES D'EXECUTION 20

3.3.1 Généralités 20
3.3.2 Etudes à réaliser par le Titulaire 20
3.3.3 Présentation des documents 21
3.3.4 Gestion des documents 22
3.3.5 Dessins et plans 22
3.3.6 Notes de calculs 23
3.4 DOCUMENTS DE REFERENCE 23
3.4.1 Documents règlementaires et normes 23
3.4.2 Recommandations et notes d'information 24
3.5 CONSISTANCE DES ETUDES ET METHODOLOGIE 24
3.5.1 Consistance des études 24
3.5.2 Méthodologie de calculs 24
3.6 HYPOTHESES DE CALCULS 25
3.6.1 Documents de référence propres à l'ouvrage 25
3.6.2 Phasage d'intervention 25
3.6.3 Configuration de calcul - Culée RG 26
3.6.4 Configuration de calcul - Pylône RG 28
3.6.5 Matériaux de la structure existante 30
3.6.6 Matériaux utilisés dans le cadre du projet de renforcement 31
3.7 ACTIONS ET SOLLICITATIONS 32
3.7.1 Charges permanentes 32
3.7.2 Précontrainte 32
3.7.3 Charges de vent 32
3.7.4 Dilatation de l'ouvrage 32
3.8 CRITERES DE JUSTIFICATION DES ELEMENTS ACIER / BETON 33
3.8.1 Dimensionnement des blochets 33
3.8.2 Justification des éléments précontraints 33
3.8.3 Justifications propres aux ELS 33

3.8.4 Justifications propres aux ELU 33

3.9 JUSTIFICATION DES RENFORTS EN MATERIAU COMPOSITE 34

3.9.1 Recommandations 34

3.9.2 Principes de renforcement 34

3.10 JUSTIFICATION DES NEOPRENES 35

3.11 CONNEXION DES BUTEES AVANT DEBUT DES TRAVAUX DE CONFINEMENT DES STRUCTURES DE REMISE EN PEINTURE 35

3.12 DECONNEXION DES BUTEES PROVISOIRES A L'ISSUE DES TRAVAUX DE PEINTURE 35

4. PROVENANCE, QUALITE ET PREPARATION DES MATERIAUX, PRODUITS ET COMPOSANTS 36

4.1 GENERALITES 36

4.2 MARQUAGE CE DES PRODUITS DE CONSTRUCTION 36

4.3 CONFORMITE AUX NORMES, MARQUES ET AVIS TECHNIQUES FRANÇAIS 37

4.3.1 Possibilités d'équivalence 37

4.3.2 Acceptation ou refus du Maître d'œuvre d'une équivalence 37

4.4 ACIERS DE CHARPENTE METALLIQUE 37

4.5 BETONS ET MORTIERS HYDRAULIQUES 37

4.5.1 Généralités sur la définition des bétons 37

4.5.2 Définition des bétons 38

4.5.3 Mortiers 38

4.5.4 Etude des bétons 38

4.5.5 Fabrication, transport et manutention des bétons 39

4.6 ACIERS POUR BETON ARME 40

4.6.1 Exigences générales 40

4.6.2 Exigences complémentaires 41

4.6.3 Assurance de la qualité des aciers pour béton armé 41

4.7 ARMATURES DE PRECONTRAINTE ET DISPOSITIFS DE PRECONTRAINTE 41

4.7.1 Généralités 41
4.7.2 Unités de précontrainte 42
4.7.3 Conduits 43
4.7.4 Dispositifs d'ancrage 43
4.7.5 Produit souple de protection 44
4.7.6 Accessoires pour injection 44
4.7.7 Assurance de la qualité - Acceptation des livraisons 44
4.8 BLOCHETS METALLIQUES 45
4.9 PROTECTION ANTICORROSION 45
4.10 MATERIAU COMPOSITE POUR RENFORCEMENT 45
4.10.1 Généralités 45
4.10.2 Fiche technique 45
4.10.3 Conditionnement 46
4.10.4 Stockage 46
4.10.5 Transport 46
4.11 PRODUITS DE PROTECTION SUR MATERIAU COMPOSITE 46
4.12 PRODUITS DE SCELLEMENT 46
4.12.1 Généralités 46
4.12.2 Produits de scellement 47
4.12.3 Produits de protection des armatures 47
4.13 MATERIAUX DE DEMOLITION, RECYCLES ET TRAITES 47
5. EXECUTION DES TRAVAUX 48
5.1 TRAVAUX PREPARATOIRES 48
5.1.1 Généralités 48
5.1.2 Investigations complémentaires sur les ouvrages 48
5.1.3 Préparation et protection des ouvrages préalable aux travaux de démolition 48
5.2 OUVRAGES PROVISOIRES 49

5.2.1 Généralités 49
5.2.2 Classement des ouvrages provisoires 49
5.2.3 Chargé des ouvrages provisoires (COP) et Responsable des opérations de montage (ROM) 49
5.2.4 Contrôle externe des ouvrages provisoires 50
5.2.5 Projet des ouvrages provisoires 51
5.2.6 Réalisation et utilisation des ouvrages provisoires 53

5.3 MISE EN ŒUVRE DE LA PRECONTRAINTE 55
5.3.1 Généralités relatives aux travaux de mise en œuvre de la précontrainte 55
5.3.2 Perçage d'éléments de type poutres 55
5.3.3 Réalisation des blochets d'ancrage 56
5.3.4 Mise en œuvre des barres de précontrainte de clouage 57
5.3.5 Exécution des injections des barres 59

5.4 MISE EN ŒUVRE DE RENFORTS MATERIAUX COMPOSITES 60
5.4.1 Dispositions générales 60
5.4.2 Travaux préparatoires – Préparation du support 60
5.4.3 Mise en œuvre du renforcement 61
5.4.4 Epreuves de convenance 64
5.4.5 Contrôles à la charge de l'entreprise 65

5.5 CONNEXION DES BUTEES AVANT DEBUT DES TRAVAUX DE CONFINEMENT DES STRUCTURES DE REMISE EN PEINTURE 66

5.6 DECONNEXION DES BUTEES PROVISOIRES A L'ISSUE DES TRAVAUX DE PEINTURE 66

1. DISPOSITIONS GENERALES

1.1 OBJET DU MARCHE

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP dans la suite du document) a pour objet les travaux de rénovation de la protection anticorrosion du tablier du Pont de Tancarville.

Le CCTP du présent marché est scindé en 4 livrets distincts (livrets n°1, 2, 3 et 4) :

- Le livret n°1 définit les prescriptions générales communes,
- Le livret n°2 est spécifique à la peinture anticorrosion,
- Le livret n°3 est spécifique aux travaux de charpente et aux moyens d'intervention,
- Le livret n°4 est spécifique aux butées au vent provisoires.

L'attention de l'Entreprise est attirée sur le fait que les livrets spécifiques sont toutefois susceptibles de comporter des informations communes ou pouvant entraîner des sujétions dans l'exécution des travaux autres que ceux visés dans ce livret.

Le présent livret 4 du CCTP développe les clauses spécifiques aux travaux préalables de renforcement des butées sur la culée en rive gauche et sur le pylône également en rive gauche (RG).

En cas de contradiction entre les spécifications du livret n°1 et le présent livret spécifique, notamment en matière de contraintes imposées aux travaux, les spécifications du livret n°1 priment et sont réputées prises en compte dans les prix du marché.

1.2 DONNEES GENERALES ET TECHNIQUES

Pour les données générales et techniques du projet, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 - Clauses communes §1.2 à 1.16.

1.3 NECESSITE D'UN RENFORCEMENT DES BUTEES AU VENT

Du fait de la quantité et des dimensions des plateformes bâchées à mettre en place sur le tablier pour la réalisation des travaux de décapage et remise en peinture de l'ouvrage, une modélisation dynamique des effets du vent sur l'ouvrage a été réalisée à partir des données d'archives, du DOE de l'ouvrage et de diverses données de site relatives au vent à proximité du pont.

Conformément aux conclusions de cette étude, la capacité actuelle des butées au vent sur pylône RG et culée RG ne s'avère pas compatible avec les réactions d'appui transversales qui pourraient être atteintes en cas de vent exceptionnel au cours de la période des travaux de remise en peinture du tablier.

Un renforcement de ces butées par un système compatible avec les efforts mis en jeu et le fonctionnement de l'ouvrage est donc indispensable avant mise en place de plateformes bâchées sur le tablier de l'ouvrage.

Les hypothèses associées au dimensionnement de ces éléments conformément aux résultats de l'étude au vent sont présentées au paragraphe 3.6.

1.4 PRESENTATION DE LA SOLUTION PROPOSEE

La structure du présent CCTP repose sur une solution de renforcement de la capacité, sur la base d'ajout de nouvelles butées.

Ce livret du CCTP présente donc les clauses techniques permettant de décrire et d'encadrer les études d'exécution, puis la réalisation des travaux.

Toutefois, afin de **laisser toute liberté au Titulaire d'adapter cette solution, des clauses relatives au calcul ou à la mise en place de produits, procédés et méthodes non-utilisés par la solution du maître d'œuvre** (mise en place de renforcements par matériaux composites collés, etc.) sont inclues pour permettre au présent livret de rester pertinent et applicable en cas d'adaptation proposée par le Titulaire.

2. ORGANISATION ET PREPARATION DES TRAVAUX

2.1 STIPULATIONS PRELIMINAIRES

Le Titulaire doit soumettre à l'acceptation du Maître d'œuvre toutes les dispositions techniques qui ne font pas l'objet de stipulations dans le présent CCTP.

Ces dispositions ne peuvent pas être contraires aux règles de l'art ni être susceptibles de réduire la sécurité ni la durabilité de la structure ou des équipements de l'ouvrage, en phase de travaux comme en phase de service.

Ces propositions doivent être assorties de justifications correspondantes, telles que notices, mémoires, rapports d'organismes de certification ou de laboratoires agréés, procès-verbaux d'essais, etc.

Tous les documents remis par le Titulaire à la Maîtrise d'œuvre doivent être rédigés en français.

2.2 DOCUMENTS A FOURNIR PAR L'ENTREPRISE

(Norme NF EN 13670/CN - Exécution des structures en béton + CN, chapitre 4 du fascicule 65 du CCTG - Exécution des ouvrages de génie civil en béton, articles 2.1 et 2.3 du fascicule 66 du CCTG – Exécution des ouvrages de génie civil à ossature en acier, articles. 3.1.1 et 3.2.1 du fascicule 56 du CCTG - Protection des ouvrages métalliques contre la corrosion, articles 28, 29 et 40 du CCAG Travaux, annexe C de la norme NF EN 1090-2 - Exécution des structures en acier et des structures en aluminium - Partie 2 : exigences techniques pour les structures en acier +A1)

2.2.1 Dispositions générales

L'ensemble des documents à fournir par le Titulaire est soumis au visa du Maître d'œuvre, excepté :

- Les documents relatifs à la sécurité et à la protection de la santé (à soumettre au CSPS),
- Les documents relatifs aux ouvrages provisoires de 2ème catégorie,
- Les documents de suivi du contrôle intérieur dont seul le cadre est soumis à son acceptation (sauf demande du Maitre d'œuvre).

2.2.2 Liste des documents à fournir

L'ensemble des documents à fournir par le Titulaire, est regroupé sous les rubriques suivantes :

2.2.2.1. Pendant la période de préparation de travaux

En plus des documents mentionnés dans les livrets 1 à 3 :

- Les documents d'étude relatifs au principe des ouvrages provisoires propres aux travaux de renforcement de la capacité des butées.

2.2.2.2. Avant les travaux

- Les études d'exécution, y compris plans et notes de calculs des renforcements sur les deux appuis, qu'ils soient en charpente métallique ou en béton,
- Les procédures d'exécution,
- Pour les ouvrages provisoires de première catégorie et matériels spéciaux, les documents constituant le projet et ceux attestant le contrôle intérieur et du contrôle par un organisme habilité du projet et de la réalisation,
- Pour les ouvrages provisoires de seconde catégorie, les hypothèses de base de leur dimensionnement et un schéma de principe ainsi que les documents de suivi attestant le contrôle interne,

2.2.2.3. A l'exécution de la commande (avant début de tous travaux de bâchage des plateformes)

En plus des documents mentionnés dans les livrets 1 à 3 :

- Le dossier de maintenance et de surveillance des éléments solidaires du pylône et de la culée.

2.2.3 Délai de remise des principaux documents

Liste non exhaustive des documents à fournir par le Titulaire :

Opération	Délais en jours calendaires
Liste des documents d'exécution*	15 jours suivant la notification du démarrage du délai d'exécution du marché
Calendrier prévisionnel des travaux*	15 jours suivant la notification du démarrage du délai d'exécution du marché
Etudes d'exécution (y compris contrôles externe des études d'exécution)*	20 jours suivant la notification du démarrage du délai d'exécution du marché
Etudes d'exécution des ouvrages définitifs*	Voir §4 du présent livret
Projet des ouvrages provisoires*	40 jours suivant la notification du démarrage du délai d'exécution du marché 20 jours avant mise en place des ouvrages concernés
Procédures d'exécution*	30 jours avant démarrage de tâche
Dossier de récolement conforme à l'exécution*	Avant début de tous travaux de bâchage des plateformes
Rectification des documents suivant une note d'observations*	7 jours suivant réception de la note d'observations
Résultats des essais de convenance*	7 jours suivant la réalisation des épreuves de convenance
Résultats du contrôle intérieur (contrôles internes et externes)*	7 jours suivant la réalisation des contrôles

* propre aux travaux de renforcement.

2.3 PROGRAMME D'EXECUTION DES TRAVAUX

(Article 28.2 du CCAG Travaux, articles 4.2.1 et 4.2.2 du fascicule 65 du CCTG)

Sur ce point, on se réfèrera au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 - Clauses communes § « Programme et calendrier d'exécution »

2.4 PLAN QUALITE

(Norme NF EN 13670/CN, article 4.2.2 du fascicule 65 du CCTG, articles 4.2.1 et 4.2.2 du fascicule 66 du CCTG, articles 1.6, 3.1.1 et 3.2.1 du fascicule 56 du CCTG et annexe C de la norme NF EN 1090-2+A1)

2.4.1 Dispositions générales

Sur ce point, on se réfèrera au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Plan d'assurance qualité »

2.4.2 Points d'arrêt et points critiques

D'une manière générale, se référer au Livret n°1 du présent CCTP.

Les points d'arrêt spécifiques et minimums des travaux de renforcement des butées au vent sont les suivants :

Phase des travaux	Points d'arrêt
Phase préparatoire	• Acceptation du Plan Qualité • Acceptation du Plan Environnemental • Validation des procédures • Agrément des produits utilisés
Etudes d'exécution	• Validation du planning des études d'exécution • Validation de la note d'hypothèses • Validation des notes de calcul de renforcements et / ou des ouvrages neufs • Validation des plans de renforcements et / ou des ouvrages neufs (coffrage / ferraillage pour les ouvrages en béton ; plans généraux et détails d'assemblages pour les éléments de charpente métallique
Ouvrages provisoires	• Validation du projet d'ouvrage provisoire validé par le contrôle externe • Vérification et réception des opérations de montage (COP et OCTA) • Autorisation de mise en charge de l'ouvrage provisoire
Démolition	• Validation du procédé et de ses objectifs (démolition mécanique complète, hydrodémolition avec conservation des aciers passifs, etc.) • Validation des moyens de protection des ouvrages adjacents (projections de débris, etc.) • Autorisation de début des opérations
Bétonnage	• Acceptation des épreuves de convenance • Autorisation de bétonnage d'une partie d'ouvrage

Phase des travaux	Points d'arrêt
Renforcements par précontrainte	• Agrément du procédé de précontrainte • Agrément des matériaux (aciers de précontrainte, barres de clouage, gaines, éléments d'assemblage et de raccord, produits d'injection, déviateurs, dispositifs d'ancrage, béton, composites, etc.) • Acceptation du Chargé de Mise en Précontrainte (CMP) • Validation des procédures d'exécution (procédure de convenance, perçages, réalisation des blochets, précontrainte, injections, mise en tension …) • Acceptation de l'épreuve de convenance • Autorisation de perçage (repérage radar aciers passifs et / ou actifs) • Acceptation des perçages • Autorisation de bétonnage • Autorisation de mise en tension • Autorisation d'injection • Réception de la protection définitive des aciers de précontrainte • Réception et validation du dossier de contrôles
Renforcements par aciers passifs	• Validation des produits utilisés (renforts et scellement) • Validation des procédures d'exécution (procédure de convenance, perçages, scellements) • Autorisation de perçage (repérage radar ou pachomètre des aciers passifs et / ou actifs) • Acceptation des perçages • Autorisation de bétonnage • Réception et validation du dossier de contrôles
Renfort matériaux composites	• Réception des préparations de surface • Autorisation de mise en œuvre du renfort en matériaux composites • Acceptation des essais de convenance
Travaux de charpente métallique	• Voir 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 3 – § « Dispositions pour la charpente métallique »

La liste des points critiques, assortie des délais de préavis du Maître d'œuvre, est présentée par le Titulaire dans le Plan de contrôle. Le délai de préavis ne pourra être inférieure à 48h sauf accord préalable du Maitre d'œuvre.

Les demandes de levée des points d'arrêt doivent être formalisées par écrit et accompagnées de toutes les pièces justificatives nécessaires (notamment toutes les fiches de contrôle interne et externe).

Le contrôle intérieur à la chaîne de production exécuté par le Titulaire est complété par un contrôle du Maître d'œuvre, qui peut porter notamment sur la qualité des mortiers, des produits de protection générale de surface par revêtement, sur la qualité des parements finis, sur les aciers et les soudures des butées, ainsi que sur la protection anticorrosion.

2.4.3 Contrôle intérieur

Le contrôle intérieur inclut le contrôle interne et le contrôle externes, définis du point de vue de la chaine de production.

Sur ces points, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Plan d'assurance qualité ».

2.4.4 *Contrôle extérieur*

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Plan d'assurance qualité ».

2.4.5 *Traitement des non conformités*

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Traitement des non-conformités ».

2.4.6 *Chargé des ouvrages provisoires - Contenu du plan qualité*

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Chargé des ouvrages provisoires - Contenu du plan qualité ».

2.4.7 *Phases d'établissement et d'application du PAQ*

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Phases d'établissement et d'application du PAQ ».

2.4.8 *Dossier qualité dans le DOE*

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Dossier qualité dans le DOE ».

2.4.9 *Organisation des contrôles de la maîtrise d'œuvre*

Sur ce point, on se réfèrera au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Organisation des contrôles de maîtrise d'œuvre ».

2.5 DOCUMENT D'ORGANISATION GENERALE DU CHANTIER

(Norme NF EN 13670/CN, art. 4.2.2.1 du fasc. 65 du CCTG, art. 4.2.1 du fasc. 66 du CCTG, art. 4.2.2 de la norme NF EN 1090-2+A1, art. 7.1 du fasc. 68 du CCTG, art. 1.6.2.1 du fasc. 56 du CCTG)

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Organisation générale, encadrement responsable et affectation des tâches ».

2.6 PROCEDURES D'EXECUTION

2.6.1 *Contenu d'une procédure*

Chaque procédure d'exécution doit comporter les chapitres suivants :

- Objet de la procédure :
  - Rappel des parties des travaux faisant l'objet de la procédure considérée
  - Documents de référence (normes, demande d'agréments, note de calcul, plans …)
- Moyens mis en œuvre :
  - Personnel, avec description de la qualification des intervenants et références pour le personnel d'encadrement
  - Matériels, avec fourniture des fiches techniques et des agréments éventuels
  - Matériaux, avec fourniture des demandes d'agrément et des certifications de produits
  - Choix des matériaux, produits et composants
- Avis techniques en vigueur, le cas échéant

- Méthodes et modes opératoires :
  - Modalités d'exécution des travaux
  - Description des phases successives
  - Illustration des modes opératoires par des schémas ou extraits de plan
- Contrôles :
  - Description des contrôles internes (et externes le cas échéant)
  - Prise en compte des contrôles extérieurs éventuels
- Points sensibles :
  - Définition des points critiques et points d'arrêts
  - Rappel des préavis et réponses associées
  - Consignes d'exécution à transmettre aux compagnons
- Interactions avec d'autres procédures :
  - Description de l'interaction éventuelle avec d'autres procédures
  - Conditions préalables à remplir pour l'exécution ultérieure de certaines tâches

2.6.2 Liste des procédures d'exécution

Les procédures d'exécution exigées sont les suivantes (liste non exhaustive ni limitative) :

- Réalisation des ouvrages provisoires de première catégorie,
- Montage des échafaudages et des ouvrages provisoires,
- Démolition de quelque nature qu'elle soit de tout ou partie d'un élément de l'ouvrage existant,
- Renforcement ou assemblage par précontrainte (préparation de surface, réalisation des bossages, installation de la précontrainte, mise en tension, injection, capotage…),
- Assemblage par boulons précontraints (préparation de surface, percements et mise en œuvre des boulons, serrage au couple),
- Renforcement par scellement d'aciers passifs,
- Bétonnage,
- Renforcement par matériaux composites.

2.6.3 Documents annexés aux procédures d'exécution

Les documents annexés aux procédures comprennent en outre les documents suivants :

- Les demandes d'agrément produits,
- Le projet des ouvrages provisoires,
- Le plan de phasage des travaux,
- Le dossier d'étude des bétons,
- Les fiches de suivi qui doivent permettre la formalisation du contrôle intérieur et la traçabilité des produits et/ou actions,
- Un cadre de fiche de non-conformité selon le modèle validé par le Maitre d'œuvre.

2.6.4 Prise en compte des éléments de structure avoisinants dans le PAQ

Les procédures d'exécution relatives aux travaux précisent l'ensemble des contrôles qui doivent être effectués par le Titulaire avant et pendant l'exécution de ces travaux pour prévenir toute perturbation des éléments de structure non-concernés par les travaux, notamment les éléments de charpente métallique du tablier et les portions de pylônes et culées sus-jacentes ou sous-jacentes.

Ces procédures précisent également la conduite à tenir en cas d'anomalies mises en évidence par ces contrôles.

2.7 SECURITE ET PROTECTION DE LA SANTE

(Art. 28.3 du CCAG-T, loi 93-1418 du 31 décembre 1993 et ses décrets d'application)

Les modalités d'élaboration des documents relatifs à la sécurité et à la protection de la santé, conformément aux lois en vigueur, sont définies au CCAP.

2.8 SCHEMA D'ORGANISATION ET DE SUIVI DE L'ELIMINATION DES DECHETS

Pendant la période de préparation, le Titulaire inclus dans sa procédure de gestion des déchets rédigée, en plus des éléments requis dans le cadre du marché de remise en peinture, les éléments relatifs à la gestion des déchets susceptibles d'être générés par le chantier de renforcement de la capacité des butées :

- Matériaux inertes
- Matériaux avec liants hydrauliques
- Matériaux avec liants hydrocarbonés
- Déchets dangereux

Cette procédure est soumise au visa du Maître d'œuvre

2.9 PLAN D'ASSURANCE ET DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (PRE)

2.9.1 Objectifs et contenu du PRE

Sur ce point, on se réfèrera au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes.

2.9.2 Plan d'Organisation et d'Intervention spécifique (POI)

Pour les cas de pollution accidentelle (fuite d'hydrocarbures, déversement accidentel), un Plan d'organisation et d'intervention (POI) de chantier mentionnant les personnes et organismes à alerter, le personnel et son organisation, les moyens disponibles et le catalogue des solutions techniques pour une intervention rapide (curage, nettoyage...) sera établi par le Titulaire, soumis à l'agrément du Maître d'œuvre, puis diffusé à l'ensemble des intervenants avant le début des travaux.

Ce plan d'intervention de chantier spécifique aux travaux de renforcement des butées doit permettre d'intervenir à tous les endroits où peut se produire une pollution accidentelle (fuites, déversements accidentels.) susceptible de contaminer les eaux : zones de travaux sur le tablier, pistes d'accès, installations de chantiers…

Comme pour le PAPE, ce document est établi pour l'ensemble des travaux et s'applique à l'ensemble des intervenants, y compris cotraitants, sous-traitants et fournisseurs.

2.10 ETUDE DE L'IMPACT CARBONE DU CHANTIER

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Etude de l'impact carbone du chantier ».

2.11 JOURNAL DE CHANTIER

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Journal de chantier et Rapport d'activité ».

2.12 DOCUMENTS DE SUIVI DU CONTROLE INTERIEUR

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Documents de suivi ».

2.13 MANAGEMENT DE LA QUALITE DES PARTIES EN BETON

(Norme NF EN 13670/CN, fascicule 65 du CCTG)

L'application de la norme NF EN 13670/CN s'effectue selon les modalités suivantes :

- Pour l'application du paragraphe 4.3.1 de la norme NF EN 13670/CN, la classe d'exécution à retenir est la classe 3 à savoir la plus sévère compte tenu de la criticité des ouvrages dont il est question dans le présent CCTP
- Le Titulaire applique l'article 4.3 du fascicule 65 du CCTG pour l'application des paragraphes suivants de la norme NF EN 13670/CN :
    - 4.1 (4) – Règlementations nationales à appliquer concernant le management de la qualité, la qualification du personnel pour les différentes activités concernées par la NF EN 13670/CN, l'hygiène et la sécurité pendant les travaux et les aspects environnementaux
    - 4.3.1 (6) – Degré d'indépendance du personnel chargé du contrôle
    - 4.3.1 (7) – Précisions complémentaires concernant les exigences relatives au management de la qualité

Ainsi :

- Le Titulaire doit effectuer tous les contrôles prévus par le fascicule 65 du CCTG et fournir un programme de ces contrôles conforme au B.4.3.3 de la norme NF EN 13670/CN ;
- En plus du contrôle intérieur effectué par le Titulaire, un contrôle extérieur est effectué sous la responsabilité du Maître d'œuvre.

2.14 DOSSIER DE RECOLEMENT DE L'OUVRAGE

(Art. 40 du CCAG-T, norme NF EN 13670/CN, art. 4.2.4.2 du fasc. 65 du CCTG, norme NF EN 1090-2+A1, art. 4.2.3 du fasc. 66 du CCTG)

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Dossier de récolement ».

Au dossier devant être remis par l'entreprise dans la cadre du DOE, on adjoint, pour les parties en béton, les documents listés au A 4.2.3 de la norme NF EN 13670/C et d'une manière générale tous les documents d'exécution, contrôles et procédures liés au renforcement des butées au vent. .

2.15 DOSSIER DES INTERVENTIONS ULTERIEURES SUR L'OUVRAGE

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Dossier de récolement ».

Ce dossier comprend également en cas de conservation des butées provisoires à l'issue des travaux :

- La liste des interventions ultérieures,
- Le calendrier des opérations de maintenance,
- Les conditions d'accès, lors de la mise en œuvre pour les travaux,
- Les fiches techniques des produits mis en œuvre (précontrainte, aciers passifs, matériaux composites, etc.),
- La liste et les coordonnées des entreprises ayant réalisé les travaux.

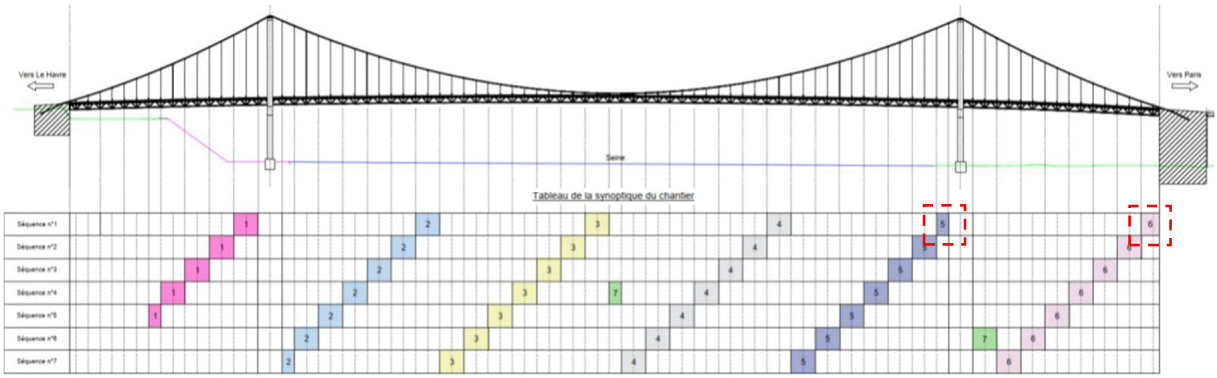
2.16 CONTRAINTES DE REALISATION DES TRAVAUX

2.16.1 Conditions d'accès aux zones de travaux

Des plateformes en échafaudages ou en charpente métallique sont prévues pour le décapage et de remise en peinture du tablier du pont. Elles sont équipées de planchers qui permettent d'accéder à l'ensemble de la sous-face et des flancs du tablier avec des capacités de charge allant jusqu'à 200 $kg.m^{-2}$.

La réalisation des travaux sur les butées au vent peut donc être réalisée à partir des moyens d'accès qui seront ensuite utilisés pour le décapage et la remise en peinture L'ouvrage ne pouvant être chargé excessivement avant intervention sur ces butées, les plateformes d'accès aux zones de décapage et peinture en dehors de celles permettant un accès aux butées ne devront pas être mises en place avant mise en service des butées provisoires de renfort.

Les passerelles de maintenance peuvent être utilisées dans la limite de leur capacité.



Mise en évidence des plateformes à mettre en place de manière anticipée pour réalisation des travaux sur les butées au vent en RG.

2.16.2 Coactivité des travaux

A l'exception des travaux de préparation (fin du montage des bases-vie, acheminement du matériel de décapage, préparation des travaux sur le tablier, etc.) aucune coactivité au présent chantier n'est attendue au cours de la période de réalisation des butées provisoires. La mise en place de tout élément de plateforme de décapage / remise en peinture à une distance inférieure à 10 x 10,67 m des appuis sur la culée RG ou le pylône RG est notamment proscrite à l'exception des accès indispensables à la réalisation des travaux sur les butées eux-mêmes.

La mise en place de tout bâchage confinant le treillis de l'ouvrage est également proscrite à l'exception des mesures visant à protéger la structure et les équipements à proximité immédiate des zones éventuellement sujettes à démolition.

A priori, aucune coactivité externe n'est attendue sur la durée de ces travaux de renforcement des butées.

3. ETUDES D'EXECUTION

3.1 GENERALITES

Les dispositions de cet article s'appliquent aux études d'exécution des renforts des butées provisoires, travaux qui nécessitent :

- La démolition ou l'hydrodémolition d'une partie des éléments en béton des butées actuelles et / ou provisoires mises en place en 2016/2017,
- La mise en place d'éléments cloués par précontrainte (acier ou béton préfabriqué),

- La mise en place d'armatures passives supplémentaires scellées dans l'existant,
- La mise en place d'armatures passives de type cadres / étriers,
- Des renforts éventuels d'éléments en béton armé par matériaux composites,
- La mise en place d'ouvrages provisoires complémentaires à ceux étudiés dans le cadre du décapage et de la remise en peinture du tablier de l'ouvrage (qui pourront toutefois être utilisés).

Les études d'exécution comportent :

- Le programme des études d'exécution,
- Les notes de calculs justifiant la stabilité et la résistance de l'ouvrage au cours des différentes phases de travaux (sur les butées, pour les travaux de peinture et de décapage) et sur une durée d'au minimum 50 ans à l'issue des travaux dans le cas où les butées provisoires seraient conservées à l'issue des travaux de remise en peinture,
- Les plans d'ensemble et de détails nécessaires à l'exécution,
- Les plans et notes de calcul justificatives des ouvrages provisoires complémentaires.

3.2 PROGRAMME DES ETUDES D'EXECUTION

Le programme des études d'exécution comprend la liste des documents d'exécution à fournir et le calendrier prévisionnel des études d'exécution (avec date de 1ère diffusion). Ce dernier est présenté de telle sorte qu'apparaissent clairement les tâches critiques et leur enchaînement.

3.2.1 Réunion de démarrage

Il est prévu une réunion préliminaire de coordination, dite de « démarrage des études » qui permet au(x) Bureau(x) d'Etudes d'Exécution de commencer l'élaboration des notes d'hypothèses, des notes de calculs et des plans d'exécution.

Cette réunion permet également au chargé des études d'exécution d'ajuster son programme selon les orientations fixées par le Maître d'œuvre. Le circuit de transmission des documents esy précisé lors de cette réunion.

3.2.2 Modifications des dispositions contractuelles

Le Titulaire ne peut apporter de lui-même aucun changement aux dispositions contractuelles sans l'accord écrit du Maître d'œuvre. Toute demande de modification est transmise au Maître d'œuvre par écrit, accompagnée d'une partie économique précisant l'incidence sur le coût de l'ouvrage concerné. D'une façon générale, un ouvrage modifié pour des convenances d'exécution ne peut coûter plus cher que l'ouvrage initialement projeté.

Au cas où le Titulaire décèlerait des erreurs, omissions ou contradictions, il a l'obligation d'en faire part au Maître d'œuvre par écrit.

Il est par ailleurs rappelé au Titulaire que toutes les côtes non fonctionnelles fournies sur les plans du marché sont données à titre purement indicatif : elles doivent toutes être justifiées, optimisées, rectifiées et validées par le Titulaire dans le cadre de ses études d'exécution.

En cas de modification acceptée, tous les documents existants visés ou non, de même que les notes de calculs correspondantes, doivent être immédiatement modifiés et visés pour mise en conformité, et ceci avant exécution des modifications.

3.2.3 Chargé des études d'exécution

Le chargé des études d'exécution nommé par le Titulaire a la responsabilité directe de l'élaboration et de la mise à jour du programme des études d'exécution pour toutes les prestations, y compris les butées, leurs ancrages sur l'existant et les ouvrages provisoires.

Il a également en charge la gestion des interfaces d'études d'exécution et la coordination globale entre les différents domaines. Elles doivent être anticipées au maximum pour éviter tout imprévu ou aléa.

La répartition des études d'exécution et des études des méthodes et des ouvrages provisoires entre le Titulaire et les éventuels cotraitants est du ressort interne du groupement.

3.3 ETUDES D'EXECUTION

3.3.1 Généralités

(Article 29.1 du CCAG Travaux, article 4.2.1.2.1 du fascicule 65 du CCTG, article III.1 du fasc. 66 du CCTG)

Le Titulaire au à fournir un document définissant les bases des études d'exécution relatives à l'ensemble des ouvrages à réaliser.

Ce document rappelle l'ensemble des prescriptions de calcul fournies dans le présent marché et les complète au besoin suivant les propositions techniques du Titulaire. Il précise également les méthodes et moyens de calcul et les bases numériques des calculs. Toutefois, ces propositions ne doivent pas remettre en cause les clauses du marché et seront conformes aux directives de conception et de calcul en vigueur.

3.3.2 Etudes à réaliser par le Titulaire

3.3.2.1. Préambule

- Liste prévisionnelle des notes de calculs et plans,
- PAQ du bureau d'études d'exécution.

3.3.2.2. Note d'hypothèses générales des ouvrages

Note d'hypothèses générales, dont le contenu est le suivant :

- Description générale des ouvrages :
  - Rappel succinct du projet : descriptif, objectif, cadre de l'étude etc,
  - Géométrie des ouvrages,
  - Extrait de plans des ouvrages projetés,
  - Synthèse des documents de références (notes de calculs et plans d'archives),
- Textes réglementaires et références techniques :
  - Normes utilisées,
  - Textes réglementaires et références techniques,
- Caractéristiques des matériaux :
  - Principales caractéristiques des matériaux de la structure existante et de ceux utilisés dans le cadre du projet de renforcement (béton, armatures passives, armatures de précontrainte, barres de précontrainte, renforts en tissu de matériaux composites, tôles, boulons, néoprènes, etc),
  - Hypothèses nécessaires à la détermination des caractéristiques,
  - Références aux normes ou guides employés,
- Actions :
  - Charges permanentes (poids propre, superstructures, équipements…),
  - Actions climatiques (vent, variation uniforme de température, gradient thermique, neige, etc.),

- Précontrainte,
- Retrait,
- Fluage,

- Sollicitations et combinaisons d'actions,
- Justifications et méthodologie des études :
  - Présentation de la méthodologie pour la modélisation de l'ouvrage, et des parties de l'ouvrage,
  - Présentation de la méthodologie pour les justifications.

3.3.2.3. Documents généraux

- Plans de situation,
- Plans d'ensemble définissant les caractéristiques géométriques générales du projet (implantation, coupe transversale, coupe longitudinale, élévations) représenté en intégration avec les éléments de l'ouvrage environnant,
- Plans de principe des ouvrages provisoires, matériels spéciaux et matériels de montage,
- Plans de phasage, présentant explicitement la mise en place des ouvrages provisoires permettant l'accès,,

3.3.2.4. Culée RG

- Note de calcul de la butée exécutée ou de la butée existante après renforcement (partie fixée sur la culée et partie fixée sur le tablier),
- Plans associés (vue générale, plans de coffrage / ferraillage béton incluant d'éventuels éléments composites et plans des pièces de charpente métalliques y compris assemblages),

3.3.2.5. Pylônes RG

- Note de calcul de la butée exécutée ou de la butée existante après renforcement (partie fixée sur la culée et partie fixée sur le tablier),
- Plans associés (vue générale, plans de coffrage / ferraillage béton incluant d'éventuels éléments composites et plans des pièces de charpente métalliques y compris assemblages).

3.3.2.6. Ouvrages provisoires

- Plans d'exécution et notes de calculs justificatives des ouvrages provisoires et matériels de montage :
  - Echafaudages, passerelles provisoires, platelages,
  - Mise en station des nacelles positives et négatives éventuellement utilisées pour chaque phase de travaux.

3.3.3 Présentation des documents

Le Titulaire établit une « liste de documents » qui est régulièrement tenue à jour et sur laquelle sont indiqués :

- Le nom du bureau d'études (bureau d'études du Titulaire - bureau d'études sous-traitant),
- Le nom de la personne de ce bureau d'études, responsable de l'étude,
- Le numéro du document,
- Le titre complet du document,
- La date d'établissement du document,

- Le ou les indices des modifications avec les dates correspondantes,
- La date du visa définitif (bon pour exécution).

Ces mêmes indications doivent être reproduites sur chaque document avec en complément l'indication succincte de la nature des modifications apportées à chaque indice.

Les études d'exécution doivent prendre en compte le phasage des travaux.

3.3.3.1. Numérotation des documents

Le principe de numérotation des documents est proposé par le Titulaire au plus tard lors de la réunion de démarrage des études évoquée au paragraphe 3.2.1 du présent fascicule.

Une fois le principe validé par le Maître d'œuvre, le Titulaire transmet une procédure de codification des documents d'exécution.

3.3.3.2. Formats des documents

Les documents sont exécutés sur format A4 pour les notes de calculs, A3 pour les cahiers de détails, A3, A1 ou A0 pour les plans.

Le format A3 est systématiquement préféré lorsqu'il permet une définition suffisante des parties d'ouvrages concernées.

3.3.3.3. Cartouches

Le cartouche est soumis à l'approbation du Maître d'œuvre, sur la base des éléments fournis et discutés lors de la réunion de démarrage des études. Il doit permettre le visa du contrôle intérieur à chaque indice.

Le cartouche devra cependant être proche du cartouche figurant sur les documents du marché.

3.3.3.4. Modifications

Toute transformation d'un document (plans, notes de calculs, ...) quelle qu'elle soit, est repérée par un indice, cet indice étant à la fois indiqué sur la page de garde de ce document et inscrit dans un repère accolé à chaque élément modifié à l'intérieur du document pour faciliter la compréhension et le repérage de ces modifications. Seuls les repères de la dernière modification doivent apparaître sur le document, ceux correspondants aux modifications antérieures étant enlevés pour faciliter la lisibilité du document.

Pour les modifications relatives à des notes d'observations, l'annotation « modifié selon la note d'observations n°… » sera obligatoirement inscrite pour faciliter le suivi de production et de modification des différents indices de documents d'exécution.

Tout manquement entrainera le rejet du document.

3.3.4 Gestion des documents

Sur ce point, on se réfère au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Diffusion des documents d'exécution ».

3.3.5 Dessins et plans

3.3.5.1. Dessins de coffrage

Les dessins d'exécution concernant les coffrages devront préciser en complément à l'article 4.2.1.2.2.1 du fascicule 65 du CCTG :

- Les tolérances d'exécution des parties coulées sur chantier,
- Les tolérances concernant la mise en place des éléments préfabriqués.

3.3.5.2. Dessins d'armatures

Les dessins d'exécution concernant les armatures seront réalisés conformément à l'article 4.2.1.2.2.2 du fascicule 65 du CCTG pour les armatures de béton armé et à l'article 4.2.1.2.2.3 pour les armatures de précontrainte éventuelles.

Les tolérances admises pour le positionnement des armatures de béton armé sont celles de l'article 10.6.2 du fascicule 65 du CCTG. Pour les armatures de précontraintes, les articles 10.6.3 (pré-tension) et 10.6.4 (post-tension) feront foi en fonction du procédé utilisé.

3.3.6 Notes de calculs

3.3.6.1. Présentation des notes de calculs

Les notes de calculs devront faire apparaître explicitement les formules littérales utilisées avant leurs applications numériques dont l'enchaînement sera détaillé.

Les notes de calculs électroniques seront accompagnées d'une notice précisant les bases de la programmation et de compléments manuels et graphiques explicitant les entrées et les sorties et synthétisant tous les résultats.

Les notes de calculs reprendront obligatoirement par des schémas les dispositions principales nécessaires à l'établissement des plans.

3.3.6.2. Calculs automatiques produits par le Titulaire

Au cas où le Titulaire ferait établir, par des moyens de calcul automatique, tout ou parties des calculs qui lui incombent, il joindra une notice indiquant de façon complète les hypothèses de base des calculs, leur processus, les formules employées, les notations et le logiciel utilisé.

Il soumet dans tous les cas au visa du Maître d'œuvre, les données du calcul avant son exécution.

Les « sorties » de tout programme de calcul utilisé doivent être suffisamment nombreuses et comporter, outre les données particulières du calcul, assez de résultats intermédiaires pour que les options, tant techniques que logiques, soient mises en évidence et que les fractions du calcul, comprises entre deux options consécutives, puissent être isolées en vue d'une éventuelle vérification. Sur demande du Maître d'œuvre, le Titulaire lui fournit tout autre résultat intermédiaire du calcul qu'il estimerait utile. Au cas où la note de calcul automatique serait très volumineuse, le Titulaire fournit un extrait faisant paraître les résultats déterminants du dimensionnement proposé.

Le Maître d'œuvre peut faire compléter manuellement par le Titulaire toute note de calcul jugée incomplète.

3.4 DOCUMENTS DE REFERENCE

Les règles de calcul à appliquer pour les justifications des ouvrages sont les suivantes (liste non limitative). La signature des pièces du marché implique, de la part du Titulaire, sa parfaite connaissance de ces documents ainsi que de ceux du dossier et leur acceptation sans réserve.

3.4.1 Documents règlementaires et normes

- Le corpus normatif des Eurocodes et leurs annexes nationales françaises
- BPEL 91 - révisé 99 – *Fascicule n°62 Titre I Section II - Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites*
  (à n'utiliser qu'en dernier ressort, pour certaines justifications non détaillées à l'Eurocode)
- La norme NF EN 13670/CN de février 2013 – *Exécution des structures en béton*
- La norme NF P 95-104 de juillet 2020 – *Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie : Spécifications relatives à la technique de la précontrainte additionnelle*
- La norme NF EN 1337-3 de septembre 2005 – *Appareils d'appui structuraux - Partie 3 : appareils d'appui en élastomère*

- La norme NF EN 1090-2+A1 de mai 2024 – *Exécution des structures en acier et des structures en aluminium* + Amendement A1 et IN1.

3.4.2 Recommandations et notes d'information

- Le guide du SETRA de 1989 intitulé « Les Ponts suspendus en France »
- Le guide du SETRA de 2006 intitulé « Diffusion des efforts concentrés », et son annexe modificative d'octobre 2008
- Le guide du SETRA de 2008 intitulé « Eurocode 2 – Application aux ponts-routes en béton »
- Les recommandations provisoires de l'AFGC de Février 2011 intitulées « Réparation et renforcement des structures en béton au moyen des matériaux composites »
- Le guide du CEREMA de 2015 intitulé « Conception des réparations structurales et des renforcements des ouvrages d'art »
- Le guide du CEREMA de 2021 intitulé « Instructions techniques pour la surveillance et l'entretient des ponts suspendus »
- Le guide du STRRES (FABEM) n°7 intitulé « Réparation et renforcement des structures par armatures passives »
- Le guide du STRRES (FABEM) n°8 intitulé « Réparation et renforcement des structures par précontrainte additionnelle »
- Le guide du STRRES (Métal) n°1 intitulé « Réparation et rénovation des structures métalliques »
- Le guide technique du CNC2M de 2015 intitulé « Recommandations pour le dimensionnement des assemblages selon la NF EN 1993-1-8 »

3.5 CONSISTANCE DES ETUDES ET METHODOLOGIE

3.5.1 Consistance des études

Les études d'exécution comprennent :

- La réalisation de plans et notes de calcul de la solution de renforcement de la capacité des deux butées, qu'il s'agisse de la solution proposée par le Maître d'œuvre décrite au paragraphe 3.6 ou d'une solution adaptée proposée par le Titulaire et validée par le Maître d'œuvre, en accord avec les hypothèses du paragraphe 3.6,
- La conception et le dimensionnement des ouvrages provisoires qui pourraient être requis en plus de ceux nécessaires ensuite aux travaux de peinture / décapage. Il s'agit notamment ici d'étudier les plateformes de travail permettant l'accès aux butées ainsi qu'à toutes les zones adjacentes de l'ouvrage, qu'elles soient sous-face ou sur la chaussée nécessaire à la réalisation de ces butées dans de bonnes conditions (nacelles positives, nacelles négatives, échafaudages, plateformes quelconques, accès depuis la voie et balisage sur cette voie en cas de bétonnage depuis le tablier, etc.)

3.5.2 Méthodologie de calculs

Le Titulaire doit présenter dans ses notes de calcul l'intégralité des justifications qu'il juge nécessaire pour assurer la conformité des butées au vent conçues à l'ELS comme à l'ELU. Le Maître d'œuvre peut au besoin demander l'ajout de justifications supplémentaires si la liste du Titulaire lui semble incomplète.

Malgré l'hypothèse de non-conservation de l'intégrité du dispositif de butée provisoire à l'issue des travaux de remise en peinture, les bétons proposés, leurs enrobages et les modalités de protection des éventuels éléments composites, de précontrainte et de charpente métallique ainsi que les pertes dans les éléments de précontrainte sont prévus pour une durée de vie de 50 ans.

3.6 HYPOTHESES DE CALCULS

3.6.1 Documents de référence propres à l'ouvrage

Rapports de diagnostic :

- Rapport mentionnant les caractéristiques du béton de certains éléments de la culée RG établi en 2006 avant les travaux de renforcement du VIPP :
- T_PT_VIA ACCES SUD_13N04155_1_2006_R.G-Etudes VIPP-QR

Notes de calculs :

- NDC issue de la campagne de changement de la suspension en 1997 : Note de Calcul N° NN1_A : Note de calcul des câbles en phase de service
- NDC issue de la campagne de travaux sur les appuis en 2016/2017 : 151447_LOT2_BC_NDC_MTH_101_B Justification des butées provisoires sur Pylônes

Plans :

- Plan d'origine de l'ouvrage : T_PT_EQUIPEMENTS_9.511_B_1956_Attaches tablier sur massifs R.D-R.G
- Plan issu de la campagne de travaux sur les appuis en 2016/2017 : 151447_LOT2_BC_PLA_MTH_401_A_BPE Plan de coffrage-ferraillage des butées provisoires Pylônes
- Plan issu de la campagne de travaux sur les appuis en 2016/2017 : 151447_LOT2_BC_PLA_MTH_402_A_BPE Plan des pièces métalliques des butées provisoires Pylônes

Schéma d'appui en flexion d'axe vertical :

En flexion d'axe verticale, sous charge de vent notamment, l'ouvrage est modélisé comme une poutre sur quatre appuis, avec :

- Un appui simple en culée RD
- Un appui simple au niveau de chacun des pylônes RG et RD
- Un encastrement en culée RG

Transversalement, tous les appuis sont situés à l'axe de l'ouvrage.

L'encastrement au niveau de la culée RG est obtenu par la mise en place en parallèle de la butée au vent et d'un blocage en translation longitudinale au droit de chacun des abouts des poutres de rigidité.

Les dispositifs de butées provisoires conçus dans le cadre du projet pour le pylône RG et la culée RG doivent conserver ce schéma d'appui.

Par ailleurs, l'ouvrage doit être buté sous vent venant de l'amont et de l'aval.

3.6.2 Phasage d'intervention

Il s'agit ici du phasage de la méthode proposée par le Maître d'œuvre. Il pourra être ajusté par le Titulaire en cas d'ajustement de cette solution moyennant accord du Maître d'œuvre.

Cette méthode consiste, pour la culée RG en :

- Le clouage de deux blochets métalliques sur l'entretoise béton de la culée au niveau du plan de contreventement inférieur du tablier. Ce clouage est prévu par l'intermédiaire de barres de précontrainte traversant l'entretoise béton de la culée RG,
- La fixation sur la face extérieure de l'entretoise métallique d'about du tablier d'un profilé métallique sur chant venant buter sur l'un ou l'autre des blochets en fonction de la direction du vent. Cette fixation est prévue par la mise en place de boulons précontraints. Le profilé en

question doit être suffisamment raidi pour assurer la transmission de l'effort compte tenu de l'excentrement mis en jeu.

Pour la butée sur le pylône RG, le détail de l'opération proposée est le suivant :

- Hydrodémolition des blocs de béton constituant la partie fixe des butes provisoires sur pylône RG,
- Ferraillage du nouveau bloc au moyen de scellements dans le sommier et de renforts sous forme de cadres de ferraillage,
- Coulage d'un nouveau bloc en béton,
- Connexion à l'entretoise sur pylône par l'intermédiaire d'une structure en charpente métallique du type de celle utilisée pour la réalisation des butées provisoires en 2016/2017.

3.6.3 Configuration de calcul - Culée RG

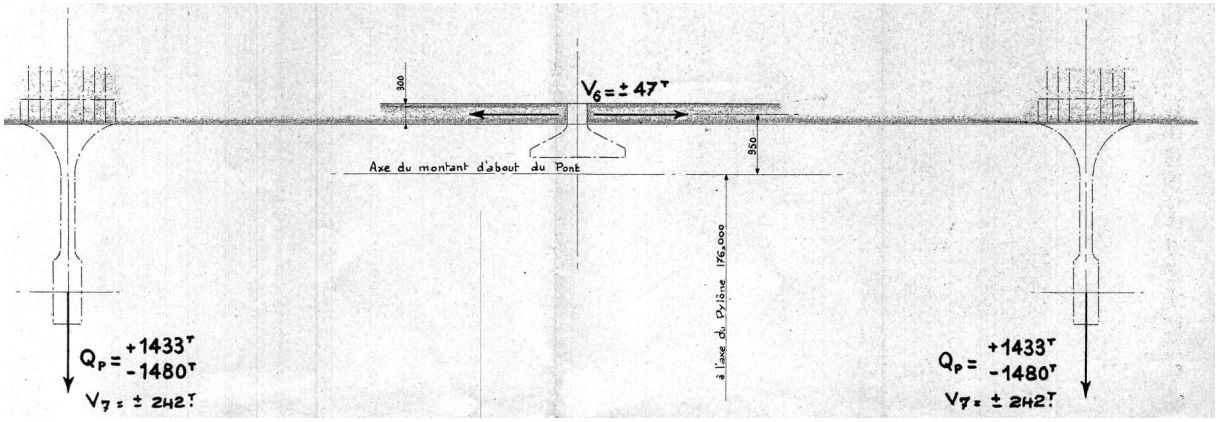
Les photos et extraits du DOE de l'ouvrage qui suivent présentent la situation actuelle au niveau de la culée RG.

La butée au vent est située à l'axe de l'ouvrage, en sous-face de la dalle Robinson et est assurée par l'excroissance d'une platine métallique scellée sur le tablier métallique mise en butée dans le béton de la culée sous l'effet du vent dans une direction ou dans l'autre.

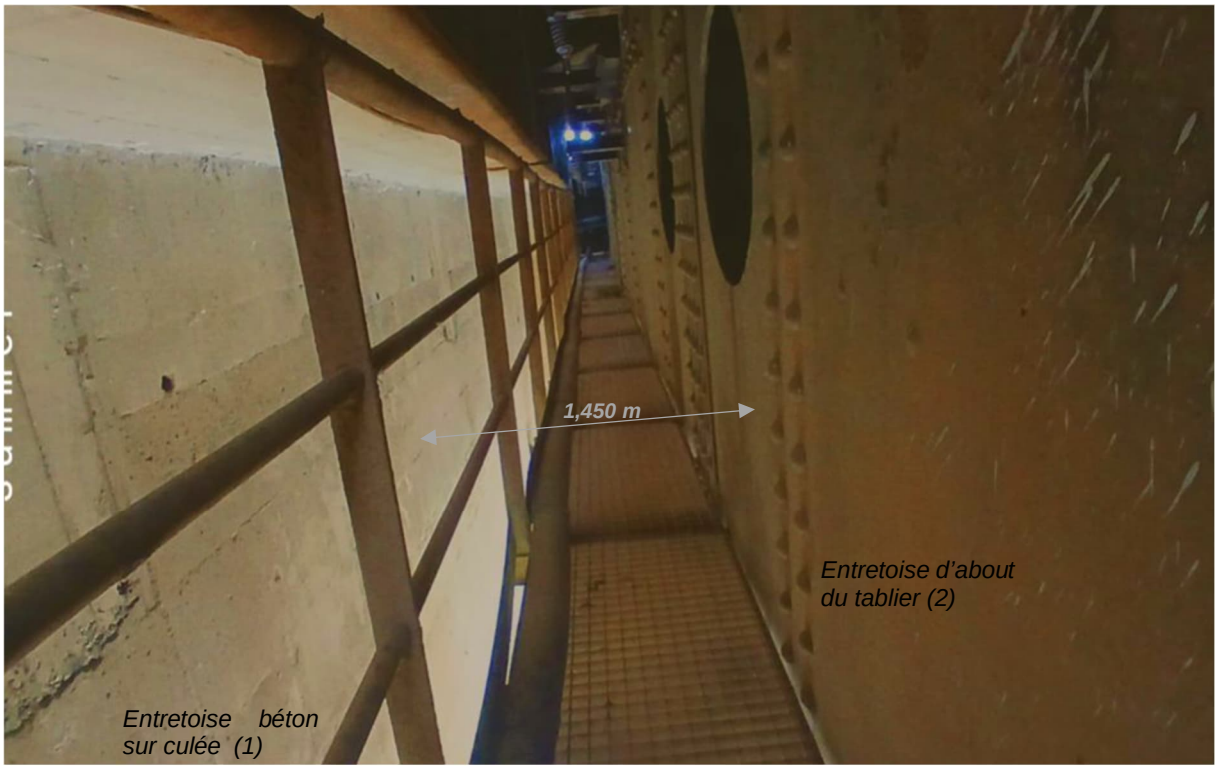
L'accès permettant de s'en approcher au maximum est situé sur le tablier, à droite de la chaussée dans le sens Paris – Le Havre. Cet accès ne permet toutefois pas de visualiser les organes structurels assurant cet appui.

Une manière de renforcer la capacité de charge en butée au vent de l'ouvrage au niveau de cet appui consiste à mettre en place un appui, cette fois positionné au niveau du plan de contreventement inférieur du tablier assuré par les croix de St André.

La redistribution des efforts entre la butée de renfort et la butée existante étant incertaine, ne serait-ce que du fait du léger jeu avant mise en butée et de la méconnaissance de l'effort de vent transitant dans la butée au moment de la mise en service de la butée provisoire, cette butée supplémentaire est réalisée pour supporter l'intégralité de l'effort de butée transmis par le tablier au niveau de sa culée RG.



Extrait du plan T_PT_EQUIPEMENTS_9.511_B_1956_Attaches tablier sur massifs R.D-R.G



Vue depuis la plateforme d'inspection située la chaussée et accessible depuis le tablier en RG (sans accès direct à la butée) - Photo *Travée*, juin 2025



Photographie de la sous-face de l'ouvrage au niveau de la culée RG

Pour réaliser cette butée provisoire au niveau du plan de contreventement inférieur, la mise en place de deux blochets massifs en applique sur l'entretoise béton de la culée est envisagée dans la solution du maître d'œuvre.

Entre ces blochets, une excroissance fixée sur l'entretoise métallique du tablier peut alors venir en contact d'un côté ou de l'autre en fonction de la direction du vent et assurer la mise en butée de l'ouvrage, à condition que la butée actuelle ne soit pas sollicitée prioritairement.

Pour ce faire, la mise en place doit être faite sans aucun jeu, i.e. avec une mise en place des blochets et de leurs plaques d'appui au contact de part et d'autre du profilé sur chant.

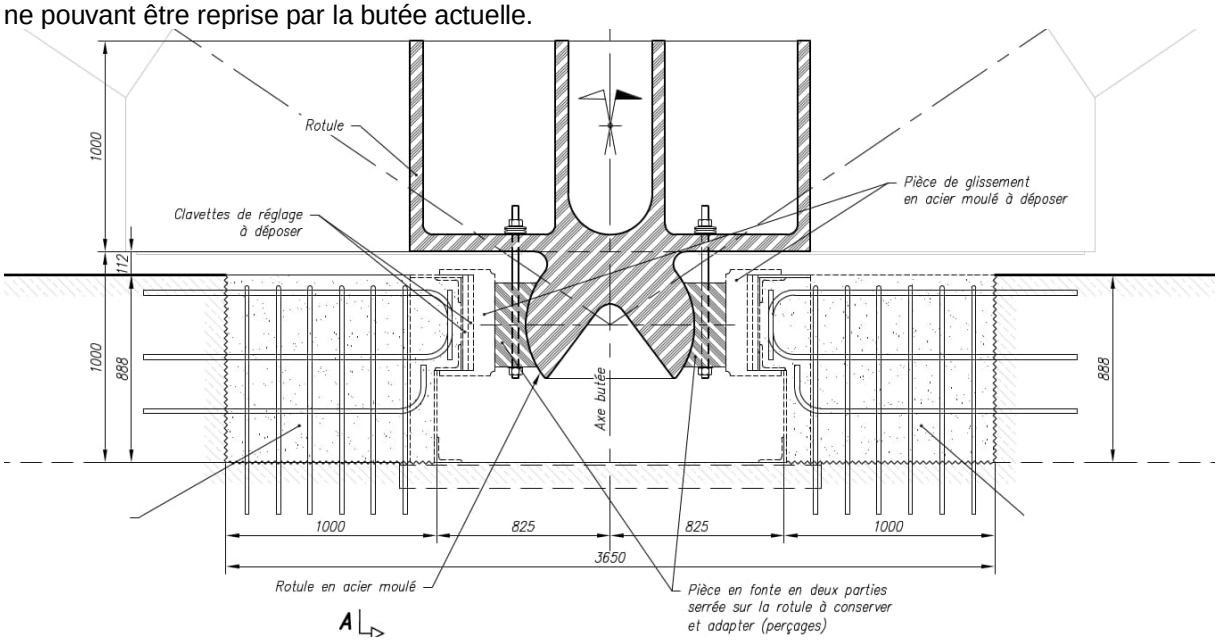
L'appui de l'excroissance sur l'entretoise d'about du tablier doit se faire sur une surface suffisamment raidie pour transmettre l'effort de butée par flexion locale sur l'entretoise d'extrémité.

3.6.4 Configuration de calcul - Pylône RG

Au droit de ce pylône, la butée au vent est également située à l'axe de l'ouvrage. Elle se situe déjà en partie inférieure, à la jonction des deux éléments de charpente métallique formant l'entretoise sur pylône comme visible sur les photos ci-après. Il s'agit d'un appui simple du point de vue de la flexion d'axe vertical. On précise que les butées sur les deux pylônes sont théoriquement identiques d'après les données issues des travaux de remplacement des butées de 2016/2017.

Cette butée est réalisée par deux coques semi-sphériques en fonte enserrant avec un léger jeu une rotule en acier moulée fixée sur l'entretoise du tablier. Les appuis des deux demi-coques sur le fût du pylône de l'ouvrage sont alors réalisés sur deux faces verticales au moyen d'un appareil d'appui.

Pour la butée au niveau du pylône RG, on conserve l'idée de mettre en place un appui provisoire à même de transmettre l'intégralité de l'effort de butée du tablier et pas seulement la portion excédentaire ne pouvant être reprise par la butée actuelle.



Extrait du plan des butées au vent de l'ouvrage suite aux travaux de remplacement de 2016/2017
151447_BC_PLA_EXE_100_A Plan des butées définitives - Coffrage ferraillage - Pylônes



Photographie de la butée au vent de l'ouvrage sur pylône

Au cours des travaux de remplacement des butées au vent de 2016/2017, une butée provisoire avait été mise en place sur chacun des pylônes. Ces butées, dimensionnées pour un effort de vent réduit, avaient été réalisée au moyen d'un bloc en béton armé visible sur les photos de la page précédente par sa teinte plus claire que le béton des pylônes d'origine. Un organe de transmission métallique avait alors été dimensionné pour permettre un appui horizontal de l'entretoise sur pylône sur ce bloc via une plaque de glissement.

Le dimensionnement de ce bloc a été étudié et ne permet pas d'envisager une réutilisation en l'état ni même un renforcement simple, compte tenu de l'effort de butée envisagé mentionné au paragraphe 3.7.3, largement supérieur aux 4 800 kN pris en compte lors du dimensionnement de 2016.

3.6.5 Matériaux de la structure existante

3.6.5.1. Aciers existants

Les nuances d'acier des éléments de charpente métallique sont prises conformément à la note de calcul NN1A de 1997 précitée :

- Acier Ac 42 : f_{yk} = 240 MPa
- Sauf nervure inférieure - Ac 55 : f_{yk} = 360 MPa

3.6.5.2. Béton existant

Sur culée RG :

Le Maître d'œuvre ne dispose, à ce jour, pas de données garantissant la résistance du béton des éléments de la culée RG, notamment son entretoise visible sur les photographies précédentes.

Un rapport de diagnostic de 2006 mentionne pour d'autres éléments de cette culée l'hypothèse d'un béton C25/30 au sens du tableau 3.1 de la NF EN 1992-1-1 en précisant que cette hypothèse, sans doute sécuritaire, était impactante pour le projet de renforcement du VIPP dont il était alors question.

Dans le cadre des travaux de renforcement des butées au vent, la connaissance précis des caractéristiques de ce béton permettrait toutefois de recourir à un dimensionnement optimisé par rapport à celui réalisé dans un béton de relativement faible résistance comme un C25/30.

La réalisation de ce diagnostic par le Titulaire est à réaliser dans le cadre du marché pour optimiser les butées.

A partir de la classe de résistance fiabilisée d'un élément béton, les caractéristiques mécaniques associées dans le tableau 3.1 de de la NF EN 1992-1-1 seront utilisées.

A défaut de diagnostic ou d'approbation par le maître d'œuvre des résultats de celui-ci, l'hypothèse d'un béton C25/30 reste à retenir.

Sur pylône RG :

D'après les données des plans et NDC de 2016/2017 relatifs aux butées provisoires, les blocs en béton armé réalisés à l'époque sont constitués d'un béton C30/37.

Le béton du sommier des pylônes est lui décrit dans la note de calcul NN1A de 1997 précitée qui mentionne pour l'ensemble des pylônes un béton B35 au sens du BAEL, soit 35 MPa de résistance caractéristique en compression à 28 jours. Dans les calculs récents de l'ouvrage on suppose ainsi que ces pylônes, jambes comme fûts, sont constitués d'un béton de classe C35/45 au sens du tableau 3.1 de la NF EN 1992-1-1.

Ici, on supposera également que les sommiers assurant la jonction entre jambes et fûts sont également constitués d'un béton C35/45.

3.6.5.3. Armatures de précontrainte

D'après les plans d'origine de la structure, certains éléments (poutres et voiles) de la culée RG sont munis de dispositifs de précontrainte. L'entretoise de cette culée est toutefois supposée démunie de tout élément de précontrainte.

Le sommier du pylône est également supposé démuni d'armatures de précontrainte conformément aux données du plan T_PT_PYLONES_D6549_A_1957_Traverses ss tablier-Armatures-Coupes de 1957.

Un repérage radar est à réaliser par le Titulaire sur ces deux éléments (ou sur tout autre élément où il souhaiterait réaliser des percements de quelque nature que ce soit). Ce repérage permet, outre la confirmation de ces hypothèses, le repérage des aciers passifs et leur localisation exacte pour faciliter les percements pour passage des barres de clouage sur la culée et de scellement sur le pylône.

3.6.5.4. Armatures passives

D'après les notes de calculs et plans d'exécution des butées provisoires de 2016/2017, les aciers mis en place dans les blocs de béton C35/45 coulés lors de cette campagne sont des aciers à haute adhérence de classe 4, limite d'élasticité f_{yk} = 500 MPa.

Les aciers d'origine, notamment scellés dans le sommier aux alentours de la butée actuellement en service sont en revanche des aciers doux et Tor, d'après les données du plan T_PT_PYLONES_D6549_A_1957_Traverses ss tablier-Armatures-Coupes de 1957.

La note NN1A de 1996 mentionnait pour de tels aciers une limite d'élasticité de f_{yk} = 240 MPa pour les aciers doux et f_{yk} = 380 MPa pour les aciers Tor (mi-dur)

Le module d'Young des aciers passifs n'est pas précisé dans la note d'origine. Il pourra être considéré comme égal à E_s = 200 000 MPa conformément aux recommandations de la NF EN 1992-1-1 et AN

L'enrobage des aciers passifs existants à considérer est de 3 cm pour les ouvrages d'origine et 5 cm pour les blocs béton ayant servi à la réalisation des butées provisoires de 2016/2017.

3.6.6 Matériaux utilisés dans le cadre du projet de renforcement

Les hypothèses suivantes ont été considérées lors des études de conception du Maître d'œuvre. Elles peuvent être modifiées par le bureau d'études d'exécution, à condition que cette modification soit étayée et validée par le maitre d'œuvre.

3.6.6.1. Béton

Le béton mis en place pour la réalisation des nouveaux blocs d'appui de la butée sur le pylône RG est supposé être de classe C50-60 au sens du tableau 3.1 de la NF EN 1992-1-1.

3.6.6.2. Barres de précontrainte

Les blochets métalliques mis en place pour constituer la butée sur culée RG sont cloués sur l'entretoise au moyen de barres de précontrainte dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Résistance à la rupture $f_{prg} = 1030\ MPa$
- Limite d'élasticité $f_{reg} = 835\ MPa$
- Contrainte de mise en tension : $f_0 = 0{,}7\ f_{prg} = 721\ MPa$
- Module d'Young $E = 170\,000\ MPa$
- Caractéristiques des pertes instantanées :
  - Recul d'ancrage : 0,7 mm (valeur résiduelle obtenue en répétant plusieurs fois l'opération de mise en tension pour minimiser les pertes)
  - Coefficient de frottement linéaire $k = 0{,}0065\ m^{-1}$
- Caractéristiques des pertes différées :
  - Perte par relaxation à 1000h : ρ_{1000} = 4%.

3.6.6.3. Armatures passives

Les armatures passives sont des armatures de haute adhérence de limite d'élasticité f_{yk} = 500 MPa, de classe de ductilité B et de module d'Young E_s = 200 000 MPa.

3.6.6.4. Renforts en tissus de fibres de matériaux composites

La solution du Maître d'œuvre ne comporte pas de renforts en matériaux composites. Dans le cas où le Titulaire souhaiterait proposer une solution inclut un ou plusieurs produits de ce type, ceux-ci devront présenter des caractéristiques conformes à celles mentionnées dans leurs avis techniques en vigueur à date de réalisation des études.

Le ou les produits en question devront par ailleurs faire l'objet d'une validation par le Maître d'œuvre. A la demande du Maître d'œuvre, le ou les avis techniques devront de ce fait être communiqués par le Titulaire.

3.7 ACTIONS ET SOLLICITATIONS

3.7.1 Charges permanentes

Poids propre des structures en béton :

Le poids propre du béton est pris égal à $25\ kN.m^{-3}$.

Poids propre des structures en acier :

Le poids propre de l'acier est pris égal à $78{,}5\ kN.m^{-3}$.

3.7.2 Précontrainte

Pondération des efforts de précontrainte :

Pour les éléments de précontrainte mis en place, une fourchette de +/-10% sera considérée à l'ELS.

A l'ELU, les valeurs moyennes de précontrainte sont utilisées conformément aux recommandations de la NF EN 1992-1-1 (section 2.4.2.2).

Diffusion des efforts concentrés :

Conformément à l'article 4.3.6 de l'Eurocode 1-2, une diffusion à 45° des charges concentrées sera considérée, notamment pour la diffusion des efforts d'ancrage des éléments de précontrainte ou pour la diffusion sous les appareils d'appui des butées.

3.7.3 Charges de vent

Sur la **culée RG**, d'après les conclusions de la note 003-55381-S-NT-ACT-0004-A-1 - NDC Ouvrage en travaux jointe au présent DCE, l'effort de dimensionnement de la butée provisoire à retenir est de **4 200 kN à l'ELU.**

Au niveau du **pylône RG**, cet effort de dimensionnement est de **12 000 kN à l'ELU**.

Ces efforts sont intégralement dus aux effets du vent et donc pondérés par un coefficient 1,50 à l'ELU par rapport à leur effet caractéristique.

3.7.4 Dilatation de l'ouvrage

Le point fixe longitudinal de l'ouvrage étant situé au niveau de sa culée RG, aucun déplacement dans la direction longitudinale n'est donc à prendre en compte du fait de la dilatation ou d'un déplacement longitudinal d'ensemble du tablier au niveau de cette culée.

Du fait de la rotation du tablier sous charge, l'excentrement du plan de contreventement inférieur provoque toutefois un déplacement longitudinal relatif entre le tablier et la culée. Ce déplacement est estimé à +/- 12 mm.

Au droit de la butée sur pylône RG, le déplacement longitudinal maximal du tablier concomitant à l'effort de vent maximal attendu est de 20 mm, auxquels on ajoutera 20 mm du fait de la rotation du tablier soit +/- 40 mm au total.

3.8 CRITERES DE JUSTIFICATION DES ELEMENTS ACIER / BETON

3.8.1 Dimensionnement des blochets

Qu'ils soient métalliques ou en béton, les blochets mis en place pour assurer la butée de l'ouvrage doivent être justifiés à l'ELU conformément à l'annexe A.1 et à l'ELS conformément à l'annexe A.2 à la NF P 95-104 de juillet 2020.

3.8.2 Justification des éléments précontraints

En cas d'utilisation d'éléments de précontrainte, notamment des barres de clouage pour les blochets de butée, le Titulaire doit justifier les éléments à l'ELS et à l'ELU selon les prescriptions de la NF P 95-104 de juillet 2020. On se réfère notamment à la section 0 pour le coefficient de rugosité visé.

3.8.3 Justifications propres aux ELS

3.8.3.1. Limitation de contraintes

D'après la section 7.2 de la NF EN 1992-1-1, on vérifie les contraintes aux valeurs limites suivantes :

- Béton :
  - Sous combinaisons Quasi-permanentes : $\sigma_c \leq 0{,}45\ f_{ck} = 15{,}8\ MPa$
  - Sous combinaisons caractéristiques : $\sigma_c \leq 0{,}60\ f_{ck} = 21\ MPa$
- Aciers de précontrainte :
  - Sous combinaisons caractéristiques : $\sigma_{pm} \leq 0{,}8\ f_{pk} = 1160\ MPa$
- Aciers passifs :
  - Sous combinaisons caractéristiques : $\sigma_s \leq 0{,}8\ f_{yk} = 320\ MPa$

3.8.3.2. Maitrise de la fissuration

Les éléments en béton, précontraints ou non, sont justifiés conformément aux recommandations de la clause 7.3.1 de l'annexe à la NF EN 1992-2 et AN. L'ouverture de fissure est limitée à 0,2 mm sous combinaison fréquente (structure en béton précontraint à armatures adhérentes de classe d'exposition XC2, XC3 ou XC4). On vérifie donc qu'à l'ELS fréquent, la contrainte dans les aciers passifs et la surtension des aciers de précontrainte est limitée à : $\sigma_s \leq 1000\ w_{max} = 200\ MPa$.

3.8.4 Justifications propres aux ELU

3.8.4.1. Généralités

Pour les combinaisons ELU, la vérification consiste en une comparaison des contraintes calculées avec le critère de résistance limite correspondant, généralement exprimé comme le rapport de la résistance caractéristique du matériau considéré sur le coefficient partiel de sécurité.

On s'attache ainsi à vérifier selon les normes NF EN 1990 et NF EN 1990/Na :

$$E_d \leq R_d$$

où :

- R_d est la valeur de calcul de la résistance limite du critère considéré,
- E_d est la valeur de calcul des effets d'action spécifiées

Les coefficients partiels de sécurité sont déterminés selon l'article 6.4.2.4 de la NF EN 1992-2-1 et AN :

- Pour le béton : γ_c = 1,5
- Pour les aciers passifs et les aciers de précontrainte : γ_s = 1,15

Ces vérifications doivent notamment être appliqués aux calculs en flexion, cisaillement et de stabilité des éléments structurels conformément aux Eurocodes 2-1-1 et 2-2.

3.8.4.2. Vérification localisées sur les éléments béton

Sous l'effet des charges ponctuelles localisées, la résistance locale à l'éclatement du béton et l'équilibre du coin dans les différentes directions doivent être étudiés.

Ces points spécifiques n'étant pas abordés dans l'Eurocode, les vérifications décrites à l'annexe 4 du BPEL sont à appliquer.

3.8.4.3. Vérification des éléments métalliques

L'ensemble des éléments de charpente mis en place doivent être justifiés selon l'Eurocode 3-1-1 et son AN française, complété en cas de recours à des sections de classe 4 de l'Eurocode 3-1-5 et son AN française voire, en cas de recours à des éléments de coque (butons cylindriques, etc.) à l'Eurocode 3-1-6 et son AN française.

Les assemblages doivent être justifiés selon l'Eurocode 3-1-8 et son AN française.

Lorsque cela s'avère mentionné par l'un ou l'autre des Eurocodes, la norme EN 1090-2+A1 relative à l'exécution des structures en acier et en aluminium doit également être utilisée.

De manière générale, on se réfère au livret 3 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0003-A-0_CCTP - Livret 3 – Charpentes métalliques § « Dispositions pour la charpente métallique ».

Spécificités des assemblages par boulons à serrage contrôlé :

En cas de sollicitations alternées dans un assemblage (traction / compression en fonction du cas de charge considéré), le recours à des boulons non précontraints est proscrit au profit de boulons précontraints.

Là encore, on se réfèrera au livret 3 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0003-A-0_CCTP - Livret 3 – Charpentes métalliques § « Dispositions pour la charpente métallique ».

3.9 JUSTIFICATION DES RENFORTS EN MATERIAU COMPOSITE

3.9.1 Recommandations

La justification des renforcements est effectuée selon les règles exposées dans les recommandations provisoires « Réparation et renforcement des structures en béton au moyen des matériaux composites-Recommandations provisoires – AFGC – février 2011 », complétées par les dispositions exposées dans cet article.

Lorsqu'elles viennent corriger ou ajuster ces règles, les recommandations du guide du CEREMA de 2015 *Conception des réparations structurales et des renforcements des ouvrages d'art* feront foi.

3.9.2 Principes de renforcement

Pour rappel, il appartient au Titulaire de déterminer la pertinence et la nature des renforcements mis en œuvre ou à défaut de l'ajout d'éléments structurels supplémentaires, en complément ou substitution à ceux déjà présents.

Dans le cas où des renforts par matériaux composites collés seraient proposés, pour chaque partie d'ouvrage concernée, les principes et conditions de mise en œuvre devront être précisées, notamment (liste non-exhaustive) :

- Type de composite
- Nombre de couches
- Conditions de pose
- Hypothèses de dimensionnement (combinaisons ELS, ELU et critères associés)

- Conditions et restrictions de circulation pour la mise en œuvre

Conformément aux préconisations du guide de l'AFGC de 2011, « le nombre maximum de couches superposées n'est limité que par la capacité d'adhérence au support ». Les fiches relatives à chaque produit peuvent toutefois spécifier le nombre de couches minimum et maximum à mettre en œuvre.

Si le système de renforts composites retenu par l'entreprise est de type « unidirectionnel », il est tenu compte des coefficients réducteurs de la contrainte admissible à l'ELU σ_{ufd} décrits à la section I.2.2.3 du guide « Réparation et renforcement des structures en béton au moyen des matériaux composites-Recommandations provisoires – AFGC – Février 2011 ».

Le dimensionnement des éventuels renforts en matériaux COMPOSITES est réalisé par l'entreprise sur la base des résultats obtenus dans le cadre de ses études d'exécution. Il fait l'objet d'un visa du Maitre d'œuvre.

3.10 JUSTIFICATION DES NEOPRENES

Le Titulaire doit justifier les élastomères frettés mis en place pour assurer le contact entre tablier et pylône ou culée selon les dispositions de la section 5 de la norme NF EN 1337-3. Ils sont munis d'une plaque de glissement en téflon.

3.11 CONNEXION DES BUTEES AVANT DEBUT DES TRAVAUX DE CONFINEMENT DES STRUCTURES DE REMISE EN PEINTURE

Pour la connexion sur la culée RG, un montage sans jeu est à prévoir. La butée existante sur cette culée en partie haute du tablier étant déjà montée sans jeu, il n'est a priori pas possible de déterminer la part d'effort transitant dans chaque dispositif. Le dispositif provisoire est toutefois dimensionné de manière à pouvoir reprendre 100% de l'effort maximal attendu en phase de travaux.

Dans la mesure du possible, il convient de réaliser cette mise en service **en l'absence de vent** et sous couverture météo, afin que la butée existante sur culée RG soit peu chargée à la mise en service du dispositif provisoire.

Il convient également de réaliser la mise en service de la butée sur pylône sans jeu et, là encore dans la mesure du possible, en l'absence de vent et sous couverture météo, afin que la butée existante ne soit pas chargée à la mise en service du dispositif provisoire.

3.12 DECONNEXION DES BUTEES PROVISOIRES A L'ISSUE DES TRAVAUX DE PEINTURE

Inversement, il convient, à l'issue des travaux, de s'assurer de replacer l'ouvrage dans sa configuration d'origine. Les éléments constitutifs des butées provisoires (blochets métalliques, blocs béton d'appui, etc.) pourront être laissés en place à condition que la mise en charge de ces éléments ne soit plus possible.

Pour cela, pour la solution du maître d'œuvre, il s'agit par exemple de retirer :

- Sur la culée RG, le profilé boulonné sur chant fixé sur l'entretoise pleine d'about du tablier,
- Sur le pylône RG, l'élément de charpente métallique assurant la jonction entre l'entretoise du tablier et les blocs béton.

Il appartient donc au Titulaire de proposer une méthodologie permettant de réaliser ces opérations de dépose en sécurité pour validation par le Maitre d'œuvre dans la note de calcul des dispositifs de butée.

4. PROVENANCE, QUALITE ET PREPARATION DES MATERIAUX, PRODUITS ET COMPOSANTS

4.1 GENERALITES

Il est rappelé que la fourniture des matériaux, composants ou autres produits est de la responsabilité de l'entreprise. Le Titulaire doit en conséquence imposer dans les conventions avec les fournisseurs ou producteurs toutes les obligations résultant du présent marché.

Tous les matériaux, composants ou équipements entrant dans la composition des ouvrages ou ayant une incidence sur leur qualité ou leur aspect, sont proposés par le Titulaire au Maître d'œuvre selon les modalités (procédures et délais) prévues au PAQ. Ils sont définis par leurs caractéristiques, leur conditionnement et leur provenance.

Il est rappelé que l'acceptation des matériaux, produits et composants est subordonnée :

- Aux résultats du contrôle intérieur, dont les modalités sont définies dans le PAQ
- Aux résultats du contrôle extérieur

Dans l'exercice du contrôle extérieur, le Maître d'œuvre peut être amené à :

- S'assurer de l'exercice du contrôle intérieur
- Exécuter ou faire exécuter les essais qu'il juge utiles
- Faire procéder à des prélèvements conservatoires

En cas d'anomalies constatées sur les matériaux, produits composants et équipements avant leur mise en place dans l'ouvrage au niveau du contrôle intérieur ou dans le cadre du contrôle extérieur, il est fait application du CCAG.

Les fiches de demande d'agrément des fournitures, matériaux et équipements, soumises à l'agrément du Maître d'œuvre devront comporter à minima les indications suivantes :

- Rappel des articles du CCTP relatifs aux fournitures proposées
- Rappel des spécifications et/ou niveau de performance portées au CCTP et relatives aux fournitures proposées
- Indication de niveau de performance des fournitures proposées par le Titulaire
- Notice technique descriptive du produit ou des matériaux
- Condition de mise en œuvre
- Agrément technique le cas échéant
- Référence de mise en œuvre sur des chantiers similaires et dans des conditions d'emploi identiques ou proches

4.2 MARQUAGE CE DES PRODUITS DE CONSTRUCTION

(Règlement UE n°305/2011)

Le présent CCTP stipule que certains produits de construction doivent bénéficier du marquage CE sur la base d'une norme harmonisée ou d'une évaluation technique européenne (ETE).

Conformément au règlement (UE) n°305/2011, ils font l'objet d'une déclaration de performances.

Les performances déclarées doivent couvrir de façon exhaustive les exigences prévues par la norme harmonisée ou le document d'évaluation européen correspondant.

Les dispositions transitoires de l'article 66 du règlement (UE) n°305/2011 s'appliquent. En particulier, le Titulaire peut présenter, en tant qu'évaluations techniques européennes, les agréments techniques européens délivrés conformément à l'article 9 de la directive 89/106/CEE avant le 1er juillet 2013, pendant toute la durée de validité desdits agréments.

4.3 CONFORMITE AUX NORMES, MARQUES ET AVIS TECHNIQUES FRANÇAIS

(Article 23.2 et 24.2 du CCAG-T)

4.3.1 Possibilités d'équivalence

Le présent CCTP prévoit que certains matériaux ou produits doivent être conformes à des normes françaises non issues de normes européennes.

Conformément à l'article 23.2 du CCAG-T, le Titulaire peut proposer d'autres matériaux ou produits à condition d'une part, qu'ils soient conformes à des normes en vigueur dans d'autres Etats parties à l'Accord sur les marchés publics de l'Organisation mondiale du commerce et d'autre part, qu'ils soient acceptés par le Maître d'œuvre, ce dernier restant seul juge de l'équivalence.

Le présent CCTP prévoit également que certains matériaux, produits ou services doivent être Titulaires soit d'une marque de qualité française (marque NF ou autre), soit d'un avis technique, d'un agrément ou d'une homologation émise par un organisme public français (Cerema, Ifsttar, CSTB, ASQPE, etc.).

Conformément à l'article 24.2 du CCAG-T, le Titulaire peut proposer d'autres matériaux, produits ou services à condition que ceux-ci bénéficient d'une attestation délivrée par un organisme établi dans l'Espace économique européen et accrédité selon les normes NF EN ISO/CEI 17025 et NF EN 45011 par le Comité français d'accréditation (COFRAC), ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European cooperation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation. Ces matériaux, produits ou services doivent également être acceptés par le Maître d'œuvre, ce dernier restant seul juge de l'équivalence.

4.3.2 Acceptation ou refus du Maître d'œuvre d'une équivalence

En complément à l'article 23.2 du CCAG-T, pour toute demande d'équivalence d'un matériau, produit ou service, le Titulaire doit fournir au moins deux mois avant tout début d'approvisionnement ou mise en œuvre, les éléments (échantillons, notices techniques, résultats d'essai, etc.) nécessaires à l'appréciation de l'équivalence du matériau, produit ou service proposé au matériau, produit ou service requis. Ces éléments sont à la charge du Titulaire et les documents associés sont à rédiger en langue française.

Le Maître d'œuvre dispose d'un délai de 30 jours à partir de la livraison de ces éléments pour accepter ou refuser ce matériau, produit ou service. Son acceptation est fondée sur le respect des exigences définies dans la norme française ou dans le règlement de la marque de qualité, de l'avis technique, de l'homologation ou de l'agrément requis, qui constituent toujours la référence technique.

Tout matériau, produit ou service pour lequel l'équivalence aurait été sollicitée et qui serait livré sur le chantier ou engagé sans respecter le délai précité est réputé être en contradiction avec les clauses du marché et doit donc être immédiatement retiré ou interrompu au frais du Titulaire, sans préjudice des frais directs ou indirects de retard ou d'arrêt de chantier.

4.4 ACIERS DE CHARPENTE METALLIQUE

On se réfèrera sur ce point au livret 3 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0003-A-0_CCTP - Livret 3 – Charpentes métalliques § « Dispositions pour la charpente métallique ».

4.5 BETONS ET MORTIERS HYDRAULIQUES

(Norme NF EN 13670/CN, chapitre 8 et l'annexe B du fascicule 65, norme EN 1090-2+A2/CN)

4.5.1 Généralités sur la définition des bétons

Les bétons utilisés dans la construction de l'ouvrage doivent respecter les exigences définies dans la norme NF EN 13670/CN.

Pour l'application du 8.1 (1) de la norme NF EN 13670/CN, les bétons sont spécifiés en conformité avec la norme EN 1090-2+A2/CN y compris son annexe D. Ainsi, conformément à l'article NA.D.2.1 de la norme EN 1090-2+A2/CN, le ciment prompt naturel conforme à la norme NF P 15-314 et du ciment d'aluminates de calcium conforme à la norme NF EN 14647 sont interdits.

Compte tenu de la disparité des types d'éprouvettes utilisées en Europe, la classe de résistance d'un béton s'exprime avec deux valeurs (ex. C30/37), la première correspondant à des résultats en compression obtenus en écrasant des éprouvettes cylindriques, l'autre des éprouvettes cubiques.

La détermination des résistances est appréciée à partir d'essais réalisés sur des éprouvettes cylindriques conformes à la norme NF EN 12390-1.

Les spécifications destinées à assurer la durabilité du béton sont celles données dans la norme EN 1090-2+A2/CN complétées par des spécifications complémentaires en fonction des classes d'exposition des différentes parties d'ouvrage.

4.5.2 Définition des bétons

(Article 8.1.1 du fascicule 65, norme EN 1090-2+A2/CN)

Les spécifications destinées à assurer la durabilité du béton sont celles données dans la norme EN 1090-2+A2/CN complétées par les indications des articles suivants en fonction des classes d'exposition des différentes parties d'ouvrage qui seront retenues lors des études d'exécution.

Conformément à la norme EN 1090-2+A2/CN, la formulation des bétons des parties d'ouvrage soumises à la classe d'exposition XF2 doit être sans air occlus et avec les spécifications correspondant à la classe d'exposition XD3.

La consistance de tous les bétons est proposée par le Titulaire et soumise au visa du Maître d'œuvre. Elle est déterminée par l'essai d'affaissement selon la norme NF EN 12350-2 pour les classes de consistance S1 à S4 et par l'essai d'étalement selon la norme NF EN 12350-5 pour la classe de consistance S5. La classe de consistance S1 n'est autorisée que pour les bétons préfabriqués.

4.5.3 Mortiers

Les mortiers sont titulaires de la marque NF-Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique au titre de scellement ou de calage.

4.5.4 Etude des bétons

(Norme NF EN 13670/CN, article 8.2.1 du fascicule 65)

4.5.4.1. Généralités

Les dispositions de l'article 8.2.1 du fascicule 65 s'appliquent en considérant qu'un prélèvement comporte trois éprouvettes.

Pour l'application du 8.1 (4) de la norme NF EN 13670/CN, les résultats de résistance au jeune âge du béton sont exigés pour déterminer la durée d'application de la cure pour les parties d'ouvrage concernées.

Pour l'application du 8.2 (1) de la norme NF EN 13670/CN, la fourniture d'un programme de bétonnage par partie d'ouvrage est exigée. Ce dernier doit être établi conformément à l'article 8.2.2 du fascicule 65.

4.5.4.2. Dispositions particulières liées aux réactions "d'alcali-silice" RAG :

Justification de la qualification des granulats :

Si les granulats bénéficient du droit d'usage de la marque NF-Granulats, avec qualification vis-à-vis de l'alcali-réaction en NR ou PRP, le certificat de conformité des granulats à la marque NF, qui donne leur qualification vis-à-vis de l'alcali-réaction, doit être annexé au dossier d'étude des bétons.

Si les granulats ne bénéficient pas du droit d'usage de la marque NF-Granulats, mais si le producteur de granulats dispose d'un dossier carrière élaboré conformément aux prescriptions du *Guide pour l'élaboration du dossier carrière* édité par le LCPC en juin 1994 et approuvé par le Maître d'œuvre, le dossier d'étude des bétons doit contenir les extraits du plan qualité du producteur permettant de certifier la qualification vis-à-vis de l'alcali-réaction des granulats utilisés. Ces documents sont accompagnés des résultats des contrôles intérieurs effectués par le producteur de granulats.

En l'absence de granulats Titulaires de la marque NF-Granulats, et d'un dossier carrière approuvé par le Maître d'œuvre, le Titulaire fait réaliser, à ses frais, les essais permettant la qualification des granulats conformément aux prescriptions du fascicule de documentation FD P 18-542. Les résultats de ces essais sont joints au dossier d'étude des bétons.

Justification de la possibilité d'utilisation des granulats :

Si les granulats sont potentiellement réactifs à effet de pessimum (PRP), le Titulaire doit intégrer dans le dossier d'étude des bétons tous les résultats des essais permettant de vérifier que les conditions (1) et (2) du 6.3.1.2 du fascicule de documentation FD P 18-464 sont vérifiées. Ces essais sont réalisés à ses frais.

Dans le cas de la reconduction d'une formule de béton, le Titulaire doit tout de même réaliser ces essais, avant les épreuves de convenance.

Dispositions particulières liées à la réaction sulfatique interne :

Dans le cadre des épreuves d'étude, le Titulaire doit démontrer que la température maximale susceptible d'être atteinte par le béton de toutes les parties d'ouvrage - compte tenu du planning de réalisation, du programme de bétonnage et des éventuelles dispositions particulières proposées par le Titulaire - respecte la température maximale fixée dans les *Recommandations sur la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne* éditées par l'IFSTTAR en octobre 2017.

4.5.5 Fabrication, transport et manutention des bétons

La fabrication, le transport et la manutention des bétons sont conformes aux exigences générales de la norme NF EN 13670/CN et du chapitre 8 et de l'annexe B du fascicule 65.

Pour l'application du 8.1 (1) de la norme NF EN 13670/CN, les bétons sont fabriqués en conformité avec la norme EN 1090-2+A2/CN.

Généralités :

Le béton est fabriqué par le Titulaire soit dans une centrale de chantier, soit dans une centrale de béton prêt à l'emploi (BPE), soit dans une usine de préfabrication.

Dans tous les cas, il doit respecter la norme EN 1090-2+A2/CN et l'unité de fabrication est soumise à l'acceptation du Maître d'œuvre. Cette dernière s'effectue sur la base du respect des caractéristiques détaillées précisées dans l'annexe B du fascicule 65. Il est notamment tenu compte de l'existence d'une capacité de stockage des ciments et des granulats et d'une capacité de production compatibles avec les exigences du chantier.

Les bétonnières portées sont des cuves agitatrices et non des camions malaxeurs. De ce fait, la vérification des tolérances de dosage sur chaque constituant doit être réalisée sur chaque gâchée. Les exigences concernant les rapports maxi Eau_{eff} / $Liant_{eq}$ doivent être respectées pour chaque gâchée.

Si le béton provient d'une centrale de BPE, il doit être Titulaire de la marque NF-BPE. Ainsi, soit la centrale est Titulaire de la marque NF-BPE (procédure conventionnelle), soit le béton est certifié pour le chantier (procédure particulière).

En complément du 8.3 (1) de la norme NF EN 13670/CN, chaque livraison de béton de structure est accompagnée du bordereau d'impression des pesées qui est visé par le Titulaire dans le cadre du contrôle interne. Ce document est également tenu à la disposition du Maître d'œuvre.

Il est également demandé que l'évolution de la résistance du béton soit indiquée sur le bon de livraison ou le bordereau d'impression des pesées, afin qu'il n'y ait aucun doute sur la durée de cure nécessaire.

Dispositions particulières liées aux réactions "d'alcali-silice" RAG :

En l'absence de granulats Titulaires de la marque NF-Granulats et d'un dossier carrière approuvé par le Maître d'œuvre, le Titulaire doit réaliser sur le dépôt de granulats, des essais rapides permettant la qualification des granulats conformément aux prescriptions du fascicule de documentation FD P 18-542. Les résultats de ces essais sont fournis au Maître d'œuvre avant bétonnage. Le nombre de ces essais doit être au moins de deux.

L'acceptation des résultats de ces essais par le Maître d'œuvre est une condition nécessaire à la levée des points d'arrêt avant bétonnage.

Epreuve de contrôle :

(Norme NF EN 13670/CN, article 8.3.2 et annexe B du fascicule 65 du CCTG)

Les essais réalisés dans le cadre de ces épreuves ne relèvent pas des spécifications de la norme EN 1090-2+A2/CN qui s'appliquent aux contrôles de production et de conformité de l'installation de fabrication. Ils sont effectués par un laboratoire de contrôle qui doit, soit être accrédité COFRAC, soit avoir subi, avec succès et moins d'un an avant le premier essai, un audit basé sur un référentiel d'accréditation équivalent. Ils font l'objet de rapports qui doivent être transmis au Maître d'œuvre au fur et à mesure de l'obtention des résultats.

Le laboratoire de contrôle est soumis à l'agrément du Maître d'œuvre.

Le lotissement et le nombre de prélèvements sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Lot	Nombre de prélèvements (*)
Bossages d'ancrage	3 par phase de bétonnage

(*) un prélèvement comprend 3 éprouvettes de contrôle

De plus, il est effectué par le Titulaire au minimum deux essais de consistance de béton frais sur chaque camion de livraison (un essai avant la mise en œuvre et un essai au cours de la mise en œuvre) ou dans le cas de fabrication du béton sur chantier, un essai par heure de bétonnage.

Les éprouvettes de béton, dont la fourniture est à la charge du Titulaire, doivent être transportées au laboratoire et démoulées dans les trois jours suivant leur confection et être placées en atmosphère normalisée dans les trois heures suivant leur démoulage.

Les dispositions pour obtenir les conditions de conservation normalisées sont à la charge du Titulaire, qui doit les préciser dans son Plan Qualité. Le respect de la fourchette des températures rappelées ci-dessus est notamment contrôlé obligatoirement avec un thermomètre mini/maxi maintenu à proximité des éprouvettes.

4.6 ACIERS POUR BETON ARME

(Norme NF EN 13670/CN, chapitre 7 du fascicule. 65 du CCTG, normes NF A 35-015, NF A 35- 080-1, NF A 35-080-2 et NF A 35-020-1)

4.6.1 Exigences générales

(Norme NF EN 13670/CN)

Les armatures de béton armé utilisées pour la construction de l'ouvrage doivent respecter les exigences générales définies dans la norme NF EN 13670/CN.

Pour l'application du 6.2 (1) de la norme NF EN 13670/CN, les armatures à haute adhérence sont conformes à la norme NF A 35-080-1 et sont de nuance B500B au sens de celle-ci (sauf exigences éventuelles de ductilité pour le comportement au séisme).

Les armatures lisses sont conformes à la norme NF A 35-015. Les treillis soudés sont conformes à la norme NF A 35-080-2.

Pour l'application du 6.4 (1) de la norme NF EN 13670/CN, toutes les armatures de béton armé utilisées sont soudables. Le recours à des armatures non soudables est ainsi interdit.

4.6.2 Exigences complémentaires

(Chapitre 7 du fascicule 65 du CCTG)

Outre les exigences générales définies ci-dessus, les armatures de béton armé doivent respecter certaines exigences complémentaires. Celles-ci sont constituées par toutes les exigences du chapitre 7 du fascicule 65 du CCTG ne contredisant pas celles de la norme NF EN 13670/CN et par les exigences définies ci-dessous.

Si le Titulaire a recours à une usine d'armatures industrielles pour le béton, celle-ci doit bénéficier de la marque NF-Armatures.

4.6.2.1. Treillis soudés

(Norme NF A 35-080-2)

L'utilisation de treillis soudés est soumise à l'acceptation préalable du Maître d'œuvre.

4.6.2.2. Ronds lisses

(Norme NF A 35-015)

L'utilisation des aciers lisses est limitée aux :

- Armatures de frettage
- Barres de montage
- Armatures en attente de diamètre inférieur ou égal à 16 mm exposées à un pliage suivi d'un dépliage

4.6.2.3. Armatures à haute adhérence

(Norme NF A 35-080-1)

Les armatures à haute adhérence sont approvisionnées en longueur telle que toute armature transversale puisse ne pas comporter plus de tronçons que si elle était constituée d'éléments de 12 m.

4.6.3 Assurance de la qualité des aciers pour béton armé

(Norme NF EN 13670/CN, art. 74 du fasc. 65 du CCTG)

Les dispositions en matière de maîtrise de la conformité pour les aciers pour béton armé sont établies conformément aux articles 4, 6 et 10 de la norme NF EN 13670/CN et à l'article 74 du fascicule 65 du CCTG.

4.7 ARMATURES DE PRECONTRAINTE ET DISPOSITIFS DE PRECONTRAINTE

4.7.1 Généralités

(EAD 160027-00-0301 et EAD 160004- 00-0301)

Les barres, les armatures, les procédés, les coulis et les produits souples d'injection, soumis à l'agrément du Maitre d'œuvre, doivent disposer d'une attestation ASQPE en cours de validité au moment de leurs mises en œuvre.

Les spécifications relatives aux armatures et aux procédés de précontrainte additionnelle proposés par l'entreprise, et soumis à l'agrément du Maitre d'œuvre, sont à minima :

- Armatures de précontrainte,

- Procédé de précontrainte additionnelle : Les procédés proposés devront disposer d'une attestation ASQPE en cours de validité.

Afin d'assurer une démontabilité ultérieure, les spécifications suivantes sont à respecter :

- Capots de protection : des capots de protection (long coté ancrage actif et court coté passif), injectés à la cire seront mis en œuvre pour permettre la démontabilité des câbles.
- Afin d'assurer une démontabilité ultérieure des blocs d'ancrages, l'injection des barres de clouage sera réalisée à la cire ou à la graisse sous réserve de conformité avec l'Agrément Technique Européen (ATE) des barres à mettre en place. Si les ATE des procédés proposés ne permettent pas cette disposition, l'Entreprise devra proposer des solutions qui seront soumises à convenance ou essais de démontage.

4.7.2 Unités de précontrainte

Tout type et système de précontrainte par post-tension utilisé dans le renforcement des ouvrages doit respecter les exigences définies dans les normes NF EN 13670 et NF EN 13670/CN.

Outre les exigences générales définies ci-dessus, la précontrainte par post-tension doit respecter certaines exigences complémentaires. Celles-ci sont constituées par les exigences des chapitres du fascicule 65 pour la précontrainte par post-tension.

4.7.2.1. Précontrainte par barres

Les armatures de précontrainte de clouage auront les caractéristiques suivantes :

- Barres neuves,
- Barres lisses à filetage fin aux extrémités ou entièrement filetées (sur proposition du Titulaire),
- Relaxation à 1 000 h au plus égale à 4 % (pour une tension de 0,7 F_{rg}) ;
- Diamètre nominal 26,5 mm, 32 mm, 36 mm ou 40 mm
- Classe de résistance 1030 MPa

Cette précontrainte devra pouvoir faire l'objet d'une détension ultérieure progressive (procédure non destructive). **Ces barres doivent disposer d'une attestation ASQPE en cours de validité.**

4.7.2.2. Choix et provenance

(Normes NF A 35-045-1 ; NF A 35-045-3 ; NF A 35-045-4)

Armatures de précontrainte :

Les armatures de précontrainte sont de type barres ou torons gainés-graissés et doivent disposer d'une attestation ASQPE en cours de validité. Les armatures homologuées avec limitation d'emploi motivée par la susceptibilité à la corrosion ne sont pas admises. Le Titulaire effectue les prélèvements conservatoires d'armatures suivants : une barre ou un tronçon continu de 10 m de longueur de toron ou de fil, par lot de livraison.

Les barres respectent la norme NF A35-045-4.

Conditionnement des Armatures de précontrainte :

Les armatures sont livrées, sur le chantier, recouvertes d'un produit de protection déposé par l'usine productrice.

La désignation et la nature de ce produit, ainsi que les délais au bout desquels cette protection doit être renouvelée en fonction des différentes conditions d'environnement pouvant être rencontrées jusqu'à la mise sous protection définitive, seront précisés dans le PAQ.

Procédés de précontrainte (Fascicule 65) :

L'ensemble des pièces constitutives du procédé de précontrainte doit être livré sous emballage assurant leur protection contre la corrosion, les modalités du conditionnement devant figurer dans le PAQ de l'entreprise.

4.7.2.3. Transport, manutention et stockage

(Fascicule 65)

Armatures de précontrainte :

Les conditions de livraison des armatures sont conformes aux stipulations du référentiel technique de l'ASQPE.

Les armatures sont stockées jusqu'au jour de leur mise en œuvre dans un hangar ventilé, séparées du sol par un plancher en bois surélevé de 0,20 m, assurant une ventilation inférieure. Elles doivent être protégées des chocs et de toute pollution ou agression. Aucune protection utilisée à cet effet ne doit être en contact avec l'acier.

Si des armatures de nuances différentes se trouvent simultanément sur le chantier, elles doivent être stockées séparément et marquées individuellement à la peinture de façon à éviter toute confusion dans leur utilisation.

Toute opération de soudure est interdite à proximité des armatures stockées.

4.7.2.4. Continuité de la protection provisoire

(Fascicule 65)

Le Titulaire assure la continuité de la protection contre la corrosion en procédant au renouvellement périodique des produits de protection selon les modalités définies au PAQ, en veillant aux compatibilités respectives des produits utilisés sur le chantier et en usine.

4.7.3 Conduits

4.7.3.1. Conduits pour barres de précontrainte de clouage

Les barres courtes de clouage de diamètre 50 mm, 40 mm, 36 mm, 32 ou 26.5 mm sont placées dans des conduits étanches injectés à la cire pour respecter la démontabilité du bloc d'ancrage et la détension ultérieure progressive de la barre.

L'agrément de ces tubes ainsi que les dispositions relatives à l'étanchéité sont soumis à l'agrément du MOE.

4.7.3.2. Contrôle extérieur

Les exigences particulières sur les conduits sont contrôlées de manière contradictoire par un laboratoire extérieur missionné par le maître d'ouvrage, sur des échantillons prélevés sur chantier. En cas de non-conformité, les lots sont refusés.

4.7.4 Dispositifs d'ancrage

Les dispositifs d'ancrage de précontrainte extérieure, conformes aux arrêtés ministériels d'agrément des procédés de précontrainte, doivent permettre le démontage de celle-ci.

Toutes les parties métalliques sont galvanisées à chaud conformément à la norme NF EN ISO 1461 et 3.2.6.2 du fascicule 56, sauf pour les pièces où la galvanisation est incompatible avec le fonctionnement de la précontrainte.

La classe d'environnement retenue au sens de l'article 1.4 du Fascicule 56 est la classe **C5**.

Spécificité des ancrages de la précontrainte de clouage :

- La précontrainte de clouage est remplaçable et ses ancrages seront conçus en conséquence.
- Les ancrages de la précontrainte de clouage sont rotulés et doivent permettre plusieurs recalages.

Protection et étanchéité des ancrages :

- Pour la précontrainte extérieure et de clouage : par capots amovibles, galvanisés à chaud et injectés à la cire industrielle.
- La galvanisation à chaud est réalisée dans les conditions découlant de l'application de la norme NF EN ISO 1461. Les épaisseurs des pièces en acier sont conformes aux spécifications issues des agréments.

4.7.5 Produit souple de protection

Les dispositifs d'ancrage et les conduits de la précontrainte de clouage sont injectés avec une graisse ou une cire industrielle répondant aux spécifications du fascicule 65.

Spécifications du produit :

Le produit employé est une graisse ou une cire micro cristalline (l'utilisation de graisses à base d'huile minérale n'est pas autorisée). Le Titulaire fournit un dossier conforme aux spécifications du fascicule 65 en même temps que sa proposition de cire ou de graisse.

Les cires ou graisses employées et soumise à l'agrément du MOE doivent disposer d'une attestation ASQPE en cours de validité.

Le Titulaire est tenu de justifier les résultats d'essais effectués dans le cadre de son contrôle qualité de fabrication.

Transport :

Les conditions de transports et de manutention et de stockage sont conformes aux prescriptions du fascicule 65.

Injection :

La température à l'entrée de la pipe d'injection ne doit pas dépasser 100°C, et être homogène pour tout le volume à injecter. La plage de température définie dans le document technique sera contrôlée pendant toute la durée de l'opération (en principe elle sera de 80-100°C).

La pression d'injection ne doit en aucun cas dépasser la valeur admissible de la gaine.

4.7.6 Accessoires pour injection

(Fascicule 65)

Les dispositifs accessoires (tubes d'injection, évents, purges, ...) doivent respecter les stipulations de l'ATE du système de précontrainte choisi par l'entreprise.

4.7.7 Assurance de la qualité - Acceptation des livraisons

Le contenu minimum du PAQ sur le contrôle intérieur relatif à la précontrainte est donné à l'annexe D3 de l'ETAG 013. Il est soumis au Visa du Maître d'œuvre et comprendra notamment :

- La définition des responsabilités et la description de l'organisation sur et hors chantier, en particulier en ce qui concerne les procédures de communication/validation des résultats
- Le CV du ou des Chargés de Mise en Précontrainte, accompagnés par le certificat de validation des formations internes suivies, conformément au référentiel de l'ASQPE
- L'ensemble des procédures d'exécution relatives aux différentes phases de mise en œuvre de la précontrainte, le suivi des fiches travaux et les plans de contrôle, les audits qualité prévus, le traitement des non-conformités
- Le contenu du dossier " conforme à l'exécution "

La réception sur chantier comprend :

- La vérification de la concordance des bordereaux de commande et de livraison avec l'étiquetage des produits
- L'identification des produits

Un prélèvement est effectué sur chaque lot de livraison :

- Des barres & armatures de précontrainte
- Des conduits
- Des dispositifs d'ancrage et accessoires

Le Titulaire fournit au Maître d'œuvre :

- Avec la fiche de suivi de réception, l'ensemble des documents et résultats d'essais
- L'acceptation des éléments entrant dans la composition des kits de précontrainte sera subordonnée à la vérification du bordereau de livraison et des certificats de conformité aux exigences. Le contrôle Intérieur porte également sur les conditions et la durée du stockage
- Des échantillons de conduits , pour contrôle contradictoire par un laboratoire extérieur

4.8 BLOCHETS METALLIQUES

Les blochets métalliques d'ancrage de tiges de précontrainte devront être conformes aux préconisations du livret 3 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0003-A-0_CCTP - Livret 3 – Charpentes métalliques § « Dispositions pour la charpente métallique ».

4.9 PROTECTION ANTICORROSION

Pour la protection anticorrosion de l'ensemble des pièces métalliques du projet de renforcement de la capacité des butées au vent, le fascicule 56 du CCTG et les normes associées sont pleinement applicables.

Du point de vue protection contre la corrosion, l'ensemble des pièces métalliques est considéré comme des ouvrages de catégorie 1 au sens de l'article 1.3 du fascicule 56 et est protégé par peinture. Conformément au fascicule 56, les boulons sont galvanisés à chaud, dans les conditions définies par la norme NF EN ISO 1461.

La classe d'environnement retenue au sens de l'article 1.4 du fascicule 56 est la classe C5.

4.10 MATERIAU COMPOSITE POUR RENFORCEMENT

4.10.1 Généralités

Les matériaux sont conformes aux spécifications indiquées dans le document intitulé *Réparation et renforcement des structures en béton au moyen des matériaux composites - Recommandations provisoires* publié par l'AFGC en février 2011.

Un "kit" de renforcement est composé a-minima d'une colle et d'une armature en matériaux composite. L'appellation générique « bande » dans la suite du CCTP, sans autre précision, désigne du tissu uniquement. Chaque kit doit être Titulaire d'un avis technique en cours de validité (ou dont la prorogation est confirmée) délivré par le CSTB.

La température maximale atteinte dans la matrice du renfort composite en service ne doit en aucun cas dépasser la température de transition vitreuse Tg de l'adhésif telle qu'elle apparaît dans le cahier du procédé de renforcement.

4.10.2 Fiche technique

Chaque kit proposé dispose d'une fiche technique établie sur la base du modèle figurant à l'article 3.3 des recommandations de l'AFGC de février 2011. Cette fiche doit être remise par le Titulaire au cours de la période de préparation.

4.10.3 Conditionnement

Le conditionnement des matériaux à leur arrivée sur chantier est conforme aux prescriptions du fabricant. Il doit assurer l'intégrité des bandes et éviter toute blessure. Chaque livraison est accompagnée d'une attestation de provenance des matériaux. Ces documents sont fournis pour chaque type de matériau.

4.10.4 Stockage

Les matériaux constituant les renforts (bandes et résine) sont stockés dans un hangar sec et ventilé à l'abri de toute source de pollution comme la boue ou la poussière. Les pots de résine seront placés sur des bacs de rétention.

Les conditions d'hygrométrie et de température du stockage respectent les recommandations de chaque fabricant. Les bandes sont protégées des agressions possibles lors des manipulations, transports et mises en stocks.

4.10.5 Transport

Lors de leur transport du lieu de stockage à la zone d'application, les matériaux sont protégés de toute source de pollution (boue, poussière, etc.). Les pots de résine sont transportés dans des bacs de rétention, qui permettent ensuite d'évacuer les pots vides ou entamés, sans risque de pollution.

4.11 PRODUITS DE PROTECTION SUR MATERIAU COMPOSITE

Une fois posées, les bandes de renforcement sont revêtues par un revêtement anti-UV de type Sikagard 675W ElastoColor, ou équivalent. Dans la procédure d'exécution afférente, le Titulaire donne la composition du produit et en détaillera la méthode de mise en œuvre et les caractéristiques vis-à-vis :

- De l'adhérence au composite
- De la réponse attendue pour le type de protection à réaliser

Le choix de ce produit de protection est soumis à l'agrément du maitre d'œuvre.

4.12 PRODUITS DE SCELLEMENT

4.12.1 Généralités

Ces produits prêts à l'emploi sont destinés aux opérations de :

- Ragréages des surfaces (épaufrures, nids de cailloux, etc.) avant collage des matériaux composites
- Bouchage des défauts très locaux, inférieurs à 5 cm², ("bouche-pores") des surfaces avant collage des matériaux composites
- Reprofilage des surfaces avant collage des matériaux composites
- Injection de fissures d'ouverture supérieure à 0,3 mm
- Ragréages des surfaces (épaufrures, nids de cailloux, etc.) et passivation des aciers corrodés ou oxydés situées dans l'emprise des travaux et en dehors de la préparation de surface pour le renfort par matériaux composites

Ils sont stockés dans un hangar sec et ventilé, à l'abri de toute source de pollution. Le Titulaire soumettra les produits à l'acceptation du Maître d'œuvre.

Ces produits sont également utilisés pour les travaux de ragréage ou de réparation locale de béton, prévus éventuellement dans le présent marché et situés en dehors des zones à renforcer.

4.12.2 *Produits de scellement*

Les produits de scellement utilisés peuvent être à base de liants hydrauliques ou de résines synthétiques. Ils bénéficient :

- Soit du marquage CE conformément à la norme NF EN 1504-6, avec système d'attestation de conformité 2+ (cf. annexe ZA de la norme)
- Soit du droit à l'usage de la marque NF 030 "Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique", dans la catégorie adaptée à l'emplacement des zones (mur ou plafond)

4.12.3 *Produits de protection des armatures*

Les armatures passives apparentes ou dégagées du béton sont protégées par application à la brosse d'un produit conforme à la norme NF EN 1504-7, de type revêtement actif.

Les produits utilisés doivent être marqués CE conformément à la norme NF EN 1504-7. Ils doivent empêcher la corrosion des armatures, mais aussi être compatibles avec le type de ragréage prévu. Ils doivent notamment garantir une performance vis-à-vis de l'adhérence par cisaillement lorsque le ragréage est à base de liants hydrauliques.

Ces produits sont de type revêtement actif. Leurs exigences de performance sont les suivantes :

- Protection contre la corrosion : l'essai réalisé selon la norme NF EN 15183 est jugé satisfaisant si les zones revêtues des aciers sont exemptes de corrosion et si la corrosion sous-jacente au niveau du bord meulé est inférieure à 1 mm
- La température de transition vitreuse mesurée selon la norme NF EN 12614 doit être au moins supérieure de 10°C à la température de service maximale
- Adhérence par cisaillement (acier revêtu sur béton) mesurée selon la norme NF EN 15184 : le critère d'évaluation est la contrainte d'adhérence pour un déplacement de 0,1 mm. L'essai est jugé satisfaisant si la contrainte d'adhérence, déterminée à l'aide des barres revêtues, est, dans chaque cas, au moins égale à 80% de la contrainte d'adhérence de référence, déterminées sur les barres non revêtues

Le produit doit bénéficier d'un système de conformité d'attestation 2+.

Les produits mis en œuvre doivent être soumis à l'agrément du Maître d'œuvre.

4.13 MATERIAUX DE DEMOLITION, RECYCLES ET TRAITES

Les matériaux issus de démolition d'ouvrages divers en béton doivent être déposés en décharge ou en usine de retraitement des déchets.

Les bons de mise en décharge doivent être transmis au Maitre d'œuvre.

5. EXECUTION DES TRAVAUX

5.1 TRAVAUX PREPARATOIRES

5.1.1 Généralités

Sur ce point, on se réfèrera au livret 1 du présent CCTP référencé 003-55381-S-CCT-ACT-0001-A-0_CCTP - Livret 1 – Clauses communes § « Exécution des travaux ».

5.1.2 Investigations complémentaires sur les ouvrages

Le Titulaire a la charge de réaliser toutes les reconnaissances et relevés nécessaires aux études d'exécution et aux travaux, comprenant notamment (liste non exhaustive) :

- Les levés détaillés des ouvrages existants, y compris relevés géométriques, relevés radar des aciers passifs et actifs, notamment au niveau du sommier du pylône RG et de l'entretoise de la culée RG
- Les essais non-destructifs voire destructifs permettant de fiabiliser la résistance du béton de l'entretoise sur culée RG, le sommier du pylône RG ou tout autre élément structurel en béton dont les caractéristiques seraient a-même d'impacter le projet
- Les essais destructifs / non-destructifs permettant de fiabiliser les caractéristiques mécaniques d'éléments d'assemblages

Sur la base des investigations complémentaires, les dispositions figurant sur les plans du marché seront à vérifier et éventuellement à modifier ou adapter en conséquence par le Titulaire. Les modifications et adaptations, seront obligatoirement soumises à l'accord préalable du Maître d'œuvre, avant le démarrage des études d'exécution.

Il est à noter qu'en lieu et place de certains essais visant à déterminer les propriétés mécaniques de l'existant, une hypothèse sécuritaire sur la base des documents d'archive de l'ouvrage pourra être faite par le Titulaire. Cette hypothèse devra toutefois être validée par le Maître d'œuvre.

Dans le cas où un essai est explicitement exigé dans les documents règlementant la mise en œuvre d'un produit comme le sont les essais de pastillage dans les avis techniques de certains renforts par composites collés, aucune dérogation ne sera toutefois possible.

5.1.3 Préparation et protection des ouvrages préalable aux travaux de démolition

Avant toute démolition de quelque nature qu'elle soit, des mesures doivent être proposées par le Titulaire afin de s'assurer de ne pas détériorer les ouvrages adjacents, qu'il s'agisse d'ouvrages en acier ou en béton.

Les éléments de charpente métallique adjacents doivent notamment être protégés de tout choc avec des débris issus de la démolition, par exemple par réalisation d'une cage confinant efficacement la zone de démolition. Les protections doivent aussi empêcher la chute de débris qui sont récupérés.

En vue d'obtenir des arrêts de démolition nets, des platines métalliques doivent également être fixées pour délimiter proprement la zone à préserver.

Ces mesures proposées par le Titulaire doivent systématiquement être validées par le Maître d'œuvre avant toute opération de travaux. Elles sont soumises à validation a-minima une semaine avant le début prévu des opérations.

Le Titulaire sera seul responsable :

- En cas de retards engendrés par la non-acceptation des méthodes de protection proposées dans les délais prévus,
- De toute détérioration d'éléments adjacents de l'ouvrage qui surviendrait en raison de ces démolitions.

5.2 OUVRAGES PROVISOIRES

(Norme NF EN 13670/CN, chapitre 5 du fascicule 65)

5.2.1 Généralités

Ce chapitre concerne aussi bien les ouvrages provisoires pour réaliser les butées, que les butées elles-mêmes.

Il est rappelé que, dans la mesure du possible, l'utilisation des plateformes de décapage / remise en peinture est à privilégier pour la réalisation des travaux de renforcement des butées. Les passerelles de maintenance, dans la limite de leurs charges admissibles, peuvent également constituer une solution d'accès pertinente.

Dans l'éventualité où la solution retenue par le Titulaire nécessiterait toutefois l'ajout de structures provisoires supplémentaires, les dispositions qui suivent s'appliquent.

Le présent chapitre relatif aux ouvrages provisoires autres que les coffrages a pour objet de compléter et préciser, sans les reproduire, les prescriptions des fascicules 65 et 66 du CCTG ainsi que leurs commentaires.

Il est rappelé que les obligations contractuelles du Titulaire viennent en complément de ses obligations légales résultant de l'application de la réglementation du travail. Pour les ouvrages provisoires et matériels visés par le présent chapitre, les obligations légales du Titulaire sont notamment définies par :

- Le décret n°65-48 du 8 janvier 1965 modifié par le décret n°2004-924 du 1er septembre 2004 et sa version consolidée du 1er mai 2008,
- Le décret n°98-1084 du 2 décembre 1998.

Ce chapitre concerne donc les éléments suivants :

- Les échafaudages de service et plateformes de travail destinés à supporter seulement les déplacements du personnel, des matériels et des matériaux,
- Les dispositifs de protection vis-à-vis des risques de chutes d'éléments ou de matériels.

Il est de plus précisé que le présent chapitre ne concerne ni les engins de manutention, ni les engins de levage et les équipements mobiles qui sont soumis en vertu de la réglementation du travail à des règles de sécurité qui leur sont propres. Pour ces matériels, le Titulaire fournit au Maître d'œuvre l'avis de réception émis par un organisme de contrôle habilité attestant du respect de la législation en vigueur.

5.2.2 Classement des ouvrages provisoires

Les échafaudages et plateformes de travail sont classés en première catégorie d'ouvrages provisoires.

5.2.3 Chargé des ouvrages provisoires (COP) et Responsable des opérations de montage (ROM)

(Article 5 du fascicule 65)

Dans le chapitre qui suit, comme dans le reste des pièces, le chargé des ouvrages provisoires (COP) et le Responsable des opérations de montage (ROM) sont confondus.

Le Chargé des Ouvrages Provisoires (COP), respectivement Responsable des Opérations de Montage (ROM), doit être présent sur le chantier pendant toute la durée d'utilisation des ouvrages provisoires, des matériels de montage et des matériels spéciaux concernés, depuis l'approvisionnement des matériels jusqu'à leur démontage.

Pour les ouvrages provisoires de première catégorie, outre les tâches prévues par l'article 5 du fascicule 65 (respectivement l'article 9 du fascicule 66), le COP (respectivement ROM) doit effectuer personnellement les vérifications suivantes :

- Vérification des dessins et notes de calculs des ouvrages provisoires,

- Vérification de l'état des matériels et matériaux constituant les ouvrages provisoires lors de leur approvisionnement, de leur utilisation, de leur démontage et de leur réemploi,
- Vérification de la conformité de ces matériels et matériaux (nature et état) avec les hypothèses de calculs,
- Vérification des consignes d'utilisation des ouvrages provisoires, en particulier, les consignes de stockage de matériaux ou de matériels,
- Vérification des consignes d'utilisation des matériels ayant à se déplacer sur les ouvrages provisoires (ou sur l'ouvrage définitif en cours de construction),
- Vérification de la prise en compte des observations du contrôle externe et/ou des organismes de contrôle visés aux articles ci-après,
- Vérifications préalables à la mise en service des ouvrages provisoires,
- Vérification des mouvements d'ensemble et des déformations des ouvrages provisoires.

Le COP (respectivement le ROM) organise les essais et épreuves des matériels spéciaux, des équipements mobiles et des engins de manutention et de levage, vérifie et contresigne les procès-verbaux d'essais. Ces procès-verbaux sont annexés à l'attestation du matériel concerné.

Le COP (respectivement le ROM) coordonne les interventions des prestataires qu'il mandate pour assurer le contrôle externe des études et de l'exécution des ouvrages provisoires (fabrication et montage).

En complément à l'article 5 du fascicule 65 et à l'article 9 du fascicule 66, le COP (respectivement le ROM) établit les attestations récapitulant les vérifications qu'il a personnellement effectuées et certifiant qu'il a été remédié aux non-conformités constatées et qu'en conséquence l'ouvrage provisoire est apte à être mis en charge. Ces attestations accompagnées des procès-verbaux d'essais ou d'épreuves des matériels et des rapports du contrôle externe sont transmises au Maître d'œuvre pour visa à l'issue de chaque phase d'élaboration du projet :

- Note définissant les hypothèses du projet d'ouvrage provisoire,
- Etudes d'exécution du projet d'ouvrage provisoire,
- Exécution du projet d'ouvrage provisoire,
- Contrôle final, et réception après résultats concluants des essais et épreuves s'il y a lieu.

La transmission de ces attestations à chaque phase constitue un point d'arrêt préalable au passage à la phase suivante. Pour les ouvrages provisoires ne présentant pas de difficultés particulières ou d'importance limitée, les phases correspondant à la production de la note d'hypothèses et des études pourront être confondues, cette possibilité étant toutefois laissée à l'appréciation du Maître d'œuvre.

Il est rappelé que les contrôles réalisés par le COP (respectivement le ROM) s'inscrivent dans le cadre du contrôle interne du Titulaire, y compris dans le cas où le Titulaire fait appel pour les études, la fabrication ou la mise en œuvre des ouvrages provisoires à des prestataires extérieurs, le COP (respectivement le ROM) ne se substituant en aucun cas aux bureaux de contrôle spécialisés et organismes intervenant dans le cadre du contrôle externe défini à l'article suivant.

5.2.4 Contrôle externe des ouvrages provisoires

Dans le cadre de son contrôle externe, le Titulaire mandate un organisme indépendant de l'entreprise pour assurer le contrôle des ouvrages provisoires de première catégorie. Le Titulaire soumet à l'acceptation du Maître d'œuvre cet Organisme de Contrôle Technique Agréé (OCTA).

Pour les matériels spéciaux, les échafaudages, les plates-formes de travail et les dispositifs de protection cet organisme bénéficie obligatoirement d'un agrément ou d'une accréditation par le Ministère du Travail couvrant les techniques et fonctionnalités utilisées.

La mission de contrôle externe peut être confiée à un bureau d'études spécialisé dans le domaine concerné et indépendant de l'entreprise, ou à un ingénieur conseil soumis à l'acceptation du Maître

d'œuvre. Pour être accepté le bureau d'études ou l'ingénieur conseil proposé doit présenter des références probantes en la matière.

La mission de contrôle s'exerce par comparaison à des référentiels reconnus (textes législatifs et réglementaires, Fascicules du CCTG, normes, DTU, avis techniques, …). Elle comprend :

- L'examen des documents de conception de l'ouvrage provisoire : hypothèses de calculs, données de site, données fonctionnelles, cahier des charges, matériels prévus d'être utilisés. Dans le cas de matériels adaptés pour une réutilisation, les documents d'exécution correspondant aux utilisations antérieures sont également remis à l'organisme de contrôle,
- L'examen des documents d'exécution de l'ouvrage provisoire : plans et notes de calculs, dispositions constructives,
- Le contrôle en cours de fabrication des matériels spéciaux,
- L'examen sur chantier de la conformité de l'ouvrage provisoire et des conditions d'appui avec les documents d'exécution et avec les référentiels.

Le contrôle est concrétisé en phase étude par un rapport se prononçant sur la stabilité et la solidité de l'ouvrage provisoire pour chaque phase d'utilisation ainsi que son adéquation à l'usage prévu. A ce rapport est annexé un tableau récapitulant les documents examinés (plans et notes de calculs, listes des matériels et matériaux, liste des consignes de pose ou d'utilisation, résultats d'essais...).

Le rapport et son tableau annexe sont signés ou contresignés par le COP (respectivement le ROM) qui les présente ensuite au visa du Maître d'œuvre.

Le contrôle en atelier et sur chantier est également concrétisé par un rapport se prononçant sur la conformité de l'ouvrage provisoire exécuté par rapport aux documents de conception et d'exécution.

En cas d'épreuves, d'essais de chargement et/ou de fonctionnement, la mission de contrôle comprend la rédaction d'avis sur le programme des épreuves ou d'essais (consistance et moyens utilisés) et sur leurs résultats. Le contrôleur assiste aux épreuves et essais de chargement et/ou de fonctionnement.

5.2.5 Projet des ouvrages provisoires

L'article 5 du fascicule 65 est complété comme suit.

5.2.5.1. Dispositions générales

Le Titulaire a pour obligation de confier les études d'exécution des ouvrages provisoires à un ou plusieurs bureaux d'études spécialisés dans ce domaine, possédant des références et justifiant de la mise en place d'un contrôle interne de sa production au travers d'un plan qualité particulier.

Pour la production des documents d'exécution des ouvrages provisoires, le Titulaire établit une procédure d'exécution décrivant les moyens et l'organisation mis en place, la gestion des interfaces avec la production des études d'exécution des ouvrages définitifs ainsi que les contrôles (interne et externe) effectuées avant diffusion des documents au Maître d'œuvre.

En complément à l'article 28.2 du CCTG, le programme d'exécution des travaux fait apparaître les dates prévisionnelles de commandes des matériels et produits nécessaires à l'exécution des ouvrages provisoires et la programmation de la construction des ouvrages provisoires.

Le projet d'ouvrages provisoires est établi par le Titulaire dans les conditions prévues à l'article 5.3.6 du fascicule 65 et complétées par le présent livret.

Le COP (respectivement ROM) transmet pour visa au Maître d'œuvre tous les documents constituant le projet, visés par lui-même et accompagnés du rapport du contrôle externe.

Le visa du Maître d'œuvre constitue un point d'arrêt.

5.2.5.2. Déroulement de l'étude

Les études d'exécution des ouvrages provisoires de première catégorie sont réalisées en deux phases successives détaillées ci-après.

Phase 1 – Documents de conception :

Lors de cette phase, le Titulaire définit les données qui sont utilisées pour la production des documents d'exécution. Ces données de base sont :

- Le cahier des charges auquel doit répondre l'ouvrage provisoire (spécifications imposées par le Titulaire en fonction de ses méthodes d'exécution),
- Les notices d'utilisation des matériels utilisés,
- La liste des documents réglementaires et à caractères normatifs auxquels se réfèreront les études d'exécution,
- Les hypothèses de calculs y compris celles indiquées au marché, en indiquant ou en rappelant la valeur des différents paramètres ou coefficients retenus,
- Les méthodes de calculs,
- Les conditions d'appuis aux parties d'ouvrage définitif déjà réalisées,
- Les caractéristiques des matériaux et matériels constituant l'ouvrage provisoire, en particulier : nuance et qualité des aciers laminés, limites d'élasticité et de rupture des boulons, suspentes, barres de précontrainte, capacité portante des éléments d'échafaudages industrialisés, module d'élasticité et résistance des bois, mortiers, bétons incorporés, nombre de réemplois et abattements correspondants... Ces indications sont ensuite reportées sur les documents d'exécution des ouvrages provisoires et matériels de montage,
- En cas d'adaptation ou de réemploi de matériels, leurs documents d'exécution (plans et notes de calculs),
- Les procès-verbaux d'essais sur matériels existants.

Concernant ce dernier point il est rappelé que la référence à des valeurs de résistance données dans des catalogues de constructeurs ne peut être admise que pour des matériels neufs. Elle n'est pas admise comme substitut à des procès-verbaux d'essais pour des matériels de réemploi.

Phase 2 – Documents d'exécution :

Cette phase correspond à la production des documents nécessaires à la définition et à la construction des ouvrages provisoires :

- Les notes de calcul
- Les plans d'ensemble et de détails
- Les consignes de montage
- Le cas échéant le programme des épreuves

5.2.5.3. Règles de calculs et de conception

La justification de la résistance et du comportement des ouvrages provisoires est conduite conformément à l'article 5 du fascicule 65, à l'article 9 du fascicule 66, à la clause 9 de la norme NF EN 1090-2+A1, et à leurs commentaires, en tenant compte des prescriptions complémentaires du livret 3 du présent CCTP et des règles suivantes :

Poids du béton frais :

- Le poids du béton frais est considéré comme une charge à caractère variable appliquée en cours d'exécution qui est introduite avec les mêmes modalités que les charges d'exploitation. Le coefficient de majoration γ_{Q1} est pris égal à 1,50. Conformément à la note 2 du tableau A.1 de norme NF-EN-1991-1-1, le poids volumique du béton non durci est à augmenter de 1 kN/m3.
- La composante horizontale de l'action du béton frais résultant du dévers et/ou du profil en long est prise en compte dans les conditions précisées ci-après.

Poids des équipes de bétonnage et de travail :

Les équipes de bétonnage et de travail des articles 5.3.6.2.3.1 et 5.3.6.2.3.2 du fascicule 65 sont considérées comme des charges à caractère variable appliquées en cours d'exécution et introduites

avec les mêmes modalités que les charges d'exploitation. Le coefficient de majoration γ_{Q1} est pris égal à 1,50. L'action de l'équipe de bétonnage est cumulable à celle du béton frais.

Charge de travail :

En complément à l'article 5.3.6.2.3 du fascicule 65, il convient de prévoir une charge verticale uniforme de travail de cent cinquante (150) déca newton par mètre carré (daN/m²). Cette charge n'est pas à cumuler avec le poids du béton frais.

Charges particulières :

L'utilisation de tout matériel, par exemple engin de chantier fixe ou mobile, exerçant une action sur les ouvrages provisoires doit être définie dans le PAQ. De même, le stockage de matériaux sur ces ouvrages doit être précisé dans le PAQ.

Effets du vent :

Pour les échafaudages porteurs constitués de files multiples de pièces, ajourées ou non, la note de calculs fera apparaître la justification de l'effort total exercé par le vent sur l'échafaudage.

Composante horizontale des charges verticales :

Pour les étaiements, à toute charge verticale est associée une composante horizontale pouvant agir dans n'importe quelle direction et dont la valeur est fixée forfaitairement à 5 % de la charge verticale, cette valeur pouvant être augmentée suivant la configuration géométrique de la pièce bétonnée. Un arrimage de l'étaiement aux appuis de l'ouvrage sera prévu.

5.2.5.4. Documents soumis au visa du Maître d'œuvre

Les documents transmis au Maître d'œuvre portent le visa du COP (respectivement le ROM) et sont obligatoirement accompagnés du rapport établi par le contrôle externe.

Ouvrages provisoires relevant du fascicule 66 :

Les documents soumis au visa du Maître d'œuvre sont précisés dans l'article 9.2 du fascicule 66.

Ouvrages provisoires relevant du fascicule 65 :

Les articles 5.3.2 à 5.3.5 du fascicule 65 sont appliqués et complétés par les précisions qui suivent :

- Pour les ouvrages provisoires de première catégorie ne faisant pas partie des matériels spéciaux : le visa donné se limite à la conception générale de l'ouvrage provisoire. Il ne s'applique pas notamment aux dispositions de détails non traitées sur les plans ou alors de façon sommaire sous forme de plans de principe ou de plans types, ainsi qu'aux dispositions non accessibles par le calcul dont la justification relève d'essais à la charge et de la responsabilité du Titulaire,
- Pour les matériels spéciaux, le Titulaire a obligation de confier la vérification de leur résistance interne et de leur déformabilité à un organisme habilité ; le visa du Maître d'œuvre se limite aux conditions d'appuis et de fixation du matériels (vérification des conditions aux limites).

5.2.6 Réalisation et utilisation des ouvrages provisoires

L'article 5 du fascicule 65 et l'article 9 du fascicule 66 et leurs commentaires respectifs sont complétés comme suit.

5.2.6.1. Procédures d'exécution

Dans le cadre de son PAQ, le Titulaire établit une procédure d'exécution définissant les modalités de montage, d'utilisation et de démontage. Cette procédure fait éventuellement référence aux documents méthodes de l'entreprise qui s'appuient en tant que de besoin sur les notices d'emploi des matériels.

Les cadres des documents de suivi, qui permettent d'attester que la procédure a bien été mise en œuvre, sont dressés par le Titulaire avant toute exécution des travaux correspondants et renseignés pendant l'exécution de ceux-ci.

5.2.6.2. Contrôle d'exécution

Le montage se déroule suivant le processus suivant :

Projet d'ouvrage provisoire (point d'arrêt) :

La production du projet d'ouvrage provisoire suivant les dispositions précisées aux articles qui précèdent est la première étape. La remise du projet d'exécution au Maître d'œuvre validé par le contrôle externe et visé par le COP (respectivement le ROM) est un point d'arrêt.

Vérification de la plateforme (point d'arrêt) :

Le Titulaire précise dans sa procédure d'exécution les moyens et matériels qu'il compte employer pour effectuer ces vérifications et les résultats à obtenir. La levée de ce point d'arrêt autorise le Titulaire à débuter le montage de l'étaiement.

Vérification des opérations de montage et de la géométrie de l'ouvrage provisoire :

Lors de l'exécution, le COP (respectivement le ROM), avec l'assistance du contrôle externe, effectue le contrôle des opérations de montage.

Le contrôle de l'exécution comprend les vérifications prévues à l'article 5 du fascicule 65 et à leurs commentaires, ainsi que le contrôle de la prise en compte des observations et recommandations formulées par le contrôle externe.

Le Titulaire est par ailleurs tenu d'apporter à l'ouvrage provisoire et à ses frais, toutes les modifications qui seraient prescrites en cours de travaux par le Maître d'œuvre dans l'intérêt de l'ouvrage définitif ou de la sécurité par le coordonnateur SPS.

Certificat de contrôle :

Avant mise en service des ouvrages provisoires, le COP (respectivement le ROM) établit et remet au Maître d'œuvre un certificat de contrôle attestant :

- Que le matériel soit en bon état et qu'il n'est pas déformé (fascicule 65),
- Que l'ouvrage exécuté est conforme au projet d'exécution,
- Que les règles, les consignes et les dispositions constructives imposées sont bien respectées.

Autorisation de mise en charge (point d'arrêt) :

Le Maître d'œuvre lève le point d'arrêt :

- Au vu des conditions requises par les documents d'études visés,
- Après validation de l'ensemble de la procédure de contrôle présentée par le COP (respectivement le ROM),
- Au vu du rapport de visite du contrôle externe se prononçant sur la conformité de l'ouvrage provisoire exécuté par rapport aux documents de conception et d'exécution,
- Au vu du certificat de contrôle établi par le COP (respectivement le ROM),
- Après autorisation écrite donnée par le COP (respectivement le ROM) au chantier de mettre l'étaiement en charge.

5.3 MISE EN ŒUVRE DE LA PRECONTRAINTE

5.3.1 Généralités relatives aux travaux de mise en œuvre de la précontrainte

5.3.1.1. Dispositions générales

Les travaux de mise en œuvre de la précontrainte des câbles et barres sont réalisés par une entreprise spécialisée possédant une attestation de conformité délivrée par l'ASQPE et en cours de validité.

La mise en tension des câbles est réalisée sous la direction du CMP tel que défini au § 5.3.1.2 ; lui-même intervenant pour les opérations relatives à la mise en œuvre de la précontrainte sous responsabilité d'un Directeur des Travaux de Précontrainte (DTP) avec une expérience de 5 ans minimum pour ce type de travaux.

Les tâches élémentaires (pose des gaines, enfilage et injection) sont réalisées par des opérateurs spécialisés placés sous la direction du CMP.

5.3.1.2. Chargé de la Mise en Précontrainte (CMP)

La mise en œuvre des éléments de précontrainte se fait sous la responsabilité du CMP dont la compétence est reconnue pour le procédé de précontrainte mis en œuvre et qui peut être :

- Une personne de l'Entreprise,
- Une personne qualifiée mise à disposition par le fabricant.

Le PAQ du chantier de renforcement comporte dans son article consacré à l'organisation du chantier :

- La mention de l'origine et des références du personnel responsable des opérations de renforcement par précontrainte additionnelle,
- La désignation du "Chargé de Mise en Précontrainte" CMP.

Le CMP justifiera d'une expérience d'au moins 5 ans sur ce type de travaux de renforcement par précontrainte additionnelle.

5.3.1.3. Examen contradictoire

Avant tous travaux de renforcement, un examen contradictoire entre le Titulaire (le Titulaire du marché et l'entreprise chargée des prestations et le CMP) et le Maître d'œuvre, est effectué pour valider la nature exacte des prestations préalables à la mise en œuvre de la précontrainte additionnelle de renforcement (produits et mise en œuvre).

5.3.2 Perçage d'éléments de type poutres

Dans la solution proposée par le Maître d'œuvre, il s'agit notamment des perçages dans l'entretoise béton de la culée RG visant à permettre le passage des barres de clouage.

5.3.2.1. Repérage et implantation

L'implantation des barres de précontrainte est définitivement arrêtée après avoir repéré la position exacte des armatures passives et actives existantes et leur tracé. Pour cela, le Titulaire réalise une campagne de reconnaissance des armatures actives et passives dans les zones à perforer.

Pour le repérage des armatures, il lui appartient de proposer un moyen d'investigation fiable. Les résultats de ces investigations permettent de finaliser les plans d'exécution et de définir l'implantation des trous de forage.

La consistance de la campagne est laissée à l'initiative du Titulaire, mais le Maître d'œuvre peut demander la réalisation d'une reconnaissance complémentaire s'il juge que les résultats ne sont pas suffisamment probants. La reconnaissance complémentaire éventuelle sera alors à la charge exclusive du Titulaire.

Après repérage, les armatures passives et actives sont matérialisées sur la paroi du béton de la structure et sur les plans d'exécution.

5.3.2.2. Réalisation de forages

Généralités :

En vue d'éviter les épaufrures, il est nécessaire de réaliser des forages au carottier à diamants à travers les éléments en béton pour permettre le passage des barres de clouage.

Exécution des forages :

L'implantation sur l'ouvrage des forages par le géomètre chargé des implantations se fait après démolition superficielle du béton et identification des positions réelles des conduits de précontrainte et des aciers passifs.

L'emplacement de chacun des forages est précisé sur le plan d'exécution (plan conforme à l'exécution) qui définit le ferraillage et le câblage de la pièce à percer ; l'axe des perçages est repéré avec une précision de plus ou moins deux (2) millimètres, sachant que la précision d'exécution des forages sera de plus ou moins cinq (5) millimètres.

Le Titulaire doit prendre toutes les précautions pour n'endommager aucun des câbles de précontrainte existants et le minimum d'armatures passives. Tous les perçages dans l'ouvrage seront réalisés à l'aide d'un carottier à outil diamanté et lubrifié à l'eau.

Le Titulaire soumet à l'accord du Maître d'œuvre les dispositions techniques propres à empêcher tout contact avec les câbles. En particulier, le Titulaire serait alors amené à procéder à des forages en petit diamètre à l'aide d'outils pourvus de système d'arrêt en cas de contact avec des masses métalliques.

Les plans d'implantation de détail précisent les forages carottés dont la génératrice est située à moins de 2 cm des câbles existants.

5.3.2.3. Assurance de qualité

Épreuve de convenance :

Pour chaque type de forage, les premiers forages constituent l'épreuve de convenance. Seront alors définitivement mises au point les opérations suivantes :

- Implantation des axes et des berceaux de guidage des appareils de forage,
- Réalisation des forages,
- Nettoyage des forages,
- Contrôle des trous exécutés.

Contrôle Intérieur :

Le contrôle Intérieur développé dans le P.A.Q. portera sur l'implantation et la réalisation des forages.

Contrôle Extérieur :

L'implantation des forages sera réceptionnée par le Maître d'œuvre ou son représentant. Le Titulaire avertira le Maître d'œuvre à la fin de l'opération et au plus tard quarante-huit (48) heures avant le début des forages des opérations suivantes.

5.3.3 Réalisation des blochets d'ancrage

5.3.3.1. Généralités

Les bandes de tissus composites permettant le renfort vis-à-vis des effets d'entrainement au niveau des blochets devront être mis en place avant les blochets.

5.3.3.2. Implantation - Tolérance

L'implantation des pièces devra se faire à partir de plans d'exécution.

Dans le cadre de son PAQ, le Titulaire devra établir une procédure particulière pour les implantations.

5.3.3.3. Préparation des surfaces

Les surfaces de l'ouvrage existant contre lesquelles seront coulées les pièces du renforcement feront l'objet de la préparation suivante :

<u>Repiquage soigné</u> :

Ces surfaces sont préparées par piquage mécanique ou eau sous pression, sur une profondeur de 6 mm minimum, de sorte à atteindre un coefficient de rugosité de 0.9 (cf. Tableau A1 de la norme NF P95-104 de juillet 2020).

0,9	Bossage coulé en place sur surface très rugueuse avec aspérités de 6 mm.	La surface peut être préparée par piquage mécanique, eau sous haute pression ou toute autre méthode donnant un résultat équivalent. Zone préparée par piquage mécanique Boucharde 40x40 à 9 dents Profondeur 6 mm  Zone préparée par hydrodémolition Profondeur 6 mm  NOTE : la profondeur de préparation en hydrodémolition est limitée au déchaussement de 1/3 des gros granulats.

Extrait du Tableau A1 de la norme NF P95-104 (Juillet 2020)

Les surfaces accueillant des renforts composites vis-à-vis de l'entrainement sont préparées de la manière décrite à la section 5.4.2 du présent CCTP.

Les surfaces sont débarrassées de toute laitance, poussière et agrégats non adhérentes. Ces surfaces sont humidifiées avant bétonnage.

Le Titulaire propose à l'agrément du Maître d'œuvre les moyens qu'il compte mettre en œuvre pour assurer le contact entre béton coulé des massifs et structure existante (injection de résines, ...). Les surfaces, en contact avec les parties d'ouvrage existantes, sont traitées comme indiqué ci-dessus.

5.3.3.4. Coffrages

L'attention du Titulaire est attirée sur la faible latitude de géométrie pour l'exécution des plans de coffrage. Les tolérances d'exécution ne peuvent pas dépasser le centimètre.

Les coffrages utilisés sont des coffrages pour parements soignés fins, tels qu'ils sont définis au fascicule 65.

Aucun nid de cailloux ne doit être apparent sur les parements bruts de décoffrage, tout ragréage est strictement interdit, sauf autorisation exceptionnelle du Maître d'œuvre. Ces parements ne doivent présenter aucun des défauts suivants : arêtes mal dressées ou épaufrées, fissures, traces de laitance dues à des déformations de coffrage, bulles d'air apparentes, reprises visibles de bétonnage.

Les arrêtes saillantes à 90° ou moins font l'objet de la pose d'une baguette d'angle à 45° en fond de coffrage.

Les plans d'exécution relatifs aux coffrages font apparaître les reprises de bétonnage, ainsi que les orifices permettant le bétonnage à l'intérieur des coffrages.

Les surfaces qui font l'objet d'une reprise de bétonnage ne sont pas rémunérées par application du prix de coffrage.

5.3.3.5. Armatures pour béton armé

La mise en œuvre des armatures pour béton armé est réalisée conformément aux stipulations du fascicule 65.

5.3.4 Mise en œuvre des barres de précontrainte de clouage

(Articles 7.7 et 7.8 du fascicule 65)

5.3.4.1. Mise en place des barres de clouage

Mise en œuvre :

Le Titulaire propose à l'acceptation du Maître d'œuvre les dispositions et l'ordre des opérations.

Les barres sont mises en place après la réalisation des massifs d'ancrage. Les conduits en acier, leur étanchéité et leur scellement dans l'âme ayant été réalisés avant bétonnage, les barres sont calées de façon à ne pas toucher les parois des conduits.

Les plaques d'ancrage sont réglées par l'intermédiaire d'un mortier de calage de façon à être bien perpendiculaires à l'axe des barres. Des évents d'injection sont à prévoir.

Une attention toute particulière sera portée à l'absence de déviation le long du tracé des barres de précontrainte et dans les zones d'ancrage.

La longueur des barres sera telle qu'il sera toujours possible de procéder à une remise en tension ultérieure.

Assurance de la qualité :

Le contrôle porte sur l'absence de déviation des barres et sur la résistance du mortier de calage au moment des mises en tension.

5.3.4.2. Mise en tension des barres de clouage

Mise en œuvre :

Les barres sont tendues à l'aide de vérins récemment étalonnés en respectant les dispositions du fascicule 65, du procédé d'agrément du système de précontrainte complétées par celles issues de l'épreuve de convenance visée ci-après.

Les barres sont soumises à trois mises en tension successives puis à une reprise de tension au bout de 7 jours. Le calendrier des travaux devra en tenir compte.

5.3.4.3. Injections

La protection définitive des armatures de précontrainte de clouage est prévue par injection des conduits à la cire industrielle ou à la graisse.

5.3.4.4. Assurance de qualité

Épreuve de convenance :

Elle a pour but de mettre au point la méthodologie de mise en tension des barres de clouage. Elle est effectuée conformément au fascicule 65 et pourra être contrôlée par le laboratoire du Maître d'œuvre.

Le Titulaire fournit les fiches de contrôle et l'étalonnage des vérins et des manomètres.

Les barres définies ci-dessus sont munies chacune de capteurs de force, afin que le laboratoire puisse contrôler leur tension (lors de la mise en tension et lors de la re-tension).

Les pressions aux vérins, les allongements et le serrage des écrous sont mesurés par le laboratoire en continu.

Contrôle Intérieur :

Le Titulaire procède au contrôle Intérieur sur site de la mise en tension des barres par mise en place d'une instrumentation sur trois barres témoins préalablement définies par le Maître d'œuvre.

Dans le cas où les résultats de ces contrôles feraient apparaître des défauts sérieux ou répétés de tension des barres, le Maître d'œuvre pourra demander au Titulaire :

- Une campagne complémentaire de contrôle
- Une modification des conditions d'exécution prévues

La mise en tension des barres est subordonnée à l'acceptation du Maître d'œuvre (point d'arrêt).

La coupe éventuelle des sur-longueurs inutiles des barres est subordonnée à l'acceptation du Maître d'œuvre (point d'arrêt).

Le Maître d'œuvre se réserve le droit de procéder à des contrôles. La mise en tension des barres de clouage est soumise à l'autorisation du Maître d'œuvre au vu des résultats obtenus lors de la mise en tension des 3 premières barres (point d'arrêt).

5.3.5 Exécution des injections des barres

Les travaux de mise en œuvre de la précontrainte des barres sont réalisés par une entreprise spécialisée possédant une attestation de conformité délivrée par l'ASQPE et en cours de validité.

5.3.5.1. Délai d'injection

Le délai maximal entre la mise en tension et l'injection est de vingt (20) jours.

Dans l'attente de cette injection, une protection provisoire est mise en œuvre avant livraison sur le chantier. Elle est entretenue et renouvelée en tant que de besoin.

5.3.5.2. Mise en œuvre

Le programme d'injection est soumis au Visa du Maître d'œuvre au moins soixante (60) jours avant le démarrage des opérations d'injection et enfilage des barres

La protection définitive des armatures de précontrainte de clouage est prévue par injection des conduits à la cire industrielle.

La réalisation est conforme aux prescriptions de l'article 7.6 du fascicule 65.

Les injections sont effectuées par une buse d'injection située en partie basse. Les capots côté opposé sont munis d'un évent situé en partie haute.

5.3.5.3. Assurance de qualité

Épreuve de convenance :

Certains capots d'injection (dont trois sur le massif de convenance) choisis au hasard sont déposés pour vérifier la qualité de l'injection à la cire industrielle. Les opérations de contrôle comprennent la dépose, l'examen avec le Maître d'œuvre, la repose et les réinjections éventuelles.

Contrôle intérieur :

Le Titulaire procède au contrôle du bon remplissage des conduits. Les emplacements des points de vérifications et mode de réalisation des contrôles sont définis au programme d'injection.

Dans le cas où les résultats de ces contrôles feraient apparaître des défauts sérieux ou répétés de remplissage des conduits, le Maître d'œuvre peut demander au Titulaire :

- Une campagne complémentaire de contrôle,
- Une modification des conditions d'exécution,
- Une reprise des zones mal injectées.

Contrôle extérieur :

L'injection des trois premières barres de clouage constitue l'épreuve de convenance.

Le Maître d'œuvre se réserve le droit de procéder à des contrôles. La mise en œuvre de la protection est soumise à l'autorisation du Maître d'œuvre (point d'arrêt).

5.3.5.4. Capotages des barres

La protection des extrémités des barres de précontrainte de clouage est assurée à l'aide de capots étanches fixés sur les plaques d'appui et amovibles de façon à permettre d'éventuelles "reprises de tension ultérieurement".

La protection est assurée par une injection à la cire industrielle des capots métalliques galvanisés fixés sur les plaques d'ancrage.

Les capots protégeant des barres recevant une instrumentation particulière doivent être dimensionnés en conséquence.

5.4 MISE EN ŒUVRE DE RENFORTS MATERIAUX COMPOSITES

5.4.1 Dispositions générales

5.4.1.1. Chargé d'Application de Renforcement Composites (CARC)

La mise en œuvre du renforcement par matériaux composites (y compris les travaux préparatoires) est sous la responsabilité du CARC dont la compétence est reconnue par l'entreprise applicatrice du kit utilisé, et qui peut être :

- Une personne de l'Entreprise,
- Une personne qualifiée mise à disposition par le fabricant.

Le PAQ du chantier comporte dans son article consacré à l'organisation du chantier :

- La mention de l'origine et des références du personnel responsable des opérations de renforcement à l'aide de matériaux composites
- La désignation du CARC

Le CARC justifie d'une expérience d'au moins 5 ans sur ce type de travaux de renforcement par matériaux composites.

5.4.1.2. Examen contradictoire

Avant tous travaux de renforcement, un examen contradictoire entre le Titulaire (le Titulaire du marché et l'entreprise chargée des prestations et le CARC) et le Maître d'œuvre, est effectué pour valider la nature exacte des prestations préalables à la mise en œuvre du composite de renforcement (produits et mise en œuvre).

5.4.2 Travaux préparatoires – Préparation du support

5.4.2.1. Généralités

Le but de cette préparation est d'obtenir :

- Une peau continue,
- Une bonne planéité du support,
- Une courbure locale minimale,
- Une rugosité suffisante.

Cette préparation se fait par :

- L'élimination de toutes les matières sans cohésion (laitance, revêtements anciens, etc.) et l'obtention de la rugosité de surface nécessaire au système employé,
- L'obtention d'une surface conforme (sablage à sec, lavage à l'eau sous haute pression, etc.),
- Le traitement des surfaces non conformes tel que décrit ci-après,
- Le nettoyage définitif.

Le Titulaire définit les moyens en matériel qu'il compte mettre en œuvre pour effectuer ces travaux de préparation, sachant que :

- Les techniques qui peuvent créer des microfissurations dans le béton sont proscrites,

- Les moyens apportant de l'humidité au béton (sablage humide, décapage à l'eau à THP) nécessiteront un séchage de la surface suffisant pour que le degré hygrométrique du support soit compatible avec la mise en œuvre du composite,
- Le ponçage au disque diamanté sera accompagné d'une aspiration des poussières simultanée.

5.4.2.2. Qualité et résistance du béton

Les dégradations superficielles du béton seront réparées suivant la norme NF P 95-101. En cas de forte dégradation, le Maître d'œuvre et le bureau d'études doivent statuer sur l'action corrective à mettre en œuvre.

La surface ragréée doit être inférieure à 20% de la surface collée. En cas de dépassement de cette valeur, des dispositions spéciales agréées par le Maître d'œuvre doivent être mises en œuvre.

La cohésion superficielle du béton après préparation doit être supérieure ou égale à celle minimum prise en compte dans la note de dimensionnement.

5.4.2.3. Obtention d'une peau continue

L'épiderme du béton doit être continu. Les opérations suivantes doivent être effectuées :

- Assainir le béton par élimination des corps étrangers et des anciennes réparations et ragréages défectueux,
- Repiquer les cavités et les zones ségrégées,
- Annuler par meulage les balèvres et excroissances,
- Chanfreiner les arêtes vives ou les ruptures de plans par des congés d'au moins 1 cm de côté,
- Obturer toutes les cavités à l'aide d'un mortier de ragréage,
- Effectuer un bouche-pore du support,
- Injecter les fissures d'ouverture supérieure à 0,3 mm conformément à la norme NF P 95-103

5.4.2.4. Reconstitution de la planéité du support

La surface du béton qui reçoit le renfort doit présenter au minimum les tolérances de forme d'un parement simple au sens de l'article 8.8.2.1 du fascicule 65, tout en respectant les exigences de tolérance du kit inscrites à l'Avis Technique.

Les reprises de planéité sont exécutées à l'aide de :

- Un mortier de réparation à base de liant hydraulique admis à la marque NF (ou équivalent),
- Une pâte époxydique ou mortier de résine compatible avec l'adhésif. Les produits de reprofilage devront être parfaitement adhérents au support et avoir un module d'élasticité supérieur ou égal à celui du béton.

5.4.2.5. Reconstitution locale de la courbure admissible

Lorsque localement, le rayon de courbure minimal est inférieur au rayon spécifié au cahier des charges du détenteur du procédé, le rayon minimal sera reconstitué avec des produits de ragréages conformes à la norme NF P 95-101.

5.4.3 Mise en œuvre du renforcement

5.4.3.1. Cadre de fiche technique

La préparation du support étant réalisée et réceptionnée, les différentes étapes de mise en œuvre du procédé sont fournies par l'applicateur du KIT et décrites dans la procédure afférente.

5.4.3.2. Conditions climatiques

Les valeurs données ci-dessous ne se substituent pas aux valeurs données par le fabricant dans la fiche technique à moins que ces dernières ne soient moins contraignantes.

Vent :

L'application se fait par temps calme (vent < 20 km/h), ou sous abri en cas de vent plus fort.

Température :

Elle doit rester dans l'intervalle donné dans la fiche technique du procédé pour permettre :

- Une mise en œuvre à la viscosité recommandée par le fabricant,
- D'avoir une DPU suffisante pour effectuer correctement les opérations nécessaires à la bonne pose du renfort (marouflage, enduit),
- Une polymérisation correcte et une bonne adhérence,
- Le non-dépassement de la température maximale recommandée par le fabricant.

La température minimale du support est de + 5° C et doit être supérieure de + 3° C à celle du point de rosée.

Humidité du support :

On se réfère ici aux préconisations du guide AFGC pour la réparation et le renforcement des structures en béton au moyen des matériaux composites de 2011.

Avant la mise en œuvre du procédé, le support ne doit comporter ni ruissellement, ni zone humide brillante. Sinon il convient d'assécher le support et d'éliminer la source d'eau.

Si le support est "SATURE MAT", une mesure d'humidité massique est effectuée à l'aide d'un appareil de contrôle à acétylène ; l'humidité ne doit pas dépasser la teneur indiquée dans la fiche technique du procédé.

Si le support est sec, aucun contrôle n'est nécessaire sauf si, compte-tenu de l'exposition de la structure, un doute subsiste. Dans ce cas, une mesure d'humidité massique est à réaliser comme ci-dessus.

Au-dessus de 80 % d'humidité relative, la fréquence des contrôles de condensation doit être augmentée.

5.4.3.3. Environnement et organisation du chantier d'application

Le phasage (préparation du support - collage) doit être organisé pour que la poussière dégagée par la préparation du support ne vienne pas dans le poste de collage.

D'autres corps d'état ne doivent pas intervenir s'ils risquent d'envoyer des contaminants dans la zone de collage.

5.4.3.4. Implantation de détail du confortement

A l'issue des études d'exécution, l'implantation de détail du confortement sera repérée sur le plan de l'ouvrage. L'implantation des confortements sera ensuite reportée sur l'ouvrage. Les tolérances admises à la pose sont les suivantes :

- Tolérance du tracé par rapport au plan : +/- 10 mm
- Tolérance de pose par rapport au tracé : +/- 5 mm
- Tolérance de rectitude par rapport au tracé : 2,5 mm

Cette opération d'implantation de détail du confortement fait l'objet d'une réception contradictoire effectuée par le Maître d'œuvre et le Titulaire. Cette opération, qui fait l'objet d'un procès-verbal de réception, constitue un point d'arrêt.

5.4.3.5. Prélèvements conservatoires

Résine :

Pour chaque lot de résine confectionné (voir § « lot de résine » ci-dessous), un prélèvement conservatoire est réalisé. D'une épaisseur minimale de 6 mm, il sert à vérifier l'évolution de la dureté Shore D à 48 heures et à 7 jours.

Chaque prélèvement doit être répertorié avec la précision suffisante pour l'associer sans ambiguïté à une zone de renfort. Ils sont conservés par le Titulaire pendant une durée minimale de 7 jours, de préférence sur le site de l'ouvrage, puis remis au contrôle extérieur.

D'autres prélèvements peuvent être réalisés par le laboratoire de contrôle extérieur, dans des moules lui appartenant, pour la réalisation d'essais spécifiques à sa charge.

Lot de résine :

Le Titulaire propose dans la procédure d'exécution de la mise en œuvre du procédé la définition du lot de résine soumis à prélèvement, pour chaque ouvrage, qui pourra être fonction :

- Du nombre de pots de résine portant le même numéro de fabrication de l'usine (fabrication homogène),
- Du pourcentage de surface (ou linéaire) de composite collé avec un lot,
- Du planning de pose, prévisionnel ou réalisé (Ex : 1 lot = 1 semaine de fabrication).

La définition du lot soumis à prélèvement peut être plurielle de manière à s'adapter aux contraintes réelles et à l'avancement du chantier.

Planches de suivi :

Des planches de suivi du vieillissement de chaque composite utilisé seront réalisées pour permettre un suivi à long terme du vieillissement des produits collés. Ces planches viennent en complément des zones témoin réalisées pour l'exécution des épreuves de convenance décrites au paragraphe 5.4.4.

Les spécifications décrites au paragraphe 5.4.4.2 pour les zones témoins s'appliquent in extenso aux planches de suivi. La position de ces planches sera précisée en période de préparation.

5.4.3.6. Application du revêtement anti-UV

Un revêtement de protection des tissus composites vis-à-vis des rayons UV, tel que décrit au paragraphe 4.11, sera systématiquement appliqué sur la dernière couche de renforcement, et ce quelle que soit la position du renfort.

5.4.3.7. Prescriptions particulières pour mèches ou ancrages

Dans le cas où la réalisation de mèches (ou autres systèmes d'ancrage) serait acceptée par le Maître d'œuvre, le Titulaire est tenu d'assurer l'intégrité des armatures en place (câbles ou barres de précontrainte, aciers passifs) lors de leur mise en œuvre.

Aucune coupure d'acier ne sera autorisée, sauf accord express du Maître d'ouvrage basé sur une note de vérification du Titulaire approuvée par le Maître d'œuvre.

Le contrôle de la position des armatures (aciers passifs et gaines de précontrainte) dans le béton est réalisé à l'aide d'un appareillage approprié à la profondeur de détection requise (radar, pachomètre, etc.). Avant toute mise en œuvre, le Titulaire produira un rapport de synthèse de ces contrôles justifiant des dispositions retenues et de la préservation de l'intégrité des armatures existantes.

Les plans d'exécution des renforts doivent comporter le dessin des armatures existantes dans la structure et repérées lors du contrôle, positionnées par rapport aux mèches ou ancrage prévus.

En cas de refus par le Maître d'œuvre ou le Maître d'ouvrage, le Titulaire doit revenir à une solution de renfort ne nécessitant pas de mèches (ou autres ancrages), les frais inhérents à ce changement étant intégralement à sa charge.

5.4.3.8. Prescriptions pour dispositif anti-poussée au vide

Lors de la mise en œuvre d'un dispositif anti-poussée au vide, le Titulaire est tenu d'assurer l'intégrité des armatures en place (câbles ou barres de précontrainte, aciers passifs) lors de la mise en œuvre.

Aucune coupure d'acier n'est autorisée, sauf accord express du Maître d'ouvrage basé sur une note de vérification du Titulaire approuvée par le Maître d'œuvre.

Le contrôle de la position des armatures (aciers passifs et gaines de précontrainte) dans le béton est réalisé à l'aide d'un appareillage approprié à la profondeur de détection requise (radar, pachomètre, etc.).

Avant toute mise en œuvre, le Titulaire produit un rapport de synthèse de ces contrôles justifiant des dispositions retenues et de la préservation de l'intégrité des armatures existantes.

Le Titulaire doit limiter la longueur des chevilles de façon à n'intercepter ni câble de précontrainte ni armature. Cette étude sera à fournir dans la note de calcul des butées provisoires.

5.4.4 Epreuves de convenance

5.4.4.1. But de l'épreuve de convenance

Pour chaque appui mettant en jeu un renforcement par matériaux composites, une épreuve de convenance est réalisée sur une zone témoin avant le démarrage des opérations de renforcement proprement dites. Un rapport de synthèse est à transmettre au Maître d'œuvre pour visa.

Elle consiste à :

- Vérifier le mode opératoire de l'Entreprise par application des procédures adéquates
- Vérifier par un essai de traction, la valeur de cohésion superficielle du béton après avoir réalisé l'opération de préparation du support
- Vérifier l'adhérence du composite au support, en réalisant un essai par traction directe conformément à la norme NF EN 1542
- Contrôler la mise en œuvre des matériaux composites par thermographie infrarouge
- Déterminer le temps de prise du complexe colle/composite
- Contrôler la polymérisation de la résine par un essai de dureté Shore D

5.4.4.2. Zones témoin

Les zones témoin sont arrêtées par le Maître d'œuvre sur proposition du Titulaire.

Lorsque le renforcement nécessite l'utilisation de dispositifs d'ancrage particuliers (mèches ou autres), la zone témoin doit comporter ce dispositif.

Lorsque le renforcement nécessite la superposition de plusieurs couches de renfort, la zone témoin sera équipée du même nombre de couches.

Le corps d'épreuve comporte au minimum 2 bandes de longueur au moins égale à celles prévues pour le renforcement.

5.4.4.3. Déroulement et consistance de l'épreuve

L'épreuve de convenance est réalisée en présence du Maître d'œuvre et de l'éventuel laboratoire de contrôle extérieur. Le Maître d'ouvrage et son représentant doivent en être informés au moins 10 jours avant.

L'épreuve de convenance doit être réalisée au moins 10 jours avant le démarrage des travaux de renforcement par composites.

Le support est préparé et les matériaux sont mis en œuvre en suivant les procédures du PAQ. Le contrôle de réception par thermographie infra-rouge sera réalisé.

La valeur de la cohésion superficielle du béton en place doit être conforme à celle mentionnée dans l'Avis Technique du produit composite mix en jeu, avec une valeur minimale de 1,5 MPa.

Pour fiabiliser le temps de prise du complexe colle/composite, il est demandé à l'entreprise de compléter l'épreuve de convenance par les essais suivants au niveau de la zone témoin :

- Collage de 4 bandes de tissu à température ambiante
- Collage de 4 bandes de tissu supplémentaires à une température régulée de 20°C (si la température ambiante est inférieure à 20°C)
- Contrôles de l'adhérence du composite au support, en réalisant les essais suivants par traction directe conformément à la norme NF EN 1542 :

Essai	Fin collage (horaire)	Essai d'adhérence SATTEC (horaire)
Essai 1	1h00	6H (3 unités)
Essai 2	2h00	6H (3 unités)
Essai 3	3h00	6H (3 unités)

En cas de résultat non probant, un nouvel essai est réalisé après adaptation éventuelle des procédures d'exécution en vue d'améliorer le résultat.

L'acceptation des résultats de l'épreuve de convenance par le Maître d'œuvre vaut autorisation de démarrer le chantier des renforcements proprement dit.

5.4.5 Contrôles à la charge de l'entreprise

Les contrôles à la charge de l'entreprise portent sur :

- La planéité du support,
- La qualification des opérateurs,
- La conformité des équipements et matériels,
- La conformité des matériaux,
- La cohésion superficielle du support au moyen d'essais d'arrachement,
- Les conditions d'application (température ambiante, hygrométrie, température du support),
- La vérification du bon collage des matériaux composites :
    - Par des contrôles exhaustifs par thermographie active et au maillet,
    - Par des essais d'adhérence.

Ils feront l'objet :

- D'une fiche de synthèse établie quotidiennement par le Titulaire et transmise au visa du Maitre d'œuvre,
- D'un rapport de synthèse de l'ensemble des contrôles réalisés, comprenant également les photos extraites du contrôle thermographique.

Tolérances d'exécution :

Le renfort en composites sera considéré comme défectueux et devra être déposé et remplacé si :

- La somme des surfaces des bulles sur un plat est supérieure à 1% de la surface du renfort en composites,
- Une ou plusieurs bulles sont localisées sur la zone d'ancrage du renfort en composites,
- Une ou plusieurs bulles sont traversantes sur toute la largeur du renfort en composites.

Contrôle extérieur :

Le Maître d'œuvre se réserve le droit de procéder à des contrôles contradictoires, dans le cadre de son contrôle extérieur, ces épreuves étant à la charge du Maître d'Ouvrage. Le Titulaire donne toutes facilités au laboratoire pour procéder à ces essais.

5.5 CONNEXION DES BUTEES AVANT DEBUT DES TRAVAUX DE CONFINEMENT DES STRUCTURES DE REMISE EN PEINTURE

Il appartient au Titulaire de réaliser cette connexion selon les modalités décrites au paragraphe 3.11 et conformément à la procédure qu'il aura fait valider par le Maître d'œuvre en phase d'études.

5.6 DECONNEXION DES BUTEES PROVISOIRES A L'ISSUE DES TRAVAUX DE PEINTURE

Il appartient au Titulaire de réaliser cette déconnexion selon les modalités décrites au paragraphe 3.12 et conformément à la procédure qu'il fait valider par le Maître d'œuvre en phase d'études.