

Maitre d'Ouvrage

Direction Interdépartementale des Routes Méditerranée
SIR Marseille
16 rue Antoine Zattara - 13003 Marseille
tél : 04.86.94.68.35
sir-de-marseille.dirmed@developpement-durable.gouv.fr

AUTOROUTE A7

REMISE A NIVEAU DES OUVRAGES DE L'ECHANGEUR A7-A557 SUR L'A557 A MARSEILLE (13)

Pièce A03.3 CCTP Livret C

Etudes d'exécution

Maitre d'Œuvre

SETEC
ZAC Le Griffon
7, chemin des Gorges de Cabriès
13 127 Vitrolles
FRANCE



A00	Juin 2025	Première émission			FPA	TRO	-
B00	Juillet 2025	Deuxième émission – Prise en compte des remarques MOA			FPA	TRO	-
Ind.	Date	Objet			Rédigé	Vérifié	Approuvé
Nom du fichier : DCOE_PieceA03_3_CCTP-Livret C_IndB00_Etudes EXE				Echelle : sans	Format : A4	Nb pages : 20	
Numéro d'affaire		Phase	Zone	Type de doc.	Numéro	Indice	Titre
51363		DCOE	GEN	MEM	133	B00	CCTP Livret C



DIRECTION
INTERDÉPARTEMENTALE
DES ROUTES
MÉDITERRANÉE

Direction Interdépartementale des Routes MÉDITERRANÉE
Service du Ministère de la Transition Ecologique

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	3
1.1	PREAMBULE	3
1.2	OBJET DU PRESENT DOCUMENT	3
2	DISPOSITIONS GENERALES.....	4
2.1	CONSISTANCE DES ETUDES D'EXECUTION.....	4
2.2	CHARGE DE LA COORDINATION DES ETUDES D'EXECUTION (CET)	4
2.3	CAMPAGNE GEOTECHNIQUE COMPLEMENTAIRE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.4	REUNION PRELIMINAIRE	5
2.5	VISA DES DOCUMENTS PAR LE MAITRE D'ŒUVRE	5
3	PLAN D'ASSURANCE DE LA QUALITE	6
3.1	PROGRAMME DES ETUDES D'EXECUTION	6
3.2	CONTROLE EXTERNE DES DOCUMENTS D'EXECUTION	6
3.4	JUSTIFICATIONS	8
3.4.1	Consistance.....	8
3.4.2	Présentation des notes de calculs.....	8
3.4.3	Logiciels de calculs.....	8
4	HYPOTHESES DE CALCULS	10
4.1	TEXTES REGLEMENTAIRES ET DOCUMENTS DE REFERENCE	10
4.2	DONNEES GENERALES	10
4.3	DONNEES PARTICULIERES	14
4.3.1	Effet du retrait.....	14
4.3.2	Dilatations thermiques.....	14
4.3.3	surcharges d'exploitation et descente de charges associee	14
4.3.4	Valeurs de freinage	14
4.3.5	Largeur roulable	14
5	JUSTIFICATIONS.....	15
5.1	NOUVEAU DR SUR OUVRAGE	15
5.1.1	Approche méthodologique	15
5.1.2	Hypothèses spécifiques au remplacement des DR	15
5.1.3	Vérifications vis-à-vis des contraintes géométriques sur le tablier	15
5.1.4	Vérifications structurelles de la longrine sur le hourdis / mur de soutènements	15
5.2	NOUVEAU DR SUR MURS DE SOUTÈNEMENT.....	15
5.2.1	Hypothèses spécifiques au remplacement des DR	16
5.2.2	Vérifications vis-à-vis des contraintes géométriques sur les accès	16
5.2.3	Vérifications structurelles de la longrine sur le hourdis / mur de soutènements	16
5.2.4	Combinaison d'actions	16
5.3	APPAREILS D'APPUI ET VERINAGE.....	17
5.3.1	Combinaison d'actions	17
5.4	NOUVELLE COUCHE DE ROULEMENT	18
5.4.1	Chaussée sur ouvrage.....	18
5.4.2	Chaussée sur voies d'accès.....	18
5.5	VERIFICATION DES JOINTS DE CHAUSSEE	18
5.5.1	Combinaison d'actions	19
5.6	SUPPORT D'ANCRAGE DE PPHM	20
6	JUSTIFICATIONS PROPRES AUX EPREUVES.....	20

1 INTRODUCTION

1.1 PREAMBULE

Le volet technique du DCOE du présent marché, remise à niveau des ouvrages de l'échangeur a7-A557 sur l'A557 à Marseille, comporte un Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP), scindé en plusieurs livrets distincts :

- Le livret A relatif aux dispositions communes générales,
- Le livret B définissant les contraintes et dispositions à prendre au titre de l'exploitation sous chantier,
- Le livret C traitant des études d'exécution,
- Le livret D relatif aux dispositions techniques d'Ouvrages d'Art.

Le présent document constitue le livret C.

1.2 OBJET DU PRESENT DOCUMENT

Ce livret du CCTP a pour objet de présenter l'organisation demandée pour les études d'exécution et leur contrôle.

Il décrit également les hypothèses pour les calculs et les vérifications nécessaires pour les travaux.

2 DISPOSITIONS GENERALES

Les études d'exécution sont menées suivant les Eurocodes et leur annexes nationales.
Les dispositions du présent CCTP s'appliquent tant aux études d'exécution des ouvrages définitifs qu'à celles des méthodes et des ouvrages provisoires.

2.1 CONSISTANCE DES ETUDES D'EXECUTION

Les études d'exécution pour les ouvrages d'art, les murs de soutènement, les écrans acoustiques et leurs fondations, comportent :

- Le programme des études d'exécution ;
- L'état navette des documents d'exécution mis à jour toutes les deux semaines ;
- Les notes d'hypothèses et de calculs justifiant la stabilité, la résistance et les déformations, pendant les différentes phases de la construction et en service ;
- Les études géotechniques G3 ;
- Les plans d'ensemble et de détails nécessaires à l'exécution ;
- Les plans et notes de calcul justificatives des ouvrages provisoires (cintres, échafaudages, blindages, soutènements, etc.), les procédures d'exécution, les demandes d'agrément des matériaux ;
- Les études préparatoires aux épreuves des ouvrages ;
- La fourniture du dossier des ouvrages conforme à l'exécution.

2.2 CHARGE DE LA COORDINATION DES ETUDES D'EXECUTION (CET)

L'Entrepreneur propose à l'agrément du Maître d'Œuvre un ingénieur chargé de la coordination des études d'exécution nécessaires à l'ensemble des travaux des ouvrages du présent marché.

Le chargé des études d'exécution est l'unique interlocuteur du Maître d'Œuvre.

Le chargé des études d'exécution a la responsabilité directe de l'élaboration et de la mise à jour du programme des études d'exécution.

Il a à sa charge la coordination de l'ensemble des intervenants dans la production des études, des méthodes, des ouvrages provisoires et des ouvrages définitifs. Il a à sa charge la coordination avec le chargé des études d'assainissement et de chaussée, avec le chargé des études des dispositifs de retenue, et les différents bureaux d'études d'exécution.

Il a également pour tâche d'assurer le bon fonctionnement du PAQ des études d'exécution.

Tous les documents d'étude (plans, notes de calculs, notices, ...) qui sont transmis au Maître d'Œuvre doivent être signés par le chargé des études d'exécution. Ceci atteste du **contrôle intérieur** de l'Entrepreneur. Le contrôle extérieur exercé par le Maître d'Œuvre ne se substitue en rien au contrôle intérieur de l'Entrepreneur ; ce dernier ne peut élever de réclamation pour tout événement, incident ou retard dans la réalisation des travaux résultant d'un mauvais fonctionnement de son contrôle intérieur. Il en supporte intégralement les conséquences financières. En cas de mauvais fonctionnement du contrôle intérieur, le Maître d'Œuvre peut à tout moment demander le remplacement du chargé des études d'exécution sans que l'Entrepreneur puisse élever réclamation.

Le CET établit, **de façon hebdomadaire**, et partage avec le maître d'œuvre, une liste de la production des documents EXE à jour, avec vérification de l'adéquation avec le planning des travaux.

2.3 REUNION PRELIMINAIRE

Il est prévu une réunion préliminaire de coordination, dite « démarrage des études » qui permet aux Bureaux d'Etudes d'Exécution de commencer l'élaboration des notes de calculs et plans d'exécution, et aux chargés d'études d'ajuster son programme selon les orientations fixées par le Maître d'Œuvre.

Le circuit de transmission des documents est confirmé lors de cette réunion.

2.4 VISA DES DOCUMENTS PAR LE MAITRE D'ŒUVRE

Le MOE disposera de 15 jours calendaires pour remettre son VISA sur le premier indice des documents d'exécution. Le délai est réduit à 10 jours calendaires pour les indices supérieurs.

Le statut pourra être :

- Visa sans observation : le document d'exécution pouvant alors être édité au statut BPE en l'état (ou avec prise en compte de remarques mineures) dans les 15 jours suivants la transmission du VISA
- Visa avec observation : Le document devant alors être repris à l'indice supérieur par l'entreprise, dans les 15 jours suivant l'émission du VISA, afin de prendre en compte les remarques émises par le MOE.
- Refus : Le document sera alors considéré comme non remis par l'entreprise, l'exposant aux mesures coercitives prévues au marché sur la non remise des documents d'exécution dans les délais prévus. Ce VISA sera attribué aux documents d'exécution dans le cas où les documents d'exécution présentent des prestations non conformes aux prescriptions du marché, ou s'il n'est pas accompagné de la fiche de contrôle externe, ou si les documents transmis ne permettent pas l'établissement du VISA (plans sans les notes de calcul associées, par exemple).

3 PLAN D'ASSURANCE DE LA QUALITE

3.1 PROGRAMME DES ETUDES D'EXECUTION

L'Entrepreneur fournit un Programme des Etudes d'Exécution des Ouvrages, partie intégrante du PAQ spécifique aux études d'exécution. Il présente les dispositions de moyens et d'organisation mises en place par l'Entrepreneur pour atteindre la qualité requise.

Il traite :

- Des facteurs contribuant à l'obtention de la qualité :
 - Nomination du chargé des études (cf. article 2.2 ci-avant) ;
 - Nomination du bureau d'étude géotechnique, et définition de son rôle dans les notes à caractère géotechnique (contrôle externe du bureau BA) et réalisation des études en propre ;
 - Affectation des tâches, moyens en personnel ;
 - Matériels et fournitures ;
 - Méthodes et points sensibles de l'exécution ;
 - Coordination avec l'Entrepreneur et le Maître d'Œuvre ;
 - Gestion des documents ;
- Du contrôle intérieur :
 - Contrôle interne ;
 - Contrôle externe, assisté d'organismes extérieurs.

Le PAQ est constitué :

- D'un document d'organisation générale,
- Des PAQ des Bureaux d'études,
- D'un ou plusieurs documents particuliers à une procédure d'exécution désignés en abrégé par procédures d'exécution,
- Des cadres des documents de suivi.

Il devra préciser les dispositions prises pour s'assurer de la compatibilité du façonnage des armatures avec les plans de coffrages.

L'Entrepreneur intègre un calendrier prévisionnel de remise des documents sous la forme d'un diagramme à barres faisant ressortir les chemins critiques et les marges, et tenant compte de la succession des tâches :

- Les investigations géotechniques complémentaires ;
- Les études d'exécution,
- Les contrôles externes de l'Entrepreneur ;
- Les délais de visa ;
- Les délais d'approvisionnement pour les matériaux divers ;
- Les contrôles du Maître d'Œuvre ;
- La préparation des travaux ;
- L'exécution des travaux.

3.2 CONTROLE EXTERNE DES DOCUMENTS D'EXECUTION

Un contrôle externe des documents d'exécution est assuré, à la charge de l'Entrepreneur, par une entité indépendante de la production de ces documents.

Il est tout particulièrement effectué au titre de ce contrôle les vérifications suivantes, la liste ci-après n'étant nullement exhaustive :

- la vérification du bon fonctionnement du contrôle interne ;
- la vérification du respect des hypothèses de calculs ;
- la vérification des notes de calculs :
 - o par un suivi pas à pas des notes manuelles ;
 - o par le contrôle des méthodes et résultats ;
 - o par la vérification des bordereaux de données et des entrées de données pour les programmes de calculs types ;
 - o par la vérification des entrées de données et pointage de certains résultats pour les calculs automatiques ;
- la vérification des implantations, du tracé, des gabarits ;
- la vérification des conformités structurelles des coffrages (respect des équarrissages pris en compte dans les calculs) ;
- le contrôle des plans de superstructures et d'équipements ;
- le contrôle des plans de ferrailage :
 - o par la vérification de conformité au calcul des plans de ferrailage (nombre, diamètres et positionnement des aciers calculés) ;
 - o par la vérification des dispositions retenues concernant la mise en œuvre des armatures ;
 - o par la vérification des nuances d'acier, du façonnage, du nombre de barres en fonction des espacements figurant sur les plans ;
 - o par la vérification de la compatibilité du ferrailage proposé avec les coffrages ;
 - o par la vérification des aciers de montage et de bonne construction, ainsi que les dispositions retenues pour un bétonnage correct (densité du ferrailage, cheminées de bétonnage) ;
- la vérification systématique de tous les documents, et notamment :
 - o la conformité aux référentiels techniques en vigueur ;
 - o le respect de la loi de variation des pentes sur les profils en travers ;
 - o de l'application des différents plans types ;
 - o de l'exactitude des ajustements des axes, profils en long, pendages de plateforme et épaisseurs de structures réalisées par le bureau d'étude au droit des raccordements avec la plateforme existante ;
 - o de la prise en compte des résultats du dimensionnement des ouvrages de drainage et d'assainissement longitudinaux sur les profils en travers ;
 - o du respect de la fourniture des documents exigés dans le DCOE ;
 - o de la cohérence des différents documents produits ;
 - o du lissage des fils d'eau des ouvrages de drainage et d'assainissement.

Le Contrôle Externe transmet à l'Entrepreneur et au Maître d'Œuvre ses observations éventuelles sur des fiches de contrôle dûment référencées, et mentionnant notamment le numéro et l'indice de la pièce analysée ainsi que l'identité et le visa de la personne ayant réalisé ce contrôle.

3.4 JUSTIFICATIONS

3.4.1 CONSISTANCE

Les justifications des ouvrages consistent en notes de calculs, procès-verbaux d'essais ou d'épreuves.

Les notes de calculs doivent préciser les hypothèses, les méthodes de calculs, les méthodes d'exécution et les caractéristiques des matériaux.

Elles rassemblent tous les calculs nécessaires à la justification des dimensions et dispositions représentées sur les dessins d'exécution, y compris ceux qui traduisent les conséquences des différentes phases de réalisation ou des dispositions prises à l'occasion de celles-ci.

Elles doivent justifier la stabilité générale, la stabilité de forme et la résistance de chaque partie d'ouvrage sous l'ensemble des sollicitations statiques et dynamiques, en application du référentiel.

Les méthodes de calculs doivent être explicitées et si nécessaire accompagnées de tout document de référence, notamment à chaque fois qu'une méthode est peu usitée.

3.4.2 PRESENTATION DES NOTES DE CALCULS

Chaque note de calculs est organisée en chapitres clairement identifiés de manière à retrouver aisément tout résultat intermédiaire de calcul et comprend :

- un sommaire, avec référence à la pagination ;
- le rappel des hypothèses retenues ;
- une nomenclature des règlements utilisés ;
- la nature et les caractéristiques des matériaux ;
- tout dessin nécessaire à la compréhension (phases de réalisation, assemblages, etc.) ;
- l'ensemble des calculs justificatifs de la partie d'ouvrage concernée ;
- une synthèse des principaux résultats.

3.4.3 LOGICIELS DE CALCULS

Les notes de calculs établies à l'aide de logiciels doivent être accompagnées d'une notice expliquant les hypothèses et méthodes de calculs du logiciel, les processus, les formules et les notations employées.

Elles comprennent :

- toutes les informations nécessaires à leur compréhension (titres, commentaires, etc.) ;
- tous les résultats intermédiaires permettant de mettre en évidence l'ensemble des options tant techniques que logiques et d'isoler les fractions de calculs comprises entre deux options consécutives, en vue de leur éventuelle vérification ;
- une synthèse des principaux résultats avec renvoi aux pages d'où sont issus ces résultats.

Les logiciels de calcul non éprouvés ou ayant des références insuffisantes pour le type d'ouvrage ou la partie d'ouvrage objet de la justification, compte tenu de la méthode et des phases de réalisation,

doivent faire l'objet d'une approbation par le Maître d'Œuvre. Il appartient à l'Entrepreneur d'apporter tous les éléments nécessaires à cette approbation.

4 HYPOTHESES DE CALCULS

Les dimensions des ouvrages indiquées sur les plans du marché constituent la référence du projet. Les études d'exécution devront se baser obligatoirement sur ces dimensions. L'adaptation des dimensions des ouvrages à partir de ces valeurs de référence, si elle s'impose du fait du dimensionnement détaillé, fait partie intégrante des études d'exécution.

4.1 TEXTES REGLEMENTAIRES ET DOCUMENTS DE REFERENCE

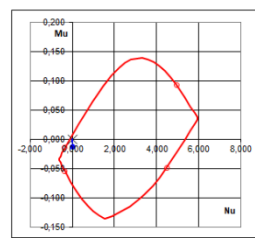
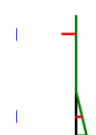
Les textes réglementaires de base et les documents de référence sont les Eurocodes et leurs Annexes Nationales.

L'ensemble des fascicules du CCTG sont également applicables.

Les documents de référence sont les documents en vigueur à la date du mois précédant la remise de la première offre pour les travaux.

4.2 DONNEES GENERALES

	Paramètres généraux
Classe de conséquence	<i>Partie neuve uniquement</i> : CC2 (conséquences moyennes) au sens EN1990 tab.B.1
Classe de fiabilité	<i>Partie neuve uniquement</i> : RC2 au sens EN1990 tab.B.2
Niveau de supervision	<i>Partie neuve uniquement</i> : DSL3 (Contrôle par tierce partie) au sens EN1990 tab.B.3
Niveau de contrôle	<i>Partie neuve uniquement</i> : IL3 (Contrôle par tierce partie) au sens EN1990 tab.B.5 Moyens de contrôles imposés (notamment pour les opérations de vérinage) (<i>à confirmer dans les phases ultérieures</i>) : <ul style="list-style-type: none"> - suivi topo automatique (avec seuil alerte), - suivi par inclinomètre des piles, - suivi par téléniveaux hydrauliques des piles par files.
Classe d'exécution charpente métallique	NF EN 1993-1-1/A1, Tableau C.1 : Classe de conséquences CC2 + chargement « Fatigue » Classe d'exécution EXC3, sauf raboutage des semelles tendues EXC4 (guide SETRA conception ponts mixtes)
Gabarit sous l'ouvrage (au droit des voies circulées)	<i>Phase définitive</i> : (circulation Poids Lourds et Véhicules légers) Hauteur libre 4,85 m (dont 10 cm de revanche) Largeur minimale 3,50 m ⇒ Aucun convoi exceptionnel prévu sous l'ouvrage <i>Phase chantier</i> : (différentes configurations de circulation avec certaines phases où la circulation poids lourds est temporairement interdite) Si circulation PL autorisée, réduction du gabarit : Hauteur libre 4,40 m (dont 10 cm de revanche) Largeur minimale 3,50 m Sinon, uniquement VL : Hauteur libre 3,00 m (dont 20 cm de revanche) Largeur minimale 2,80 m

	Exigences vis-à-vis de la sécurité																																													
Charges de poids propre	<u>Phase définitive</u> : le poids propre de l'ouvrage n'est pas impacté (pas d'action direct sur le tablier en béton armé).																																													
Charges de superstructures	<p><u>Phase définitive</u> : la réfection des superstructures entraine des modifications géométriques. Cependant la contrainte principale est de ne pas apporter de poids supplémentaire sur l'ouvrage du fait de ces remplacements (notamment des DR, de l'étanchéité, de la chaussée, de l'assainissement et des corniches). Sur l'ouvrage et sur les voies d'accès, l'apport de charges sera quantifié afin de vérifier si l'hypothèse est respectée.</p> <p>Sinon, de justifications spécifiques seront apportées.</p> <p>Pas de recalcul exhaustif de l'ouvrage.</p>																																													
Importance du trafic	<p><u>Phase définitive</u> : Seule une comparaison de charges est attendue pour justification de l'absence de conséquence à la suite de l'évolution des superstructures.</p> <p><u>Phases provisoires</u> : les descentes de charges utilisées pour le dimensionnement des éléments nécessaires au vérinage sont celles issues des documents d'archive. Une comparaison avec la configuration provisoire est attendue.</p>																																													
Charge de foule																																														
Charges exceptionnelles																																														
Charges militaires																																														
Charges de fatigue																																														
Action du vent																																														
Effets thermiques	<p><u>Nota</u> : uniquement pour le dimensionnement des joints et des appareils d'appuis</p> <p>Les déformations induites par les variations thermiques seront déterminées sur la base des Eurocodes.</p>																																													
Chocs sur ouvrage	<p>Niveau d'exigence du DR est H2.</p> <p>Les efforts de choc maximaux développés lors d'un impact seront issus de la documentation technique de chaque dispositif de retenue.</p> <p>Les efforts maximaux admissibles par l'ouvrage sont bornés dans le diagramme d'interaction fourni à titre indicatif, établi en ne considérant que les charges permanentes envisageables.</p> <div><p>VERIFICATION D'UNE SECTION RECTANGULAIRE B.A EN FLEXION COMPOSEE</p><p>Selon règles EC2</p><p>Titre : DIRMED OA ECH A557</p><div><p>DONNEES</p><p>Section bo = 1,000 m h = 0,160 m</p><table><tr><th>Aciers</th><th>Section [*1]</th><th>Section (cm²)</th><th>Pos % ext (m)</th></tr><tr><td>Sup</td><td>15,00</td><td>15,00</td><td>0,025</td></tr><tr><td>Inf</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,025</td></tr></table><p>[*1] Par défaut, les aciers sont déterminés à l'ELU</p><table><tr><th>Matériaux</th><th>fck (MPa)</th><th>γc</th><th>σ adm (ELS) (MPa)</th></tr><tr><td>Béton</td><td>40,0</td><td>1,20</td><td>24,0</td></tr><tr><td>Acier</td><td>420,0</td><td>1,00</td><td>252,0</td></tr></table><p>n = Ea / Eb = 15</p><table><tr><th>Sollicitations</th><th>ELU</th><th>ELS</th></tr><tr><td>Nu</td><td>0,0000 MN</td><td>0,0000 MN</td></tr><tr><td>Mu</td><td>-0,0135 MN.m</td><td>-0,0100 MN.m</td></tr></table><div></div></div><div><p>RESULTATS</p><p>> Matériaux fcd = 33,3 MPa fyd = 420,0 MPa</p><p>> Ratio d'armatures ρ = A tot / bo.d = 1,11 %</p><p>> Diagramme d'interaction - ELU</p><p>Moments résistants pour Nu=0 : - M min = -0,079 MN.m - M max = 0,008 MN.m</p><p>- Vérification des contraintes ELS</p><table><tr><th></th><th>Béton</th><th>Acier</th></tr><tr><td>σ sup</td><td>0,00</td><td>57,7 MPa</td></tr><tr><td>σ inf</td><td>2,95</td><td>-25,4 MPa</td></tr><tr><td>h comprimé</td><td>0,059</td><td></td></tr></table><div></div></div></div> <p>setec tpi CLEC2A.xls 17/07/25 RECT2 v.6</p>	Aciers	Section [*1]	Section (cm²)	Pos % ext (m)	Sup	15,00	15,00	0,025	Inf	0,00	0,00	0,025	Matériaux	fck (MPa)	γc	σ adm (ELS) (MPa)	Béton	40,0	1,20	24,0	Acier	420,0	1,00	252,0	Sollicitations	ELU	ELS	Nu	0,0000 MN	0,0000 MN	Mu	-0,0135 MN.m	-0,0100 MN.m		Béton	Acier	σ sup	0,00	57,7 MPa	σ inf	2,95	-25,4 MPa	h comprimé	0,059	
Aciers	Section [*1]	Section (cm²)	Pos % ext (m)																																											
Sup	15,00	15,00	0,025																																											
Inf	0,00	0,00	0,025																																											
Matériaux	fck (MPa)	γc	σ adm (ELS) (MPa)																																											
Béton	40,0	1,20	24,0																																											
Acier	420,0	1,00	252,0																																											
Sollicitations	ELU	ELS																																												
Nu	0,0000 MN	0,0000 MN																																												
Mu	-0,0135 MN.m	-0,0100 MN.m																																												
	Béton	Acier																																												
σ sup	0,00	57,7 MPa																																												
σ inf	2,95	-25,4 MPa																																												
h comprimé	0,059																																													
Séisme	Aucune exigence																																													

	Exigences vis-à-vis de la durabilité
Durée d'utilisation	<p><u>Partie neuve</u> : 100 ans</p> <p><u>Partie existante réhabilitée</u> : 50 ans</p>
Niveau de salage	<p>Selon NF EN 206/CN (décembre 2014) et informations du MOA : Niveau de salage : Salage « peu fréquent – H1 » : moins de 10 jours de salage / an Zone de « Gel faible »</p>
Alcali-réaction	<p>Selon FD P18-464 (avril 2014) : Catégorie III (risque d'apparition de désordres inacceptable) Classe d'exposition XAR1 (hygrométrie ≤ 80 %) Niveau de prévention C</p>
Réaction sulfatique interne	<p>Selon guide IFSTTAR RSI (octobre 2017) : Catégorie III (conséquences inacceptables) XH3 : longrines et bossages → Niveau de prévention Cs</p>
Corrosion métal	<p><u>Catégorie d'ouvrage</u> : 1 au sens du Fascicule 56 du CCTG (structure de GC avec éléments d'épaisseur au moins égale à 8mm) <u>Classe de corrosion des charpentes métalliques</u> : C4 (élevé) selon NF EN ISO 12944-2 (justifié par les contraintes d'entretien et réparation de la charpente) <u>Exigence de la protection anti-corrosion</u> : durabilité très haute (VH) pour une durée supérieure à 25 ans.</p>
Hors-gel	Pas concerné par le projet
Agressivité du sol	
Etude de trafic	Cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable. au § <i>Maintien des circulations</i>
	Accès, inspection, maintenance
Sommier, bossages et appareils d'appuis sur culées	<p><u>C0-C0'</u> : accès au sommet de plein pied à partir du TN sous l'ouvrage (surface bétonnée en surface à proximité de la culée)</p> <p><u>C8</u> : accès au sommet depuis le boulevard de Lesseps (terre-plein enrobé).</p>
Bossages et appareils d'appuis sur pile	<p>Nacelle depuis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le boulevard de Lesseps avec nacelle déportée ; - les dessertes de l'A7/Plombières (sous l'ouvrage) avec nacelle classique.
Sous face du tablier	<p>Nacelle depuis :</p> <p><u>Tronc bretelles</u> : le boulevard de Lesseps (déportée) ou les dessertes de l'A7/Plombières (sous l'ouvrage).</p> <p><u>Tronc commun</u> : le boulevard de Lesseps et le terre-plein</p>
Joints de chaussée	Par la voie portée + si besoin d'accès par le dessous, prévoir des accès identiques aux bossages d'appuis (culées + piles).
Corniches	<p>Accès depuis :</p> <p><u>Face supérieure du tablier</u> : nacelle négative ou dispositif spécifique en console.</p> <p><u>Le TN</u> : depuis le boulevard de Lesseps ou les dessertes de l'A7/Plombières (sous l'ouvrage), une nacelle classique suffit.</p>

Dispositif anti-vandalisme et anti-intrusion	<p><u>Charpente</u> : dispositif anti-pigeon</p> <p><u>Piles et culées</u> : dispositif anti-affichage et tags</p>
	Entretien
Position de la cunette	<p>Réutilisation de la plupart des exutoires existants et adaptation de la forme des avaloirs pour assurer une meilleure évacuation des eaux de surface.</p> <p><i>Nota : il sera prévu un dispositif de recueil et évacuation des eaux du joint de chaussée si la typologie le demande.</i></p>
Distance poutres – mur garde-grève	Maintien des dispositions et géométries existantes
Hauteur entre sommier et poutres	
	Structure de chaussée
Etanchéité	<p>Système d'étanchéité de type « FPM ».</p> <p>Epaisseur totale moyenne : < à 5 mm</p>
Enrobé	<p>70 mm enrobé de reprofilage + rabotage de 40 mm avant pose de la couche de roulement finale de 40 mm de BBM.</p> <p>Epaisseur totale finale projetée : 70 mm</p>
	Dispositifs de retenue
Niveau retenue	DR de niveau H2 métallique marqué CE
Raccord hors OA	Conforme NF 058
	Signalisation verticale
Sur ouvrages	<p>Déplacement d'un haut-mât de P3 en P4 par le remplacement du matériel en place avec de nouvelles fournitures.</p> <p>Remplacement du portique C8 à neuf par une potence et un haut mât, l'ensemble décalé après le pied de rampe de C8.</p> <p>Maintien de la séquence de signalisation de police liée au gabarit et au tonnage limité, et à l'échappatoire via la sortie 3.</p> <p>Maintien des autres panneaux de signalisation de police.</p>
	Ecrans
Acoustiques sur ouvrages	Aucun
	Réseaux
Sur ouvrages	<p>Fourreaux dans la corniche/culées pour réseaux secs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Passage pour réseaux DIRMED de signalisation dynamique : 3xØ80 + 3 chambres de tirage aux extrémités de l'ouvrage + 2 fenêtres d'accès sur corniche dévissables sur OA en rive Nord.

4.3 DONNEES PARTICULIERES

4.3.1 EFFET DU RETRAIT

L'effet du retrait est considéré comme complètement effectué du fait de l'âge de l'ouvrage. Il n'est donc pas à prendre en compte dans les calculs.

4.3.2 DILATATIONS THERMIQUES

Pour le dimensionnement des appareils d'appuis et des joints de chaussée :

- pour le dimensionnement des appareils d'appuis, une déformation de $\pm 3 \times 10^{-4}$. Cela permet de rester cohérent avec le jeu de charge utilisée ;
- pour le dimensionnement des joints, celles préconisées par l'Eurocodes qui paraissent plus sécuritaires.

D'après l'Eurocode 1991-5, les valeurs de raccourcissement/allongement sont déterminées en considérant que la température de pose est maîtrisée pour le réglage des joints (soit $S = +5^{\circ}\text{C}$).

4.3.3 SURCHARGES D'EXPLOITATION ET DESCENTE DE CHARGES ASSOCIEE

Il n'est pas exigé de recalcul des charges d'exploitation de l'ouvrage du fait de :

- L'absence d'évolution des types de circulation autorisée,
- Le maintien de la largeur roulable quasiment à l'identique ;
- La volonté d'éviter tout renforcement du tablier.

Les surcharges ne sont donc pas redéfinies selon les Eurocodes.

Cependant, l'Entrepreneur présentera une vérification de la compatibilité du remplacement des AAEF selon les charges d'exploitation des Eurocodes.

4.3.4 VALEURS DE FREINAGE

Elles sont déduites de l'estimation de la répartition des efforts de freinage dans la structure, sur la base des hypothèses du dimensionnement d'origine, mais avec la prise en compte de la raideur des appareils d'appuis AAEF.

L'effort de freinage maximal à prendre en compte est :

- sur culée est réduit à 1/3 de l'effort de freinage total soit 100 kN (déformation maximale de 11 mm) ;
- sur pile P3 et P4 est réduit à 1/10 de l'effort de freinage total soit 30 kN.

4.3.5 LARGEUR ROULABLE

La largeur du tablier retenu pour le tronc commun, qui est le tronçon le plus critique, est de 10.20 m pour une largeur théorique de 10.34 m.

Cela implique une largeur roulable minimal de 8.40 m ($10.20 - 2 \times 0.75$ [longrine] $- 2 \times 0.15$ [bordure]) entre bordures.

Soit une répartition suivante selon l'Eurocode 1991-2 :

- 2 voies conventionnelle de 3.00 m,
- 1 aire résiduelle de 2,54 m.

5 JUSTIFICATIONS

5.1 NOUVEAU DR SUR OUVRAGE

Le niveau de sécurité retenu est H2.

Pour rappel, ce niveau ne peut pas être assuré par le dispositif de retenue actuel.

Les dispositifs de retenue sur ouvrage de niveau H2 doivent bénéficier du marquage CE et assurer une fonction garde-corps. Ils sont implantés sur les longrines ancrées au droit du tablier, des culées, des murs de soutènement des rampes d'accès au tablier. Les caractéristiques des dispositifs de retenue seront telles qu'aucun renforcement de la structure ne devra être nécessaire (en prenant en compte notamment les efforts de choc sur le dispositif de retenue transmis à la structure et le poids supplémentaire généré par la solution retenue).

5.1.1 APPROCHE METHODOLOGIQUE

La justification du remplacement des dispositifs de retenue est réalisée :

- Sur le tablier de l'ouvrage ;
- Sur les murs de soutènements des voies d'accès.

5.1.2 HYPOTHESES SPECIFIQUES AU REMPLACEMENT DES DR

Les caractéristiques du ferrailage du hourdis existant sont fournies dans la note de Description de l'ouvrage (pièce B01-2 du présent projet de marché).

5.1.3 VERIFICATIONS VIS-A-VIS DES CONTRAINTES GEOMETRIQUES SUR LE TABLIER

Les paramètres vérifiés sont :

- La largeur utile d'utilisation du DR ;
- La déflexion dynamique.

5.1.4 VERIFICATIONS STRUCTURELLES DE LA LONGRINE SUR LE HOURDIS / MUR DE SOUTÈNEMENTS

Les vérifications à mener (selon l'EC2) sont :

- Vérification de l'évolution des charges de poids propres et de superstructures ;
- Vérification de l'encastrement de l'encorbellement du hourdis (ELS/ELU_choc) ;
- Vérification de l'interface longrine – hourdis (notamment de l'effort tranchant en ELU_choc et de la reprise de flux de cisaillement).

5.2 NOUVEAU DR SUR MURS DE SOUTÈNEMENT

Les travaux de réhabilitation se poursuivent au-delà des culées de l'ouvrage sur les zones dites d'accès. Ces voies sont surélevées par rapport au TN via des murs de soutènements.

Les dispositifs de retenue sur murs de soutènement de niveau H2 doivent bénéficier du marquage CE et assurer une fonction garde-corps. Ils sont implantés sur les longrines ancrées au droit du tablier, des culées, des murs de soutènement des rampes d'accès au tablier. Les caractéristiques des dispositifs de retenue seront telles qu'aucun renforcement de la structure ne devra être nécessaire (en prenant en compte notamment les efforts de choc sur le dispositif de retenue transmis à la structure et le poids supplémentaire généré par la solution retenue).

5.2.1 HYPOTHESES SPECIFIQUES AU REMPLACEMENT DES DR

Les caractéristiques du ferrailage des corniches préfabriquées en tête de mur de soutènement sont fournies dans la note de description de l'ouvrage (pièce B01-2 du présent projet de marché).

5.2.2 VERIFICATIONS VIS-A-VIS DES CONTRAINTES GEOMETRIQUES SUR LES ACCES

Les paramètres vérifiés sont :

- La largeur utile d'utilisation du DR ;
- La déflexion dynamique ;
- Les sujétions de franchissement des joints ;
- La compatibilité des produits avec le dispositif en sortie d'ouvrage.

Afin de transmettre les horizontaux en tête de mur, une bêche peut être ajoutée à la longrine ce qui modifie légèrement sa géométrie finale.

5.2.3 VERIFICATIONS STRUCTURELLES DE LA LONGRINE SUR LE HOURDIS / MUR DE SOUTÈNEMENTS

Les vérifications à mener sont :

- Vérification de l'évolution des charges de poids propres et de superstructures sur la fondation du mur ;
- Analyse de l'encastrement de la corniche existante sous effort de choc ;
- Vérification de l'encastrement de l'encorbellement du tête de mur (ELS/ELU_choc) ;
- Vérification de l'interface longrine – hourdis (notamment de l'effort tranchant en ELU_choc) ;
- Vérification de la flexion verticale et torsion de la longrine en tête de mur (ELU_choc) ;
- Vérification des poteaux de refends des murs de soutènement (ELU/ELU_choc) ;
- Vérification qualitative de la stabilité des murs avec la longrine et le refend (ELU/ELU_choc).

5.2.4 COMBINAISON D'ACTIONS

La comparaison de charges de poids propre de la structure et des superstructures est faite en équivalence ELS CARA soit avec l'ensemble des coefficients de charge à 1,00.

Pour la vérification au choc la combinaison utilisée est ELU Accidentel des Eurocodes.

Concernant les efforts, les coefficients de sécurité et les concomitances, un extrait du guide du CEREMA de 2014 est rappelé ci-dessous.

Pour le dimensionnement de la structure et de ses ancrages, il convient donc de prendre en compte les efforts $S_{choc} = R_{k,DOE}$ pondérées par 1,00 pour les vérifications à l'ELS caractéristique et par 1,25 pour les vérifications à l'ELU accidentel.

En phase projet, de la même manière que pour la définition de la largeur de la bande d'implantation, la structure est vérifiée en prenant en compte les efforts respectifs ($R_{k,DOE}$) de plusieurs barrières marquées CE (notamment celles ayant servies à la définition de la largeur de la bande d'implantation). A défaut, les efforts du tableau 17 peuvent être pris en compte.

Niveau H2/H3/H4 : Efforts de la barrière générique BN4	à l'encastrement de chaque support : Force transversale = 300 kN Moment d'axe longitudinal = 200 kN.m
Niveau H1/N1/N2 :	à l'encastrement de chaque support : Moment d'axe longitudinal = 15 kN.m Moment d'axe transversal = 20 kN.m

Tableau 17. Exemples d'efforts de référence pour le dimensionnement de la structure et des ancrages

Remarque : Le bulletin ouvrage d'art n°46 du Sétra donne des indications sur la répartition des efforts dans un hourdis pour un ancrage de type BN4 avec un espacement de 2,50 m.

Conformément à la note 3 de l'article 4.7.3.3(1) de l'annexe nationale de l'Eurocode 1-2 :

« La force verticale agissant simultanément avec la force d'impact vaut : $0,40 \cdot \alpha_{01} \cdot Q_{1k}$ les roues étant appliquées au plus près des ancrages du dispositif de retenue des véhicules. », il convient d'appliquer une force verticale concomitante aux efforts transmis par les ancrages en cas de choc.

Dans les cas courants d'un pont de 2^{ème} classe de trafic, la force verticale correspondant au poids d'une roue est égale à 54 kN. Elle est appliquée sur la chaussée au plus près du dispositif de retenue.

Figure 1 : Extrait du guide " Dispositif de retenue routiers marqués CE sur ouvrages d'art " du CEREMA de 2014

Choix retenu pour la vérification :

- Les torseurs d'efforts retenus sont ceux fournis par les fabricants des dispositifs commercialisés sous marquage CE.
- Ces efforts sont généralement moins agressifs que les efforts génériques BN4. Aucune minoration complémentaire n'est donc ajoutée.

5.3 APPAREILS D'APPUI ET VERINAGE

Les appareils d'appuis actuels sont remplacés dans le cadre de la réhabilitation de l'ouvrage. Cela concerne les 3 culées (C0, C0' et C8) ainsi que les piles intermédiaires P3 et P4 (Est et Ouest).

5.3.1 COMBINAISON D'ACTIONS

La combinaison utilisée à l'époque est un équivalent de combinaison ELS CARA avec des charges non pondérées.

Cela diffère de la norme NF EN 1337-3 avec laquelle le calcul des appareils d'appui se fait uniquement à l'Etat Limite Ultime.

Les charges du DOE n'étant pas pondérée (non pondéré dans les tableaux issus du DOE par 1,2 comme cela était le cas à l'époque pour les charges d'exploitation et comme cela est fait explicitement pour le calcul des moments dans la NDC), **il apparait loisible d'appliquée les coefficients de pondérations de charges de l'Eurocodes aux sollicitations de l'époque pour obtenir une valeur pertinente vis-à-vis de la norme actuelle.**

Soit 3 combinaisons retenues :

- $1.35 \times (G+G') + 1.35/1.6 \times Q_{vert}$ (enveloppe coefficient Eurocode/Fascicule 62 – Titre II)
- $1.35 \times (G+G') + 1.35 \times \text{Freinage} + 1.35 \times 0.4 \times Q_{vert}$
- $1.00/1.35 \times (G+G') + 1.5 \times T_k + 0 / 1.35 \times 0.4 \times Q_{vert}$

Cependant, l'Entrepreneur présentera une vérification de la compatibilité du remplacement des AAEF selon les combinaisons d'actions des Eurocodes.

5.4 NOUVELLE COUCHE DE ROULEMENT

5.4.1 CHAUSSEE SUR OUVRAGE

Il est rappelé le nouveau complexe de chaussée/étanchéité mis en œuvre sur l'ouvrage :

- un bouche pores (une couche d'environ 800 à 1000g/m²) ;
- une nouvelle couche d'étanchéité type FPM (d'environ 4mm d'épaisseur) ;
- une couche de roulement en béton bitumineux (d'environ 5 à 7 cm d'épaisseur).

Pour la mise en œuvre du complexe d'étanchéité, des étapes de rabotage et de préparation de surface seront nécessaires. Dans le cas où le béton découvert après rabotage est en mauvais état, il faudra effectuer un ragréage également avant de pouvoir mettre en œuvre le complexe d'étanchéité.

Le dimensionnement de la couche de roulement est basé sur :

- le choix d'un produit à épaisseur maîtrisée pour l'application,
- le trafic modéré de poids lourds sur l'ouvrage ;
- le confort acoustique avantageux présenté par le produit compte tenu de la localisation de l'ouvrage (urbaine) avec habitations à proximité ;
- une majoration du trafic de +30% pour sécuriser sa durabilité dans le temps.

5.4.2 CHAUSSEE SUR VOIES D'ACCES

Les voies d'accès présentent la particularité d'une reprise partielle des couches de forme de la plateforme du fait de la nécessité d'une tranchée pour réaliser la bêche de la longrine.

Pour reconstituer localement la plateforme, il est prévu la :

- Mise en œuvre d'une couche de forme en GNT 0/31.5 ou 0/63 sur 20 cm puis compactage avec un petit compacteur ;
- Mise en œuvre de deux couches d'assises de type GB classe 4 sur 10 cm chacune puis compactage,
- Mise en œuvre du complexe de chaussée identique à celui sur ouvrage.

L'entrepreneur prendra soin de décaler transversalement les extrémités des différentes couches de façon à ne pas avoir de joint froid continu sur toute la hauteur de la structure de chaussée.

5.5 VERIFICATION DES JOINTS DE CHAUSSEE

Il existe une mise en butée de l'ouvrage sur les culées C0 et C0'. Les travaux correspondants à la suppression de la butée de l'ouvrage sur le garde-grève sont à intégrer dans le cadre des remplacements des joints de chaussée.

Le coefficient de dilatation thermique linéaire α_{th} est pris égale à **12 x 10⁻⁶ m/°C** (pour T ≤ 100° C). Cela correspond à des ouvrages de type « structures métalliques » et par simplification cette valeur est prise pour le béton lors du calcul des variations des longueurs du pont. Le séisme n'est pas à considérer dans le calcul.

Rappel du schéma fonctionnel de l'ouvrage :

On rappelle que l'ouvrage est constitué de 2 tabliers indépendant de type tablier « mixte », bien que la dalle ne soit pas participante.

Les tabliers sont nommés : tronc « commun » à l'Ouest et tronc « bretelles » à l'Est.

Sur chacun des troncs, la pile centrale est complètement encastrée (tablier + pile + fondations) et sera considérée comme point fixe de la structure. Les extrémités des tabliers (culées et pile P4) sont équipés

d'élastomères frettés. Leur souplesse permet de distribuer les effets horizontaux agissant sur la structure. Les autres piles intérieures sont considérées comme souple et ne bridant pas la structure.

Le tronc bretelle est spécifique. Il est en forme de Y mais les dimensions étant relativement semblables, l'analyse se fera avec une seule des deux branches du Y. De plus, la pile P3 est équipée d'appuis en élastomères frettés également. Cependant, pour maximiser le souffle dans le joint, leur raideur horizontale sera négligée ici.

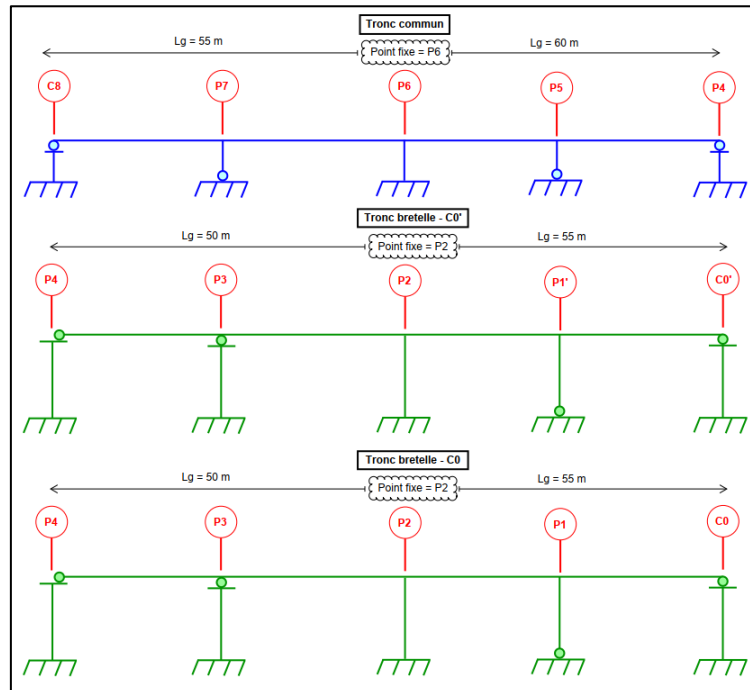


Figure 2 : Schéma fonctionnel et point fixe des tabliers

5.5.1 COMBINAISON D'ACTIONS

Les combinaisons théoriques utilisées sont celles de l'Eurocodes et rappelées ci-dessous.

Synthèse extension / raccourcissement :
 Fluage - C (inclus dans G et *1.0 ELU)
 Retrait - S (inclus dans G et *1.0 ELU)
 Thermique - T_k
 Trafic fréquent (y.c. trottoir) - $Q_{k-fq+trot}$
 Trafic fréquent (n.c. trottoir) - Q_{k-fq}
 Trafic caractéristique (y.c. trottoir) - Q_{k-c}
 Freinage - Q_{fk}
 Séisme - E_d

Dimensionnement ELS du joint de chaussée :
 ELS 1 : $(C + S) + Q_{k-c} + 0.6 * T_k$
 ELS 2 : $(C + S) + Q_{k-fq} + Q_{fk} + 0.6 * T_k$
 ELS 3 : $(C + S) + T_k + Q_{k-fq+trot}$
 ELS 4 : $(C + S) + 0.5 * T_k + 0.4 * E_d$ (séisme fréquent)
Souffle ELS = enveloppe ELS 1 à 4

Dimensionnement ELU du joint de chaussée :
 ELU 1 : $(C + S) + 1.35 * Q_{k-c} + 0.9 * T_k$
 ELU 2 : $(C + S) + 1.35 * (Q_{k-fq} + Q_{fk}) + 0.9 * T_k$
 ELU 3 : $(C + S) + 1.5 * T_k + 1.35 * Q_{k-fq+trot}$

Figure 3 : Combinaisons de calcul pour les joints

5.6 SUPPORT D'ANCRAGE DE PPHM

Sont concernés par ce dimensionnement les massifs d'ancrage du haut mât et de la potence situés après la rampe d'accès de la culée C8 et par cette vérification de l'existant le poteau Nord de la pile P3 qui accueille le haut mât initialement situé en P4.

Le dimensionnement de la stabilité externe est réalisé à partir d'hypothèses de sol conservatrices et de justifications aux Eurocodes, l'ensemble défini par l'Entrepreneur et validée par le MOE.

Documents de référence :

- Norme sur la Signalisation routière verticale – Portiques, potences et hauts mâts - Partie 1 : Spécifications de calcul, mise en œuvre, contrôle, maintenance, surveillance XP P 98-550-1 ;
- Eurocode 0 – Bases de calcul des structures NF EN 1990 ;
- Eurocode 2 – Calcul des structures en béton NF EN 1992-1-1 ;
Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments NF EN 1992-4 ;
Partie 2-4 Conception et calcul des éléments de fixation pour béton ;
- Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-8 : Calcul des assemblages NF EN 1993-1-8 ;
- Eurocode 9 – Calcul des structures en aluminium – Partie 1-1 : Règles générales NF EN 1999-1-1 ;
- Eurocode 9 – Calcul des structures en aluminium – Partie 1-3 : Structures sensibles à la fatigue NF EN 1999-1-3 ;
- Article Setra de juillet 2005 – Analyse fatigue PPHM ("Proposition pour la vérification à la fatigue des Portiques Potences et Hauts Mâts").

La durée de vie des équipements de signalisation est de 50 ans.

6 JUSTIFICATIONS PROPRES AUX EPREUVES

Pour valider le bon comportement des modifications apportées à l'ouvrage, les recommandations du guide technique « Epreuves de chargement des ponts-routes et passerelles piétonnes » de mars 2004 du Sétra sont applicables.

Le titulaire établit la note de calcul et propose le programme des épreuves. Cette note et ce programme sont soumises au visa du maître d'œuvre.

Le titulaire fournira également le compte rendu des épreuves. Il fera une analyse qualitative du comportement général de l'ouvrage, s'assurera du bon comportement des AAEF, notamment du bon contact sur ouvrage, ainsi qu'une vérification d'absence d'apparition de désordres après les épreuves, notamment sur les bossages d'appui.

Le titulaire doit fournir et installer à ses frais en se conformant aux prescriptions du maître d'œuvre, les échafaudages et passerelles nécessaires pour visiter les différentes parties des ouvrages au cours des essais (appuis, faces latérales et intrados du tablier).

Le maître d'œuvre assure les inspections des ouvrages de manière contradictoire avec le titulaire.

La fourniture des charges de chaussée est à la charge de l'entreprise.

Les véhicules constituant ces charges doivent présenter leur fiche de pesée avant le démarrage des épreuves.