

MAITRE D'OUVRAGE  PRÉFET DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE Liberté Égalité Fraternité Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Nouvelle-Aquitaine <i>Cité administrative – Rue Jules Ferry</i> 33090 BORDEAUX CEDEX		ASSISTANCE A MAITRE D'OUVRAGE  INGEROP <i>5, Impasse des Mûrier</i> CS 80012 – 33692 MERIGNAC CEDEX
ARCHITECTE  architectes MOG ARCHITECTES <i>8, rue Esprit des Lois</i> 33000 BORDEAUX	MAITRE D'OEUVRE  setec SETEC <i>42, rue du Général de Larminat</i> 33000 BORDEAUX	ENTREPRISE  EIFFAGE GÉNIE CIVIL EIFFAGE GENIE CIVIL <i>3-7, Place de l'Europe</i> CS 50570 – 78140 VELIZY-VILLACOUBLAY

Conception et Réalisation d'une passerelle modes actifs accrochée au Pont François Mitterrand

Mémoire technique phase PRO

58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NOT_00201 - MT PRO

C	22/08/2025	AVE/RBE	SRI	ADE	Reprises suite aux observations du 25/07/2025 sur dossier PRO définitif
B	28/05/2025	AVE/RBE	SRI	ADE	Deuxième diffusion dossier PRO complet
A	20/04/2025	AVE/RBE	SRI	ADE	Première diffusion dossier PRO anticipé
IND	Date	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par	Observations / Modifications

Émetteurs :



Diffusion :

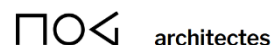


Table des matières

1	Objet du document	7
2	Principales évolutions de la configuration du projet en phase PRO	7
3	Documents de référence.....	9
4	Présentation du projet	11
4.1	Contexte.....	11
4.2	Localisation de l'ouvrage	12
4.3	Historique du projet.....	13
4.4	Données d'entrée disponibles pour la mission.....	14
4.5	Règlements et guides applicables.....	15
4.5.1	Dimensionnement et justification de la passerelle (ouvrage neuf)	15
4.5.2	Justification du pont F. Mitterrand	15
4.5.3	Dimensionnement des renforcements du pont F. Mitterrand.....	16
4.5.4	Prise en compte de l'aléa sismique	16
5	Inventaire des contraintes du projet.....	17
5.1	Contraintes fonctionnelles.....	17
5.1.1	Contraintes géométriques et de circulation sur la passerelle.....	17
5.1.2	Contraintes de navigation sur la Garonne.....	19
5.2	Exigences relatives au comportement vibratoire	19
5.3	Contraintes d'implantation et de raccordement	19
5.3.1	Rive gauche	20
5.3.2	Rive droite	22
5.3.3	Contraintes d'équipements.....	23
5.4	Contraintes de site.....	24
5.4.1	Contraintes topographiques	24
5.4.2	Contraintes sismiques	24
5.4.3	Contexte géologique	24
5.4.4	Modèle géotechnique retenu	30
5.4.5	Contraintes des réseaux existants.....	31

5.4.6	Contraintes foncières définitives	31
5.4.7	Contraintes foncières provisoires	32
5.4.8	Contraintes hydrauliques – risque d’inondation	33
5.5	Contraintes d’exploitation	34
5.5.1	Contraintes d’exploitation fluviale	34
5.5.2	Contraintes d’exploitation routière.....	34
5.6	Contraintes environnementales	36
5.6.1	Mesures d’évitement	36
5.6.2	Mesures de réduction	37
5.6.3	Mise à jour du PAC	37
6	Description du pont François Mitterrand	39
6.1	Géométrie du pont François Mitterrand	39
6.2	Précontrainte du pont François Mitterrand	45
6.3	Appareils d’appui du pont François Mitterrand	50
7	Description de la passerelle	53
7.1	Description générale et principe de conception.....	53
7.2	Calage altimétrique de la passerelle	55
7.3	Présentation du profil en long de l’ouvrage	59
7.4	Géométrie et espacement des consoles.....	61
7.4.1	Charpente métallique des consoles	64
7.4.2	Protection anti-corrosion des consoles.....	69
7.5	Liaison aux voussoirs.....	70
7.5.1	Principe d’accrochage des consoles	70
7.5.2	Ancrage haut	72
7.5.3	Ancrage bas	78
7.6	Contreventement d’ensemble de la passerelle	80
7.7	Platelage en BFUP	81
7.7.1	Géométrie	81
7.7.2	Système d’appui des platelages	83

7.7.3	Joints entre platelages	85
7.7.4	Principe et système de précontrainte	88
7.7.5	Tracé des câbles de précontrainte	89
7.7.6	Ancrage des torons précontraints	89
7.7.7	Le BFUP un produit innovant, bas carbone et pérenne !	90
7.8	Platelage des belvédères	92
7.9	Platelage métallique	93
7.10	Les équipements	96
7.10.1	Les garde-corps	96
7.10.2	Les joints de dilatation – distance platelage/culée	98
7.10.3	Les appareils d'appui	99
7.10.4	Assainissement de la passerelle	100
7.10.5	Assainissement du pont F. Mitterrand	100
7.10.6	Surface de roulement – revêtement du platelage	101
7.10.7	Banc pour belvédère	102
7.10.8	Les prototypes	102
7.10.9	Dispositif anti-graffiti	103
7.10.10	L'éclairage de la passerelle	103
8	Renforcement du pont François Mitterrand	104
8.1	Approche et méthodologie de justification de l'ouvrage existant et de dimensionnement des renforcements	104
8.2	Renforcement par précontrainte additionnelle	107
8.3	Renforcement local en matériaux composites	113
8.3.1	Choix du procédé	113
8.3.2	Conclusions sur le renforcement en tissu de carbone	114
8.3.3	Mise en œuvre	117
8.3.4	Adhérence du support béton	118
9	Raccordement en rive gauche	119
9.1	Aménagement de la piste	119

9.2	Appui du platelage de la passerelle en rive gauche	122
9.2.1	Solution de base	122
9.2.2	Solution variante	127
9.3	Accès aux locaux techniques sous plateforme en rive gauche	131
9.4	Accès sous la passerelle par le chemin de halage.....	131
9.5	Intervention pour hydrocurage des cheneaux	132
9.6	Dimensionnement de la piste cyclable de raccordement à l'ouvrage.....	133
9.7	Nettoyage à la balayeuse.....	134
9.8	Interface avec le Projet Réseau Vélo Express ReVE2 – Bordeaux Métropole.....	136
10	Raccordement en rive droite	137
10.1	Le muret de digue du chemin du bord de l'eau	137
10.2	La piste cyclable à reprofiler	138
10.3	Renaturation en rive droite.....	140
11	Les accès du SDIS	142
12	Actions prises en compte pour le dimensionnement de la passerelle	142
12.1	Actions sur l'ouvrage existant	142
12.1.1	Charges permanentes	142
12.1.2	Charges d'exploitations de l'ouvrage existant	143
12.1.3	Autres charges variables sur ouvrage existant.....	143
12.1.4	Actions sismiques sur l'ouvrage existant	143
12.2	Actions sur la passerelle.....	144
12.2.1	Charges permanentes	144
12.2.2	Charges variables	145
13	Entretien et maintenance des ouvrages	146
13.1	Voies d'accès	146
13.2	Visite du tablier du viaduc.....	148
13.2.1	Accès en intrados du tablier	148
13.2.2	Accès en extrados du tablier	149
13.3	Inspection de la structure de la passerelle	149

13.4	Visite des appuis	150
13.4.1	Piles	150
13.4.2	Culées	150
13.4.3	Protection antivandalisme	150
13.5	Inspection des équipements	151
13.6	Un platelage démontable	151
13.7	Protection anti-graffiti du parement béton du caisson du viaduc	152

1 Objet du document

Le présent document est le mémoire technique de phase PRO pour le projet de la passerelle modes actifs accrochée au pont François Mitterrand.

Dans un premier temps nous détaillerons les données d'entrée, les différentes contraintes relatives au projet et à l'insertion de l'ouvrage dans son contexte, ensuite nous décrirons le pont existant François Mitterrand et finalement détaillerons la passerelle en projet sous ses aspects fonctionnels et techniques, ainsi que les des aménagements associés.

Les modalités de construction de la passerelle sont décrites dans le mémoire technique PRO spécifique aux méthodes.

2 Principales évolutions de la configuration du projet en phase PRO

La phase PRO a été l'occasion d'approfondir un certain nombre de sujets identifiés lors de la phase AVPD. Ces sujets ont pour la plupart fait l'objet de présentations intermédiaires auprès du MOA et de ses AMO. Concernant la charpente :

- Maintien de barres de précontraintes diamètre 50. Pour ce sujet, se reporter au §7.5.2.
- Revue du dimensionnement de la charpente en lien avec l'étude vibratoire de l'ouvrage et au passage à une hauteur libre de 3,00m ;
- Simplification et rigidification de l'appui inférieur ;
- Définition des conditions de réglages géométriques de l'ouvrage.

Concernant la solution de platelage BFUP :

- Passage en technologie par post tension, modifiant la géométrie du platelage, dans le principal objectif de sécuriser les délais de préfabrication ;
- Mise au point du détail de joint entre platelage, valable pour une large gamme de valeur d'ouverture ;
- Vérification des conditions d'accroche des gardes corps sur les nervures de rives du platelage ;
- Passage des platelages d'abouts en métal.

Concernant le tablier existant :

- Mise au point des méthodes et accord de la DIRA pour la mise en provisoire des réseaux présents dans le tablier ;
- Mise au point du DESC et des contraintes associées ;

- Vérification du pont existant – La vérification ELU du pont sans passerelle n'est pas vérifiée. Face à ce constat non identifié au programme, nous avons fait le choix de monter une note dédiée qui présente notre approche du sujet.

Concernant la rive droite :

- Prise en compte des remarques et demande de dispositions spécifiques et complémentaires de la GEMAPI exprimées dans le cadre du PAC ;
- Précision sur le projet de compensation et de renaturation ;
- Le réseau AEP, de catégorie C, n'a pas pu être précisément implanté à date. Des investigations complémentaires sont prévues avec une potentielle demande de dévoiement à venir selon sa localisation.

Concernant la rive gauche :

- Intégration d'une solution directe en rive gauche s'appuyant sur les palplanches existantes et permettant de limiter au mieux les conséquences de la découverte de locaux techniques non identifiés au marché ;
- Définition de la piste pour la DIRA connectée à l'échangeur.

Concernant l'architecture :

- Simplification du profil en long de l'ouvrage ;
- Prise en compte des remarques de l'AVPD ;
- Mise au point détaillé du garde-corps.
- Proposition d'équipement des belvédères et proposition d'un maille anti-graffiti en variante (suite demande MOA)

Concernant les méthodes :

- Mise au point d'un équipement mobile pour améliorer les cadences de poses, la sécurité des opérations et limiter la gêne occasionnée sur la rocade.

Confirmation que les hypothèses prises lors des études de précontraintes en PRO anticipé sont confirmées au stade du PRO définitif.

3 Documents de référence

- **Programme, cahier de charge et données d'entrée**

- [1] Programme de l'opération – version V10 – 02 avril 2024
- [2] Annexe 3_Pont François Mitterrand_STM-V5 : Spécifications techniques marché
- [3] Dossier de récolement du pont F. Mitterrand (plans et notes de calcul)
 - Dossier des inspections périodiques de l'ouvrage :
- [4] IDP 2014 (Cerema),
- [5] IQOA 2018 (DIRA),
- [6] IDP 2021 (Getec)
 - Dossier des investigations de l'ouvrage :
- [7] Analyse de la précontrainte extérieure 2021 (Cerema),
- [8] Diagnostic bétons, précontrainte et chaussée 2022 (Sixense)

- **Cadre réglementaire**

- Pour l'ouvrage existant :
 - [9] CCTG – Fascicule 61 – Titre II : « Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art – Programmes de charges et épreuves des ponts-routes »
 - [10] CCTG – Fascicule 62 – Titre I – Section II : « Règles B.P.E.L. 83 : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites »
 - [11] CCTG – Fascicule 62 – Titre I – Section I : « Règles B.A.E.L. 83 : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites »
- Pour l'ouvrage neuf :
 - [12] Fascicules du CCTG
 - [13] Corpus des Eurocodes
 - [14] NF P 18-710 « Complément national à l'Eurocode 2 – Calcul des structures en Béton : règles spécifiques pour les BFUP »
 - [15] NF P 18-470 « Bétons fibrés à Ultra Hautes Performances – Spécification, performance, production et conformité »
 - [16] NF P18-451 « Bétons - Exécution des structures en béton - Règles spécifiques pour les BFUP »
 - [17] NF P 95-104 « Ouvrages d'art — Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie – Spécifications relatives à la technique de précontrainte additionnelle »
 - [18] Décret n°2010-1254 du 22/10/2010 relatif à la prévention du risque sismique ;

- [19] Décrets n°2010-1255 du 22/10/2010 et n°2015-5 du 06/01/2015 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- [20] Arrêté du 26/10/2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux ponts de la classe dite à « risque normal ».

- **Dossier d'études de conception PRO (setec)**

- [21] 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NOT_00201 - Mémoire technique PRO
- [22] 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NHY_00202 - Note d'hypothèses générales
- [23] 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NTT_00203 - Note calage modèle calcul global
- [24] 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00204 – Note de calcul PRO platelage BFUP
- [25] 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00205 – Note de calcul PRO charpente métallique
- [26] 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00206 - Note de justification précontrainte additionnelle
- [27] 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00207 - Note de justification renforcement composite
- [28] 58039_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00208 – Note de calcul PRO platelages extrémités
- [29] 58039_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00209 – Note de calcul PRO études complémentaires
- [30] 58039_ALS_PRO_GEN_GEN_NOT_00210 – Mémoire G2 PRO
- [31] 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_PLA_00211 - Cahier de plans techniques PRO
- [32] 58038_ALS_PRO_RSX_GEN_NOT_00217 – Mémoire technique PRO dévoiement réseaux

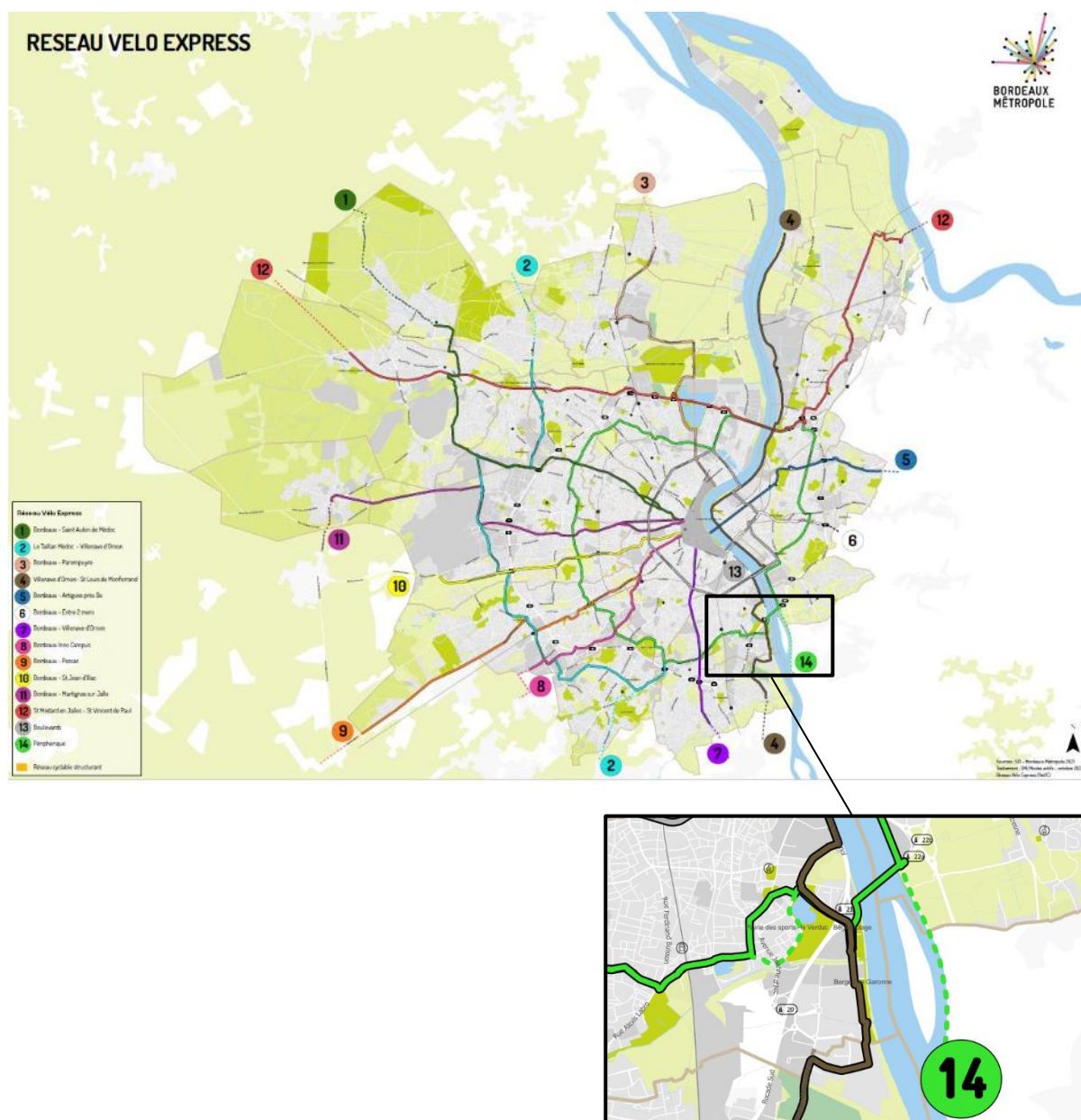
4 Présentation du projet

4.1 Contexte

Le pont François Mitterrand, anciennement viaduc d'Arcins, assure le franchissement de la Garonne par la rocade A630-RN230 de Bordeaux. Il s'agit d'un pont à deux tabliers indépendants en béton précontraint à voussoirs réalisés entre 1992 et 1993. Chaque tablier porte actuellement 3 voies de circulation.

Une piste cyclable était présente en rive de son tablier en amont, jusqu'en 2018. Après sa suppression, un projet de passerelle a été lancé en 2020 pour restaurer la continuité des voies cyclables.

Le présent projet vise à restituer cette liaison REV 14 par le biais d'une passerelle accrochée latéralement sur le pont François Mitterrand.



4.2 Localisation de l'ouvrage

Le pont François Mitterrand est situé sur la commune de Bouliac en rive droite et sur la commune de Bègles en rive gauche.

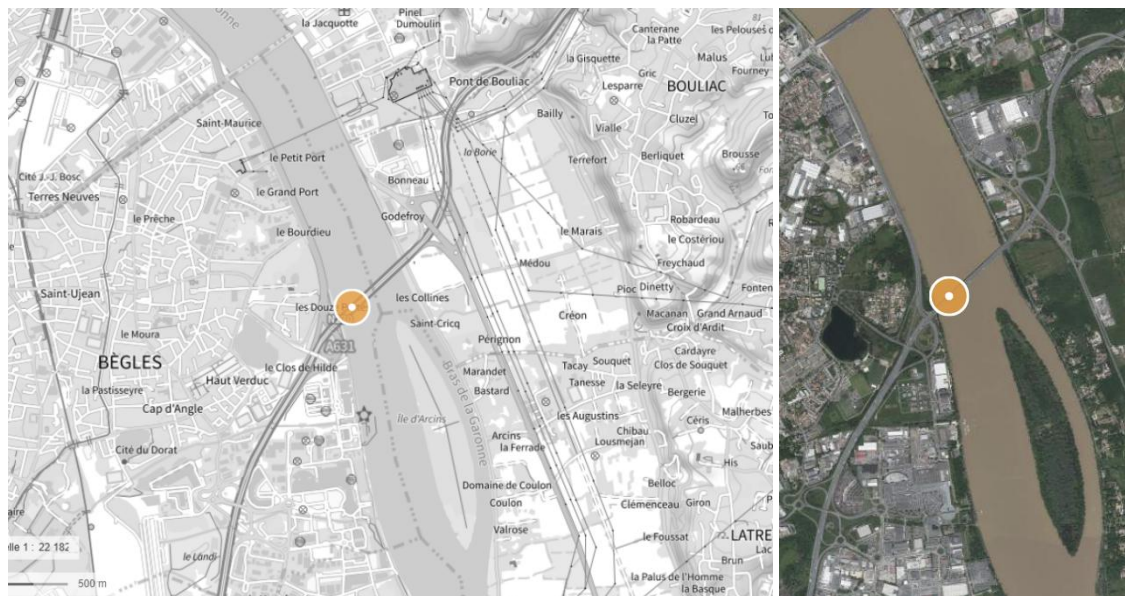


Figure 1 : Localisation du pont François Mitterrand (commune de Bouliac et Bègles)

Dans la continuité de l'ouvrage principal, le pont François Mitterrand, il se trouve un ouvrage courant type pont dalle à 2 travées qui permet le franchissement de la route du bord de l'eau par la rocade A630-RN230 de Bordeaux.

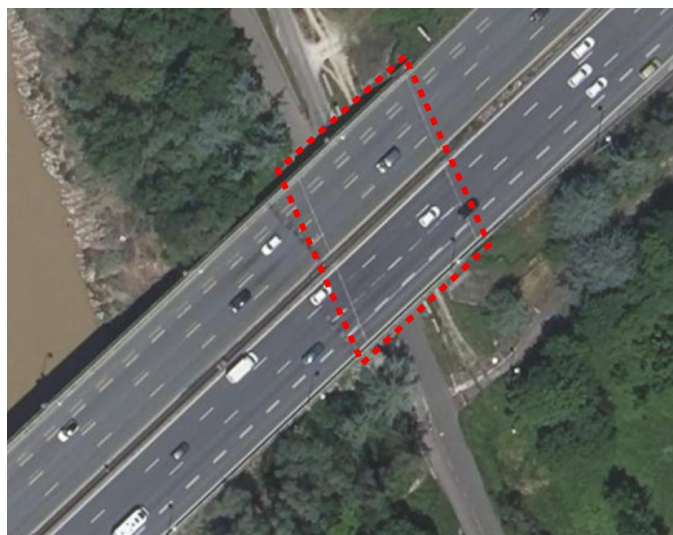


Figure 2 : Ouvrage franchissant la route du bord de l'eau

4.3 Historique du projet

Nous rappelons les dates clés de la piste cyclable sur le pont François Mitterrand, dont le choix de du rétablissement a conduit l'Etat et Bordeaux Métropole d'engager notre groupement dans la mission de conception et réalisation :

- 7 décembre 1993 : inauguration du pont d'Arcins et de sa piste cyclable
 - L'ouvrage est inauguré dans le cadre de la réalisation de la rocade de Bordeaux. Il offre 3 voies de circulation en sens intérieur et 2 voies de circulation + 1 voie d'insertion + 1 piste cyclable en sens extérieur.
- 1997 : Mise à 2 x 3 voies de l'A 630 entre les échangeurs n°19 et 21
 - L'A630 est mise à 2 x 3 voies sur la section comprise entre les échangeurs 19 et 21, au niveau de Bègles. Le pont François Mitterrand (rebaptisé en 1997) constitue un « pincement » dans le sens extérieur. Avec 70 000 véhicules/jour dont 14 % de poids lourds, la réduction ponctuelle de 3 à 2 voies est un important facteur de congestion.
- 2018 : Plan d'urgence Mobilité de Bordeaux Métropole
 - Face aux difficultés de circulation sur la rocade de Bordeaux, l'État et Bordeaux Métropole s'accordent sur le « Plan d'urgence Mobilité Bordeaux Métropole ». Dès l'été 2018, des travaux permettent la mise à 2 x 3 voies du pont en sens extérieur et la création d'une voie d'entrecroisement entre les échangeurs 21 et 22. Les effets positifs sur la circulation automobile sont notables mais le franchissement cycliste le plus au sud de l'agglomération (300 cyclistes/jour) est supprimé.
- 2020 : Décision de rétablir le franchissement pour les modes actifs
 - Dans le cadre de son 3^{ème} Plan vélo métropolitain, Bordeaux Métropole porte le développement du réseau vélo express (ReVE), avec 14 itinéraires à haut niveau de service. 15000 cyclistes franchissent déjà la Garonne chaque jour et la pratique connaît une forte croissance. L'État et Bordeaux Métropole décident de recréer un franchissement dédié aux modes actifs (cyclistes et piétons) au niveau du pont François Mitterrand. Les 2 entités partagent à 50/50 le financement de l'équipement, dont l'État assurera la réalisation en tant que maître d'ouvrage, via la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Nouvelle-Aquitaine. L'ouvrage sera remis à Bordeaux Métropole après sa construction.
- 20 juin au 18 juillet 2022 : Concertation du public sur le projet de passerelle
 - L'État consulte le public sur les objectifs et les caractéristiques de l'équipement, en amont du lancement du marché de conception-réalisation.

- Début 2023 : lancement d'un appel d'offre de conception-réalisation pour la passerelle modes actifs accrochée au pont François Mitterrand
- 12 janvier 2014 : remise de l'offre V1 de notre groupement Eiffage – setec als – MOG
- 24 octobre 2024 : notification du marché de conception-réalisation pour notre groupement

4.4 Données d'entrée disponibles pour la mission

Les données d'entrées de cette étude sont :

- [1] Programme de la mission et ses annexes :
 - Programme de l'opération – version V10 – 02 avril 2024
 - Annexe 1a : « Etude d'incidence Natura 2000 » - Biotopie – 22 décembre 2021
 - Annexe 1b : « Annexe action 1.2 : Réseau Vélo Express (ReVE) référentiel d'aménagements »
 - Annexe 1e : « Arrêté portant règlement particulier de la police de navigation intérieure sur les rivières Garonne, Dordogne et Isle en Gironde » - Préfet de la Gironde – 03 octobre 2014
 - Annexe 1f : Note interface CSPS
 - Annexe 1g : « Réflexion sur l'harmonie entre l'ouvrage et une passerelle projetée sur l'ouvrage » - Note F.Zirk – Architecte DPLG – juillet 2014
 - Annexe 1h : Analyse juridique Greenlaw – Avocats 14 janvier 2021
- [2] « Études et travaux d'une passerelle modes actifs accrochée au pont François Mitterrand - Spécification Techniques Minimales » - Version 1 – 10 janvier 2023
- [3] Les données topographiques de la zone du projet ;
- [4] Le dossier de récolement du pont François Mitterrand et de l'ouvrage annexe (*il est à noter que certains documents listés dans les sommaires de notes et plans DOE sont manquants*) ;
- [5] L'étude de faisabilité du CEREMA/ DterSO d'avril 2014 ;
- [6] Les Inspections Détaillées Périodiques : 2014 (CEREMA), 2021 (Getec-IDF) ;
- [7] Le procès-verbal de visite IQOA 2018 DIR-Atlantique ;
- [8] Le rapport d'investigations des bétons, de la précontrainte et de la chaussée du pont François Mitterrand, réalisé par SIXENSE ENGINEERING en 2022 ;
- [9] Rapport d'analyse de la précontrainte extérieure – CEREMA 2021 ;
- [10] « Etudes préliminaires passerelle mode actifs accrochée au pont François Mitterrand – Note technique » Ingérop 2022

- [11] « Etudes préliminaires passerelle mode actifs accrochée au pont François Mitterrand – Vérification de l'ouvrage existant » Ingérop 2022
- [12] Le rapport des travaux de création d'une passerelle cyclable accrochée au pont Mitterrand ANTAGROUP ;
- [13] Le rapport Biotope d'incidence Natura 2000.

4.5 Règlements et guides applicables

4.5.1 Dimensionnement et justification de la passerelle (ouvrage neuf)

Le cadre réglementaire applicable pour la conception structurale et géotechnique de l'ouvrage neuf se compose des documents suivants :

- [1] Fascicules du CCTG
- [2] Corpus des Eurocodes
- [3] NF P 18-710 « Complément national à l'Eurocode 2 – Calcul des structures en Béton : règles spécifiques pour les BFUP »
- [4] NF P 18-470 « Bétons fibrés à Ultra Hautes Performances – Spécification, performance, production et conformité »
- [5] NF P 18-451 « Bétons - Exécution des structures en béton - Règles spécifiques pour les BFUP »
- [6] NF P 98-405 « Barrières de sécurité routières – Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil - Conception, fabrication, mise en œuvre »
- [7] NF EN 206+A2/CN « Béton : Spécification, performances, production et conformité »
- [8] NF P 94-261 « Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Fondations superficielles »
- [9] NF P 94-262 « Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Fondations profondes »
- [10] Décret n°2010-1254 du 22/10/2010 relatif à la prévention du risque sismique
- [11] Décrets n°2010-1255 du 22/10/2010 et n°2015-5 du 06/01/2015 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français
Arrêté du 26/10/2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux ponts de la classe dite à « risque normal »

4.5.2 Justification du pont F. Mitterrand

La mission comporte la justification de l'ouvrage existant, le pont François Mitterrand, sous l'action complémentaire de la passerelle en projet. Ainsi la justification de l'ouvrage existant est menée sur la base des charges routières prévues à sa conception (Fascicule 61 Titre II) et des charges induites par la passerelle, évaluées suivant l'Eurocode.

Le cadre réglementaire applicable pour la justification de l'ouvrage existant se compose des documents suivants :

- [1] CCTG – Fascicule 61 – Titre II : « Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art – Programmes de charges et épreuves des ponts-routes »
- [2] CCTG – Fascicule 62 – Titre I – Section II : « Règles B.P.E.L. 83 : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites »
- [3] CCTG – Fascicule 62 – Titre I – Section I : « Règles B.A.E.L. 83 : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites »

4.5.3 Dimensionnement des renforcements du pont F. Mitterrand

Les confortements structurels seront conçus et dimensionnés selon le contexte réglementaire actuel, l'Eurocode, et les avis techniques des produits utilisés.

Également la norme suivante est appliquée : NF P 95-104 « Ouvrages d'art — Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie – Spécifications relatives à la technique de précontrainte additionnelle »

4.5.4 Prise en compte de l'aléa sismique

Le pont F. Mitterrand étant antérieur à la réglementation parasismique actuelle, il n'est pas exigé sa mise en conformité sismique dans le cadre du programme de l'opération. Par ailleurs, aucune justification sismique de l'ouvrage existant n'est demandée par le programme de l'opération sous l'action de la passerelle en projet.

La passerelle en projet est classée en catégorie d'importance II au sens de l'arrêté du 26 octobre 2011, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux ponts de la classe dite « à risque normal ». Le projet se situe en zone de sismicité 2 « faible » au sens du décret du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

Ainsi, l'ensemble de la structure de la passerelle doit être conçu et dimensionné pour résister à l'aléa sismique.

5 Inventaire des contraintes du projet

5.1 Contraintes fonctionnelles

5.1.1 Contraintes géométriques et de circulation sur la passerelle

La passerelle devra permettre la circulation des piétons et des cyclistes. La future passerelle devra assurer la continuité de l'itinéraire cyclable présenté sur le réseau « Vélo Express » de la métropole de Bordeaux, notamment pour la ligne 14.

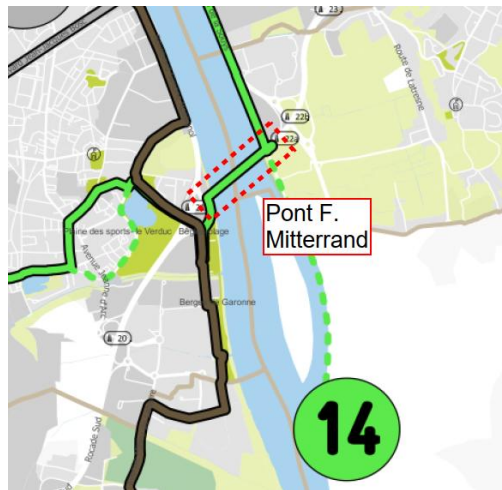


Figure 3: Extrait carte du Réseau Vélo Express

La géométrie de la piste d'accès et de la passerelle sera conforme aux caractéristiques Réseau Vélo Express (ReVE) de Bordeaux Métropole et aux normes PMR (cf. [1]).

Sa **largeur utile est de 3.00m minimum** (distance entre garde-corps). Une **hauteur libre minimale de 3.00m** est à dégager en tout point, afin de permettre le passage d'un véhicule de secours. La **pente maximale longitudinale autorisée est de 4%**, conformément à la réglementation PMR. Cette limitation de pente concerne également les rampes d'accès. Aucune séparation de circulation entre piétons et vélos n'est à prévoir.

L'obstacle franchi par la passerelle est uniquement la Garonne.

La passerelle doit relier les pistes cyclables existantes :

- En rive gauche : sur la piste cyclable indiquée dans la Figure 4.

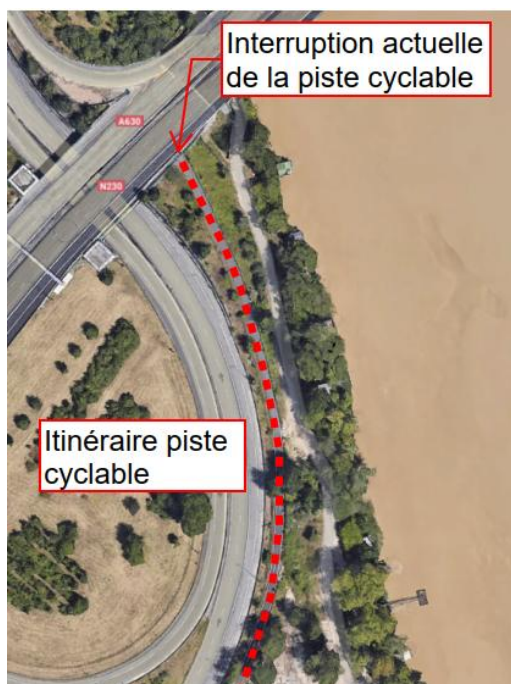


Figure 4: Vue en plan rive gauche (extrait Google Maps)

- En rive droite : sur la piste cyclable indiquée dans la Figure 5.

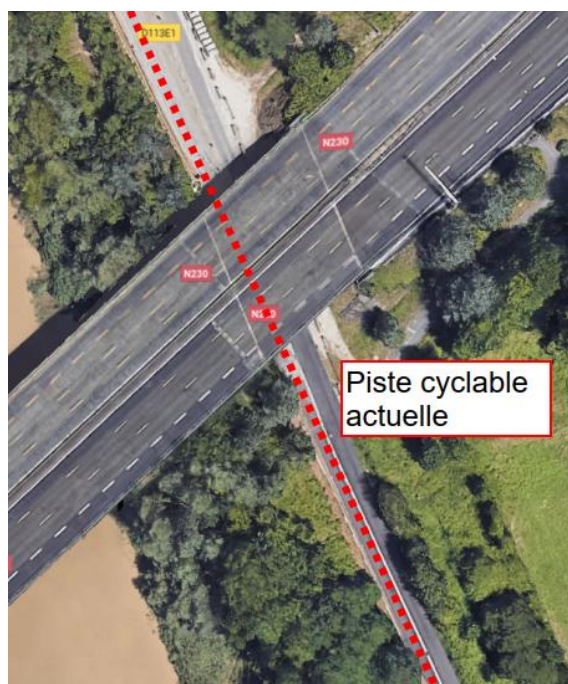


Figure 5: Vue en plan rive droite (extrait Google Maps)

Le programme prévoit également la création de deux belvédères pour 5 personnes minimum, de largeur minimale 1.20 m dont un situé en face de l'île d'Arcins.

5.1.2 Contraintes de navigation sur la Garonne

Les contraintes de navigation sur la Garonne se traduisent par le maintien des passes navigables entre les piles P2-P3 et P3-P4 en phase définitive. Les gabarits des passes navigables sont :

- **Passe 1 : largeur de 10 m, cote altimétrique de +10.85 NGF**
- **Passe 2 : largeur de 25m, cote altimétrique de +9.67 NGF**
- **Passe 3 : largeur de 60 m, cote altimétrique de +9.17 NGF**

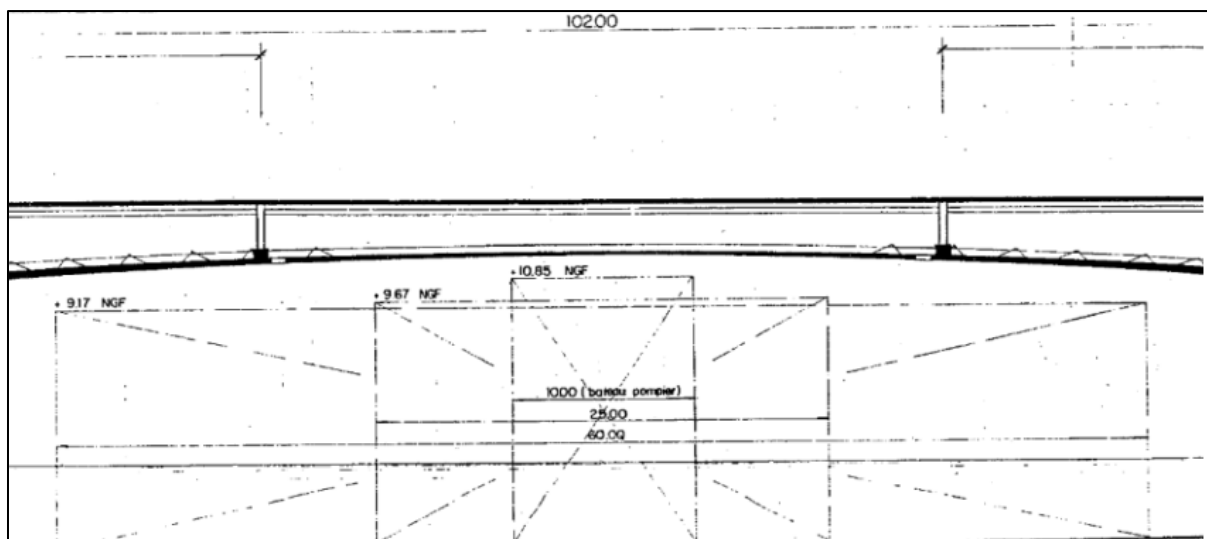


Figure 6: Passes navigables entre les piles P2/P3 et P3/P4 (extrait plans DOE)

5.2 Exigences relatives au comportement vibratoire

Le comportement vibratoire de la passerelle sera évalué en application du guide méthodologique du SETRA (2006) « Passerelles piétonnes – Évaluation du comportement vibratoire sous l'action des piétons » en considérant le pont F. Mitterrand infiniment raide. La passerelle est considérée de classe II (trafic dense soit 0.8 piétons/m2) et le niveau de confort comme moyen.

5.3 Contraintes d'implantation et de raccordement

La passerelle sera accrochée latéralement au tablier amont du viaduc François Mitterrand, elle prendra appui à son extrémité en rive droite au niveau de la digue à proximité de la culée du viaduc et en rive gauche au-dessus de la poutre de couronnement du rideau de palplanches qui limite la plateforme devant la culée C0 du viaduc. Nous décrirons par la suite une proposition de variante permettant d'éviter l'appui sur le rideau de palplanches existantes.

5.3.1 Rive gauche

En rive gauche, les contraintes d'implantation et raccordement se résument ainsi :

- Suivant le référentiel d'aménagement ReVE le rayon en tracé en plan sera de 20m avec ponctuellement : 10m (au niveau d'un point dur) ;
- La plateforme d'accès à la passerelle au droit du sommier rive gauche sera accessible aux piétons et aux cyclistes et devra être aménagée ;
- L'accès par le personnel gestionnaire du viaduc aux sommiers de l'ouvrage sera sécurisé ;
- L'implantation de la passerelle devra permettre un accès aisé aux réseaux existants, notamment au local situé sous la plateforme qui a été identifié lors de la visite de site du 25/11/2024 par l'équipe Eiffage/setec ALS/MOG architectes en présence du MOA. Actuellement cet accès est possible par les trappes situées sur la plateforme, la porte d'accès au niveau de la berge étant condamnée. Le projet prévoit la condamnation de l'accès depuis la plateforme et le maintien d'un accès unique à partir du chemin de halage par le biais du portail du local technique

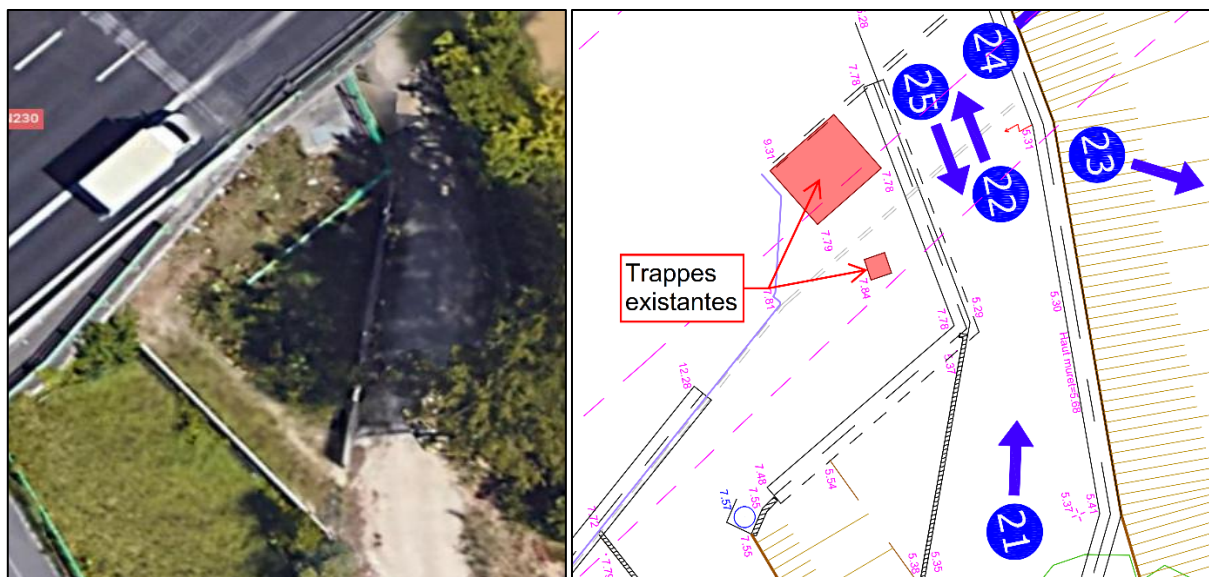


Figure 7: Plateforme du sommier en rive gauche (vue satellite et extrait plan topographique)



Figure 8: Vue du portail d'accès au local technique maintenu



Figure 9: Vue de la plateforme de la culée en rive gauche depuis la piste d'accès

- La passerelle devra se raccorder avec la piste cyclable existante, avant le « point de raccordement » extrême défini par le programme



Figure 10: Point de raccordement extrême en rive gauche

- L'accès à la passerelle ne doit pas empêcher une connexion future vers le Nord de la Garonne le long de la berge.

5.3.2 Rive droite

Côté rive droite, les contraintes d'implantation et raccordement se résument ainsi :

- Le raccordement de la passerelle se fera à la piste cyclable existante longeant la route du bord de l'eau ;



Figure 11: Route du bord de l'eau en rive droite avec sa piste cyclable

- Le raccordement doit être avant le point extrême défini par le programme ;



Figure 12: Point de raccordement extrême en rive droite

- L'accès en rive droite devra permettre un raccordement aisé en cas de prolongement de la piste cyclable vers la voie verte des Palus.
- En fonction de l'aménagement retenu il pourrait être nécessaire une adaptation par rehaussement des regards et trappes de visite existantes sur la piste cyclable de la Route du Bord de l'Eau.

5.3.3 Contraintes d'équipements

Les équipements pouvant contraindre l'implantation de la passerelle sont :

- Les panneaux de signalisation présents sur la rive amont du pont ;
- Les candélabres disposés tous les 30 m environ ;
- Les dispositifs de retenue de type BN4 ;
- Les corniches préfabriquées en rive de l'ouvrage avec localement des corniches élargies au droit des panneaux de signalisation ou des candélabres ;
- Les équipements situés à l'intérieur du caisson ;
- Les descentes d'eau du viaduc, à travers l'encorbellement de son hourdis.

5.4 Contraintes de site

5.4.1 Contraintes topographiques

Les données altimétriques qui interviennent dans la définition du profil en long de la passerelle sont :

- La zone de raccordement en rive gauche : le niveau altimétrique de la plateforme au niveau de la culée C0 (ouest) est environ 7.80 m NGF ;
- La zone de raccordement en rive droite : du droit de la zone de la passerelle la route du Bord de l'Eau est à 4.30 m NGF.

5.4.2 Contraintes sismiques

Le projet est situé en zone de sismicité 2 faible, selon la carte d'aléa sismique du décret du 22 octobre 2010.

L'accélération au rocher est ainsi égale à $a_{gr} = 0.70 \text{ m/s}^2$.

La passerelle est classée en catégorie d'importance II, au sens de l'arrêté du 26 octobre 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux ponts de la classe dite à risque normal.

Une vérification sous séisme est donc requise dans la conception et dimensionnement de la passerelle.

5.4.3 Contexte géologique

Les données BRGM du secteur du projet sont disponibles à la consultation et rappelées par la suite.



Figure 13: Carte géologique imprimée au 1/50 000° (BRGM)

Légende :

Fyb : Formations fluviales. Argiles des Palus (argiles limoneuses et tourbeuses)

Fxc : Système de la Garonne : sables, graviers et galets



Figure 14: Localisation des sondages de la Banque du Sous-Sol

Les sondages disponibles dans la banque du Sous-sol sont les suivants.

En rive droite :

Identifiant national de l'ouvrage
BSS001ZLTB
Ancien code - avant 2017
08273X0352
Log géologique numérisé

Identifiant national de l'ouvrage
BSS001ZLTA
Ancien code - avant 2017
08273X0351
Log géologique numérisé

Nombre de niveaux : 6		
Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 1,3 m	REMBLAIS	IMPRECIS
De 1,3 à 4,4 m	ARGILE PLASTIQUE GRIS CLAIR VASARDE	FLANDRIEN
De 4,4 à 7,7 m	SABLE LIMONEUX GRISATRE ET ARGILE VASARDE GRISATRE	FLANDRIEN
De 7,7 à 13,7 m	ARGILE LIMONEUSE MOU UN PEU ORGANIQUE, A DEBRIS VEGETAUX	FLANDRIEN
De 13,7 à 15,5 m	SABLE VASARD GRIS BLEU AVEC QUELQUES GRAVIERS	de FLANDRIEN a WURM
De 15,5 à 18,5 m	GRAVIER SABLEUX GRIS CLAIR PROPRE	WURM

Nombre de niveaux : 3		
Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 15,5 m	ARGILE VASARDE	FLANDRIEN
De 15,5 à 18,5 m	SABLE GROSSIER GRAVELEUX	WURM
De 18,5 à 23,5 m	MARNE	OLIGOCENE

En rive gauche :

Identifiant national de l'ouvrage
BSS001ZMCM

Ancien code - avant 2017
08273X0604

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux : 11

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 1,1 m	Remblais sablo-graveleux marron avec fragments beiges et rouges	
De 1,1 à 1,2 m	Argiles sableuses marron	
De 1,2 à 2 m	Argiles marron grises	
De 2 à 2,5 m	Argiles marron légèrement sableuses, humides	
De 2,5 à 2,8 m	Argiles marron grises	
De 2,8 à 3 m	Sables gravo-argileux gris	
De 3 à 4 m	Sables gris à marron légèrement graveleux	
De 4 à 4,6 m	Graves marron	
De 4,6 à 4,7 m	Sables graveleux beiges	
De 4,7 à 5 m	Marnes beiges tendres	
De 5 à 10 m	Alternances de marnes tendres et de calcaires gris	

Identifiant national de l'ouvrage
BSS001ZMCH

Ancien code - avant 2017
08273X0600

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux : 6

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 0,5 m	Remblais sablo-graveleux légèrement argileux grisâtre, nombreux débris calcaires et végétaux	
De 0,5 à 2 m	Remblais argileux marron à quelques graves et passages sableux, présence de briques rouges et débris	
De 2 à 3 m	Argiles marron	
De 3 à 3,5 m	Argiles marron et grises	
De 3,5 à 4,5 m	Argiles vasardes grisâtres avec quelques débris végétaux	
De 4,5 à 5 m	Argiles marneuses grises à verdâtres (calcaires altérés)	

Identifiant national de l'ouvrage
BSS001ZLSQ

Ancien code - avant 2017
08273X0341

Log géologique numérisé

Nombre de niveaux : 4

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 1 m	REMBLAI	IMPRECIS
De 1 à 3,2 m	ARGILE VASARDE	FLANDRIEN
De 3,2 à 4,7 m	SABLE GRAVELEUX	WURM
De 4,7 à 10 m	MARNE	OLIGOCENE

D'après la carte géologique au 1/50 000^e du BRGM et les données de la Banque du Sous-Sol la géologie consiste en :

- Une première couche de remblais d'1m d'épaisseur environ ;
- Des argiles marrons vasardes jusqu'à environ 4.5m de profondeur (Argiles des Palus, noté Fyb sur la carte) ;
- Des sables graveleux jusqu'à environ 5m de profondeur (Système de la Garonne, noté Fxc sur la carte) ;
- Le substratum marneux à partir de 5m.

Les alluvions argileuses et sableuses étant plus épaisses en rive droite, le substratum marneux est atteint plus rapidement en rive gauche.

Pour le dimensionnement des appui de la passerelle, deux sondages pressiométriques ont été réalisés à proximité de chaque appui de la passerelle sur 10m de profondeur avec 1 essai tous les mètres :

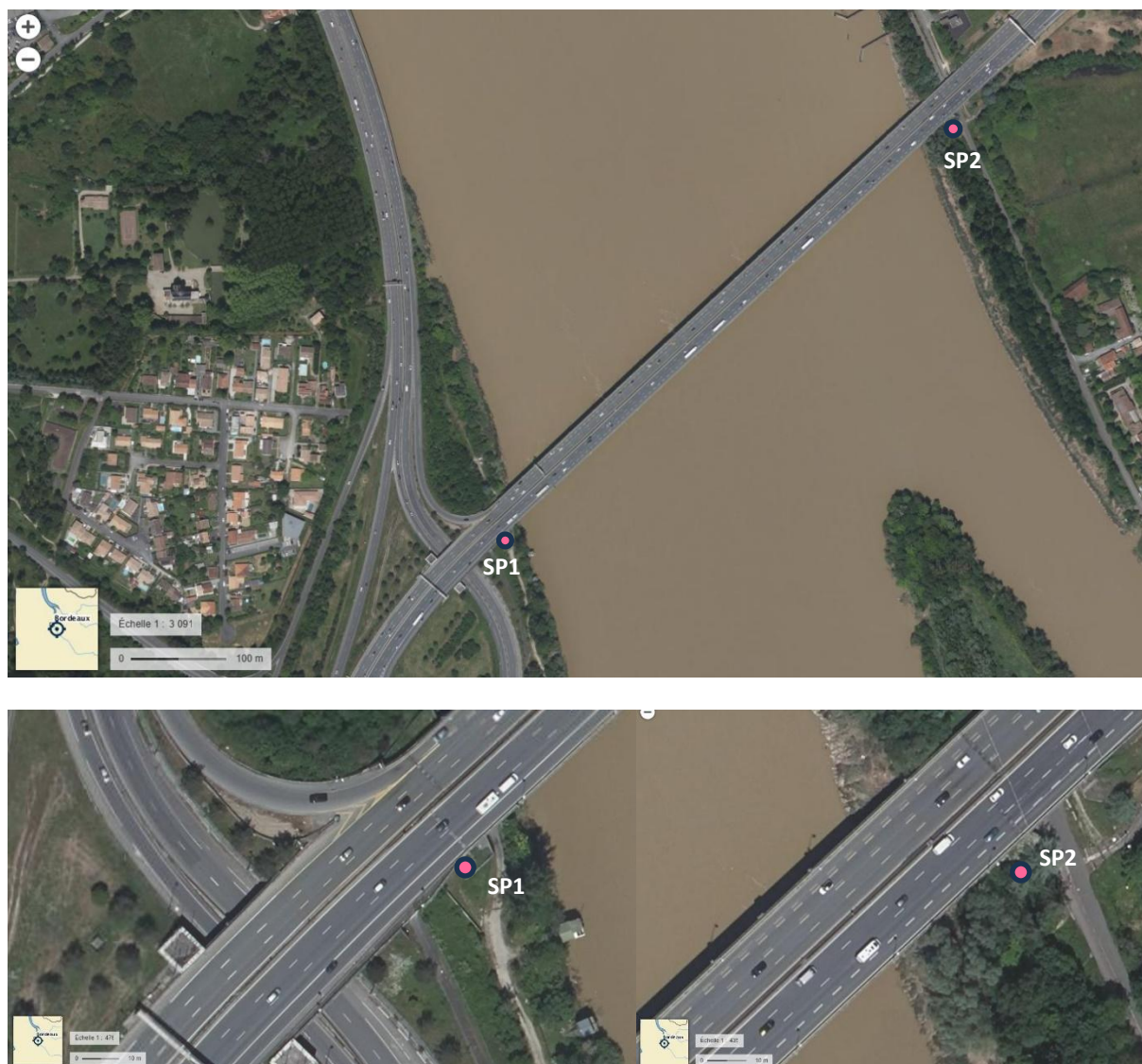


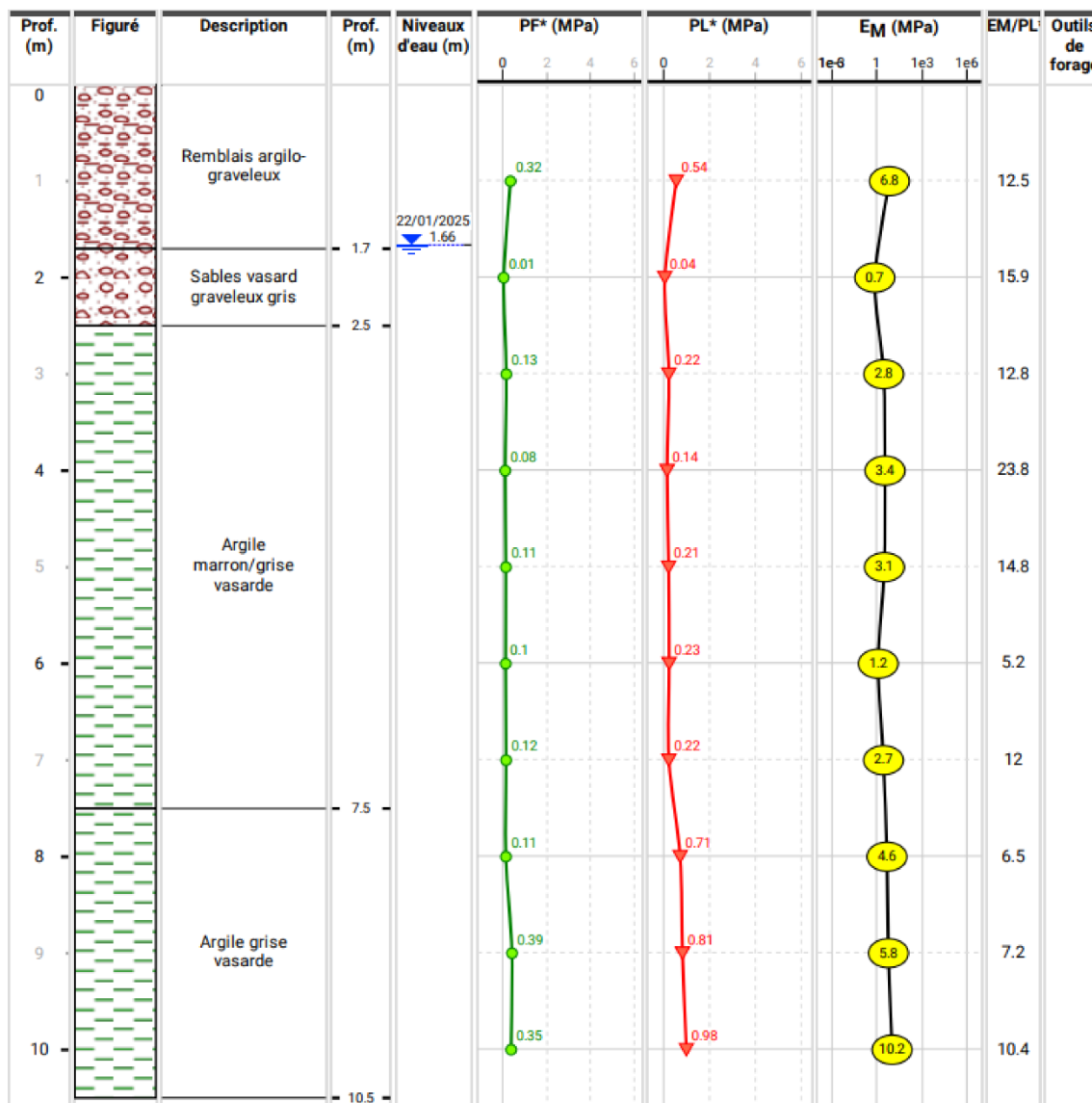
Figure 15: Implantation des sondages pressiométriques prévus

Les résultats de ces deux sondages sont ici résumés :

Sondage de reconnaissance	Référence	Profondeur (m/TN)	Essai in situ Remarques
Essai pressiométrique Menard	SP1	- 10,50	10 essais pressiométriques
Norme NF EN ISO 22476-4	SP2	- 10,50	10 essais pressiométriques

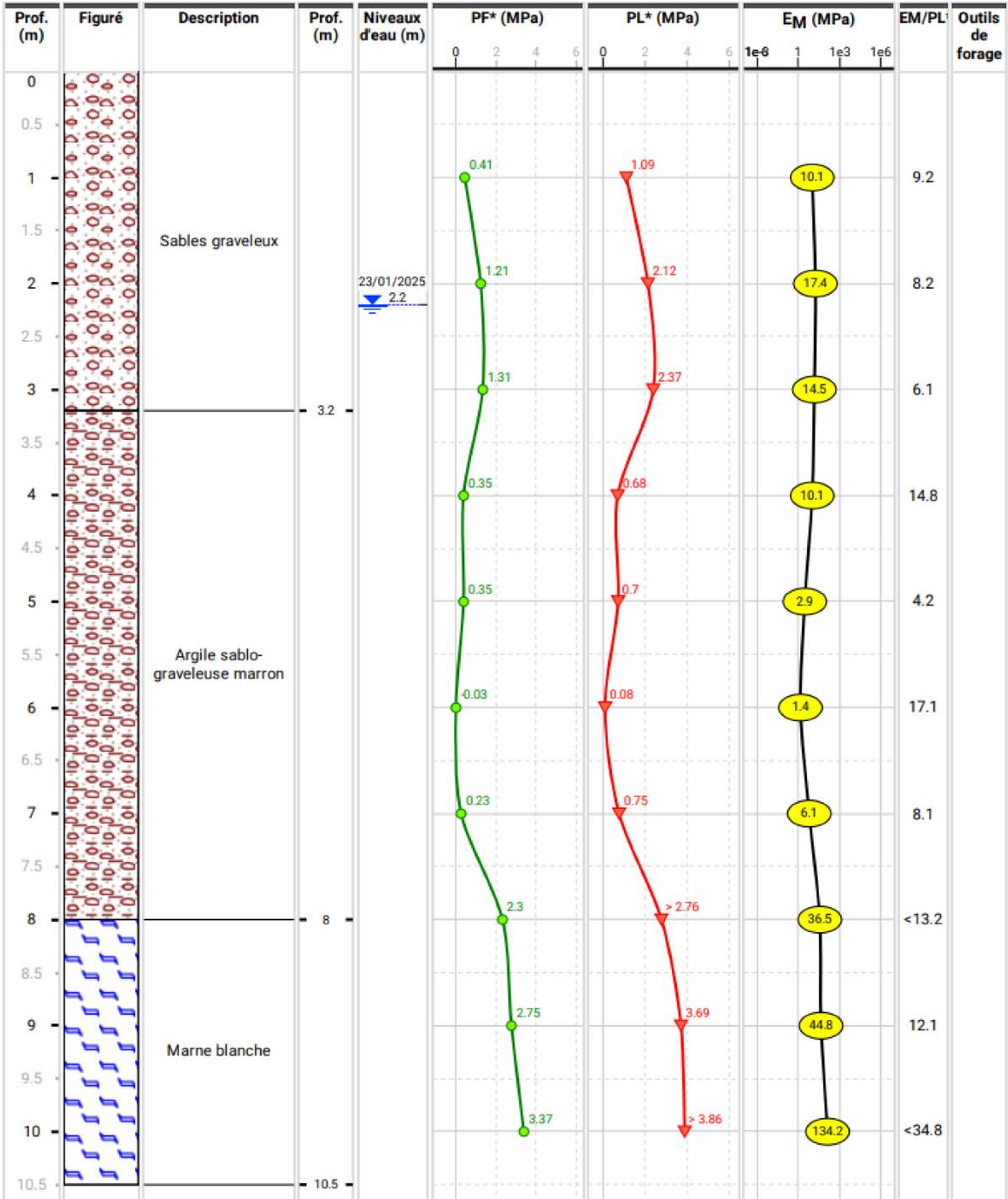
- Sondage SP1 : rive gauche

		Paramètres de forage	
Client	AEVIA	Forage	Altitude GPS
Dossier	IN-24-10750	SP1	Altitude undefined
Chantier	BEGLES 533)	Type de forage	Localisation GPS (lat, lon)
		Date de début	X
		21/01/2025	Y
		Date de fin	
		22/01/2025	



- Sondage SP2 : rive droite

 Dossier IN-24-10750	Forage SP2 Machine E 4.50 Outil de forage Diamètre de l'outil 63 mm		Paramètres de forage Date de début 21/01/2025 Date de fin 22/01/2025 Durée de foration			Cote début Localisation GPS (lat, lon) Cote fin Altitude GPS Longueur Inclinaison X/Y /	



Lithologie issue des sondages :

- SP1 :
 - 1. Remblais argilo-graveleux : jusqu'à -1,70 m/TN ;
 - 2. Sable vasard graveleux gris : jusqu'à -2,50 m/TN ;
 - 3. Argile marron/grise vasarde : jusqu'à -7,50 m/TN ;
 - 4. Argile grise vasarde : jusqu'à -10.50 m/TN (fin du sondage).
- SP2 :
 - 1. Sables graveleux : jusqu'à -3,20 m/TN ;
 - 2. Argile sablo-graveleuse marron : jusqu'à -8,00 m/TN ;
 - 3. Marne blanche : jusqu'à 10.50 m/TN (fin du sondage).

Conclusions :

On observe une différence de stratigraphie notable à la fois d'une rive à l'autre en se basant sur les sondages réalisés et avec le contexte géologique déduit des données du BRGM, avec :

- En rive droite :
 - Une première couche de sables graveleux relativement rigide ;
 - Une couche d'argiles sablo-graveleuses marrons, que l'on associera à la formation des argiles de matie bien connues et référencées dans la région bordelaise, sujette aux tassements ;
 - D'un substratum marneux blanc compétent non-sujet aux tassements.
- En rive gauche :
 - Un modèle de sol beaucoup plus médiocre avec en surface 2.5m de remblais sablo-graveleux (remblais de la rampe située au-dessus du local technique).
 - Des argiles vasardes (Argiles de Matte) détectées jusqu'à 10m de profondeur, avec des paramètres très faibles.
 - Les marnes ne sont effectivement pas atteintes.

5.4.4 Modèle géotechnique retenu

Pour les études géotechniques de conception on choisit de retenir le modèle stratigraphique de chaque essai des sondages réalisés, avec 1 modèle par rive, plus défavorable.

- Modèle de rive gauche (à partir du terrain au niveau du chemin de halage) :

Couches	Profondeur base (m)	E_M (MPa)	E_M/ρ_l	α	E_M/α
Argiles marrons-grises vasardes	5	2.64	13.72	2/3	3.94
Argile grise vasarde	<8	6.87	8.03	1/2	13.74

- Modèle rive droite :

Couches	Profondeur base (m)	E_M (MPa)	E_M/ρ_l	α	E_M/α	γ (kN/m ³)
Sables graveleux	3.2	14	7.86	1/3	42	17
Argiles sablo-graveleuses marron (Argiles Vasardes)	8	5.12	11.16	2/3	7.68	16
Marnes blanches	<10.5	71.83	20.04	1/2	143.66	-

Pour le calcul des tassements de la digue en rive droite nous considérons le modèle suivant, issus des résultats des essais œdométriques sur les Digue d'Ambes pour la couche d'argiles vasardes :

Formation	C_β	C_c	$\frac{C_v}{[m^2/jour]}$	$\underline{e}_0$	OCR	C_α
Argile Vasarde	0,04	0,4	0,004	1,1	1,2	0,008

5.4.5 Contraintes des réseaux existants

Au démarrage de notre mission, nous avons lancé une procédure DT. Ces éléments sont présentés dans le mémoire « 58038_ALS_AVP_RSX_GEN_NOT_000107 - Mémoire technique dévoiements réseaux AVP » présentant l'avancement de la démarche. Les réseaux sont en cours d'intégration à la maquette BIM.

5.4.6 Contraintes foncières définitives

Les contraintes foncières mentionnées par le programme :

- En rive droite la rampe doit rester incluse dans les parcelles AL429, AL2, AL39.
- En rive gauche la rampe doit rester incluse entre la bretelle d'accès (A630/Bordeaux centre-ville) et la Garonne.

En rive droite les parcelles cadastrales pouvant être concernées par le projet sont situées sur la commune de Bouliac. Il s'agit des parcelles « n°0427 » et « n°0426 » indiquées sur les plans cadastraux ci-dessous.

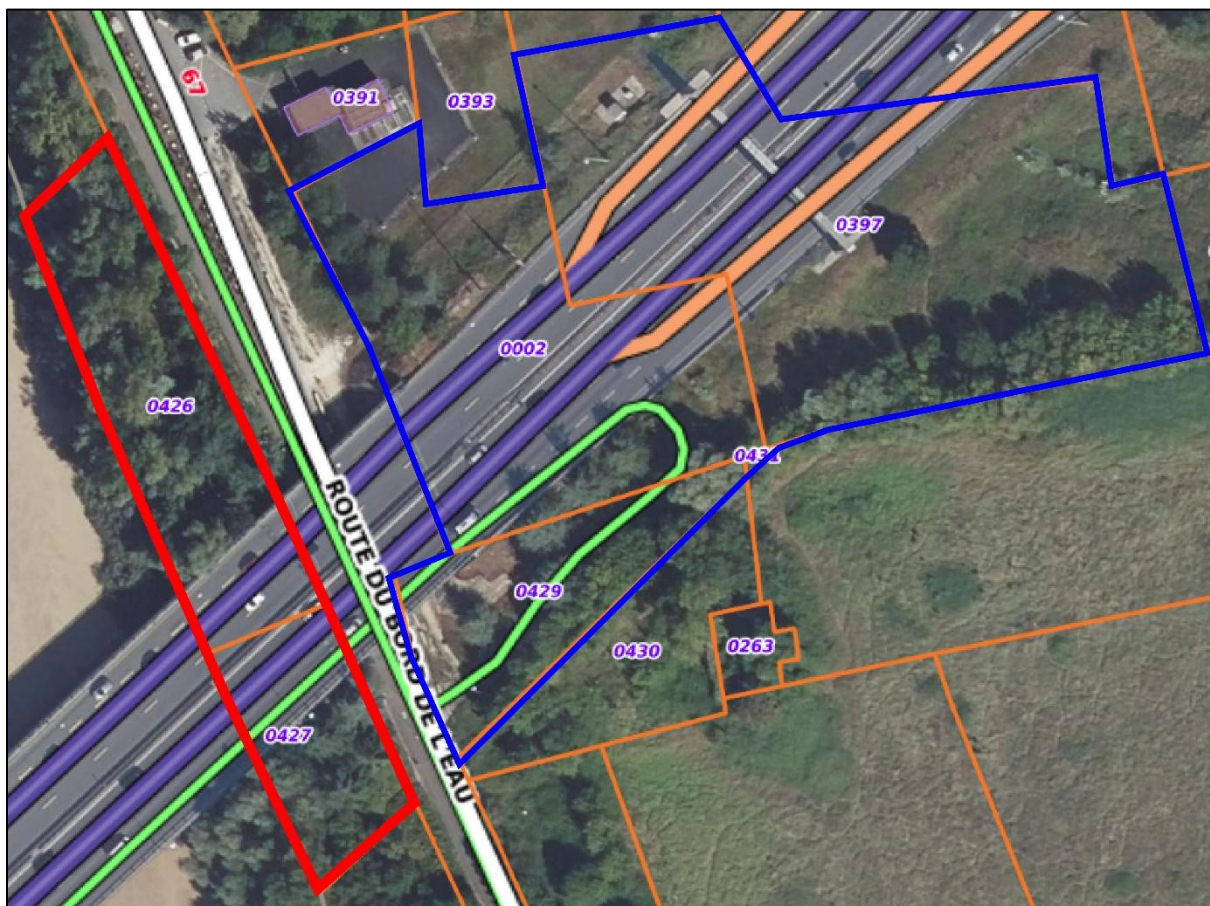


Figure 16: Extrait – Parcelles cadastrales – commune de Bouliac

5.4.7 Contraintes foncières provisoires

Des installations de chantier sont nécessaires à proximité de l'ouvrage.

En rive Gauche, des échanges ont lieu avec Bordeaux Métropole et Valbom pour l'occupation temporaire d'une partie de la parcelle BL16 (propriété de BM sous convention avec Valbom) pour la base vie principale. En effet, à date :

- Cette parcelle est une ancienne zone de chantier (revêtue avec entre autres stocks de terre végétales et terres pollués).
- Cette parcelle doit faire l'objet d'une renaturation dans le cadre d'une mesure compensatoire aux travaux d'extension de l'usine réalisés par VALBOM.

L'utilisation par Eiffage de cette parcelle nécessite donc :

- Une convention multi partie (DREAL / BM / Eiffage / Valbom) : établie et signée par la DREAL et Eiffage avant le démarrage des mobilisations (21/05/2025 - travaux préparatoires) et, à date, en cours de signature par BM et Valbom.

- La validation d'un PAC sur les autorisations ICPE de Valbom intégrant les mesures chantier d'EIFFAGE et le report de la date de mise en œuvre de la compensation.

De plus, une zone de travail sera déployée au pied de la culée C7.

En rive droite, les installations de chantier ont été mises à jour, dans le respect des 400 m² du PAC (surface autorisée sous cote de crue).

En rive droite, le terrassement de la zone ne pourra se faire qu'entre septembre 2025 et mars 2026 ; néanmoins, suite à la validation du PAC, les travaux pourront se poursuivre au-delà de la période sensible, y compris les terrassements le long du muret digue.

5.4.8 Contraintes hydrauliques – risque d'inondation

L'emprise du projet se trouve en zone inondable au regard des zonages de l'ancien PPRI pour la commune de Bègles et du nouveau PPRI approuvé sur la commune de Bouliac. La cote de référence au droit du projet indiquée par la carte des cotes de seuil du nouveau PPRI sur la commune de Bouliac est de 5,50 m NGF.

Le projet se situe sur la zone rouge du PPRI qui caractérise le champ d'expansion de la crue de référence centennale et, en rive droite uniquement, en zone jaune du PPRI qui correspond à un secteur non inondable en centennal mais inondable en exceptionnel.

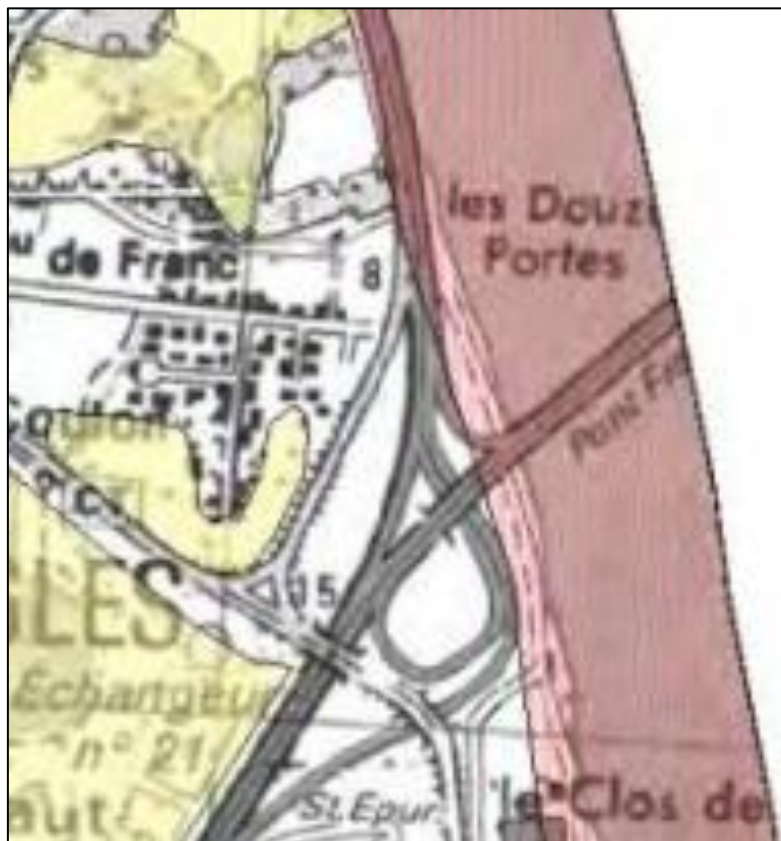


Figure 17: Zonage du PPRI sur la commune de Bègles (rive gauche)

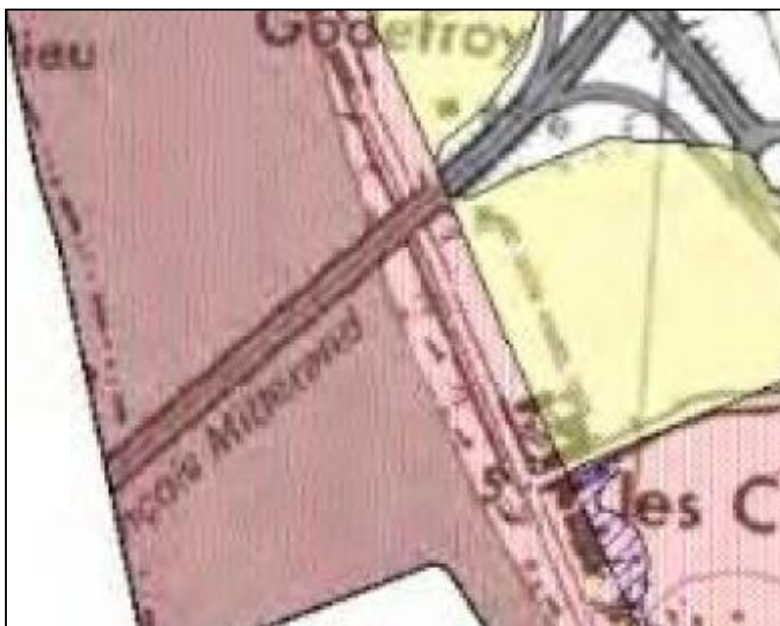


Figure 18: Zonage du PPRI sur la commune de Bouliac (rive droite)

5.5 Contraintes d'exploitation

5.5.1 Contraintes d'exploitation fluviale

Les travaux devront se faire dans le respect de l'Arrêté portant règlement particulier de police de la navigation intérieure sur les rivières Garonne, Dordogne et Isle en Gironde.

Ils seront soumis à autorisation de la part de la VNF et du GPMB (Grand Port Maritime de Bordeaux) qui préciseront les contraintes à respecter pour l'exécution des travaux depuis la Garonne. A date, afin de réaliser les travaux au-dessus la Garonne, une convention d'occupation temporaire du domaine public fluvial a été délivrée par VNF. Le groupement reste en attente de l'AOT de GPMB, déjà sollicité par le MOA.

L'entreprise sera responsable de la mise en place de la signalisation réglementaire sur terre et sur l'eau afin d'assurer la sécurité des usagers sur le domaine public fluvial à tout moment.

Aucune intervention fluviale depuis la Garonne n'est prévue pour la réalisation de l'ouvrage.

5.5.2 Contraintes d'exploitation routière

La réalisation de la passerelle devra tenir compte des contraintes d'exploitation des axes suivant :

- Rocade A630-RN230 de Bordeaux (cf. DESC)
- Route du bord de l'eau (suivant PIC et arrêté de circulation déjà délivré par la mairie de Bouliac au groupement)

Exploitation de la rocade A630-RN230 de Bordeaux -.

Le trafic moyen journalier annuel de la rocade en 2019 était de l'ordre 134 000 véhicule au droit du pont François Mitterrand dont 14.2 % de PL. C'est donc un axe majeur de circulation de l'agglomération bordelaise. Le viaduc en amont comprend 3 voies de circulations ainsi qu'une voie d'entrecroisement entre les échangeurs n°21 et 22a.

Les contraintes à respecter vis-à-vis des restrictions de circulation lors de la phase travaux sont les suivantes, pour le sens extérieur donc le viaduc amont :

- En journée, le maintien de 3 voies de circulation de 6h à 21h00.
- Possibilité de neutraliser la voie d'encroisement entre les échangeurs n°21 et 22a, sous condition de ménager une insertion de bretelle conforme au guide CEREMA « Signalisation temporaire- Route à chaussée séparées-Manuel du chef de chantier ».
- La voie de droite et la voie médiane pourront être neutralisées jusqu'à 5 nuits par semaine : première nuit lundi-mardi, dernière nuit vendredi-samedi). Ces neutralisations sont conditionnées par les horaires suivants :

Pour les 4 premières nuits (lundi-mardi à jeudi-vendredi)	
Voie de droite	21h00 à 6h00
Voie de droite et voie médiane	23h00 à 6h00
Pour les nuits vendredi-samedi	
Voie de droite	21h00 à 7h00 hors mois de juillet et août
Voie de droite et voie médiane	0h00 à 6h00 hors mois de juillet et août

- La sortie 22a peut être fermée de nuit avec mise en place de déviation sur la sortie 22b, selon les mêmes contraintes horaires et saisonnières que pour les prises de voies sur l'ouvrage.
- Possibilité de fermer ponctuellement de nuit l'entrée de l'échangeur 21, avec mise en place d'une déviation, selon les mêmes contraintes horaires et saisonnières que pour les prises de voies sur l'ouvrage.
- Les fermetures simultanées des bretelles de sortie des échangeurs 22a et 22b sont interdites les soirs de concert à l'Arkéa Aréna de Floirac et sont soumises à des autorisations de l'exploitant au regard de la coordination des chantiers sur la rocade.
- Lors des jours hors chantiers seule la neutralisation de la voie d'entrecroisement est autorisée.
- Aucune restriction de circulation n'est autorisée sur le viaduc aval durant les travaux.

Les conditions d'exploitation actuelle de l'A630-RN230 devront être rétablies en phase définitive.

5.6 Contraintes environnementales

D'après l'étude d'incidences environnementales Natura 2000, les incidences potentielles concernent principalement le risque de destruction ou de dégradation des habitats des espèces d'intérêt communautaire, la destruction et le dérangement d'individus ainsi que le risque de pollution accidentel des habitats naturels et des habitats d'espèces présents. Les mesures à mettre en œuvre pour éviter ou réduire ces incidences sont décrites par la suite.

5.6.1 Mesures d'évitement

- L'adaptation de l'emprise de projet : pour garantir l'absence de destruction ou de dégradation des continuités écologiques et d'habitats d'intérêt communautaire ou d'habitats d'espèce à l'origine de la désignation du site Natura 2000.



Figure 19: Zones à éviter et à privilégier pour l'emprise des travaux. Source : Etude d'incidence Natura 2000

- Le balisage du chantier et l'évitement des zones sensibles : pour éviter la destruction et la dégradation accidentelle des zones sensibles situées à proximité du chantier en les matérialisant sur le terrain.

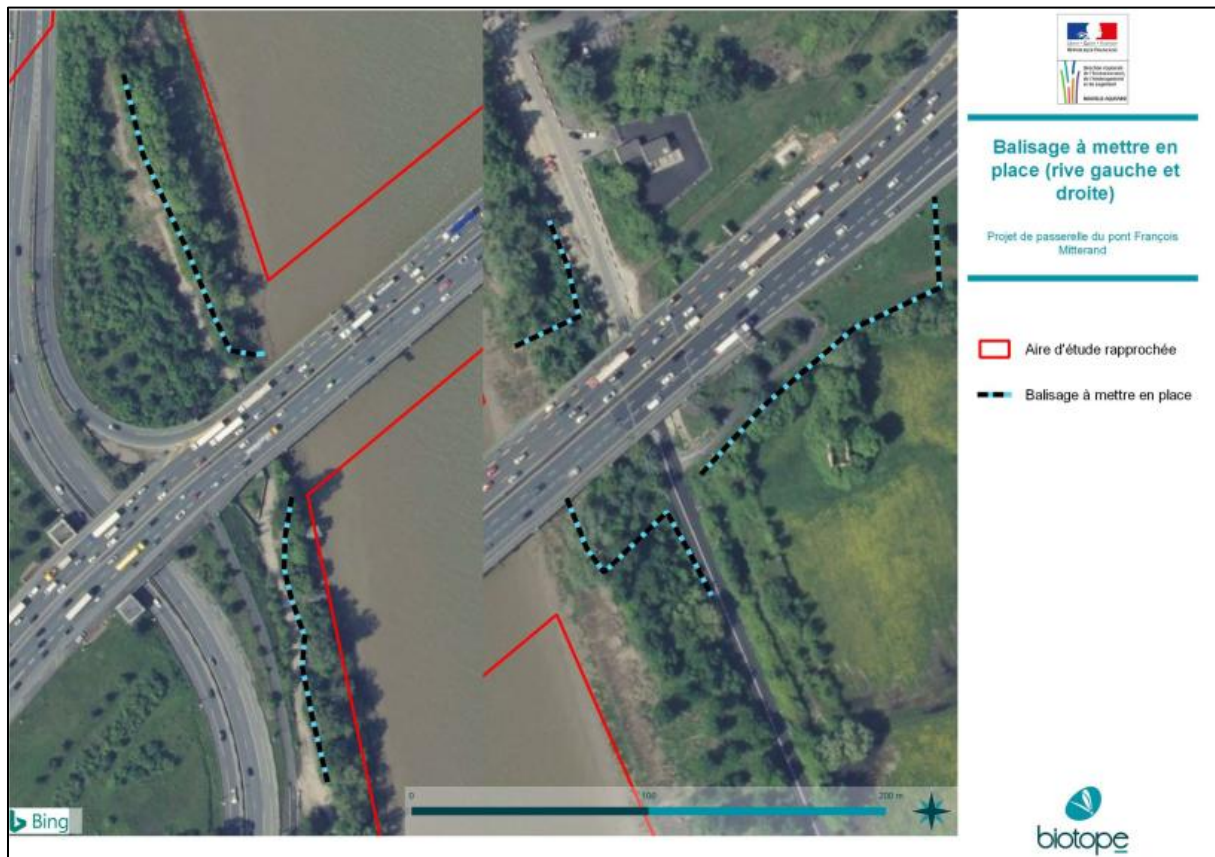


Figure 20: Balisage à mettre en place

- La limitation de travaux nocturnes et d'éclairage du chantier sur les berges : pour garantir l'absence de perturbation lumineuse susceptible d'induire du dérangement au niveau des berges (modifications comportementales).

5.6.2 Mesures de réduction

Les mesures de réduction suivantes sont intégrées au projet

- Mettre en place des dispositifs de prévention et de traitement des pollutions accidentelles et diffuses.
- Organisation des zones de stockage du matériel et de la circulation des engins.
- Adaptation du planning des travaux pour minimiser l'impact sur les espèces d'intérêt communautaire, à ce titre certains travaux tels que les défrichements seront à réaliser sur la période favorable de septembre à fin février.

5.6.3 Mise à jour du PAC

Dans le cadre de l'AVPD, une mise à jour du PAC est produite par le groupement de façon à intégrer les caractéristiques de l'ouvrage conçu par le titulaire de la Conception-réalisation. Cette mise à jour porte donc principalement sur :

Conception/Réalisation d'une passerelle modes actifs accrochée au PFM

- La conception de l'ouvrage définitif
- La conception en rive droite, l'interface avec le muret de digue, et la compensation des remblaiements sous cote de crue.
- Le détail des installations de chantier et prescriptions liées aux phases provisoires ainsi que le détail des travaux réaliser sur les rives (zone Aubadère rive droite à proximité du murent digue).

6 Description du pont François Mitterrand

6.1 Géométrie du pont François Mitterrand

Le pont François Mitterrand, anciennement pont d'Arcins, inauguré le 7 décembre 1993 est composé de deux tabliers indépendant de 7 travées. Il s'agit d'un pont en béton précontraint construit par encorbellements successifs à voussoirs préfabriqués. La passerelle en projet est accrochée au tablier amont. Par la suite du mémoire le terme « viaduc », « pont », « ouvrage existant » ou « pont François Mitterrand » se référeront au tablier amont sur lequel la passerelle est accrochée.

La portée des 5 travées courantes de l'ouvrage existant est de 102.00 m et les portées des travées de rive sont de 69.00 m (rive gauche) et 63.10 m (rive droite).

Les images suivantes illustrent l'élévation des voussoirs qui composent cet ouvrage :

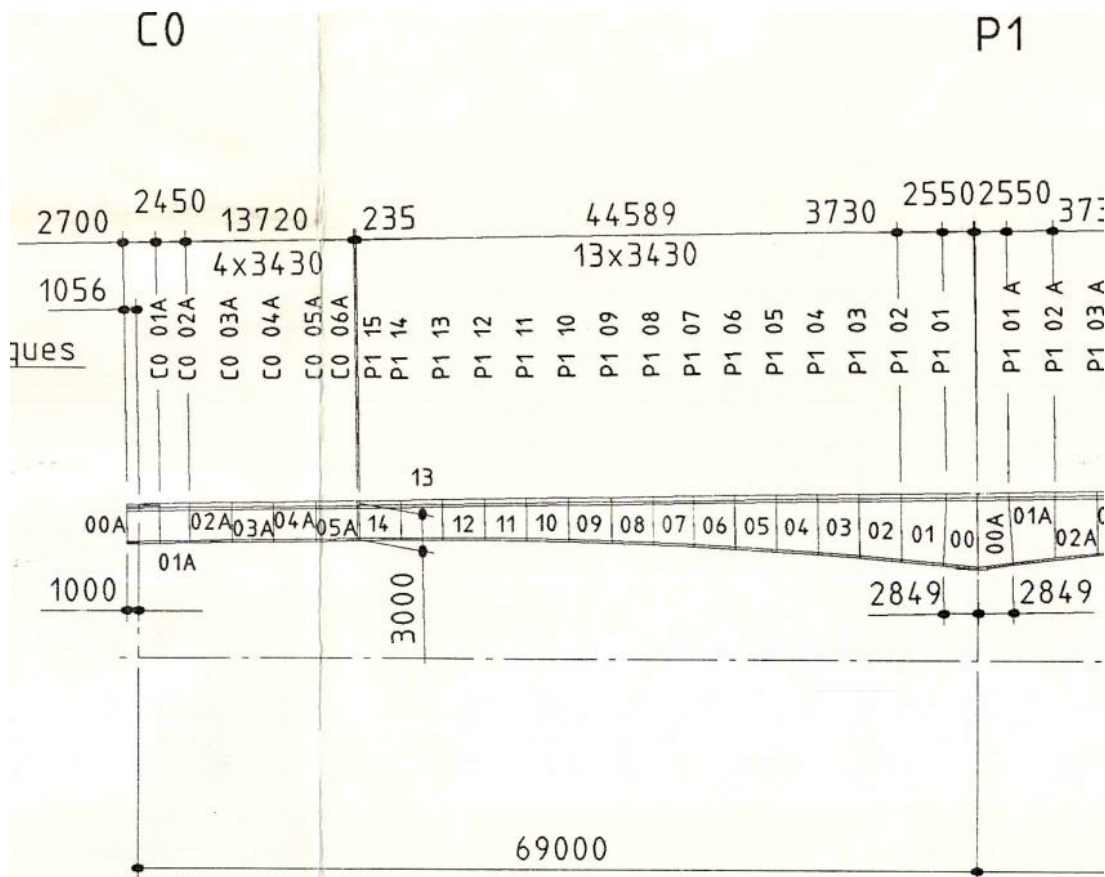


Figure 21 : Vue longitudinale de la travée de rive T1 (extrait plan P402)

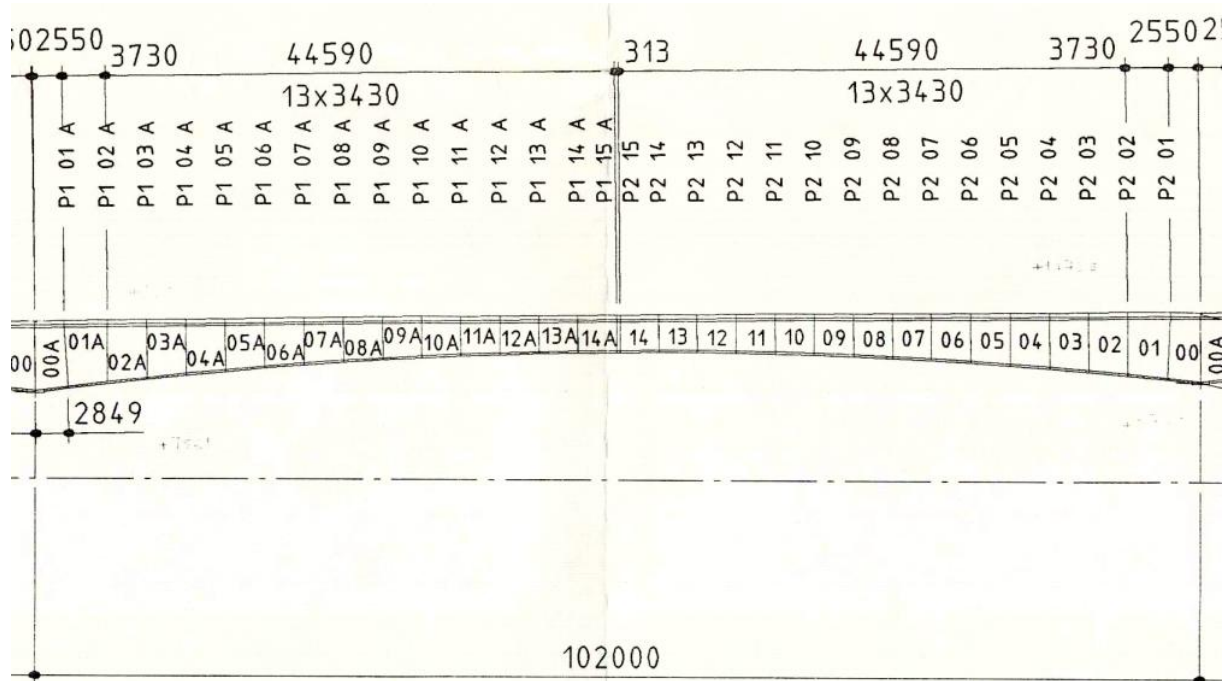


Figure 22 : Vue longitudinale d'une travée courante (T2 à T6) (extrait plan P402)

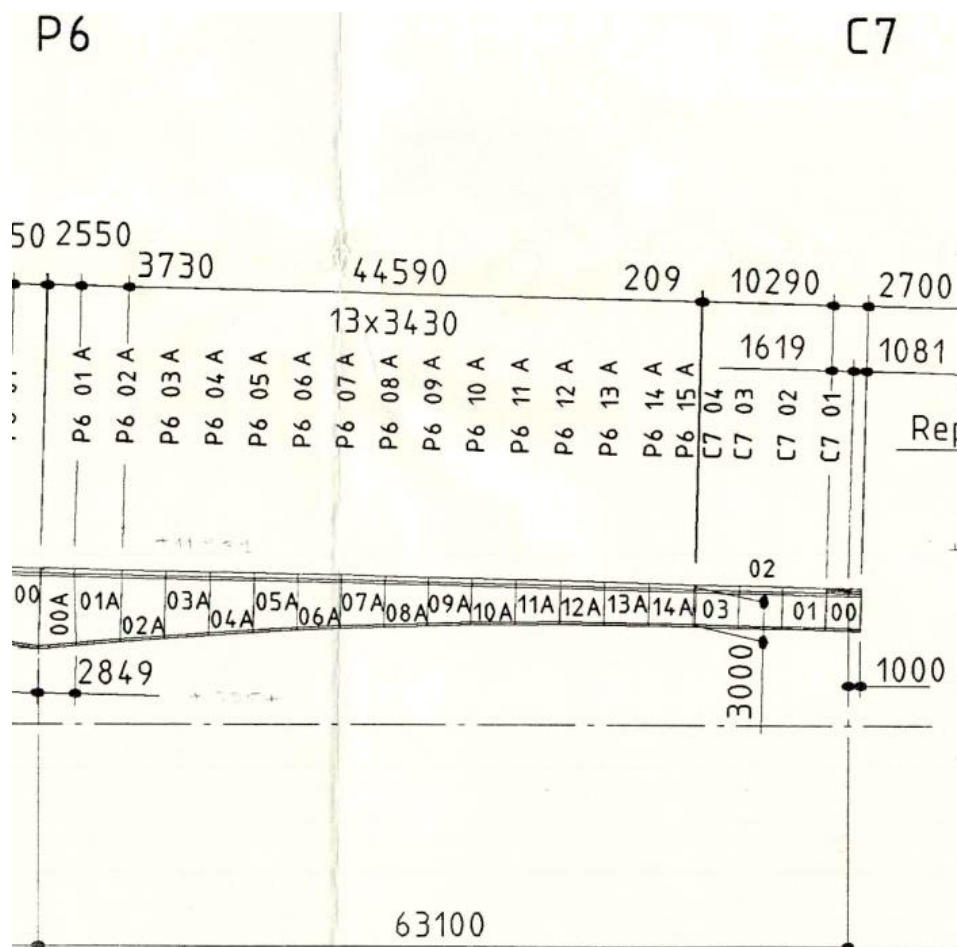


Figure 23 : Vue longitudinale de la travée de rive T7 (extrait plan P402)

La longueur des voussoirs se résume ainsi :

Conception/Réalisation d'une passerelle modes actifs accrochée au PFM

- Voussoir courant : 3.430m
- Demi-voussoir sur pile : variable entre 2.550m et 2.849m (nous retenons 2.850m dans le modèle de calcul développé pour la justification de l'ouvrage)
- Voussoir adjacent au voussoir sur pile : 3.730m (nous retenons 3.430m dans le modèle de calcul)
- Longueur des voussoirs sur culée : 2.700m
- Longueur clavage :
 - Travées courantes : sur les plans est variable suivant travée entre 0.307m et 0.322m. Or, pour obtenir une longueur de travée de 102.00m, nous considérons que la longueur du clavage est égale à 0.26m pour toutes les travées. En effet : $2*(2.55+3.73+13*3.43)+0.26= 102.00\text{m}$.
 - Travées de rive gauche (C0-P1) : sur les plans il est indiqué 0.235m, nous considérons 0.26m afin d'obtenir une longueur de travée égale à 69.00m
 - Travées de rive droite (P6-C7) : sur les plans il est indiqué 0.209m, nous considérons 0.24m afin d'obtenir une longueur de travée égale à 63.10m

Section des voussoirs en travée :

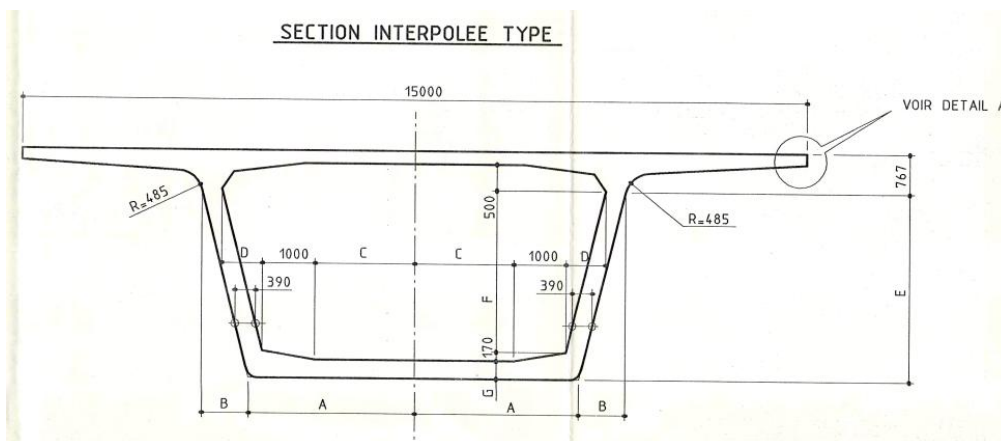


Figure 24 : Coupes transversales types (extrait plan P404)

No du masque	A	B	C	D	E	F	G
02	2924	1135	1685	987	4538	3950	435
03	3009	1049	1762	910	4197	3641	403
04	3087	971	1833	839	3884	3356	375
05	3159	899	1898	774	3597	3097	347
06	3224	834	1957	715	3338	2862	323
07	3282	777	2010	663	3106	2651	302
08	3333	725	2056	616	2902	2466	283
09	3377	681	2096	576	2724	2305	266
10	3415	644	2130	542	2574	2169	252
11	3445	613	2158	514	2452	2058	241
12	3469	589	2180	493	2356	1971	232
13	3486	572	2195	477	2288	1909	226
14	3497	562	2204	468	2247	1872	222
15	3500	558	2207.5	465	2233	1860	220

Figure 25 : Définition des masques des voussoirs (extrait plan P404)

Les voussoirs courants disposent d'une nervure verticale au droit des âmes, qui ont permis de loger les barres de brelage lors de la construction. La section de ces nervures et les dimensions retenues pour notre étude sont fournies dans l'image suivante.

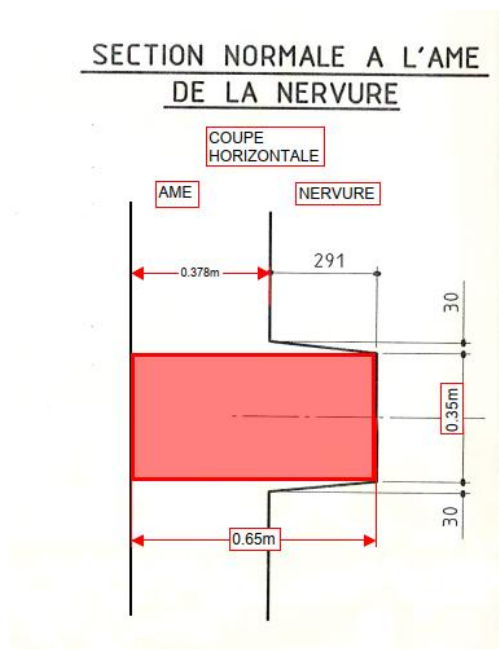


Figure 26: Détail des nervures sur âme (extrait plan P408)

Deux voussoirs déviateurs (sur V10 et V10A) sont présents sur chaque travée courante, ainsi qu'un voussoir déviateur en travée 1 (sur V5) et travée 7 (sur V14).

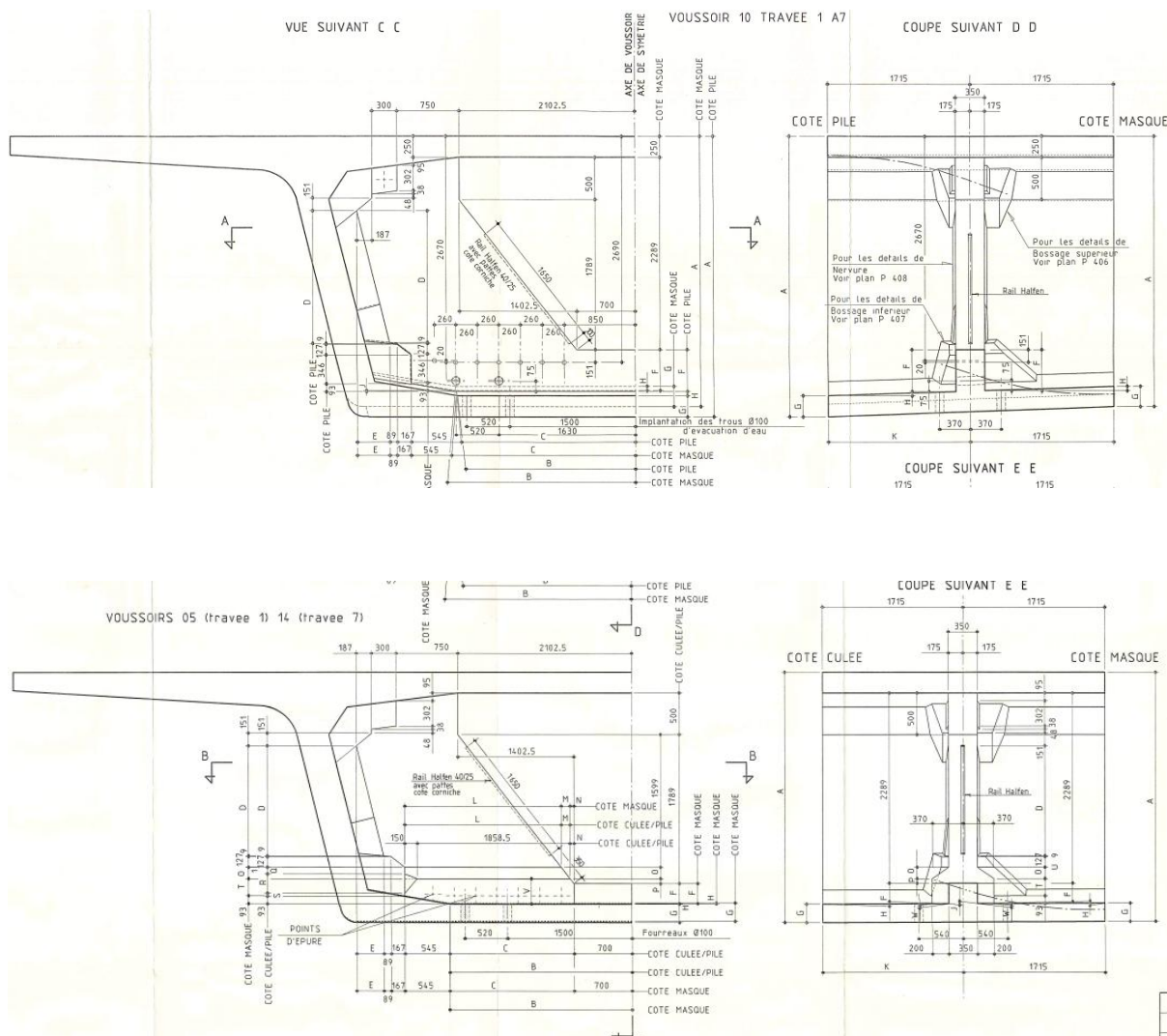
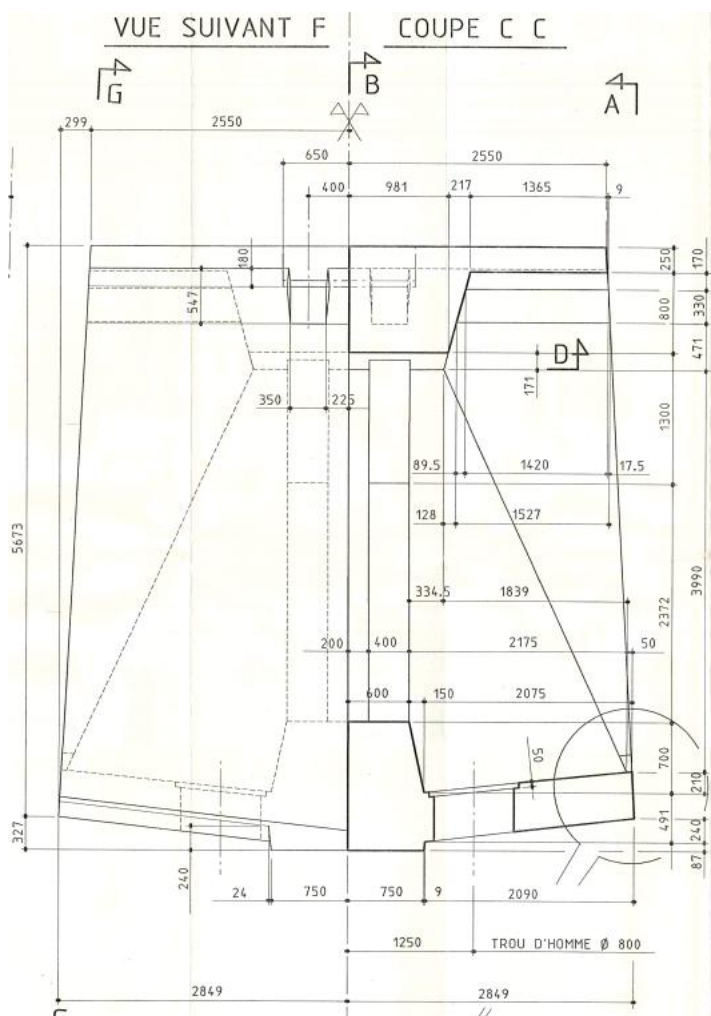
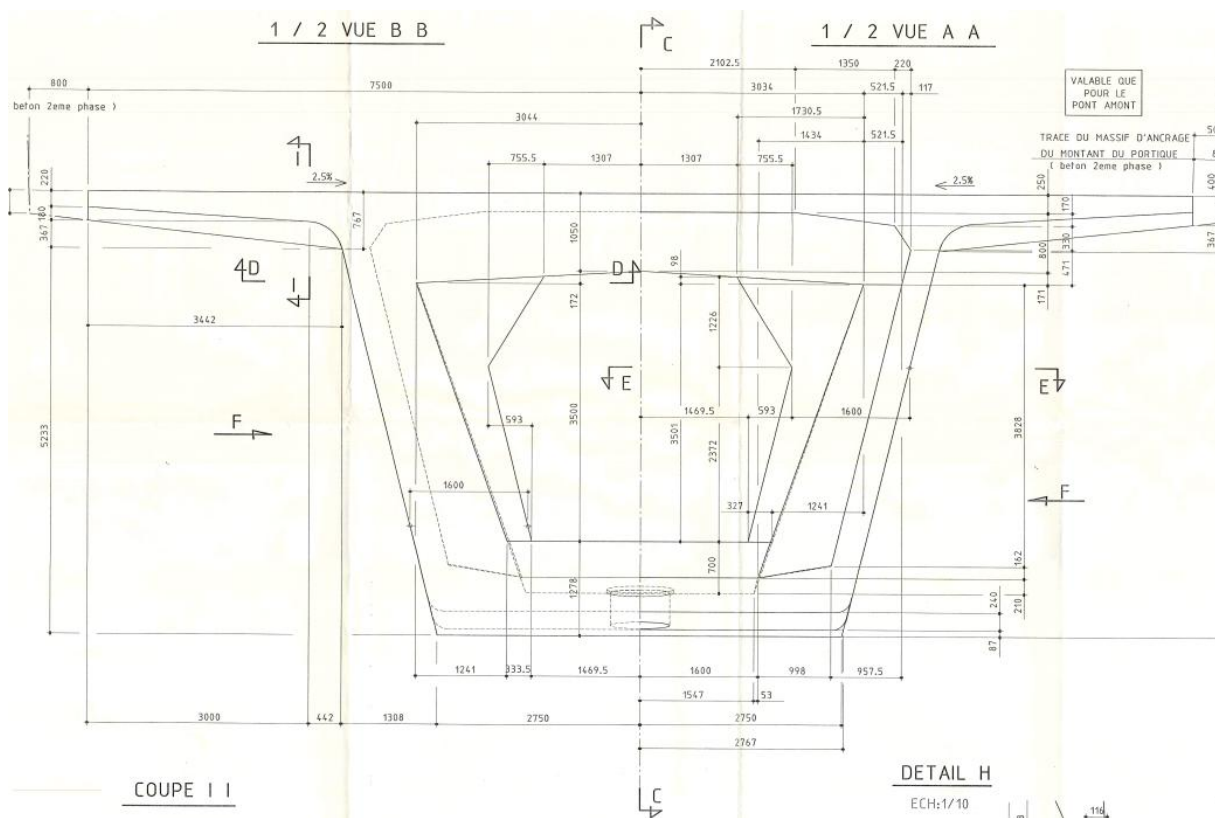


Figure 27: Coffrage voussoirs déviateurs en travée courante et travée de rive (extrait plan P411)

La géométrie des voussoirs sur pile est rappelée par les extraits de plan suivants :

Conception/Réalisation d'une passerelle modes actifs accrochée au PFM



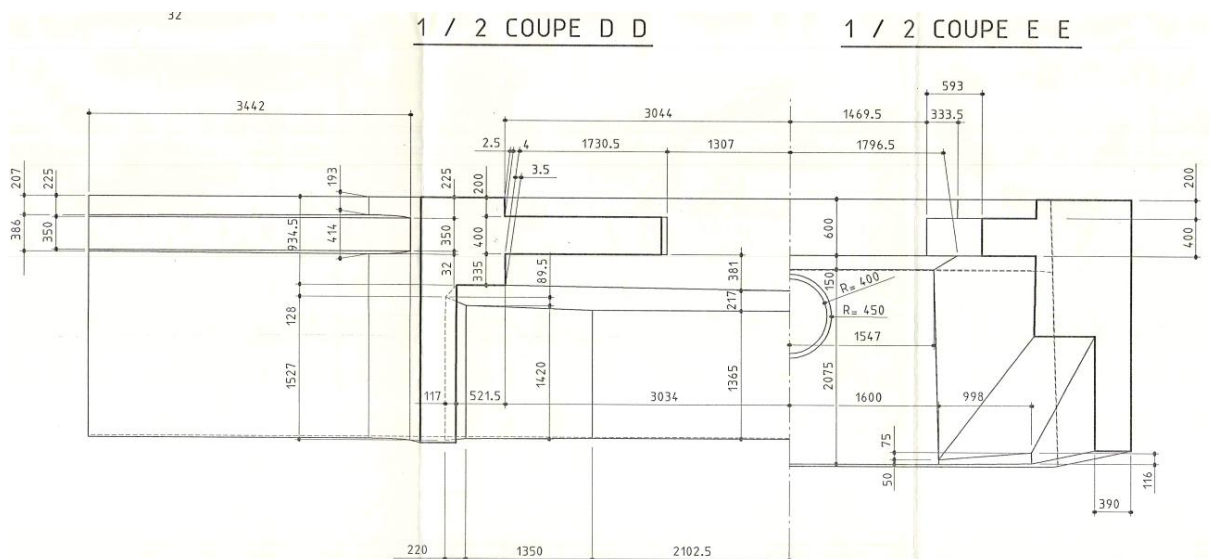


Figure 28: Coffrage voussiers sur pile (extrait plan P409)

L'ouvrage dispose d'une précontrainte intérieure au béton composée d'un câblage de fléau et d'éclisse, ainsi que d'une précontrainte extérieure. Également une précontrainte transversale est présente dans l'hourdis supérieur au droit des VSP. Plus de précisions sont fournies dans le chapitre §6.2.

Le tablier de l'ouvrage trouve appui sur les piles et culées par des appareils d'appui à pot : deux appareils par ligne d'appui, soit $2 \times 8 = 16$ appareils d'appui. Le point fixe (blocage du déplacement horizontal longitudinal) se situe sur l'appareil amont de la pile P3.

6.2 Précontrainte du pont François Mitterrand

La précontrainte longitudinale de l'ouvrage existante est constituée de câbles formés de torons T15S de section $A_p = 150 \text{ mm}^2$ (classe 1770 TBR), par le procédé de précontrainte Freyssinet, système K.

Le câblage de précontrainte longitudinal se compose en trois typologies (quantités données pour un voussoir complet) :

- Câblage de fléau : 36 câbles d'unité 12T15S pour chaque pile (P1 à P6) ;
- Câblage d'éclisse :
 - o 2x1 câbles 12T15S sur la travée 1 et 7
 - o 2x6 câbles 12T15S sur les travées 2 à 6
- Précontrainte extérieure : 12 câbles 19T15S en travée courante ;

L'ouvrage dispose également d'une précontrainte transversale dans l'hourdis supérieur (torons T15 $A_p = 139 \text{ mm}^2$) au droit des VSP : 10 monotorons T15 + 2 câbles 4T15.

Les caractéristiques mécaniques de la précontrainte sont reprises de la note d'hypothèses de conception (N100).

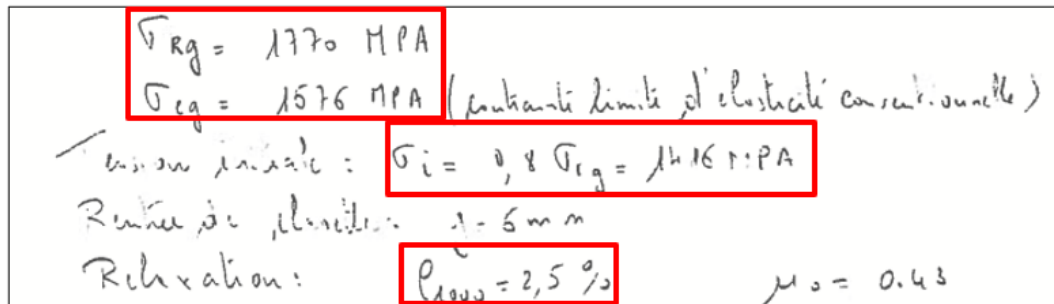


Figure 29 : Paramètres des câbles existants – N100 p.2

Le coefficient de frottement pour les câbles intérieurs sont repris de la note N100 :

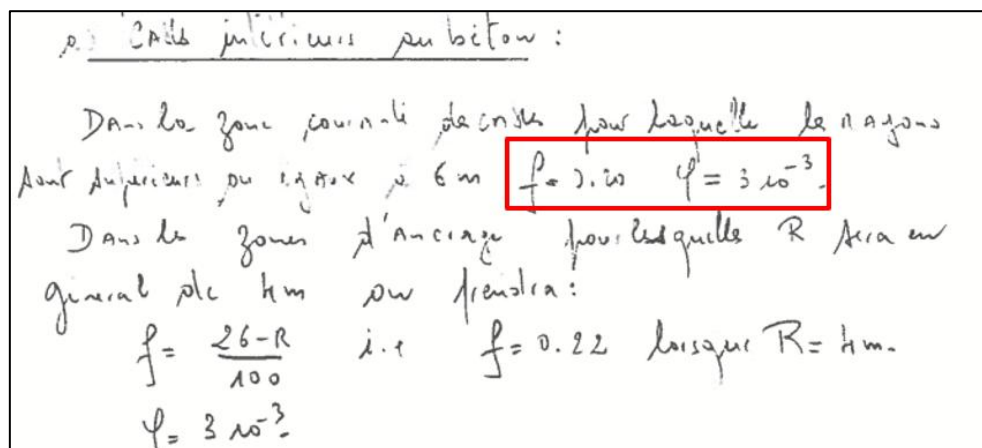


Figure 30 : Coefficients de frottement en angulaire et en ligne pour les câbles intérieurs

Pour les câbles intérieurs nous proposons de retenir un coefficient de frottement en ligne $\phi = 0.0014 \text{ m}^{-1}$ au lieu de 0.003 m^{-1} , conformément à la nature du procédé.

– $\mu = \frac{\sigma_{pmi}(x)}{f_{prg}}$ où $\sigma_{pmi}(x)$ est égale à $\sigma_{pi}(x)$, tension initiale de l'armature, dans le cas de la post-tension, et à la tension à l'origine diminuée des pertes à la mise en tension (article 3.4.11 du Règlement) dans le cas de la pré-tension

$$\begin{aligned}
 k_1 &= 6 \times 10^{-3} \text{ si } \rho_{1000} \leq 2,5 \\
 &= 8 \times 10^{-3} \text{ si } \rho_{1000} > 2,5
 \end{aligned}$$

Figure 31 : Coefficient k associé au coefficient de frottement en ligne - extrait du BPEL annexe 2

Pour les câbles extérieurs, le coefficient de frottement en courbe est de 0.20 rad^{-1} dans la N100.

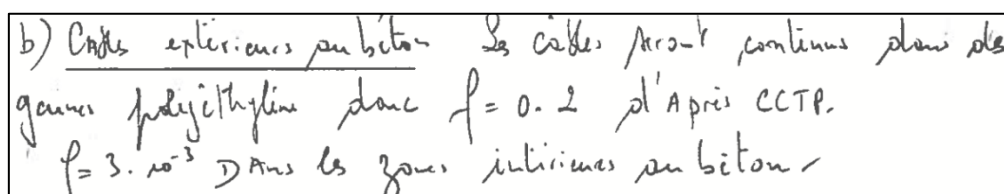


Figure 32 : Coefficients de frottement en angulaire et en ligne pour les câbles extérieurs

D'après l'agrément technique ATE 06-0226 de 2018 de Freyssinet, le coefficient de frottement en courbe se situe plutôt entre $f=0.10 \text{ rad}^{-1}$ et 0.12 rad^{-1} . Nous retenons un coefficient de frottement en courbe $f= 0.11 \text{ rad}^{-1}$ au lieu

de 0.20 rad^{-1} , conformément à l'ATE n°06/0226. Cette valeur traduit une réalité physique : un toron clair dans une gaine PEHD frotte beaucoup moins qu'un toron clair dans une gaine feuillard en acier.

Use	Duct Type	Friction Coefficient $\mu \text{ (rad}^{-1}\text{)}$		Wobble factor k (rad/m)
		Lubricated Strand	Unlubricated Strand	
Internal Prestressing	Corrugated steel sheath	0,17	0,19 ¹	0,007 ¹
	LFC ³ Corrugated steel sheath	0,10	0,12	0,007 ¹
	Corrugated plastic sheath	0,10	0,12	0,007 ¹
External Prestressing	Steel pipe	0,16	0,24	0,007 ¹
	HDPE pipe	0,10	0,12	0
	Steel pipe	0,16	0,24	0

Figure 33 : Coefficient de frottement des câbles existants revu (extrait ATE Freyssinet)

Ces valeurs sont d'ailleurs reprises par la norme NF EN1992-1-1 :

Tableau 5.1 : Coefficients de frottement μ pour les armatures de précontrainte par post-tension — Armatures intérieures et armatures extérieures non-adhérentes

	Armatures intérieures ¹⁾	Armatures extérieures (non-adhérentes)			
		Gaine en acier / non graissé	Gaine en PEHD / non graissé	Gaine en acier / graissé	Gaine en PEHD / graissé
Fil tréfilé à froid	0,17	0,25	0,14	0,18	0,12
Toron	0,19	0,24	0,12	0,16	0,10
Barre non lisse	0,65	—	—	—	—
Barre lisse	0,33	—	—	—	—

1) Dans le cas d'armatures remplissant environ la moitié de la gaine.

NOTE PEHD — polyéthylène haute densité.

Figure 34 : Coefficient de frottement pour précontrainte par post-tension (NF EN1992-1-1)

Ci-dessous un récapitulatif de l'ensemble des câbles de précontrainte longitudinale :

Câbles de fléau - 36 câbles par fléau (18 de chaque côté) :

N°	Voussoir d'ancrage 1	Voussoir d'ancrage 2	L (m)
1-P	1	01A	9,3
2-P	2	02A	16,2
3-P	3	03A	23,0
4-P	4	04A	29,9
5-P	5	05A	36,8
6-P	6	06A	43,6
7-P	7	07A	50,5
8-P	8	08A	57,4
9-P	9	09A	64,3
10-P	10	10A	71,2
11-P	11	11A	78,1
12-P	12	12A	85,0
13-P	13	13A	91,9
23-P	3	03A	26,3
25-P	5	05A	40,1
27-P	7	07A	53,8
28-P	8	08A	60,7
29-P	9	09A	67,5
130-P	13	13A	88,1

Figure 35 : Récapitulatif des câbles de fléau sur une pile (P1 à P6)

Remarque : Les câbles additionnels de fléau 130-P n'ont pas été mis en œuvre à la construction de l'ouvrage.

Câbles d'éclisse - 12 câbles par travée courante (6 de chaque côté) et 2 par travée de rive (1 de chaque côté) :

N°	Voussoir d'ancrage 1	Voussoir d'ancrage 2	L (m)
7-T	7	07A	51,9
8-T	8	08A	45,0
9-T	9	9A	38,2
10-T	10	10A	31,3
11-T	11	11A	24,4
12-T	12	12A	17,5
1-T1	0A - T1	9 - T1	33,6
102-T1	2A - T1	11 - T1	20,8
1-T7	9A - T7	0 - T7	38,1
102-T7	11A - T7	1 - T7	14,0

Figure 36 : Récapitulatif des câbles d'éclisse sur une travée (T2 à T5, puis T1 et T7)

Remarque : les câbles additionnels 102 en travée 1 et 7 n'ont pas été mis en œuvre à la construction de l'ouvrage.

La mise en tension des câbles intérieurs se fait d'un seul côté (voir la sortie du calcul électronique de la N420 dans « données ») :

52 TENSION DATE=75 TENG=2544 TEND=0 RENG=0.006 REND=0

Câbles extérieurs – 12 câbles par travée courante (6 de chaque côté) :

N°	Voussoir d'ancrage 1	Voussoir d'ancrage 2	L (m)
E-12A	0A - C0	0A - P2	169,7
E-12B	0A - C0	0A - P2	169,6
E-12C	0A - C0	0A - P2	169,7
E-1A	0A - C0	0A - P1	70,6
E-1B	0A - C0	0A - P1	70,4
E-1C	0A - C0	0A - P1	70,4
E-23A	0A - P1	0A - P3	205,4
E-23B	0A - P1	0A - P3	205,3
E-23C	0A - P1	0A - P3	206,4
E-34A	0A - P2	0A - P4	206,4
E-34B	0A - P2	0A - P4	206,4
E-34C	0A - P2	0A - P4	206,4
E-45A	0A - P3	0A - P5	206,4
E-45B	0A - P3	0A - P5	206,4
E-45C	0A - P3	0A - P5	206,4
E-56A	0A - P4	0A - P6	206,4
E-56B	0A - P4	0A - P6	206,4
E-56C	0A - P4	0A - P6	206,4
E-67A	0A - P5	0 - C7	166,2
E-67B	0A - P5	0 - C7	166,0
E-67C	0A - P5	0 - C7	166,0
E-7B	0A - P6	0 - C7	63,7
E-7C	0A - P6	0 - C7	64,3

Figure 37 : Récapitulatif de l'ensemble des câbles extérieurs

Nous pouvons noter une particularité sur la travée 7, qui compte 5 câbles extérieurs de chaque côté de l'axe de l'ouvrage au lieu de 6 :

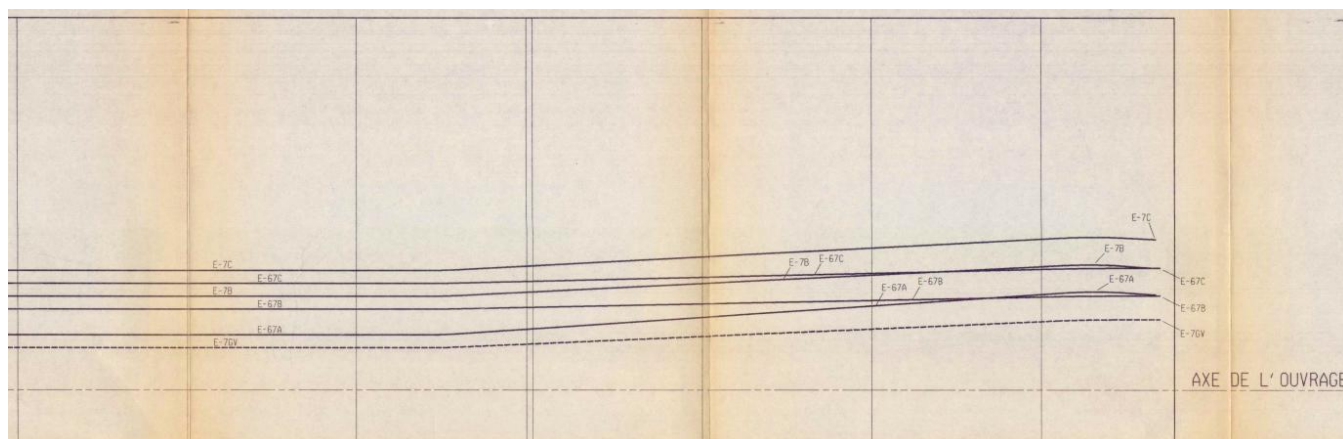


Figure 38 : Extrait de la vue en plan des câbles extérieurs sur la travée 7 - P457

La mise en tension des câbles extérieurs se fait des deux côtés (voir la sortie du calcul électronique de la N420 dans « données ») :

TENSION NOMBRE=12 DATE=75 TENG=4028 TEND=4028 RENG=0.006 REND=0.006

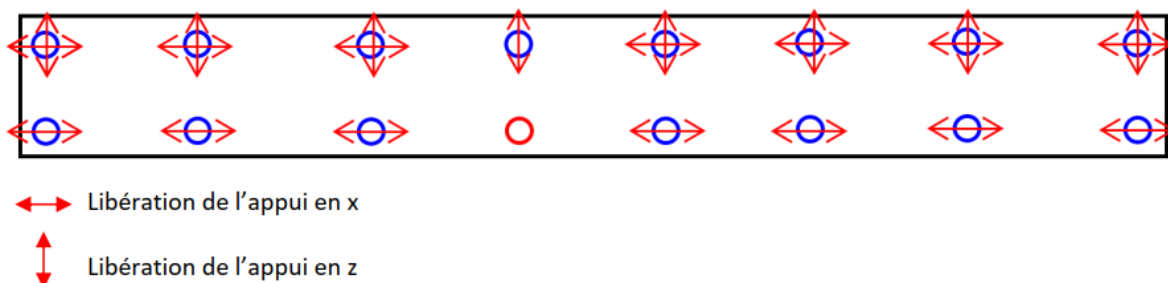
Plusieurs visites et diagnostics de l'ouvrage ont été réalisés sur l'ouvrage : l'investigation de la précontrainte extérieure réalisée par le Cerema date de 2021 et fait référence à deux visites spécifiques de la DIRA de 2018 et 2019.

Nous avons repris les conclusions de ce rapport d'analyse et ainsi nous retenons les hypothèses de modélisation suivantes pour le PRO :

- Prise en compte de la rupture d'un toron (survenue à la construction) pour le câble E12A de la ligne amont,
- Prise en compte de la rupture de 3 torons (survenue à la construction) pour le câble E23C de la ligne aval,
- Hypothèse supplémentaire prise compte tenue de l'incertitude de rupture des torons sur le câble E34C ou E45C : on considère la rupture de 3 torons sur le câble E34C, ce qui est plus défavorable car pourrait avoir une plus forte incidence sur la flèche à mi-travée de la 3^{ème} travée sur gabarit fluvial.

6.3 Appareils d'appui du pont François Mitterrand

Le tablier de l'ouvrage existant repose sur des appareils d'appui à pot glissant. La nature fixe ou glissante des appareils est déduite des plans des appareils d'appuis présentés dans la note de conception N450. Le repère utilisé est celui de notre logiciel aux éléments finis utilisé pour le recalcul de l'ouvrage : X (axe longitudinal), Y (axe vertical), Z (axe transversal).

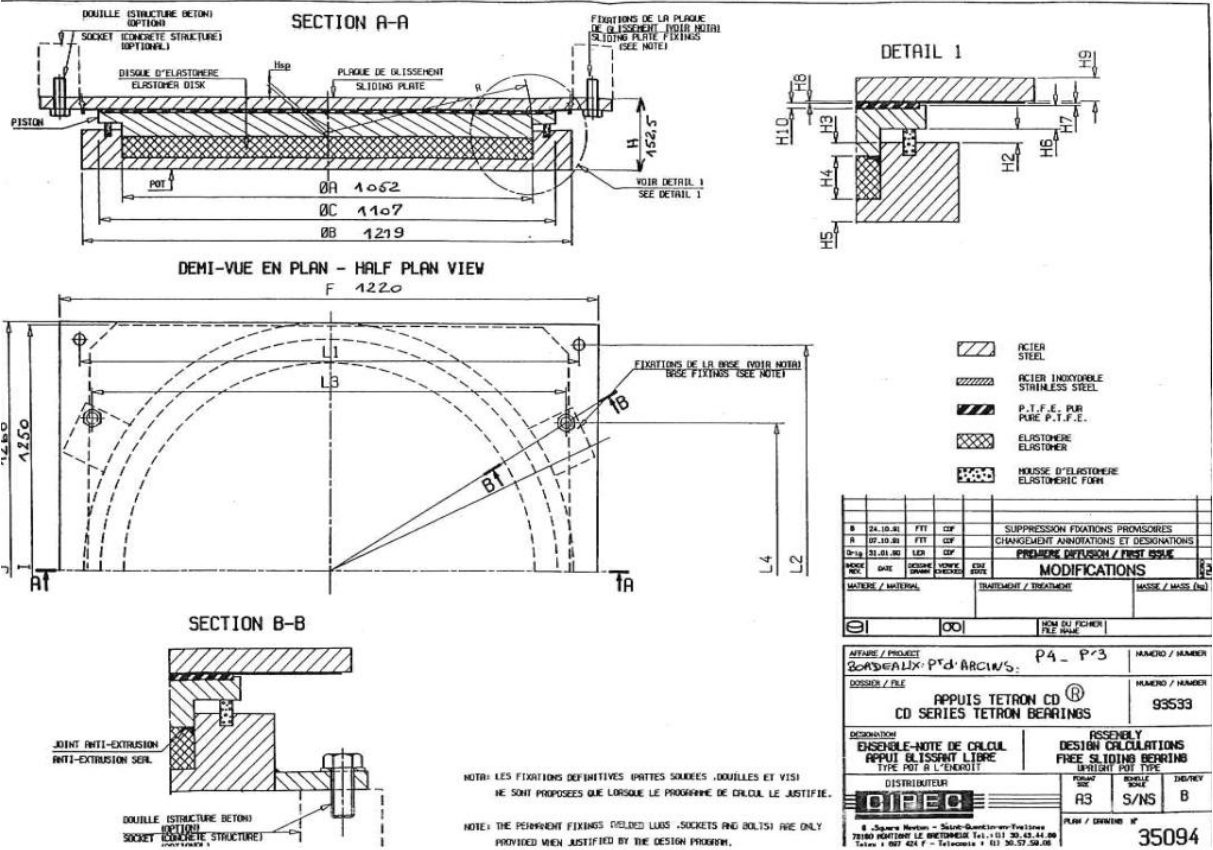


Le diamètre des élastomère des AAP est égal à 1052mm pour P1 à P6 et 521mm pour C0 et C7.

L'épaisseur des élastomère des AAP est égal à 36mm pour P1 à P6 et 18mm pour C0 et C7.

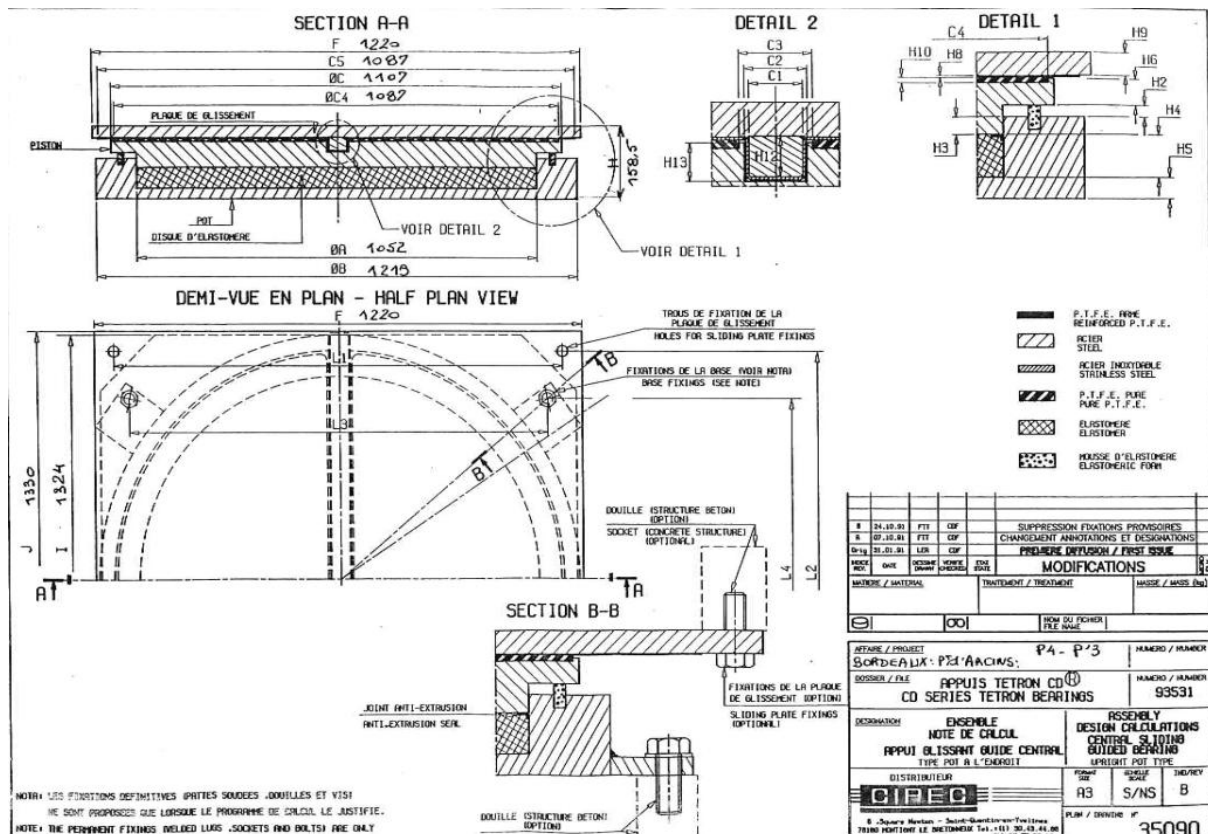
Extrait plan d'appareil d'appui à pot bidirectionnel :

Conception/Réalisation d'une passerelle modes actifs accrochée au PFM

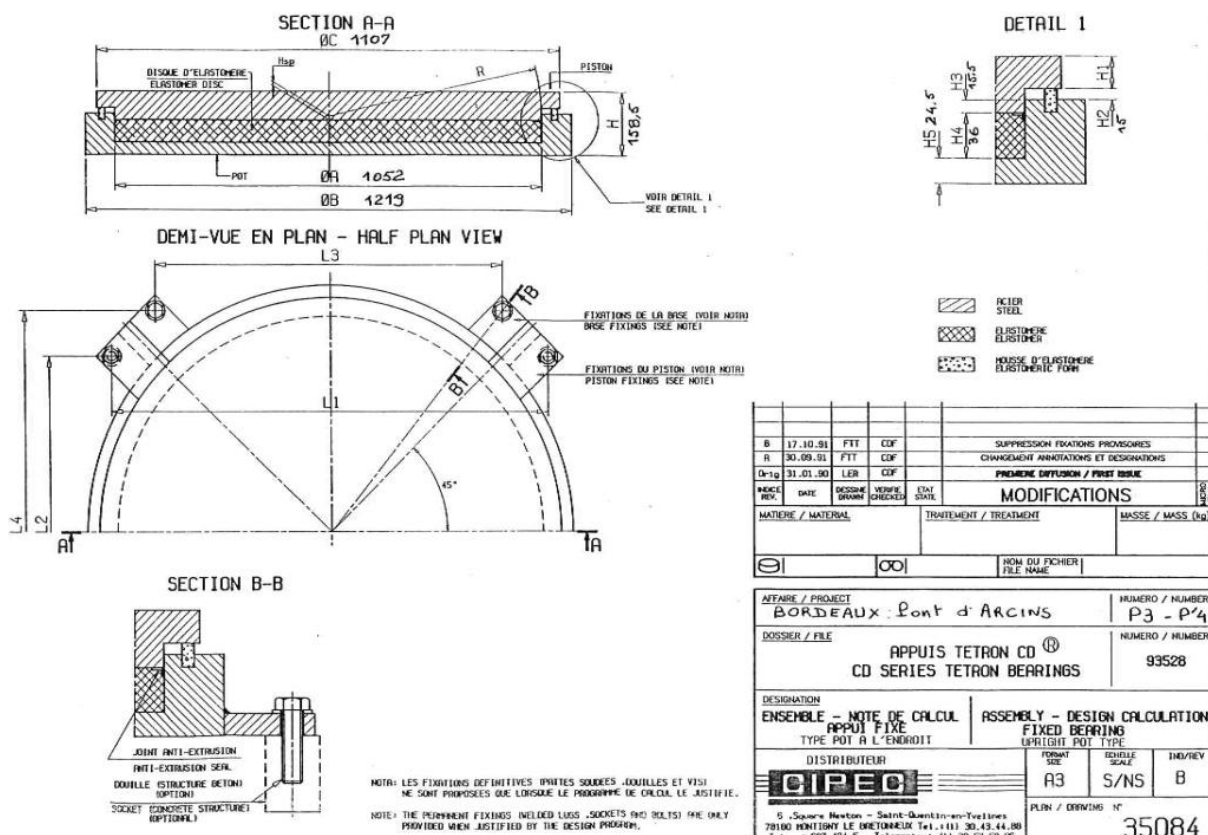


Extrait plan d'appareil d'appui à pot unidirectionnel :

Conception/Réalisation d'une passerelle modes actifs accrochée au PFM



Extrait plan d'appareil d'appui à pot fixe (pile P3) :



7 Description de la passerelle

7.1 Description générale et principe de conception

L'approche a été globale pour proposer une circulation cycle et piétonne agréable et fonctionnelle pour les usagers. La solution retenue consiste à disposer la passerelle sous l'encorbellement du viaduc par le biais d'un platelage en BFUP préfabriqué (métallique sur les extrémités en rive gauche et droite) trouvant appui sur une charpente constituée d'un profilé métallique en « L » fixée en deux points au droit des nervures de brelage des voussoirs.



Figure 39 : Extrait de la maquette 3D

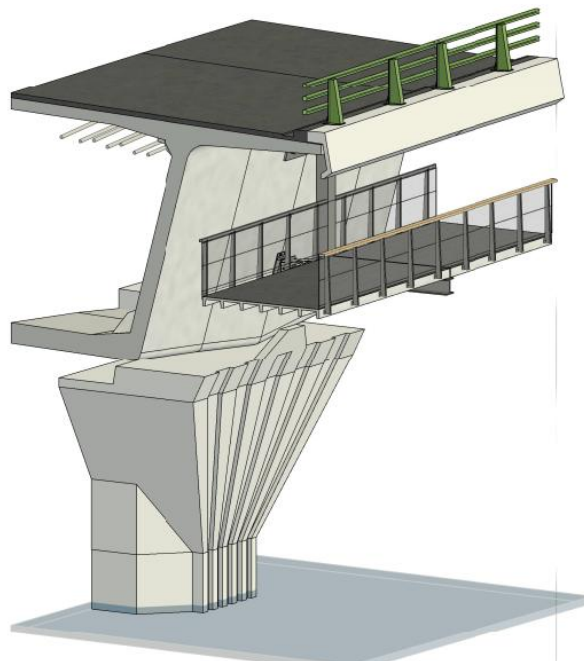


Figure 40 : Vue d'une console courante avec platelage

Le calage de la structure est adapté à la hauteur des voussoirs qui diminue depuis les piles vers la clé des travées, tout en respectant les gabarits des passes navigables sous la travée T2 (P2 à P3) et T3 (P3 à P4).

Nous avons envisagé la fixation des consoles sur chaque voussoir pair de l'ouvrage : VSP, V2, V4, V6, V8, V10, V12, V14. Cela permet, par rapport à une solution avec platelage plus long et moins de consoles, de réduire les efforts par consoles et limiter voire éviter les renforcements de l'ouvrage pour la reprise des efforts locaux. En effet, un optimum est recherché entre réduction du nombre des consoles et la réduction ou l'évitement de tout renforcement de l'ouvrage existant.

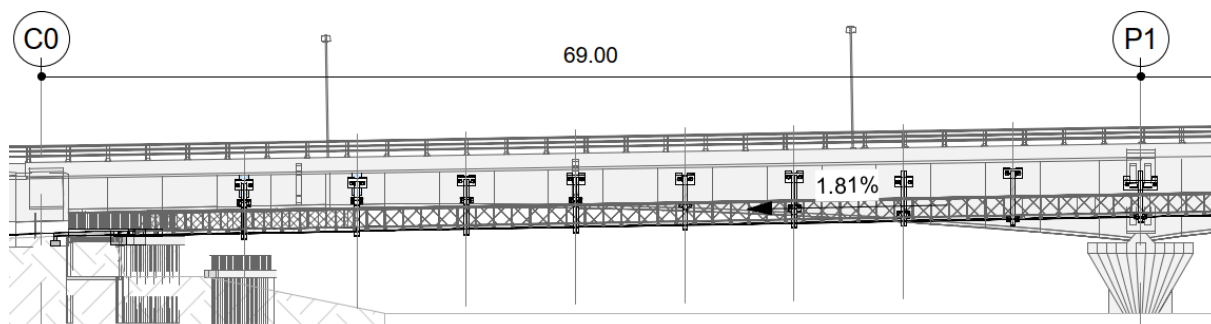


Figure 41 : Consoles accrochées latéralement au pont sur la travée de rive T1 - Extrait du cahier de plans PRO

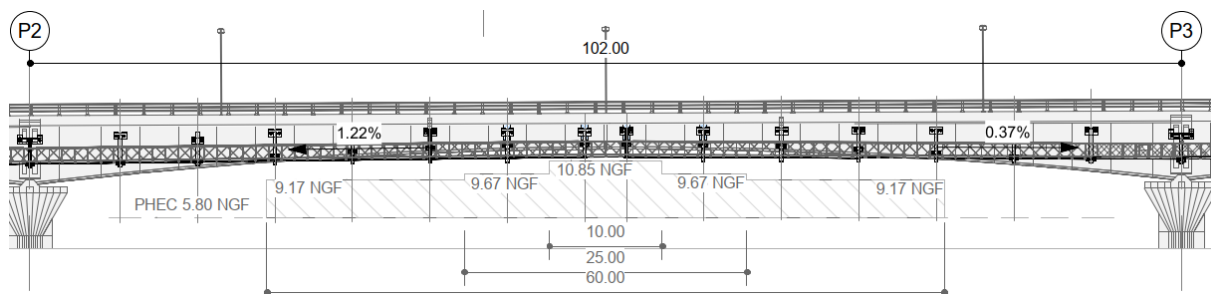


Figure 42 : Consoles accrochées latéralement au pont sur une travée courante (T2 à T6) - Extrait du cahier de plans PRO

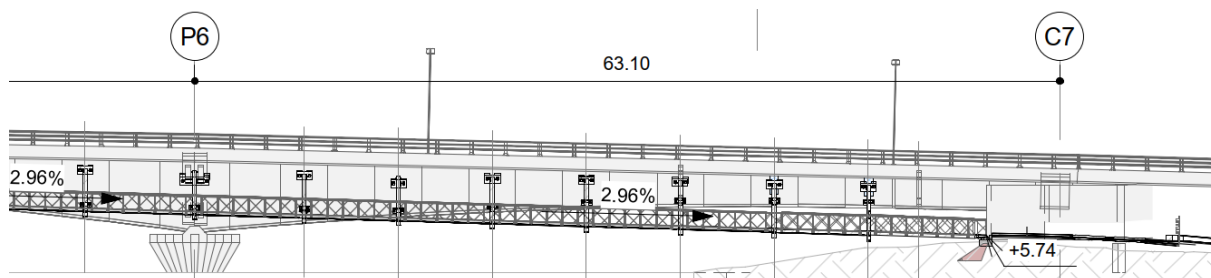


Figure 43 : Consoles accrochées latéralement au pont sur la travée de rive T7 - Extrait du cahier de plans PRO

La passerelle se trouve au plus proche du centre de gravité de l'ouvrage existant : de ce fait la torsion qu'elle induit sur l'ouvrage existant est réduite. Le schéma statique de la console métallique est simple pour maîtriser parfaitement le transfert des efforts sur le viaduc existant. L'appui haut et l'appui bas de chaque console métallique sont écartés au maximum pour limiter les efforts transmis, tout en prenant compte de l'encombrement des câbles de précontrainte qui limitent l'accès à l'âme amont depuis l'intérieur du caisson (pour réaliser les bossages).

La position de la passerelle sous l'encorbellement du pont F. Mitterrand permet aux usagers de franchir la Garonne en étant isolés des nuisances de pollution, sonores et visuelles de la A630/RN230 qui est une voie de circulation majeure et particulièrement congestionnée de l'agglomération bordelaise.

Cette position permet de bénéficier de la présence de l'encorbellement pour l'acheminement de certaines parties d'ouvrage lors de la construction de la passerelle, par la mise en place d'un monorail en intrados. Cette méthode de réalisation permet de s'affranchir de contraintes d'exploitation routière et fluviale pendant la phase de réalisation et d'exploitation de l'ouvrage. Une description complète des modalités de construction de la passerelle est fournie dans le mémoire technique PRO spécifique aux méthodes.

7.2 Calage altimétrique de la passerelle

Le calage altimétrique de la passerelle est un enjeu fort du projet. Nous rappelons que les principales contraintes altimétriques sont :

- Le gabarit des passes navigables :
 - Passe 1 : largeur de 10 m, cote altimétrique de +10.85 NGF
 - Passe 2 : largeur de 25m, cote altimétrique de +9.67 NGF
 - Passe 3 : largeur de 60 m, cote altimétrique de +9.17 NGF
- Le profil des voussoirs : la passerelle doit être calée de manière adaptée à la variation de hauteur des voussoirs afin de respecter autant que possible l'effet de masque de l'ouvrage existant.
- Pente longitudinale de l'ouvrage existant : l'étude du calage altimétrique doit tenir compte de la pente longitudinale sur l'ouvrage.
- Gabarit de la passerelle : la hauteur libre (soit la distance entre la surface circulaire et l'intrados de l'encorbellement du voussoir) doit être au minimum de 3.00 m en tout point de la passerelle.
- Largeur utile de la passerelle : elle doit être en tout point au moins égale à 3.00m
- Double nervure sous encorbellement au droit des VSP et corniches : ces éléments de coffrage / équipements du pont Mitterrand constituent une contrainte importante pour le calage altimétrique et latérale de la passerelle. Au point le plus contraignant, à la limite coté voussoir du gabarit sur la passerelle, la hauteur sous hourdis des nervures est égale à 34cm.

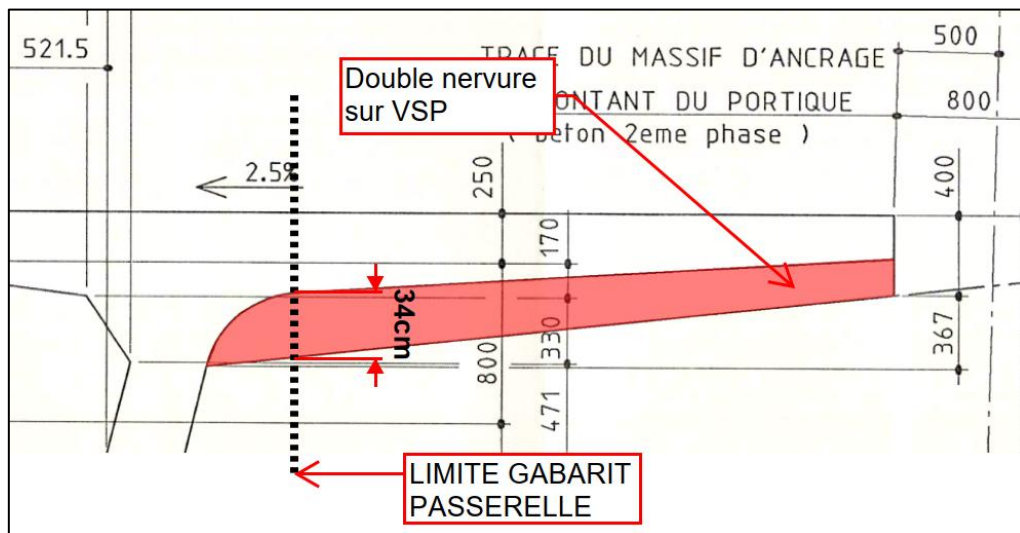


Figure 44 : double nervure sous encorbellement à l'axe des piles

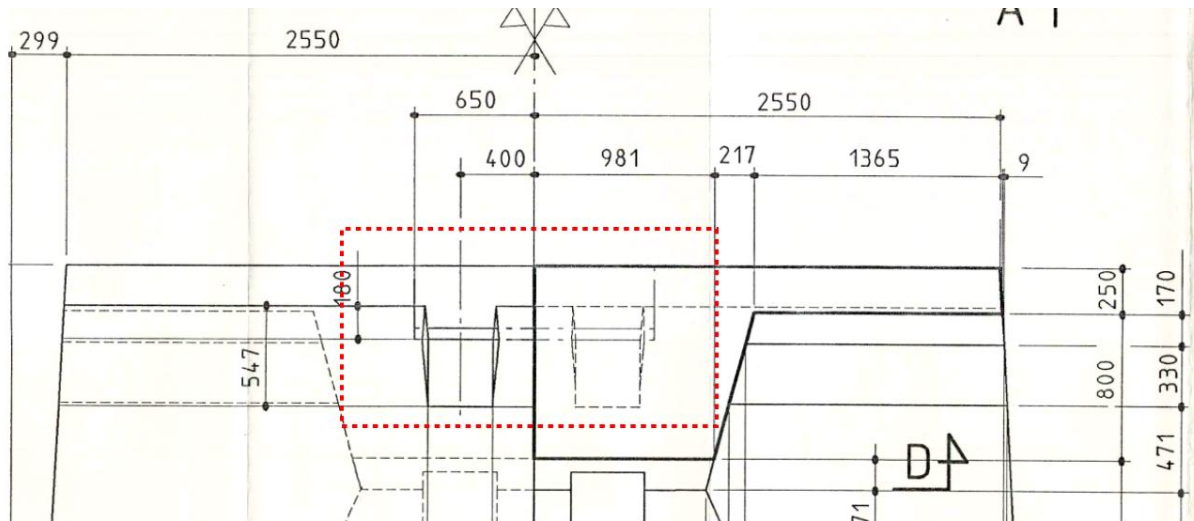


Figure 45 : coffrage VSP – coupe longitudinale - double nervure sous encorbellement à l'axe des piles

- Le profil altimétrique du viaduc, ces données sont issues du plan DOE n°901. Un levé topographique par nuage de point a été réalisé en janvier 2025 et a permis de confirmer le profil altimétrique réel de l'ouvrage. Les images suivantes présentent quelques extraits de la comparaison du profil de la face inférieure du tablier entre le nuage de point (en rouge) et notre maquette 3D de projet (en noir) produite sur la base du coffrage théorique issu des plans DOE.

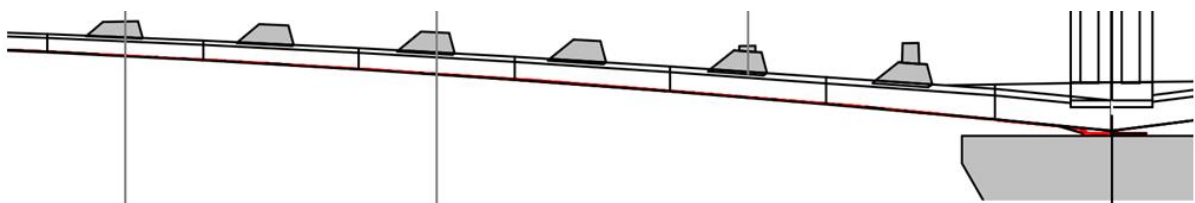


Figure 46 : comparaison levé 3D et maquette projet - coupe longitudinale travée C0-P1

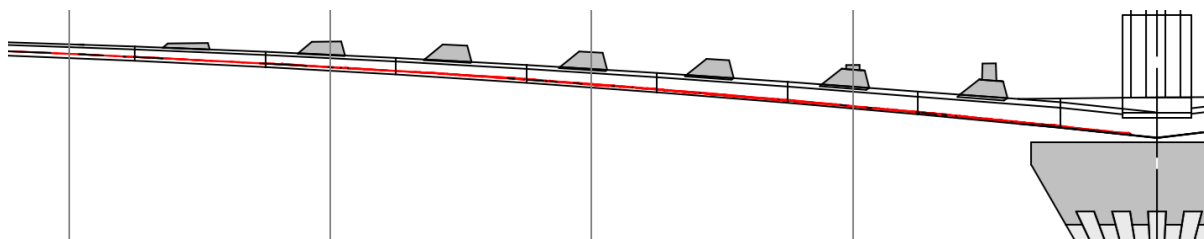


Figure 47 : comparaison levé 3D et maquette projet - coupe longitudinale travée P1-P2

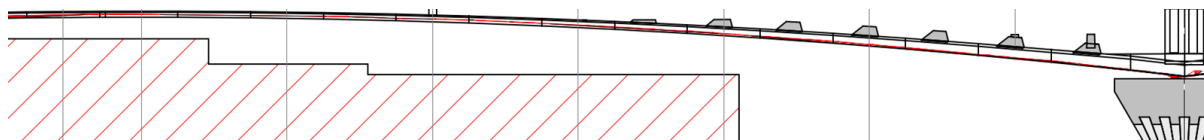


Figure 48 : comparaison levé 3D et maquette projet - coupe longitudinale travée P2-P3

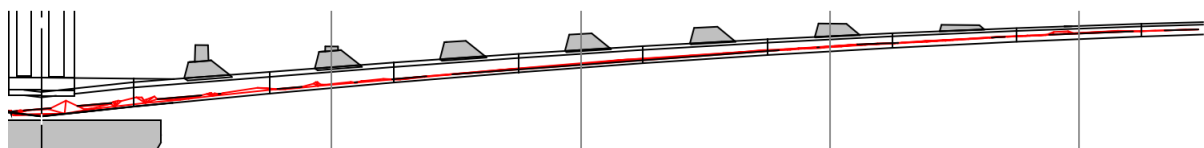


Figure 49 : comparaison levé 3D et maquette projet - coupe longitudinale travée P5-P6

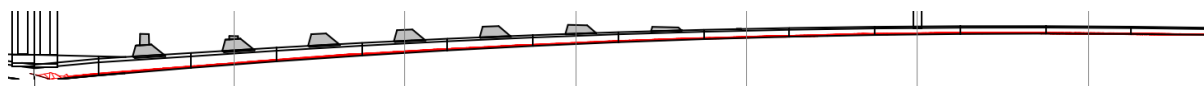
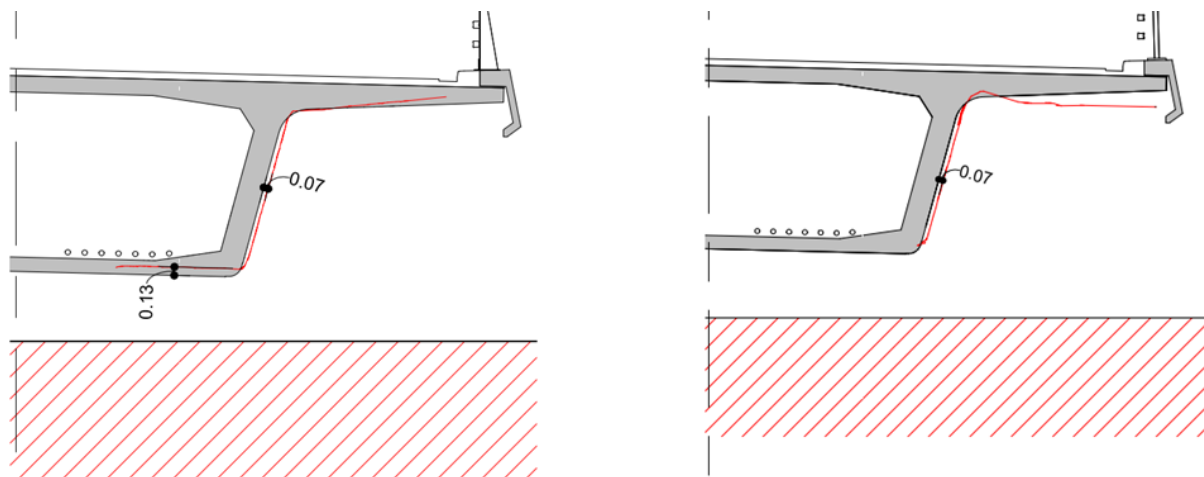


Figure 50 : comparaison levé 3D et maquette projet - coupe longitudinale travée P6-C7

En relation avec le respect du gabarit des passes navigables nous fournissons par les images suivantes une comparaison du coffrage théorique issu de la maquette 3D de projet et le levé topographique par nuage de points suivant une coupe transversale à la clé de la travée T3 (P2 à P3) et travée T4 (P3 à P4) :



On remarque que l'ouvrage se trouve environ 13cm plus en haut que sa position théorique pour la travée T2 et il est également plus haut pour la travée T4. Ceci permet d'avoir une marge additionnelle, par rapport à notre vérification du respect du gabarit fluvial.

La position de la passerelle est fournie de manière relative au coffrage du viaduc, ce qui permet de garantir en tout point le respect du gabarit du programme et la largeur utile.

La tolérance de pose et les défauts géométriques doivent également être pris en compte dans le calage du profil longitudinal : afin de les couvrir nous considérons une marge de 10cm sur le calage altimétrique en tout point de l'ouvrage (et notamment sous nervure des VSP) hormis au droit des clés au-dessus des passes navigables, où la marge de calage sera réduite à 5cm. Nous traduisons cela en tenant compte :

- D'une distance verticale de la passerelle de 3.00 (gabarit programme) + 0.34 (hauteur nervures VSP) + 0.10 (marge) = 3.44m au droit des « points durs » sous nervures de VSP et en tout point de la passerelle hormis passes navigables (pour les travées de rive le raccordement sur les culées conduit à avoir une distance verticale supérieure)

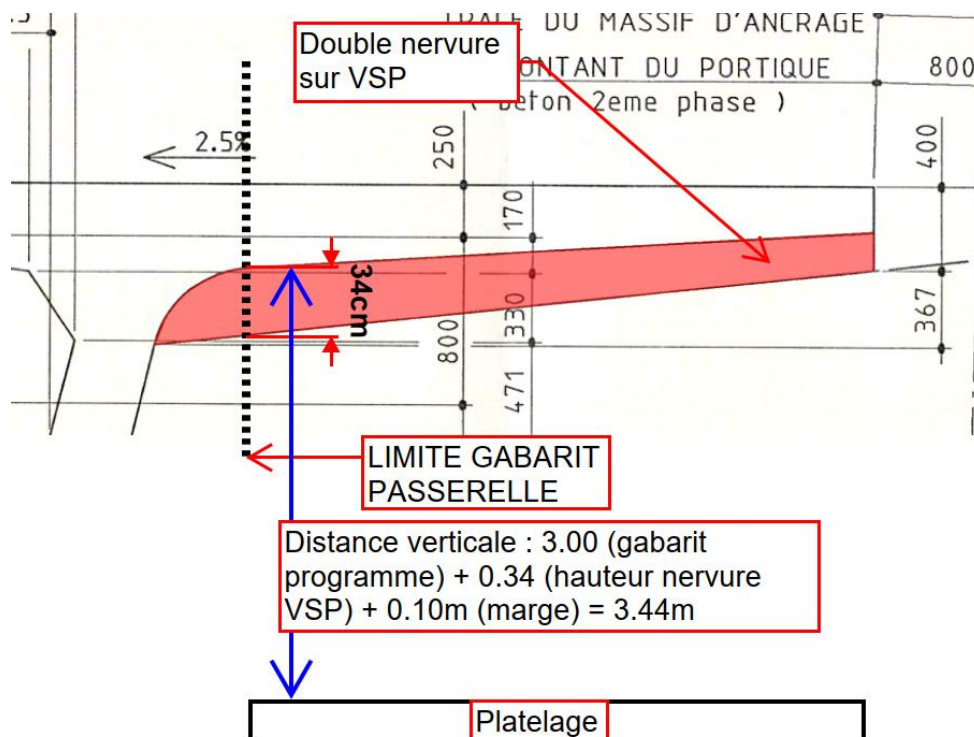


Figure 51: Principe de calage altimétrique (hors passes navigables et travées de rive)

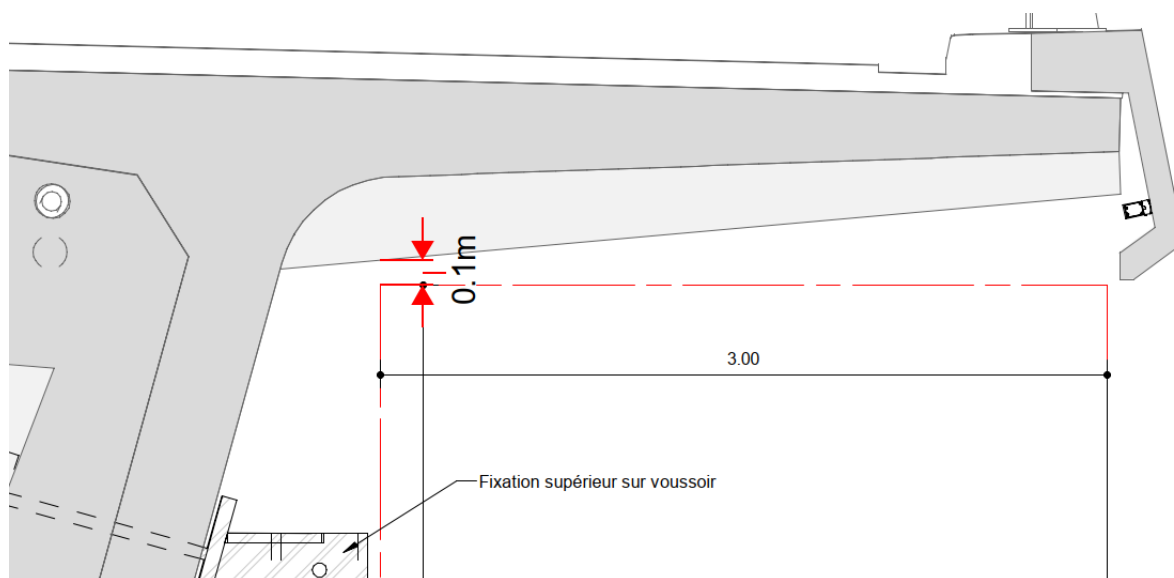


Figure 52 : coupe transversale au droit d'un VSP – gabarit + marge 10cm + nervure sous encorbellement

- D'une distance verticale de la passerelle de $3.00 + 0.05$ (marge) = 3.05 m au droit des « points durs » sur clé au droit des passes navigables.

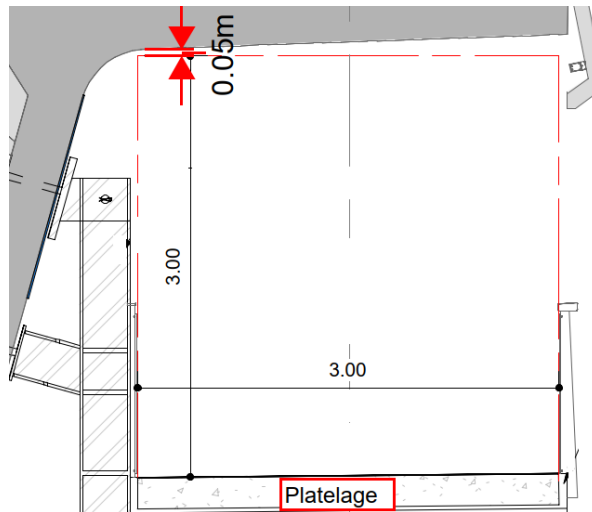


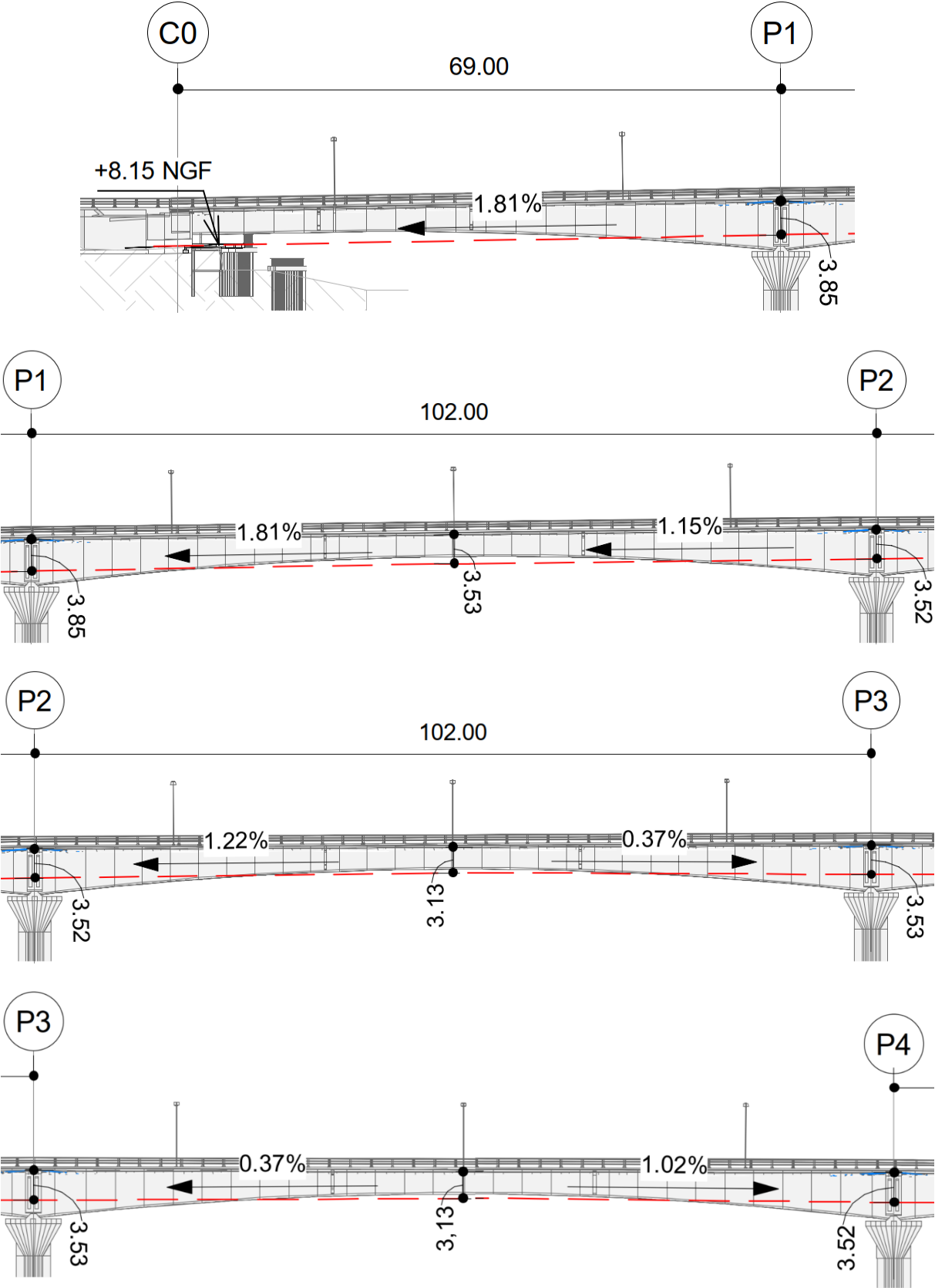
Figure 53: Principe de calage altimétrique à la clé sur passes navigables

7.3 Présentation du profil en long de l'ouvrage

Les principes du calage du profil longitudinal sont les suivants :

- Le profil en long de la passerelle se rapproche au plus près à une géométrie de courbe suivant le tablier du pont François Mitterrand, deux « cassures » de cette courbe entre les piles P2-P3 et P3-P4 sont prévues afin de respecter à la fois le gabarit des passes navigables et le gabarit de la passerelle sous les nervures au droit des piles P2, P3, P4.
- Pente toujours inférieure à 4%,
- Le profil est fourni en relatif sur tout le linéaire de la passerelle hormis le point d'atterrissage en rive droite et gauche. En effet un calage en absolu NGF ne garantit pas le respect du gabarit de la passerelle sous les points durs des nervures sur VSP. Le respect du gabarit fluvial (qui est fourni en cote absolue NGF) est garanti par une marge supérieure à 10 cm (cf. §7.4.1).

Le profil longitudinal est présenté ci-dessous, par travée :



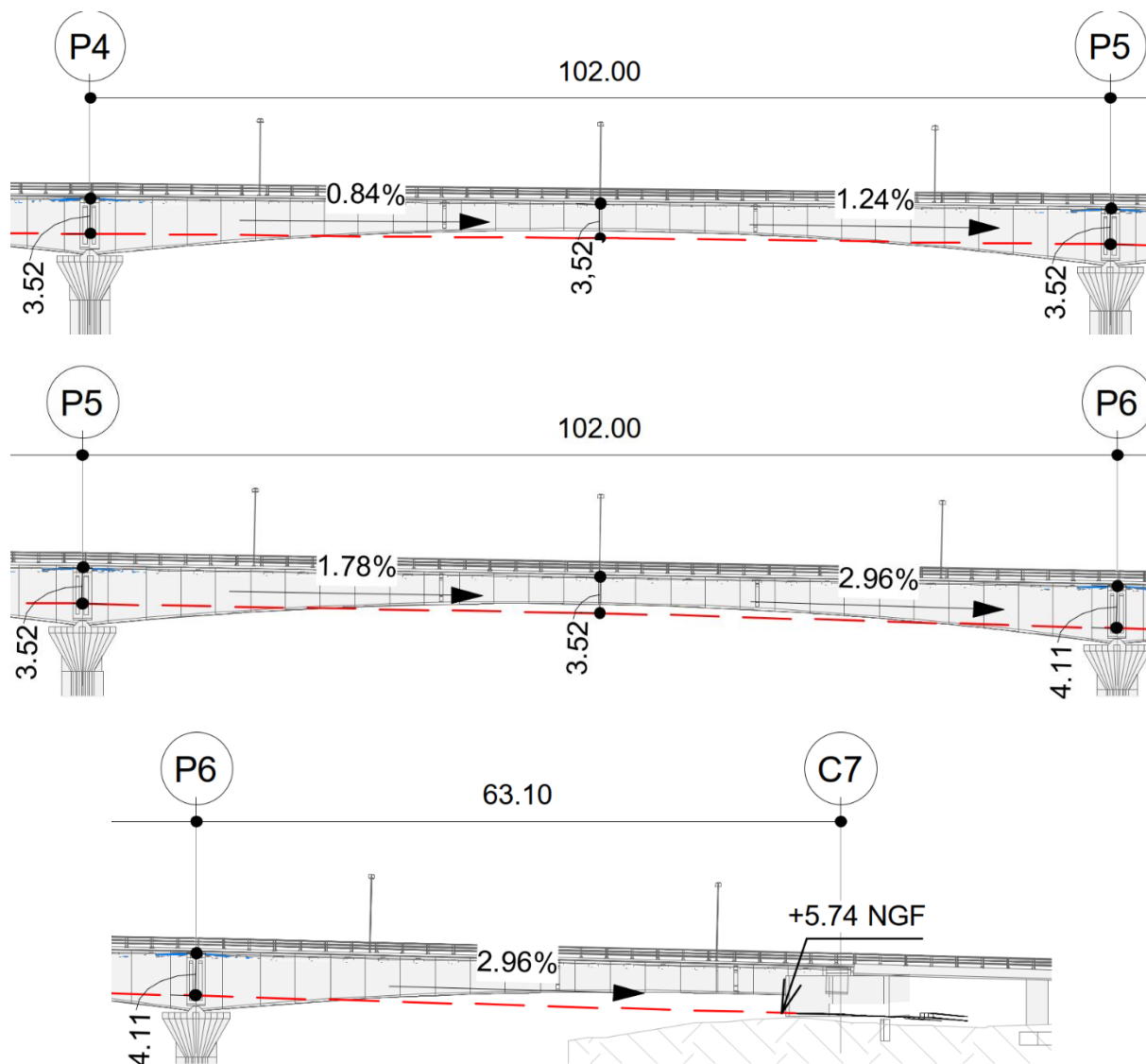


Figure 54 : Profil longitudinal de la passerelle

7.4 Géométrie et espacement des consoles

Sur les travées courantes, les consoles sont situées sur les voussoirs suivant : VSP - V2 - V4 - V6 - V8 - V10 - V12 - V14 (dénomination pour une demi-travée courante). Sur les travées de rive les fixations suivent ce qui est présenté sur les images suivantes.

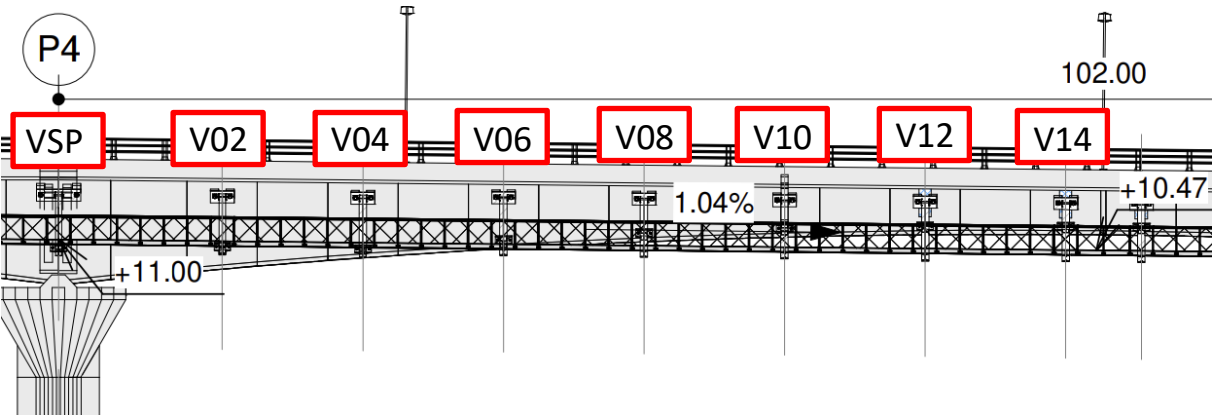


Figure 55 : Positionnement des consoles sur une mi-travée courante

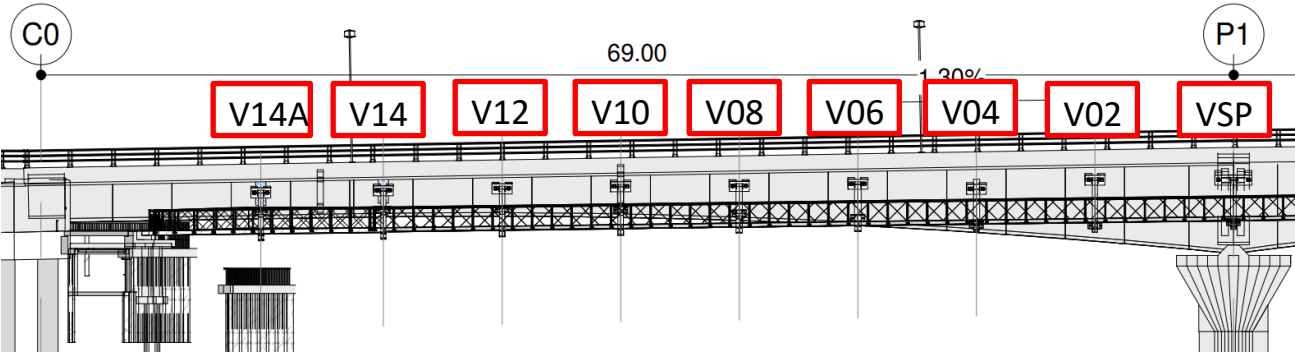


Figure 56 : Positionnement des consoles sur travée de rive gauche

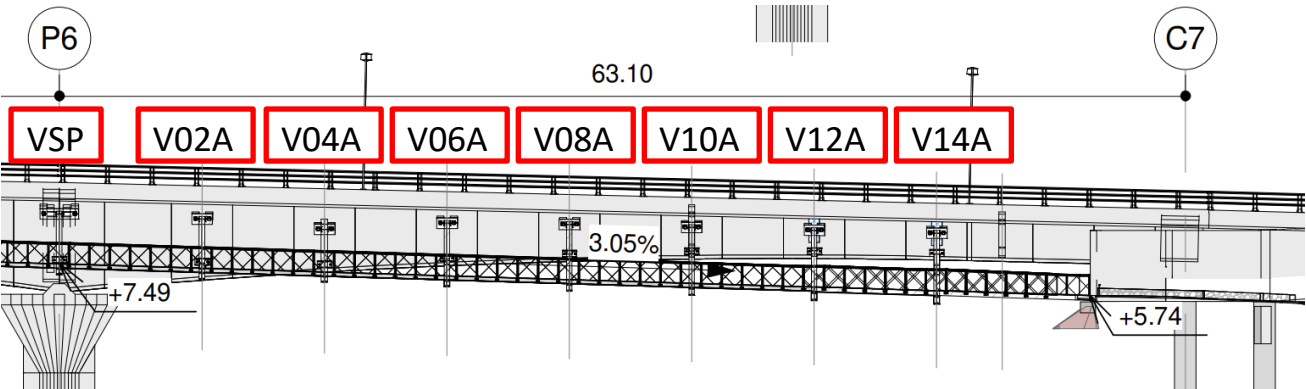
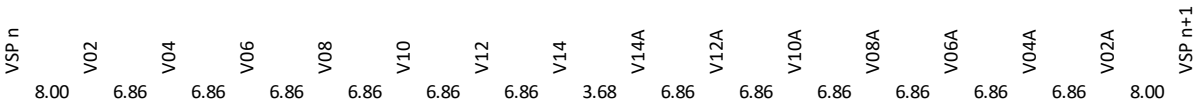


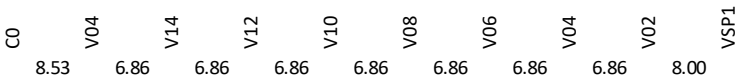
Figure 57 : Positionnement des consoles sur travée de rive droite

L'espacement en mètres entre consoles est présenté sur les images suivantes :

Travées courantes :

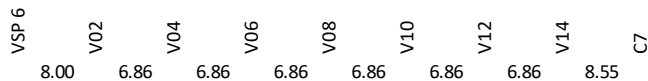


Travée rive gauche :



Travée rive droite

Conception/Réalisation d'une passerelle modes actifs accrochée au PFM



Les consoles sont regroupées par type, en fonction de la nature et dimension des platelages qui portent :

Type	N console	Type	N console
1 nom type courant portée amont 6.86m portée aval 6.86m	59	6 nom type à la clé courante portée amont 6.86 portée aval 3.63	6
2 nom type sur VSP portée amont 8 portée aval 8	4	7 nom type à la clé passe navigable portée amont 6.86 portée aval 3.63	4
3 nom type sur VSP + belvédère portée amont 8 portée aval 8	2	8 type C0 nom coté culée	1
4 type juste nom avant VSP portée amont 6.86 portée aval 8	8	9 type C0 nom coté ouvrage	1
5 type juste nom avant VSP + belvédère portée amont 6.86 portée aval 8	4	10 type C7 nom coté ouvrage	1
		11 type C7 nom coté culée	1
		total	91

Le positionnement de ces types de consoles est donné ci-dessous (les types de consoles sont identifiés par leur couleur) :

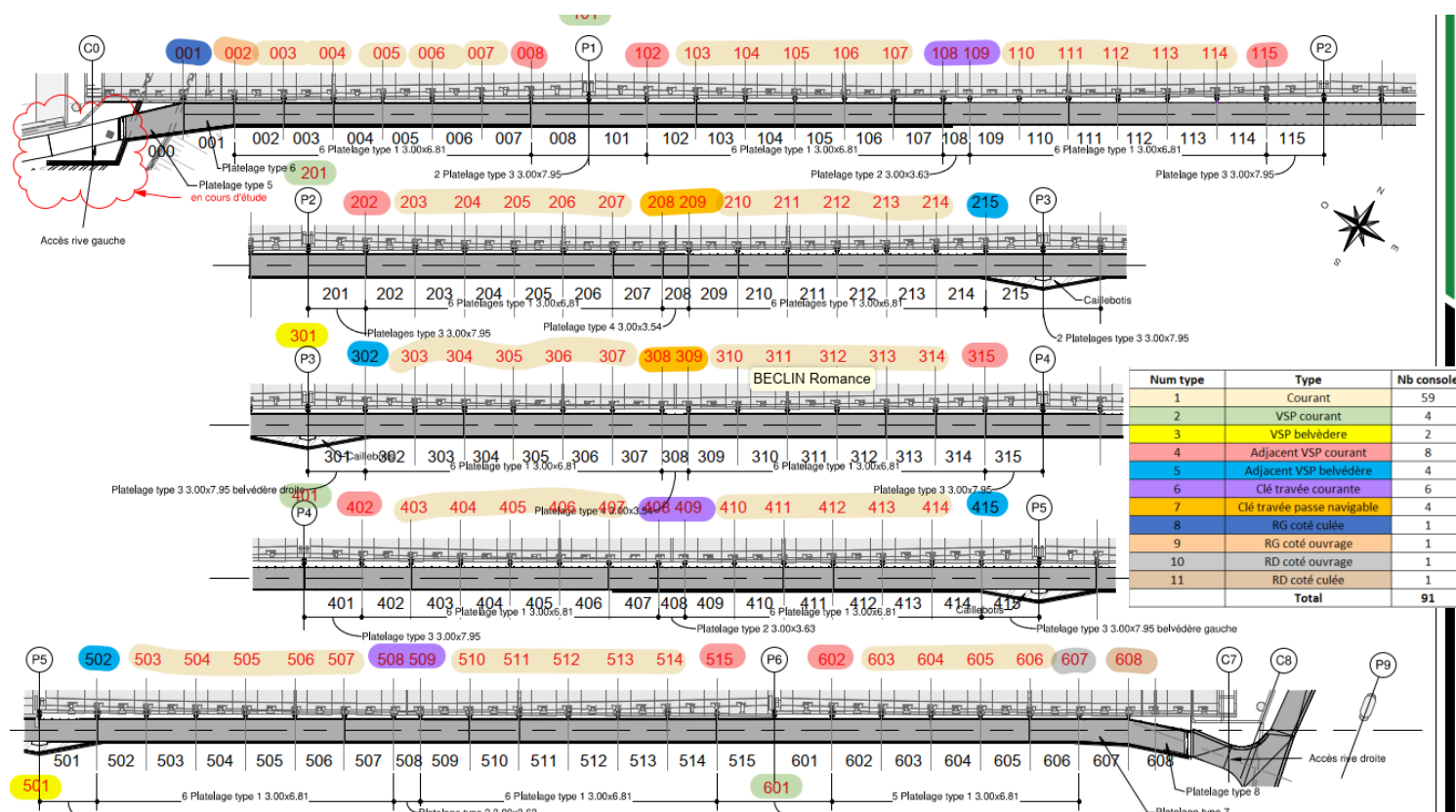


Figure 58 : Numérotation des consoles et attribution d'un type

Compte tenu de la variabilité de la position de la passerelle par rapport au viaduc chacune des 91 consoles présente une longueur unique pour le profilé vertical, ainsi à priori, aucune console n'est identique à une autre.

Le type 1 présenté ci-avant (console courante) se décline également en plusieurs sous type (1.1 à 1.4) en fonction de la nature des profils retenus par la suite du dimensionnement de la charpente métallique.

7.4.1 Charpente métallique des consoles

Le profilé en « L » qui porte le platelage est constitué de profilés du commerce verticaux et horizontaux, hormis les consoles qui se trouvent au-dessus des passes navigables pour lesquelles le profilé horizontal est un PRS. Pour les 91 consoles, les aciers de charpente retenus sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Console	Voussoir	Profilé vertical	Profilé horizontal	H profilé vt (m)	L profilé hz (m)
001	V14	HEM360	HEM300	2.92	4.18
002	V14	HEM360	HEM300	2.94	3.1
003	V12	HEM300	HEB340	2.92	3.1
004	V10	HEM300	HEB340	2.96	3.1
005	V8	HEB360	HEB300	2.85	3.1
006	V6	HEB360	HEB300	2.88	3.1
007	V4	HEB360	HEB300	2.8	3.1
008	V2	HEM360	HEB360	2.93	3.1
101	VSP1	HEM360	HEM300	2.84	3.1
102	V2A	HEM360	HEB360	3.02	3.1
103	V4A	HEB360	HEB300	2.95	3.1

Conception/Réalisation d'une passerelle modes actifs accrochée au PFM

104	V6A	HEB360	HEB300	2.93	3.1
105	V8A	HEB360	HEB300	2.94	3.1
106	V10A	HEB360	HEB300	2.94	3.1
107	V12A	HEB360	HEB340	2.95	3.1
108	V14A	HEB360	HEB300	2.92	3.1
109	V14	HEB360	HEB300	2.92	3.1
110	V12	HEB360	HEB340	2.91	3.1
111	V10	HEB360	HEB300	2.89	3.1
112	V8	HEB360	HEB300	2.88	3.1
113	V6	HEB360	HEB300	2.89	3.1
114	V4	HEB360	HEB300	2.89	3.1
115	V2	HEM360	HEB360	2.89	3.1
201	VSP2	HEM360	HEM300	2.9	3.1
202	V2A	HEM360	HEB360	3.07	3.1
203	V4A	HEB360	HEB300	2.91	3.1
204	V6A	HEB360	HEB300	2.85	3.1
205	V8A	HEB360	HEB300	2.8	3.1
206	V10A	HEB360	HEB300	2.75	3.1
207	V12A	HEB360	HEB340	2.76	3.1
208	V14A	HEB360	PRS	2.44	3.09
209	V14	HEB360	PRS	2.37	3.09
210	V12	HEB360	HEB340	2.61	3.1
211	V10	HEB360	HEB300	2.66	3.1
212	V8	HEB360	HEB300	2.7	3.1
213	V6	HEB360	HEB300	2.74	3.1
214	V4	HEB360	HEB300	2.79	3.1
215	V2	HEM360	HEB360	2.88	3.1
301	VSP3	HEM400	HEM400	3.02	4.47
302	V2A	HEM360	HEB360	2.88	3.1
303	V4A	HEB360	HEB300	2.8	3.1
304	V6A	HEB360	HEB300	2.76	3.1
305	V8A	HEB360	HEB300	2.73	3.1
306	V10A	HEB360	HEB300	2.7	3.1
307	V12A	HEB360	HEB340	2.7	3.1
308	V14A	HEB360	PRS	2.41	3.1
309	V14	HEB360	PRS	2.4	3.1
310	V12	HEB360	HEB340	2.71	3.1
311	V10	HEB360	HEB300	2.68	3.1
312	V8	HEB360	HEB300	2.71	3.1
313	V6	HEB360	HEB300	2.76	3.1
314	V4	HEB360	HEB300	2.8	3.1
315	V2	HEM360	HEB360	2.89	3.1
401	VSP4	HEM360	HEM300	2.9	3.1
402	V2A	HEM360	HEB360	2.95	3.1
403	V4A	HEB360	HEB300	2.88	3.1
404	V6A	HEB360	HEB300	2.87	3.1
405	V8A	HEB360	HEB300	2.88	3.1
406	V10A	HEB360	HEB300	2.88	3.1
407	V12A	HEB360	HEB340	2.92	3.1
408	V14A	HEB360	HEB300	2.88	3.1

409	V14	HEB360	HEB300	2.88	3.1
410	V12	HEB360	HEB340	2.93	3.1
411	V10	HEB360	HEB300	2.89	3.1
412	V8	HEB360	HEB300	2.88	3.1
413	V6	HEB360	HEB300	2.88	3.1
414	V4	HEB360	HEB300	2.88	3.1
415	V2	HEM360	HEB360	2.94	3.1
501	VSP5	HEM400	HEM400	3.03	4.7
502	V2A	HEM360	HEB360	2.93	3.1
503	V4A	HEB360	HEB300	2.88	3.1
504	V6A	HEB360	HEB300	2.88	3.1
505	V8A	HEB360	HEB300	2.88	3.1
506	V10A	HEB360	HEB300	2.88	3.1
507	V12A	HEB360	HEB340	2.92	3.1
508	V14A	HEB360	HEB300	2.89	3.1
509	V14	HEB360	HEB300	2.88	3.1
510	V12	HEB360	HEB340	3.03	3.1
511	V10	HEB360	HEB300	3.06	3.1
512	V8	HEB360	HEB300	3.14	3.1
513	V6	HEB360	HEB300	3.23	3.1
514	V4	HEB360	HEB300	3.33	3.1
515	V2	HEM360	HEB360	3.48	3.1
601	VSP6	HEM360	HEM300	3.56	3.1
602	V2A	HEM360	HEB360	3.54	3.1
603	V4A	HEB360	HEB300	3.51	3.1
604	V6A	HEM300	HEB340	3.71	3.1
605	V8A	HEM360	HEM360	3.84	3.1
606	V10A	HEM360	HEM360	3.9	3.1
607	V12A	HEM400	HEM400	4.08	3.1
608	V14A	HEM400	HEM400	4.12	3.54

Tableau 1 : Récapitulatif des profils retenus pour chaque console

Pour les consoles 208-209 et 308-309 des voussoirs V14 au droit de la clé, afin de libérer le gabarit fluvial, les profilés horizontaux courants sont remplacés par des PRS. L'âme et la semelle supérieure du profilé se trouveront donc entre deux éléments de platelages comme on peut le voir sur les extraits du cahier de plan PRO (vue suivant le profil longitudinal, coupe transversale et détail) :

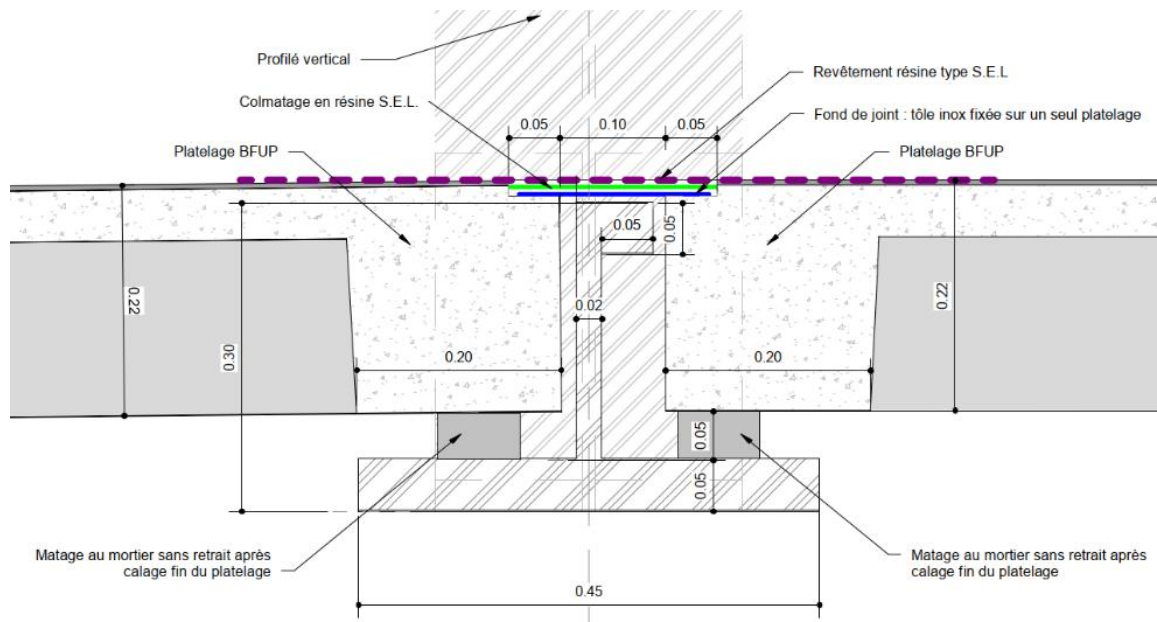
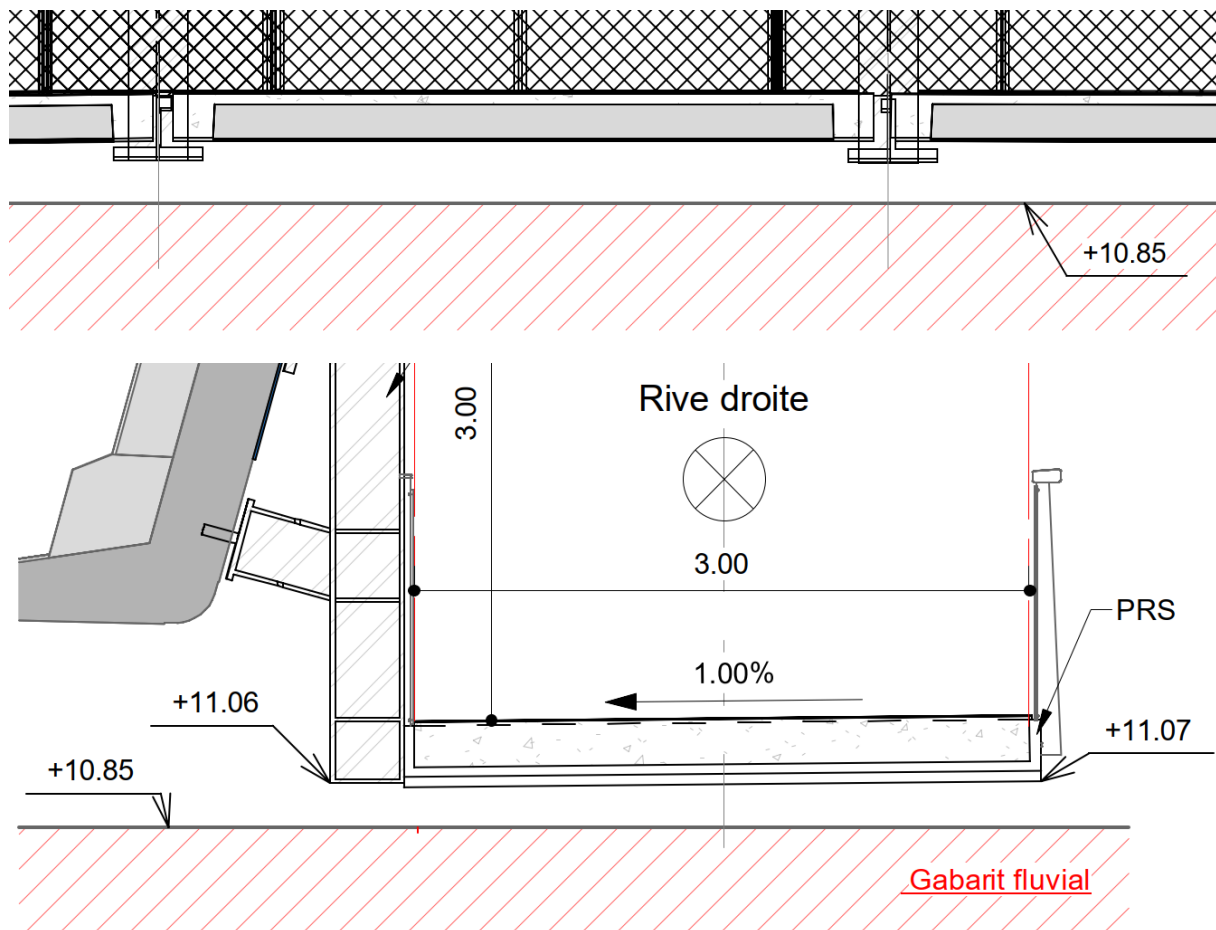


Figure 59 : Détails du profilé en PRS pour les consoles au-dessus des passes navigables (n°208 / 209 / 308 / 309)

Afin de maintenir un platelage courant de longueur 6.86m d'un côté de l'appui, nous concevons un profilé asymétrique.

Un joint plus large que celui courant sur l'ensemble des platelages, assurera la continuité de cheminement à cheval du profilé PRS.

En raison de la présence du profilé, la largeur théorique entre les deux platelages dans ce cas précis doit être au moins de 10cm, et donc supérieur à la largeur courante théorique entre deux platelages (de 5cm). Cette augmentation de l'espace entre les platelages s'accompagne alors d'une réduction de la longueur du platelage de clé (cf. chapitre sur les platelages BFUP).

La section du PRS est présentée ci-dessous :

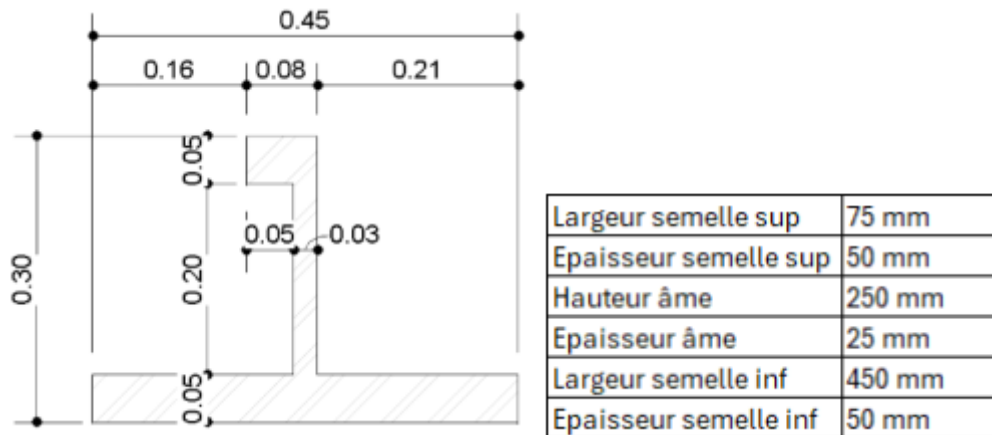


Figure 60 : Section du PRS pour les consoles sur passe navigable

Suivant nos études la flèche totale en extrémité des consoles (passerelle sous charges de foule/vent + pont François Mitterrand sous variables propres + G+Q passerelle) au-dessus des passes navigables est de 12cm environ.

En tenant compte de cette flèche, l'arase inférieure de la console en extrémité, dont l'altimétrie nominale est à la cote +11.07 m (pour les deux travées P2-P3 et P3-P4), passerait à +10.95 m, laissant une marge de 10 cm entre le gabarit fluvial et le point bas du profilé horizontal.

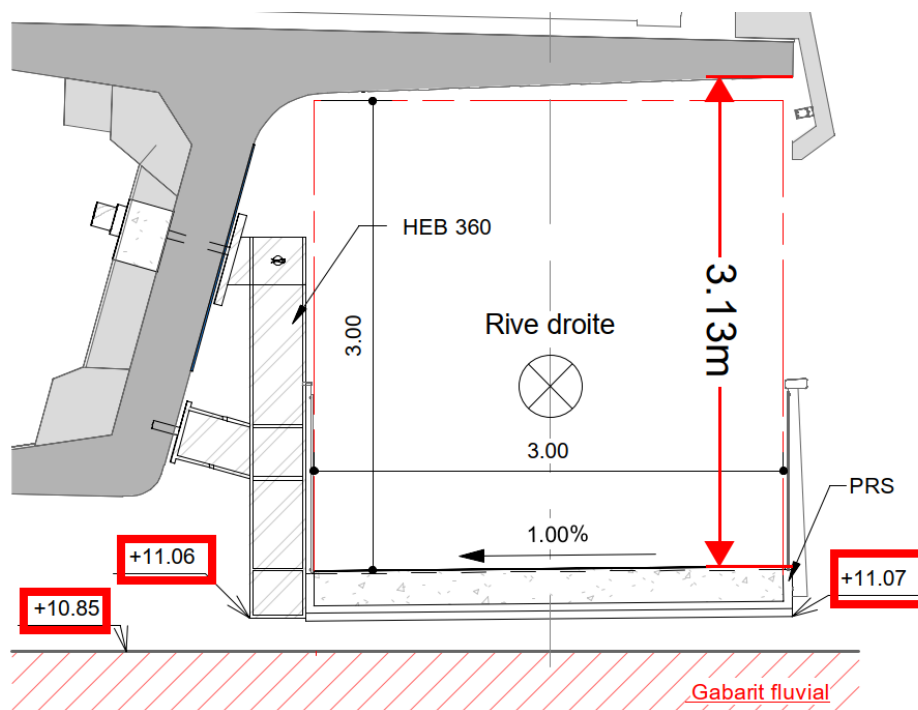


Figure 61 : Altimétrie de la passerelle par rapport au gabarit fluvial

En prenant en compte le levé topographique réalisé en janvier 2025 (cf. §7.2) la marge de vérification du gabarit obtenue sur la géométrie réelle de l'ouvrage s'avère supérieure car l'ouvrage se trouve plusieurs centimètre plus haut que sa position théorique (cf. exemple de la coupe à la clé travée T3 (P2 à P3) ci-après) :

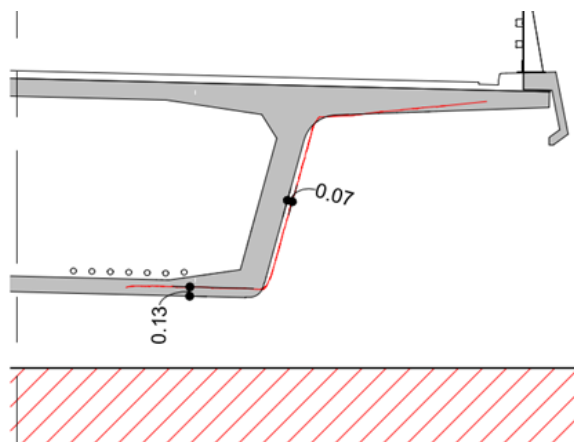


Figure 62: Clé travée T3 (P2-P3) : comparaison coffrage théorique (issu de la maquette 3D PRO - plans DOE) et levé topographique par nuage de points

Pour l'intégralité de la charpente, l'acier retenu est de nuance S355 et sera conforme aux normes de la série NF EN 10025-2, 3 et 4 (Produits laminés à chaud en aciers de construction).

7.4.2 Protection anti-corrosion des consoles

La charpente des consoles support de la passerelle sera protégée avec système anti-corrosion C4 type peinture sur acier nu.

7.5 Liaison aux voussoirs

7.5.1 Principe d'accrochage des consoles

7.5.1.1 Reprise des efforts verticaux

Afin d'éviter des efforts parasites, le système de fixation de la console à l'âme de voussoir est isostatique vis-à-vis des efforts verticaux :

- En tête des consoles en « L » se trouve une rotule qui transmet l'intégralité de l'effort vertical et l'effort horizontal induit par le moment de console ;
- L'appui inférieur est un simple contact entre le bras d'appui de la console et la surface de l'âme et ne transmet qu'une force horizontale de contact toujours dirigée vers le voussoir (compression minimale entre 40 et 50 kN sous ELS QP + vent vers le haut).

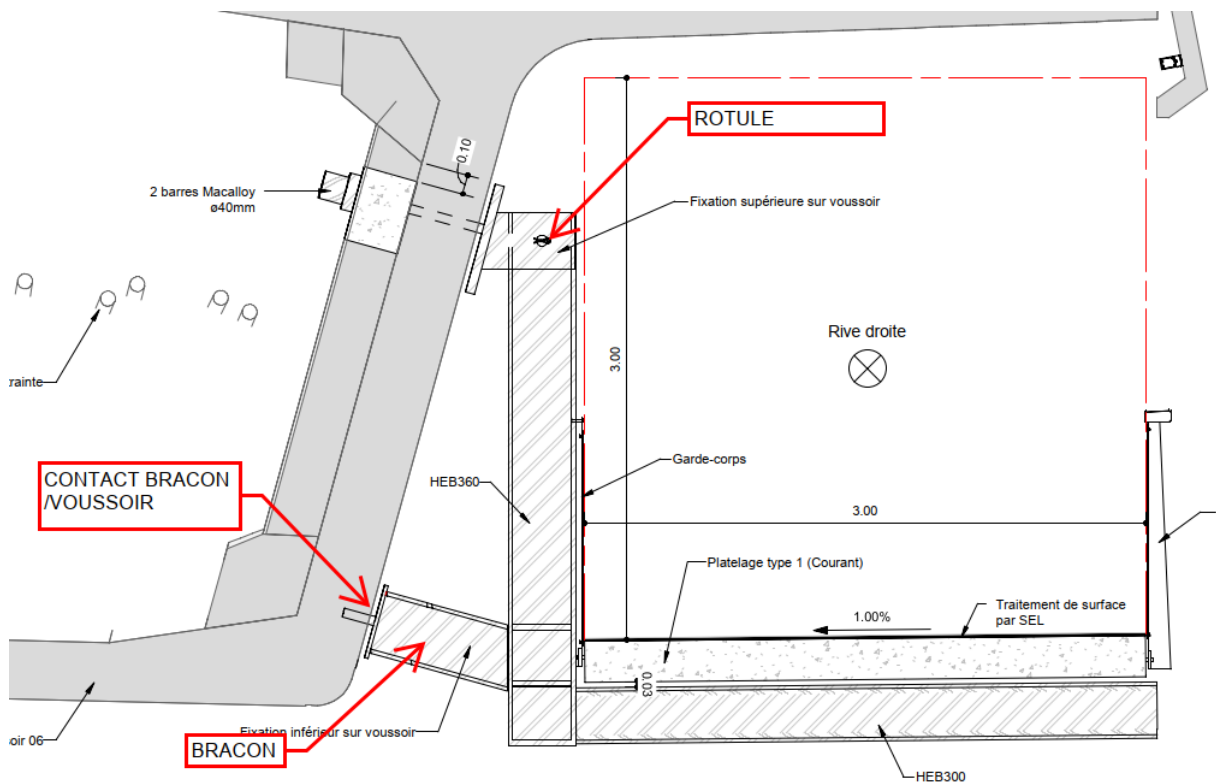


Figure 63 : Schéma d'appui de la console

Ainsi, sous l'action des charges verticales, la console transmet au caisson :

- Au niveau du point d'appui haut : une force horizontale d' « arrachement » inversement proportionnelle à la distance entre l'appui haut et bas, une force verticale correspondante à la descente de charge verticale totale majorée de la composante verticale de l'appui inférieur, un moment de flexion proportionnel à la distance de l'axe de la rotule à l'âme du voussoir
- Au niveau du point d'appui bas : une force perpendiculaire à l'âme du caisson

7.5.1.2 Reprise des efforts horizontaux

La reprise des efforts horizontaux transversaux (action sur les garde-corps, action transversale de la foule) est gouvernée par le même schéma statique que celui de reprise des efforts verticaux.

La reprise des efforts horizontaux longitudinaux (freinage du véhicule de service soit 60% de son poids nominal : 27kN ; et action horizontale de la foule) est assurée par l'ancrage de l'appui inférieur (matérialisé par un élément dénommé « bracon ») contre l'âme du voussoir. Celui-ci s'élargit au contact du béton par des raidisseurs en gousset afin de permettre une plus large base d'appui contre l'âme du voussoir. La reprise des efforts horizontaux et des moments d'axe vertical (produit de la force de freinage et de la distance latérale du véhicule au caisson) est possible par deux chevilles dans l'âme du caisson. La position des câbles de précontrainte d'éclisse dans l'hourdis inférieur n'interfère pas avec cette fixation par chevillage.

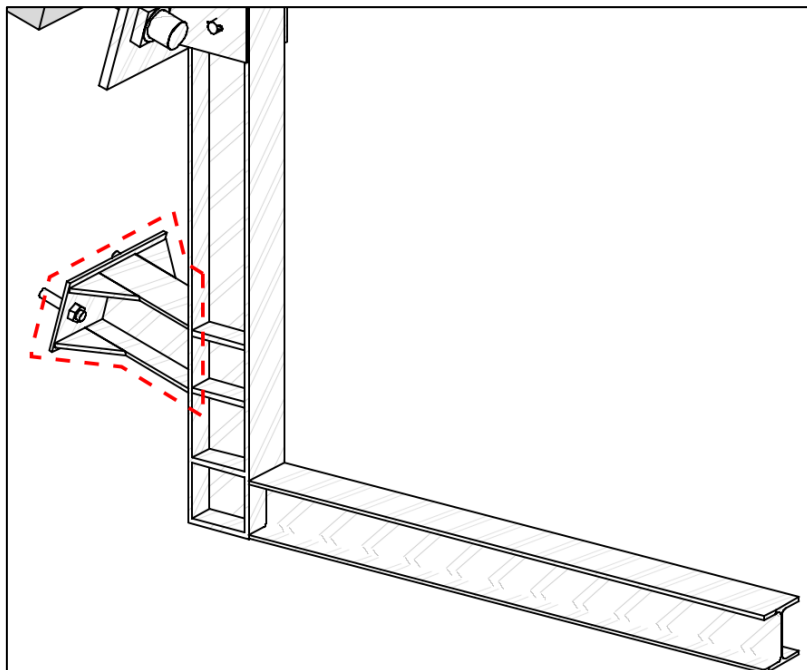


Figure 64: détail d'appui de la console en partie basse (axonométrie)

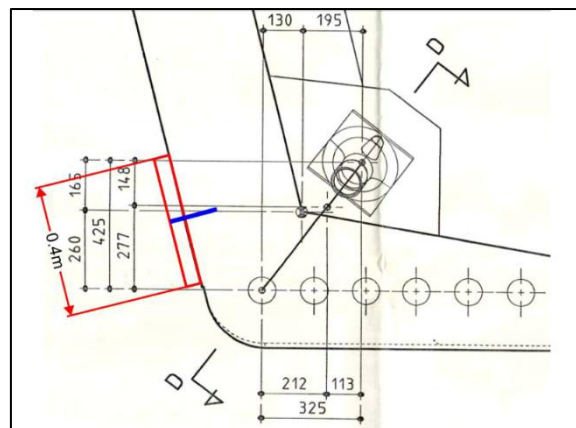


Figure 65: détail de la position des chevilles – absence d'interférence avec la précontrainte

7.5.2 Ancrage haut

L'appui supérieur est constitué d'une platine et des deux plaques (« oreilles ») qui prennent en « sandwich » le profilé vertical.

Cet ensemble est réalisé par des tôles épaisses soudées.

Nous avons deux géométries : celle pour les consoles courantes et celle pour les consoles sur pile, cette dernière présente une platine d'appui contre le voussoir qui est sensiblement plus large afin de s'adapter au coffrage spécifique du VSP (voir plus bas).

La dimension des platines d'ancrage extérieure est 1150x400x50 mm pour un voussoir courant et de 2150x400x50mm pour un VSP. Des raidisseurs sont ajoutés à la platine dans le cas des ancrages sur VSP du fait d'une platine d'appui plus large.

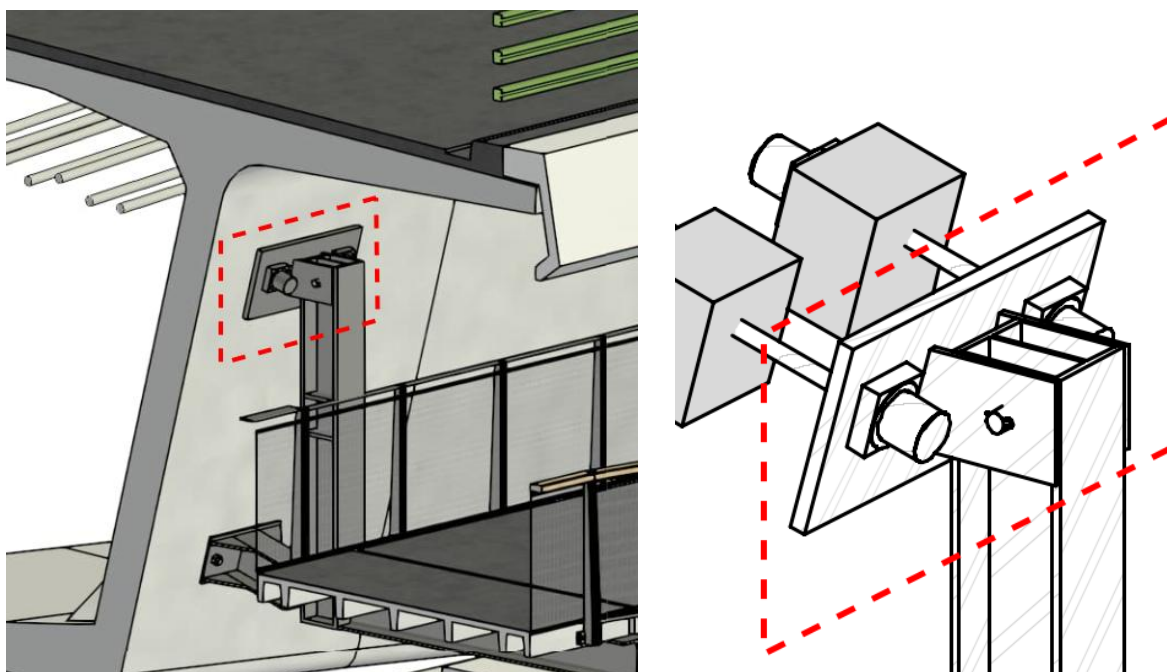


Figure 66 : platine d'ancrage haut des consoles : géométrie pour console courante

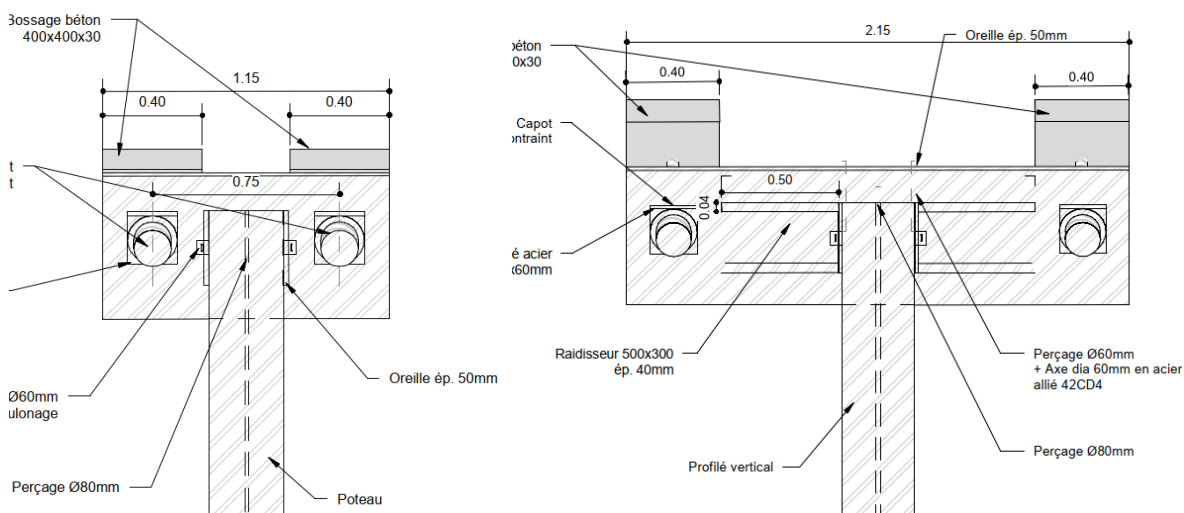


Figure 67 : platine d'ancrage haut des consoles : vue de face de la platine (console courante et console sur VSP)

La rotule est matérialisée par un axe permettant de libérer la rotation de la console, elle se situe au milieu du profilé vertical. Il s'agit d'un cylindre en acier 42CD4, de section 60 mm et équipé de goupille. Il s'agit d'un acier :

- à haute résistance mécanique et à haute ténacité en état trempé et revenu ;
- très dur faiblement allié au chrome-molybdène ;
- couramment employé en mécanique, notamment pour des axes, compte tenu de sa très haute limite élastique.



Figure 68 : Acier laminé traité 42CD4 pour axe rotule

L'âme du profilé est percée d'un diamètre supérieur au diamètre de l'axe de la rotule, de telle sorte que ces deux pièces ne soient pas en contact. Deux plats sont soudés sur les faces latérales du profilé vertical : ils ferment localement le profilé vertical en I. Ce sont ces deux plats qui sont en contact avec l'axe et permettront le transfert des efforts du profilé, vers l'axe.

Chaque platine est bréelée par deux barres de précontrainte contre l'âme du voussoir.

Il s'agit de barres précontraintes de type Macalloy disposant d'un ETA (European Technical Assessment) et d'un marquage CE. Elles permettent la transmission des efforts d'ancrage de la console au caisson : l'effort vertical est notamment repris par traction dans la barre et par frottement de Coulomb au contact métal/béton. Chaque appui est ancré par deux barres précontrainte.

L'hypothèse prise de retenir un coefficient de frottement de 0.4, conformément à la norme NF P95-104, entre la platine d'ancrage et la surface de l'âme du voussoir nécessite la préparation des surfaces précisée dans la même norme :

Tableau A.1 — Coefficients de frottement ELU

Bossages	μ	Description	Commentaires
Bossage en acier ou en béton préfabriqué	0,4	Bossage en acier avec préparation de surface de l'acier (tôle striée) ou bossage en béton préfabriqué, avec dans les deux cas interposition d'une colle structurale ou d'un mortier de calage ou d'un béton.	Dans le cas d'un élément en métal, la surface du métal doit présenter des stries d'au moins 3 mm de relief orientées en fonction de la direction de l'effort (par exemple stries perpendiculaires). La couche d'interposition est réalisée à base de mortiers hydrauliques de type CC, ou PCC ou d'un liant polymère réactif de type P. La surface du béton existant est traitée par ponçage (uniquement dans le cas d'utilisation d'un adhésif de type polymère), sablage ou décapage à l'eau à haute pression ou toute autre méthode donnant un résultat équivalent.  Pour les parties de béton neuves et pour des valeurs de cohésion de surface f_{ctm} inférieures à 4 MPa le traitement de surface visé ci-dessus doit également être effectué.

Ces barres sont positionnées avec un excentrement de 5 cm vers le haut par rapport au centre de la platine, au niveau de la rotule afin de reprendre plus aisément le moment de flexion induit par la distance de la rotule de l'âme du voussoir.

Pour permettre une diffusion correcte des efforts de précontrainte au voussoir, deux bossages en béton seront coulés en place à l'intérieur du caisson, de part et d'autre de la nervure de brêlage. Les dimensions d'un bossage sont environ 0.4m x 0.4 m x 0.3m, à adapter suivant la géométrie des nervures de brélage des voussoir (présence de fruit sur les faces latérales des nervures).

Ci-dessous une coupe transversale sur console qui présente la platine courante, le bossage en béton et la barre de précontrainte avec ses capots de protection :

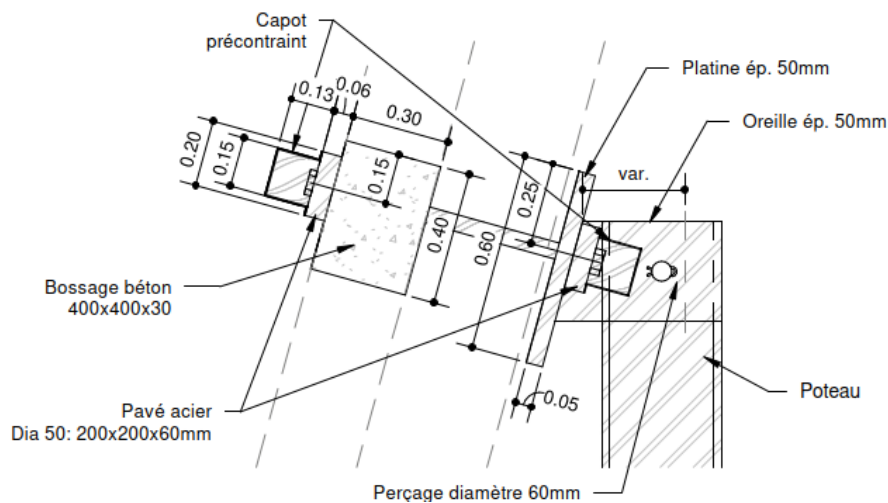


Figure 69 : Coupe type de l'ancrage en partie haute pour une console accrochée sur un voussoir courant

Les images suivantes détaillent la position et géométrie des barres de précontrainte et de la platine d'ancrage en partie haute des consoles.

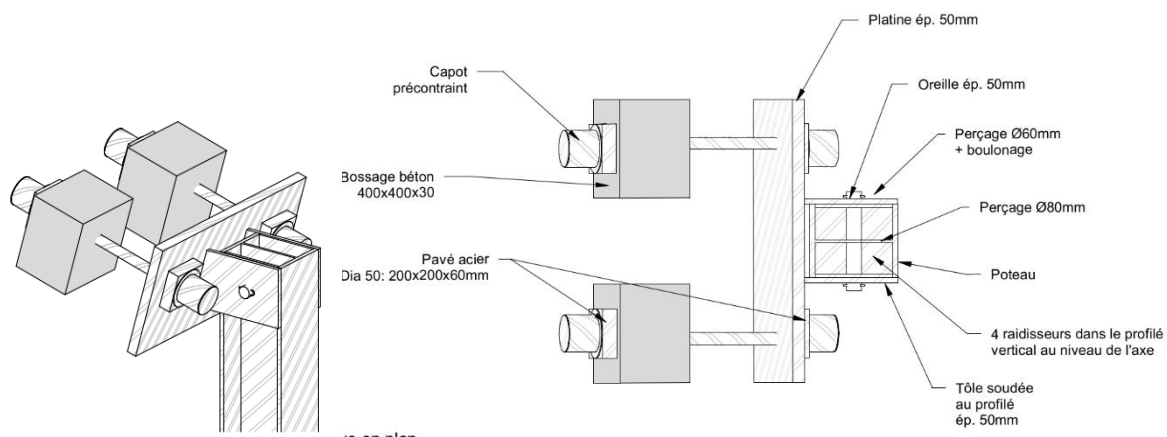


Figure 70: Détails charpente rotule supérieure

Les ancrages au droit d'un voussoir sur pile respectent le même principe. Cependant le voussoir comporte deux nervures de brêlage présentant une géométrie particulière, présentée ci-dessous :

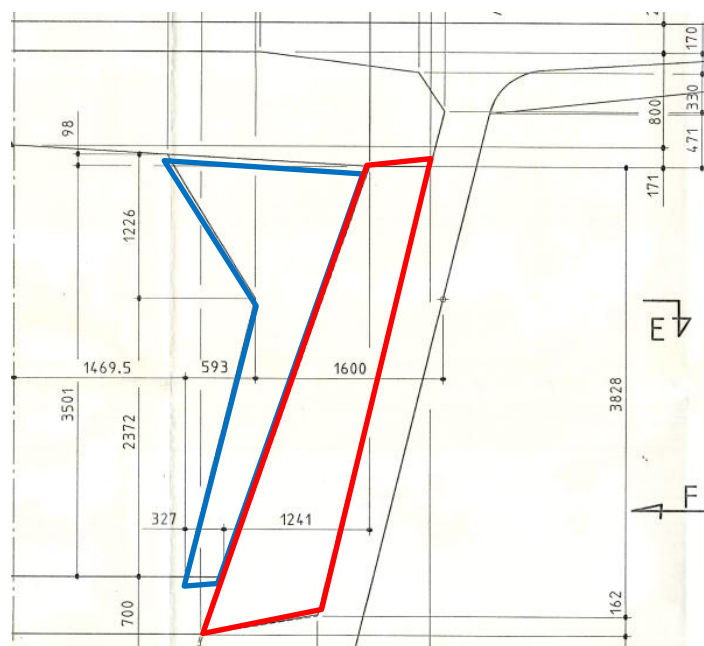


Figure 71 : Coupe transversale du VSP

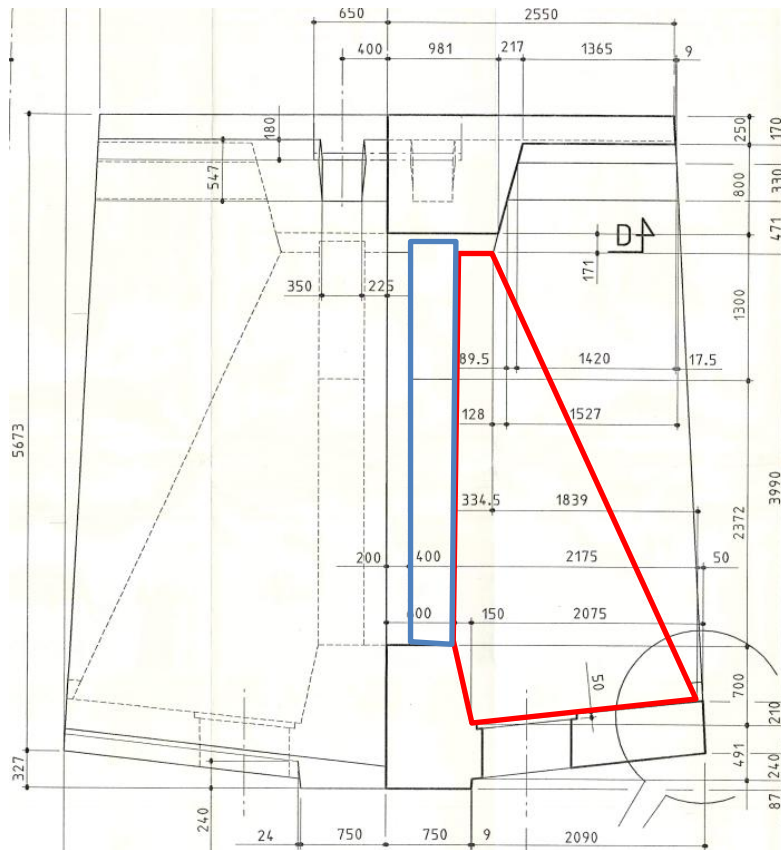


Figure 72 : Coupe en élévation du VSP

Les bossages seront adaptés à la géométrie de la nervure de sorte que ceux-ci soient perpendiculaires à l'axe des barres. Ceux-ci sont positionnés de part et d'autre de chaque grande nervure (contour bleu) et les barres traversent la plus petite nervure (contour rouge). Ceci entraîne une augmentation de l'espacement entre les deux barres, passant à 1.75 m, ainsi qu'un allongement. La barre précontrainte sera munie de part et d'autre d'un dispositif d'ancrage et d'un capot afin de protéger la barre.

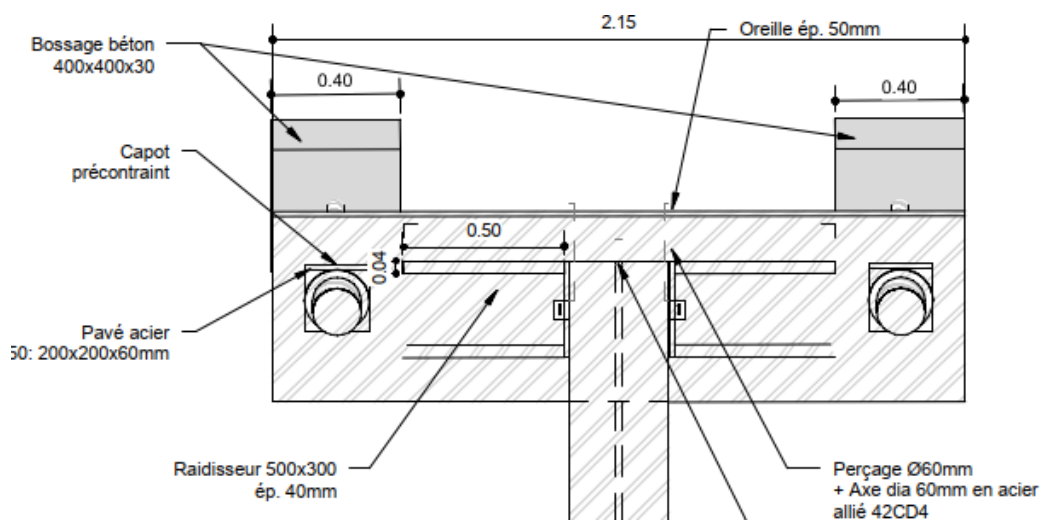


Figure 73 : Élévation de la fixation supérieure pour un voussoir sur pile

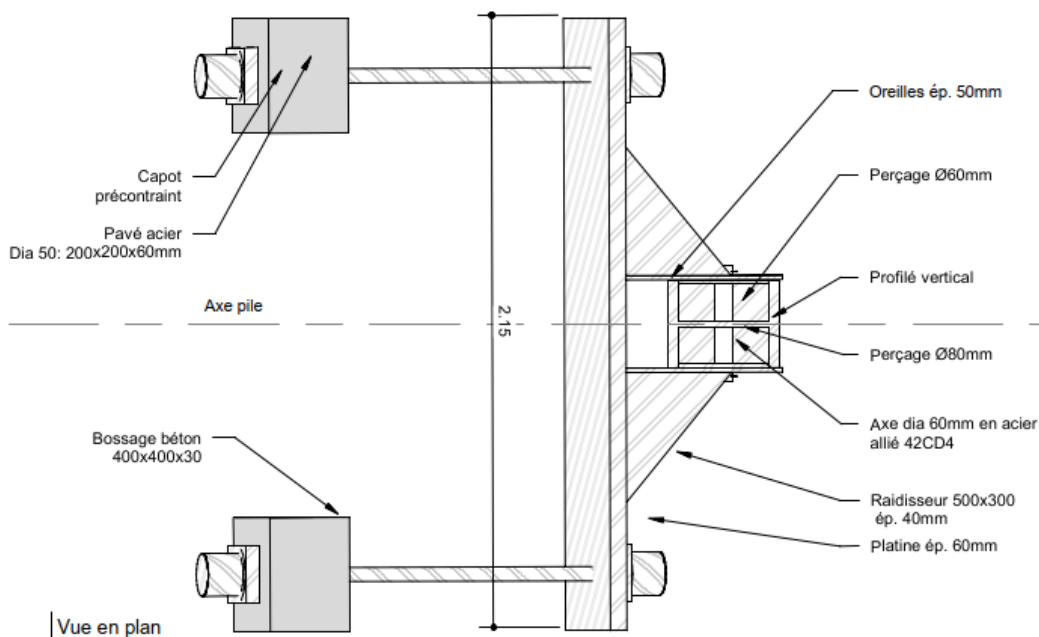


Figure 74: Vue en plan du détail de l'ancrage haut pour un voussoir sur pile (droite)

Les résultats du dimensionnement des barres de précontrainte, détaillées dans la note 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00209 - NDC PRO études cmplt, fournissent les dimensions suivantes :

Bilan			Total			
Num type	Type	Nb console	Diam. (mm)	Nb barres file 1	Nb barres file 2	Total
1	Courant	59	40	2	0	118
2	VSP courant	4	50	2	0	8
3	VSP belvédère	2	50	2	0	4
4	Adjacent VSP courant	8	50	2	0	16
5	Adjacent VSP belvédère	4	50	2	0	8
6	Clé travée courante	6	36	2	0	12
7	Clé travée passe navigable	4	36	2	0	8
8	RG coté culée	1	50	2	0	2
9	RG coté ouvrage	1	40	2	0	2
10	RD coté ouvrage	1	40	2	0	2
11	RD coté culée	1	50	2	0	2
Total		91				

Tableau 2 : Diamètre des barres de précontrainte par type de console

Suite à la réunion du 04/04/2025 qui s'est tenue dans les bureaux du CEREMA, le groupement propose pour validation une dérogation au programme de l'opération pour pouvoir utiliser des barres précontraintes de diamètre 50 dont la certification ASQPE exigée par le fascicule 65 n'est pas disponible sur le marché. Pour se faire, une fiche de modification, intégrant le détail des mesures d'accompagnement a été émise pour validation du MOA.

De la qualité des échanges lors de cette réunion, le groupement a décidé de réaliser le PRO considérant que cela serait validé par le MOA, en ayant une approche visant à limiter l'utilisation de telles barres. Si cela n'était finalement pas le cas, une modification du présent dossier de projet devra être portée pendant les études d'exécutions pour être conforme au fascicule 65 actuel et ainsi au programme de l'opération.

7.5.3 Ancrage bas

L'appui inférieur a pour objectif de créer un point de contact contre le voussoir et comme indiqué plus haut, permettre la reprise des efforts longitudinaux de freinage sur le platelage.

Vis-à-vis du risque de soulèvement de la console, nous constatons que la réaction minimale est de 40 kN (G+G'+Vent ascendant), garantissant un non-soulèvement de la console. Un profilé incliné (« bracon ») sera soudé au profilé vertical de la console, et viendra s'appuyer sur l'âme du voussoir par le biais d'une platine de largeur 80cm qui sera fixée à l'âme du voussoir par deux chevilles. Des raidisseurs type gousset sont mis en œuvre au bas du profilé vertical de chaque côté de l'âme et dans la continuité de la charpente horizontale. Le profilé de l'appui inférieur (HEB360) est perpendiculaire à l'âme et est de longueur variable :

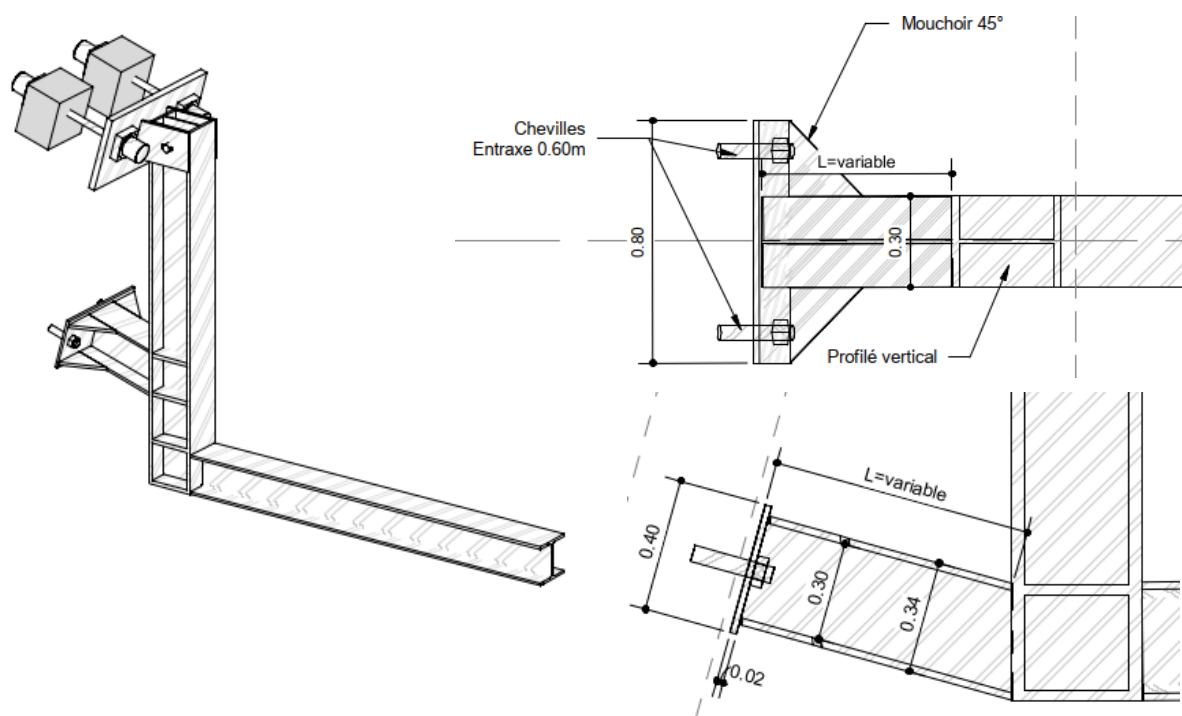


Figure 75: Détail de l'appui simple inférieur

L'appui inférieur est positionné au point le plus bas possible de la console en « L » afin d'espacer au maximum ses deux points d'ancrage. Lorsque la hauteur du voussoir est supérieure à celle de la console, l'appui inférieur est positionné dans la continuité du profilé horizontal de la console. Lorsque le voussoir est de hauteur inférieure à la hauteur de la console, l'appui sur l'âme du voussoir est placé en bas du voussoir, en évitant la zone arrondie de l'hourdis inférieur.

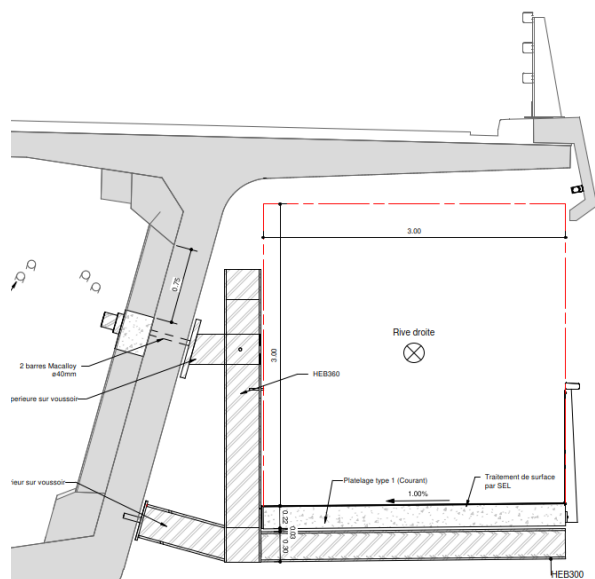


Figure 76 : Console avec position basse de l'appui inférieur

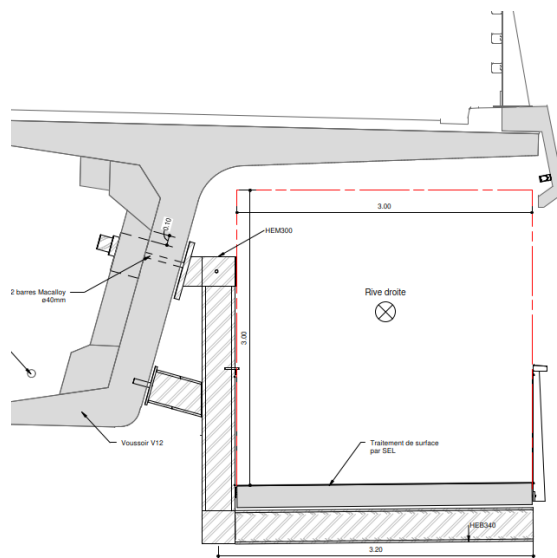


Figure 77 : Console avec position haute de l'appui inférieur

De manière spécifique, pour la console 608 de la travée de rive T7, une fixation inférieure en double bracon est mise en œuvre :

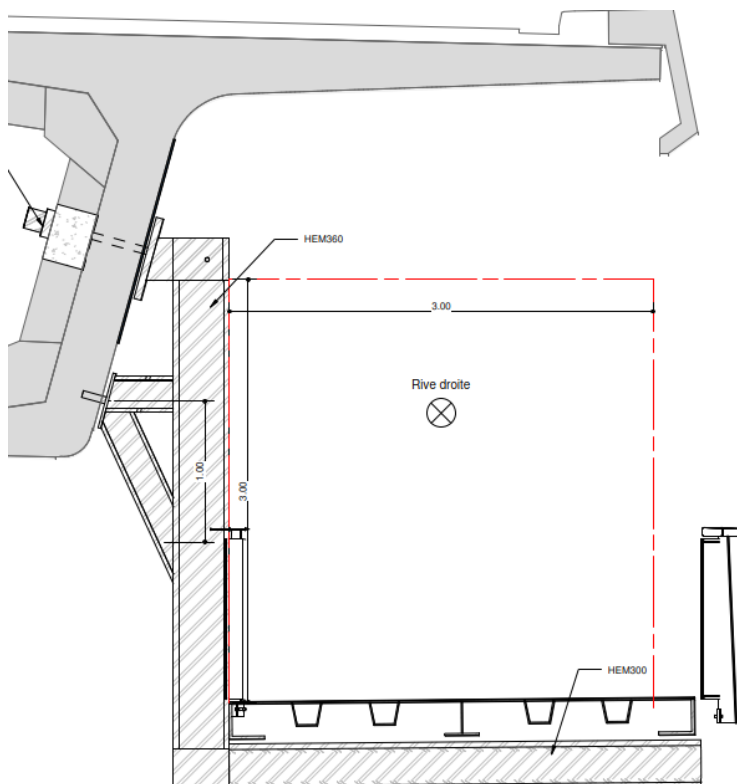


Figure 78 : Console d'extrémité (608) avec deux profilés d'appui du profilé vertical

7.6 Contreventement d'ensemble de la passerelle

La passerelle nécessite un système de contreventement longitudinal afin de lui conférer une rigidité d'ensemble suffisante à garantir le confort vibratoire requis.

En particulier l'analyse modale montre qu'un contreventement longitudinal est nécessaire pour éviter l'apparition de modes de torsion d'axe vertical du profilé horizontal des consoles qui, sans contreventement, apparaîtraient à des fréquences inférieures à 2Hz.

La note d'études complémentaires (58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00209) détaille l'analyse du contreventement et la justification vibratoire et de reprise des efforts horizontaux de la passerelle.

Afin d'atteindre une fréquence proche voire supérieure à 5Hz, ce qui permet de vérifier le confort vibratoire requis par le programme, nous avons analysé deux types de contreventement :

- un système de câblage sous le platelage, au niveau de la charpente métallique.

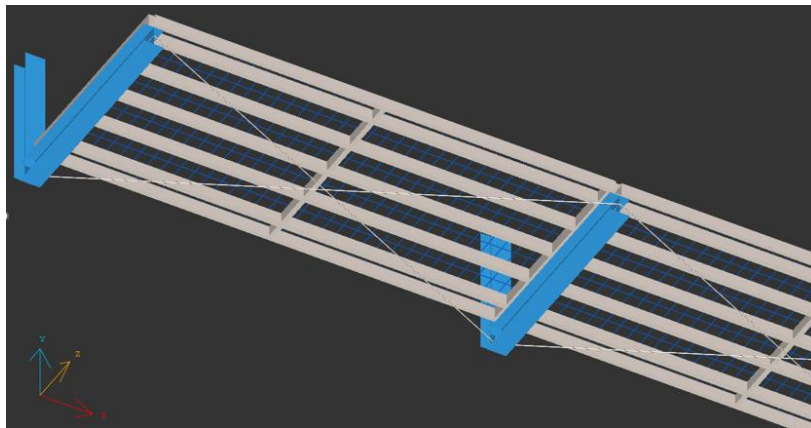


Figure 79 : vue du modèle de calcul vibratoire avec câbles métalliques sous platelage

- un contreventement par blocage horizontal du platelage BFUP sur les consoles. Chaque platelage (BFUP ou métallique) est bloqué horizontalement sur la nervure coté caisson sur la première console et sur la nervure coté Garonne deuxième console, ainsi un contreventement par diagonales est matérialisé. L'intérêt de cette configuration est que les déformations par retrait du platelage ne seront que partiellement bridées. L'analyse faite montre que l'effet du bridage du retrait est négligeable compte tenu de la souplesse des consoles à la flexion d'axe vertical.

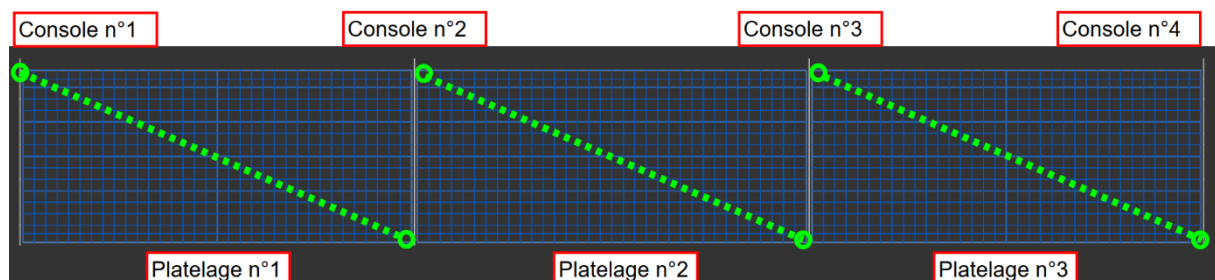


Figure 80 : schéma de blocage horizontal des platelages pour garantir le contreventement longitudinal

Ainsi contreventé (par câbles ou blocage du platelage) l'ensemble platelage + consoles fournit une fréquence propre pour la flexion verticale proche voire supérieure à 5Hz, ce qui comporte une accélération verticale et transversale inférieures aux limites de confort.

Finalement notre choix de contreventement s'est porté sur le blocage du platelage suivant des diagonales, car :

- le contreventement par câblage et par blocage des platelage donnent des résultats équivalents du point de vue du comportement vibratoire
- la mise en place d'un câblage ne permet pas d'obtenir une répartition plus uniforme des efforts statiques de freinage sur le platelage. En effet tout comme la solution avec blocage du platelage, la quasi-totalité de l'effort de freinage du véhicule de service se concentre sur une console. Seule la mise en place de profilé de rigidité importante en lieu et place de câble pourrait permettre une distribution de cet effort sur plusieurs consoles ;
- la mise en œuvre de câbles ajoute des interfaces géométriques qui conduisent à une plus forte contrainte de réalisation et un contact entre matériaux disposant d'un système de protection non homogène (acier peint, acier inox) nécessitant des sujétions techniques adaptées.

7.7 Platelage en BFUP

La solution de platelage en BFUP nervuré avec précontrainte longitudinale par post-tension a été retenue.

7.7.1 Géométrie

Il s'agit d'une dalle nervurée en BFUP comportant :

- Un hourdis général de 5cm d'épaisseur ;
- 5 nervures longitudinales précontraintes de hauteur 17cm, par post-tension par 1T15S par nervure, pour les platelages de type 1 (courant, longueur 6.81m), 2 (sur clé, longueur 3.63m) et 4 (sur clé sur passes navigables, longueur 3.54m), et par 2 T15S par nervure pour les platelages de type 3 (sur pile, longueur 7.95m). Dans ce dernier cas, les deux torons sont positionnés l'un au-dessus de l'autre ;
- D'une nervure transversale à mi-travée d'une hauteur de 15cm uniquement pour les platelages de type 1 (courant) et 3 (sur pile) ;
- Des entretoises d'about qui permettent entre autres l'ancrage des câbles de précontrainte. Leur largeur est de 20cm pour les platelages de type 1, 2 et 4, et de 30cm pour les platelages de type 3.
- Les nervures sur les rives simplement armées (1 HA10) et non précontraintes permettant la fixation à l'anglaise des montants de garde-corps ;

Conception/Réalisation d'une passerelle modes actifs accrochée au PFM

- Un système de calage permettra de régler avec précision la position des platelages sur les consoles avant leur matage pour éviter toute cassure de pente longitudinale sur la passerelle ;

Pour le platelage de type 1 :

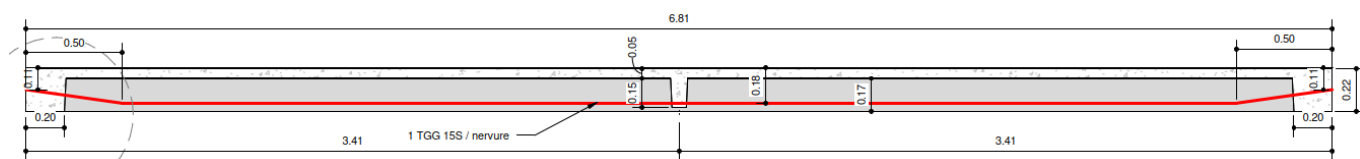


Figure 81 : Coupe longitudinale d'un platelage de type 1 (courant) et tracé des câbles – Extrait du cahier de plans PRO

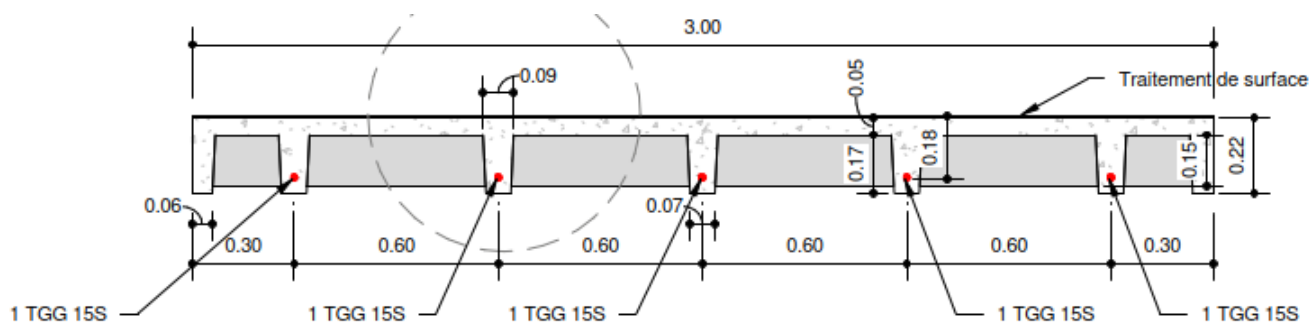


Figure 82 : Extrait plans platelage courant de type 1

Pour le platelage de type 2 (sur clé) :

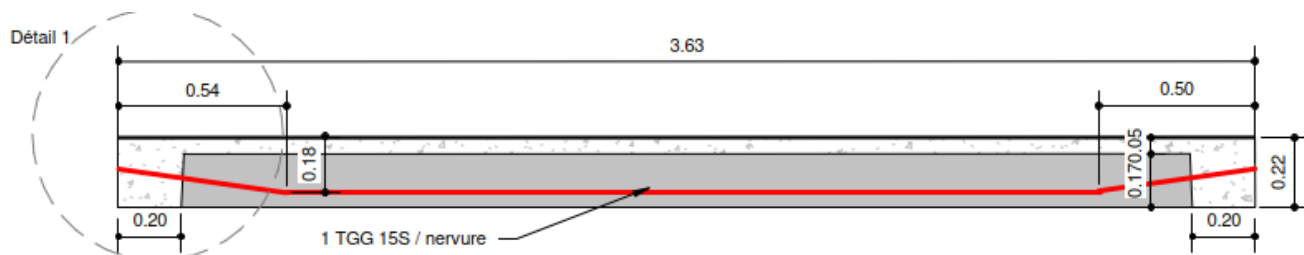


Figure 83 : Coupe longitudinale d'un platelage de type 2 (sur clé) et tracé des câbles - Extrait du cahier de plans PRO

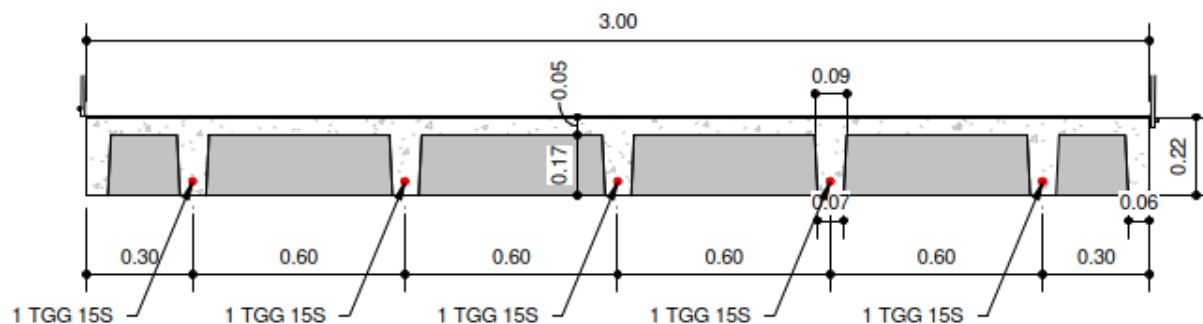


Figure 84 : Coupe transversale d'un platelage de type 2 (à la clé)

Pour le platelage de type 3 (sur pile) :

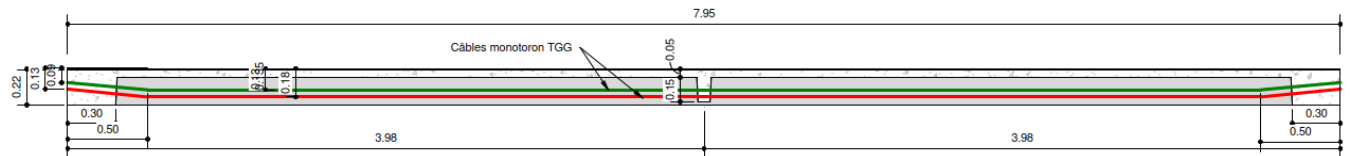


Figure 85 : Coupe longitudinale d'un platelage de type 3 et tracé des câbles - Extrait du cahier de plans PRO

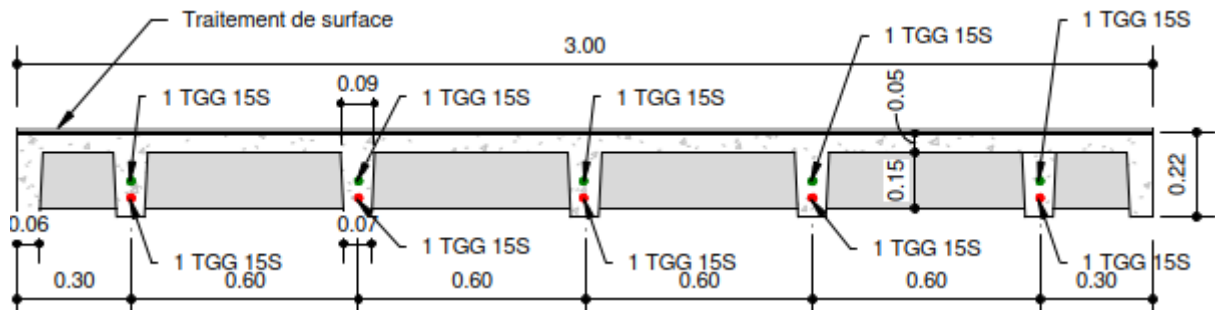


Figure 86 : Coupe transversale du platelage de type 3

Pour le platelage de type 4 (à la clé sur passes navigables) :

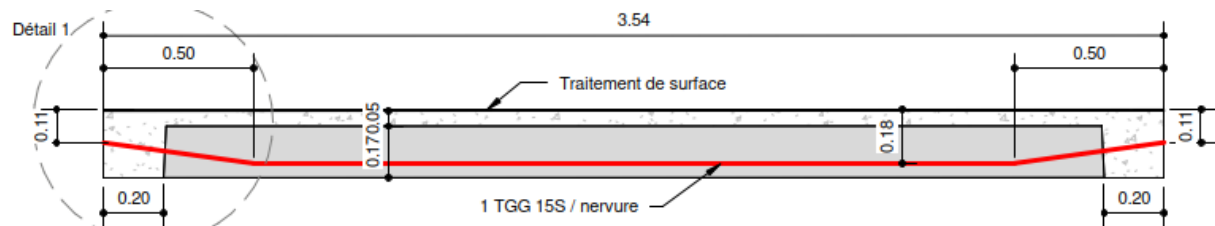


Figure 87 : Coupe longitudinale d'un platelage de type 4 et tracé des câbles - Extrait du cahier de plans PRO

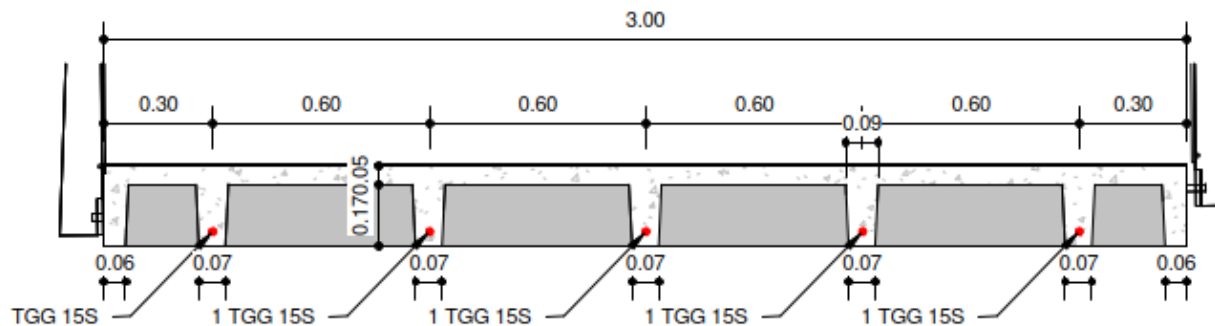


Figure 88 : Coupe transversale d'un platelage de type 4

Le platelage est positionné latéralement à 5 cm de la charpente verticale et son matage nominal sur la charpente horizontale est de 3 cm. La distance nominale entre deux platelages courant est égale à 5 cm, pour les platelages sur passes navigables est de 10cm.

7.7.2 Système d'appui des platelages

Sur les deux points de contreventement suivant une diagonale (cf. §7.6), les platelages BFUP sont fixés aux consoles métalliques par des boulons précontraints traversant la dalle et la semelle supérieure du profilé

horizontal de la console (la semelle inférieure dans le cas du PRS sur passe navigable). Une réservation sera prévue à cet effet dans le moule et permettra une liberté suffisante pour permettre le calage longitudinal et transversal des platelages. Une platine de répartition des efforts sera positionnée entre le boulon et la surface du BFUP (en couleur magenta sur l'image suivante).

La réservation sera ensuite comblée au mortier après serrage des boulons. Le boulonnage contre le platelage sera lui aussi noyé dans le mortier pour ne pas affleurer sur la surface roulable de la passerelle. Le boulonnage contre la semelle du profilé métallique présente un caractère démontable conforme au programme de l'opération.

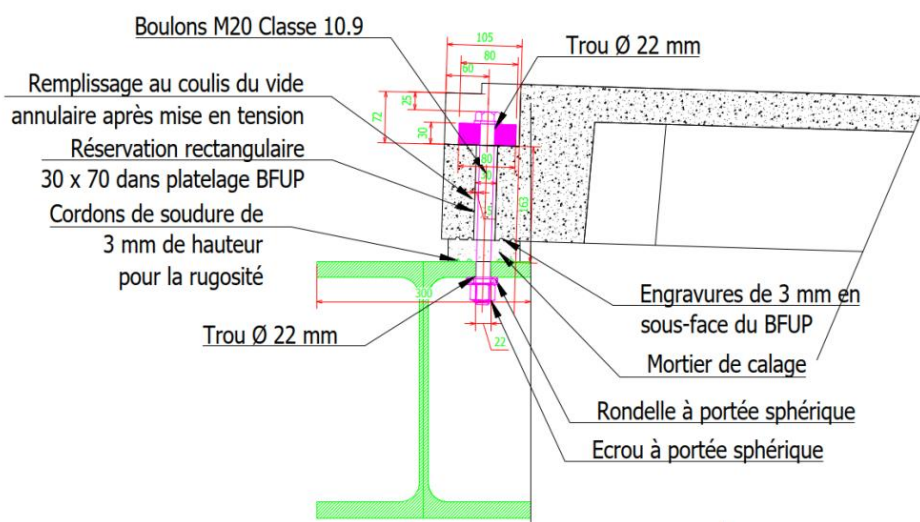


Figure 89 : Détail de la fixation par boulon précontraint du platelage sur console

L'appui vertical du platelage est considéré reparti sur tout le linéaire de la console. En dehors de la zone fixée par boulon précontraint, cela se réalise par la mise en place d'un appui en bande ou rouleau néoprène.

Le matage de l'appui, après un réglage fin de l'altimétrie du platelage sera réalisé au-dessus de l'appui néoprène.



Figure 90: produit néoprène en bande ou rouleau pour la pose des platelages

La position des appuis boulonnés et le principe de fixation est rappelé dans le schéma suivant :

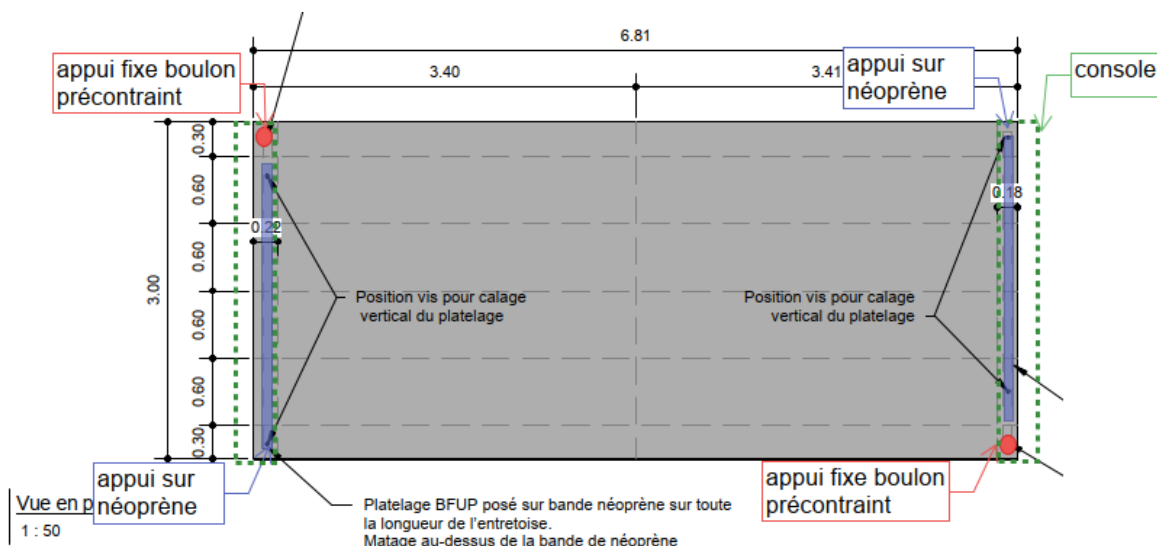


Figure 91 : schéma d'appui des platelages

Et il est repris et précisé dans le cahier technique :

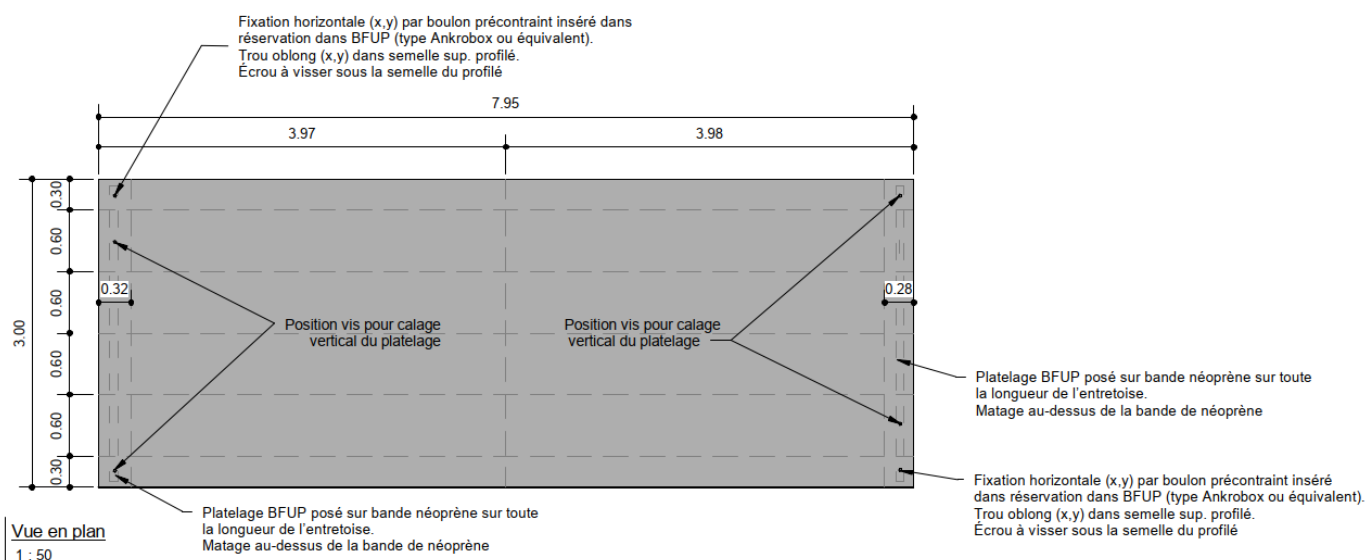


Figure 92 : Extrait cahier de plan technique PRO : modalité d'appui des platelages

Par ce principe le platelage présente un comportement d'un schéma isostatique sous charges verticales. Le blocage horizontal suivant les deux points d'une diagonale permet à la fois la reprise des efforts horizontaux de freinage par le biais de boulons précontraints et également le contreventement d'ensemble de la passerelle (cf. §7.6).

7.7.3 Joints entre platelages

De dimensions variables suivant la géométrie du platelage (courant/VSP/clé courante : ouverture nominale 5cm, clé sur passe navigable : ouverture nominale 10cm) et recouvert du revêtement en résine de type S.E.L, le dispositif de joint entre les deux platelages est précisé dans le détail ci-dessous (à retrouver dans le cahier de plans). Le fond de joint est une tôle en inox fixée sur un des deux platelages. Il est donc prévu une engravure de

5cm de largeur et sur toute la largeur du platelage sur chaque extrémité du platelage pour éviter toute surépaisseur entre les platelages.

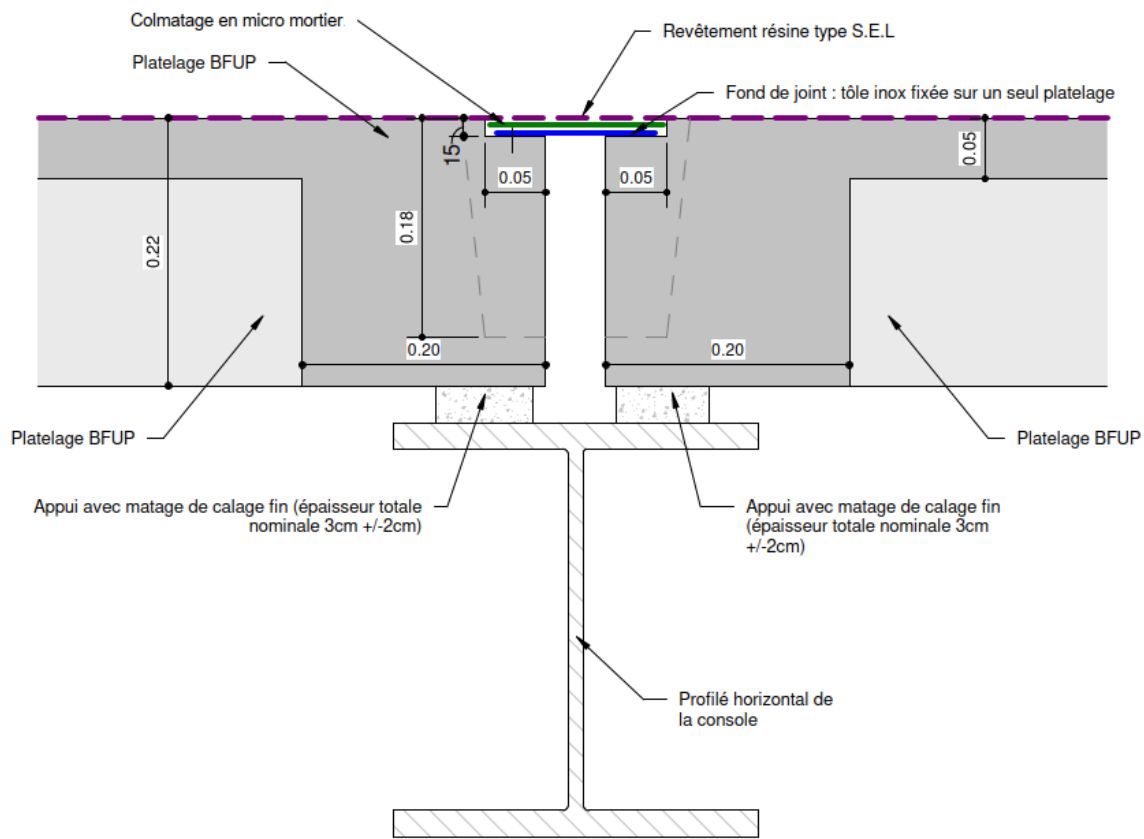


Figure 93 : Joint entre platelages courants

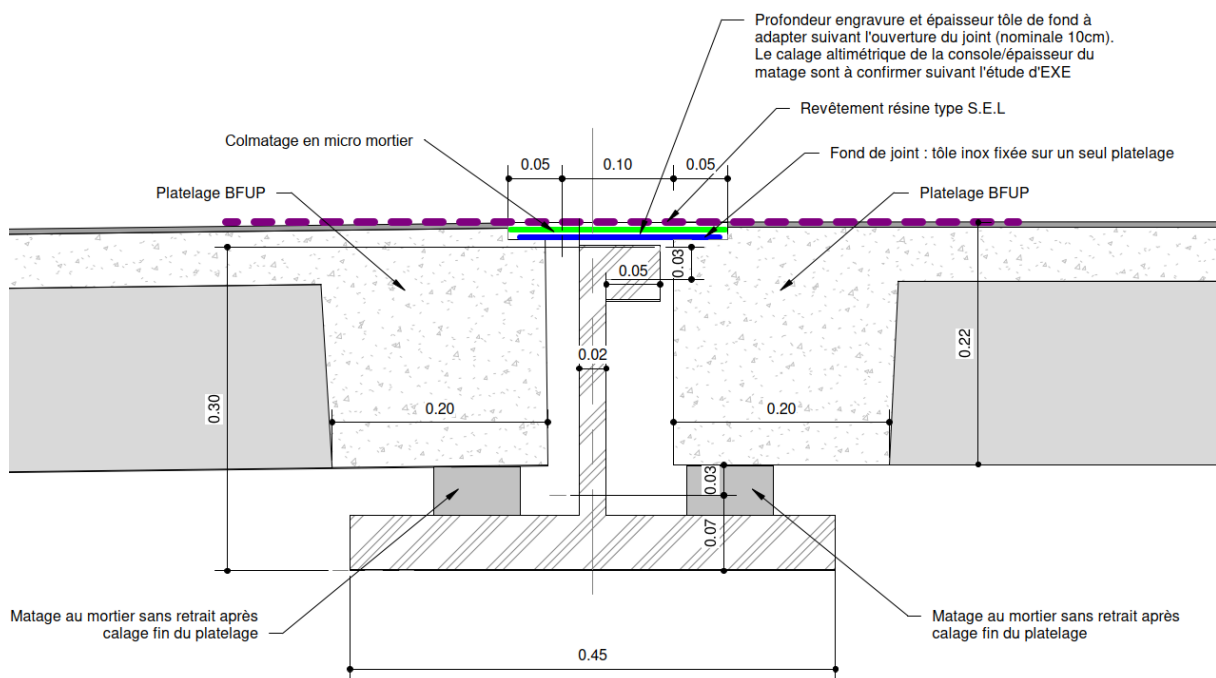


Figure 94 : Joint entre platelages pour la console PRS sur passe navigable

Le même principe est retenu pour les platelages métalliques et entre platelages métalliques et BFUP.

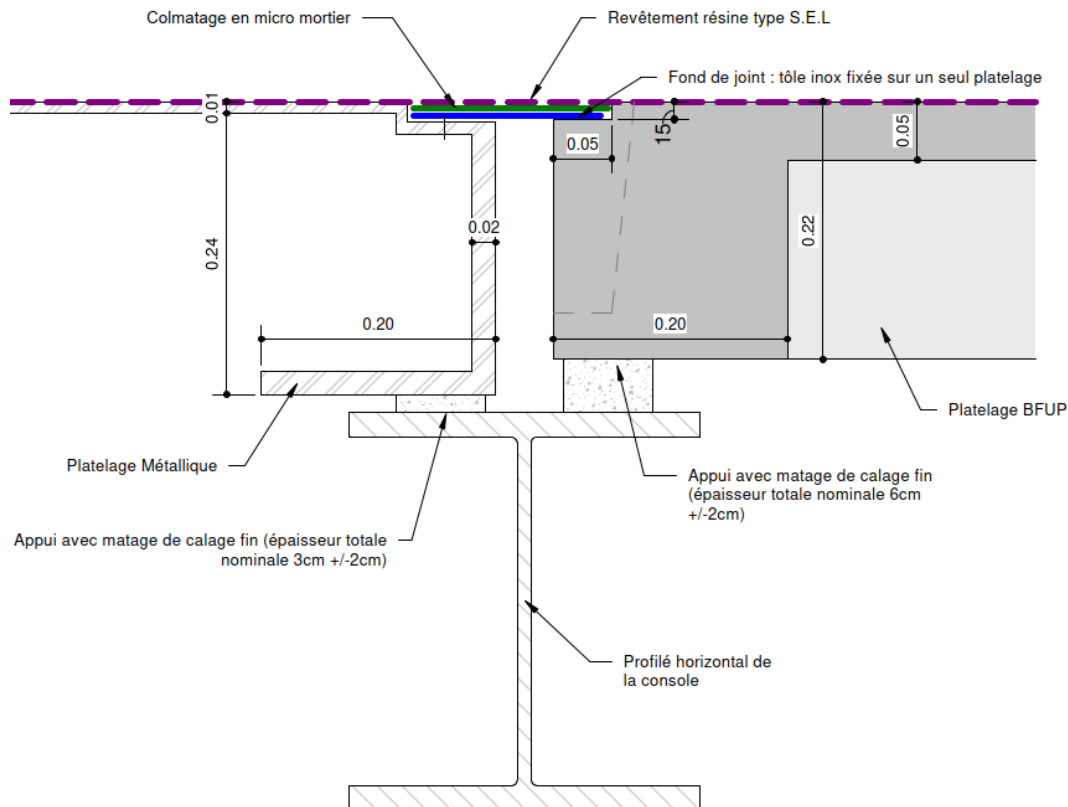


Figure 95 : Joint entre platelage BFUP et métallique

Nous rappelons que le déplacement longitudinal relatif du platelage BFUP vis-à-vis de ses appuis (consoles métalliques) reste extrêmement limité :

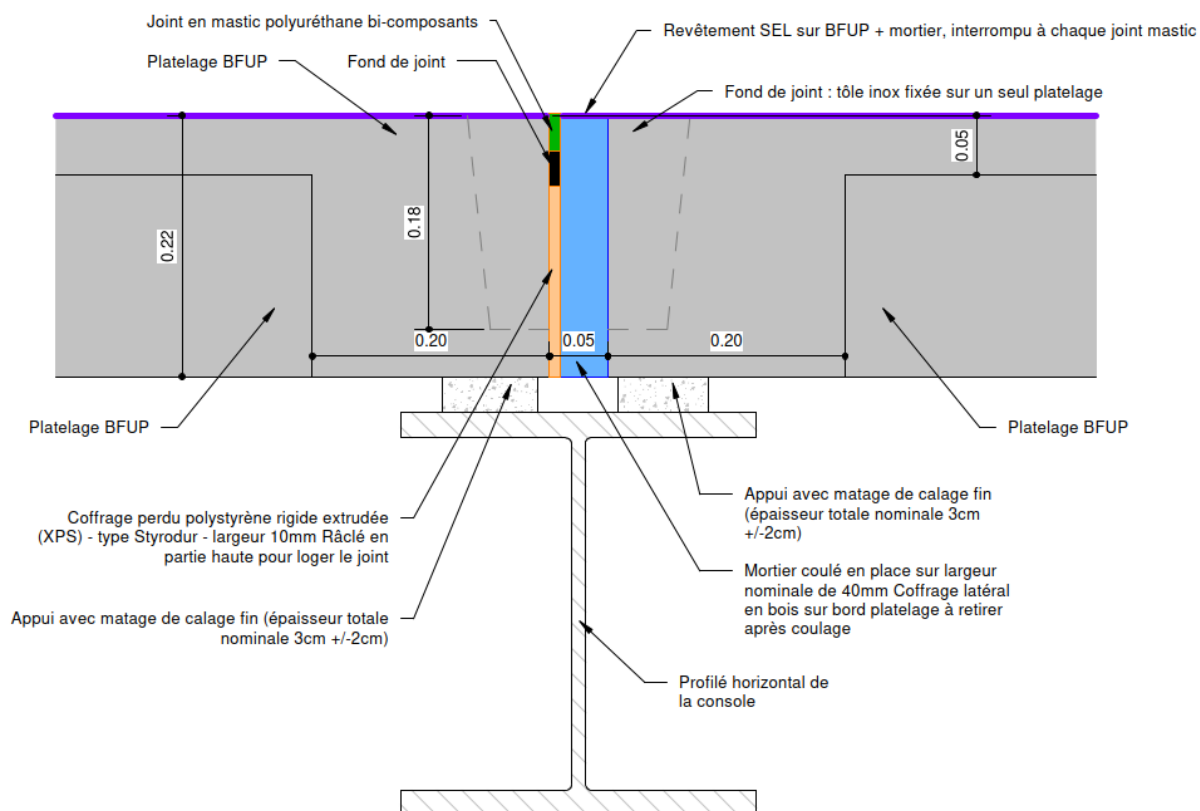
- Sous l'action thermique (variation de température quotidienne ou saisonnière) la différence de déformation entre BFUP et consoles est due à la différence de coefficient de dilatation thermique entre le béton courant du pont François Mitterrand ($\alpha=10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) et du BFUP ($\alpha=13^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$). Pour le cas du platelage sur VSP (le plus long), nous avons, pour une variation thermique de $+32^{\circ}\text{C}/-17^{\circ}\text{C}$ (valeur pour la Gironde, cf. NHG) une différence d'allongement de 0.7mm et une différence de raccourcissement de 0.4mm. Ces valeurs de déplacement relatif sont négligeables et largement couvertes par les possibilité de déformation du revêtement type SEL.
- Sous l'action de retrait à long terme du BFUP, nous avons calculé une déformation longitudinale maximale de 0.7mm. Cette valeur est largement couverte par les possibilité de déformation du revêtement type SEL.
- Sous l'action statique de freinage : cette action est reprise par les blocage du platelage sur les consoles. La déformation résiduelle est négligeable.

Ces considérations sont fournies pour illustrer la conviction du groupement sur la parfaite compatibilité de la technologie conçue pour le joint entre platelages et l'exigence de durabilité de l'ouvrage.

Suivant une utilisation normale de l'ouvrage, aucune déformation particulière n'est à craindre qui ne soit pas compatible avec le système conçu. Concernant l'inspectabilité des platelages, il n'est pas prévu d'avoir un accès

depuis le joint aux extrémité de platelage : en effet la faible largeur du joint (nominalement 50mm), peu importe sa nature, ne permet pas de réaliser cette inspection sans moyen particulier. Une inspection par camera est toujours possible à partir des bords latéraux des platelages, sous le couvre-joint. La démontabilité des platelages et possible par le retrait préalable du SEL en correspondance du joint, la démolition du micro mortier et la dépose de la tôle inox.

Néanmoins, nous proposons une solution alternative, pour donner suite aux remarques formulées par le service Ouvrages d'Art de Bordeaux Métropole.



7.7.4 Principe et système de précontrainte

La précontrainte des platelages BFUP est garantie par des torons T15S gainés graissés noyé dans le BFUP. Les torons sont précontraints par post tension et sont non adhérents.

Cette technologie apporte plusieurs avantages pour la maîtrise du planning par rapport à la technologie de pré-tension proposée précédemment :

- Optimisation du temps d'utilisation du moule : chaque élément est coulé puis décoffré dès que possible. Ils sont ensuite stockés avant la mise en tension des torons.
- Optimisation du temps de mise en précontrainte : un banc de mise en tension permet de réaliser plusieurs platelages à la fois.

Également la possibilité d'une mise en tension plus tardive par rapport à une solution avec précontrainte par adhérence permet de réduire le fluage du béton et ainsi les pertes de précontrainte.

Le système de précontrainte retenu est le BBR VT CONA CMM pour monotorons. Il dispose d'un European Technical Assessment (ETA – 06/0165). Les nervures disposent de 1 ou 2 torons T15S gainés graissés.

7.7.5 Tracé des câbles de précontrainte

Le tracé des câbles dans les nervures est défini selon les principes suivants :

- À l'about de la dalle, la position du câble dépend de la platine d'ancrage utilisée. Pour les platelages de type 1, 2 et 4, l'axe de l'ancrage du câble se situe à mi-hauteur du platelage donc à 11 cm par rapport à l'arase supérieure de la dalle. Pour les platelages de type 3, les deux câbles sont ancrés dans la même platine d'ancrage, et sont positionnés respectivement à 9 et 13 cm par rapport à l'arase supérieure de la dalle. Plus de détails sur les platines sont donnés au paragraphe suivant.
- Sur une zone de 50cm à partir de l'about de la dalle, et ce à chaque extrémité, l'excentricité des câbles augmente linéairement pour atteindre l'excentricité maximale du câble.
 - Pour les platelages de type 1, 2 et 4, l'excentricité maximale du câble est la position maximale respectant les besoins d'enrobages du câble (cf. NHG). Sa valeur est de 18cm depuis l'arase supérieure de la dalle.
 - Pour le platelage de type 3, le câble inférieur à la même excentricité que celui des câbles des autres platelages. Le deuxième câble, placé au-dessus du premier doit être espacé du premier d'au moins $1.5 \cdot l_f$ (longueur des fibres) d'après la NF_P18-710. L'excentricité maximale de ce câble est donc de 13.5cm.
- Entre ces deux zones, le tracé du câble est horizontal.

Le dessin du tracé des câbles est en rouge dans les figures présentées au paragraphe précédent.

7.7.6 Ancrage des torons précontraints

Pour l'ancrage des torons à l'about de la dalle, on utilise une platine à un ou deux ancrages, dont les dimensions et le positionnement sont tirés de l'agrément technique européen BBR (ETA-06/0165).

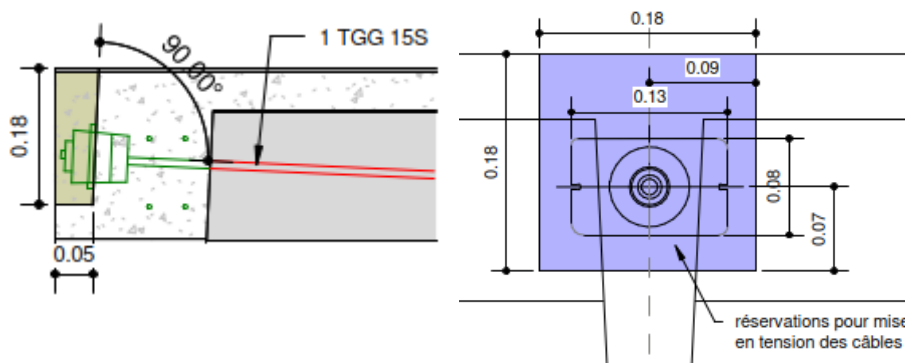


Figure 96 : Détail de l'ancrage pour les platelages de type 1, 2 et 4

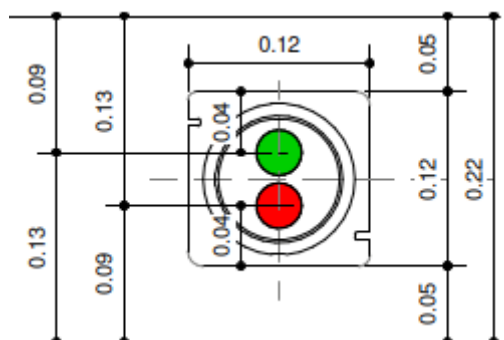


Figure 97 : Détail de l'ancrage pour les platelages de type 3 (sur pile)

Des réservations sont prévues au niveau des entretoises d'appuis, afin d'y placer les platines d'ancrage. Après la mise en tension, ces réservations seront comblées. Les dimensions des réservations sont conformes à l'agrément technique européen BBR (ETA-06/0165).

7.7.7 Le BFUP un produit innovant, bas carbone et pérenne !

Le Béton Fibré à Ultra-hautes Performances (BFUP) est né en 1996 pour répondre à un cahier des charges établi par EDF, dont l'objectif était à l'époque de pouvoir mettre en œuvre dans certains ouvrages de génie-civil de ses centrales électriques, un béton suffisamment performant mécaniquement et suffisamment résistant aux environnements sévères, pour être capable de concurrencer des structures en acier inoxydable. La première formule a ainsi été développée et mise en œuvre en 1997 dans la centrale nucléaire de Civaux, puis à partir de 1998 dans celle de Cattenom.

Depuis lors, c'est-à-dire depuis plus de 25 ans, de très nombreux chantiers ont été réalisés avec le BFUP par AEVIA/Eiffage Génie-civil, dans des domaines aussi variés que les ponts, les passerelles pour piétons, les ouvrages hydrauliques, les ouvrages de génie-civil, le bâtiment, etc. Certaines applications font appel à de la préfabrication, d'autres à une mise en œuvre sur chantier, quelques-unes aux deux à la fois.

Les premiers tabliers de ponts routiers au monde, entièrement en BFUP, ont été réalisés en 2001-2002 à Bourg-Lès-Valence, dans le cadre d'une charte « Innovation Ouvrages d'Art » avec le Cerema. La réalisation de ces 2 ponts a permis l'établissement des premières recommandations sur l'utilisation des BFUP en France, sous l'égide de l'Association Française de Génie-Civil. Ces règles ont plus tard été complétées et transformées en normes françaises, aujourd'hui en vigueur. Les équipes de AEVIA ont fortement contribué à leur élaboration.

En termes de retour d'expérience sur la durabilité des BFUP, l'année 2019 fût l'occasion de retourner avec EDF dans la centrale de Cattenom pour faire des prélèvements dans des éléments témoins en place et réaliser des essais en laboratoire. Il a ainsi pu être prouvé qu'après plus de 20 ans d'exploitation en conditions sévères sans aucun entretien, le BFUP ne s'était pas altéré, bien au contraire, certaines de ses propriétés étant devenues meilleures qu'à l'origine.



Figure 98: Dalles gaufrees (6,10m x 2,50m) pour ponts mixtes acier-béton, dans le cadre du projet national MIKTI

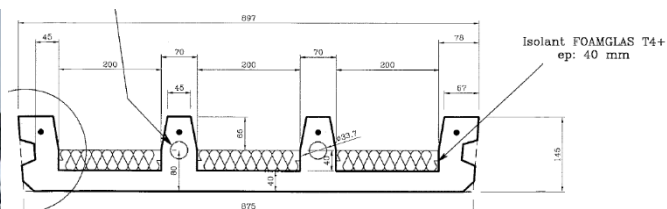




Figure 99: Autres structures nervurées en BFUP

7.8 Platelage des belvédères

Pour les belvédères, la solution retenue est de compléter le platelage courant sur pile en BFUP, par un caillebotis pressé galvanisé à mailles 19mmx19mm appuyé sur des profilés métalliques longitudinaux qui trouvent appui sur les consoles métalliques. Ainsi, le platelage BFUP type 3 de VSP est maintenu au droit des piles P3 et P5 où se trouvent les belvédères. Les profilés métalliques sur lesquels s'appuie ce platelage est décrit au paragraphe §7.4.1. Profilé et caillebotis sont dimensionnés pour résister au passage du véhicule de service.

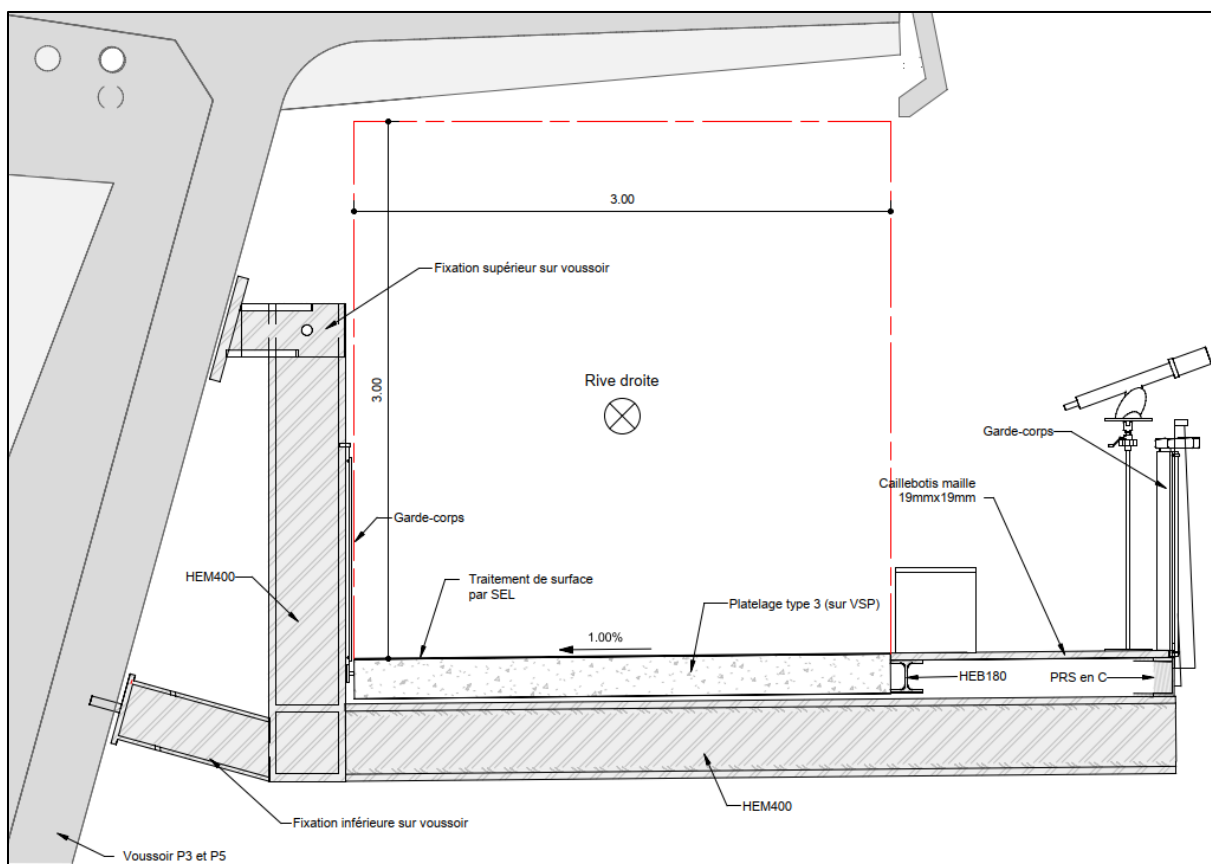


Figure 100 : Coupe transversale du platelage et belvédère inclus propositions d'équipement

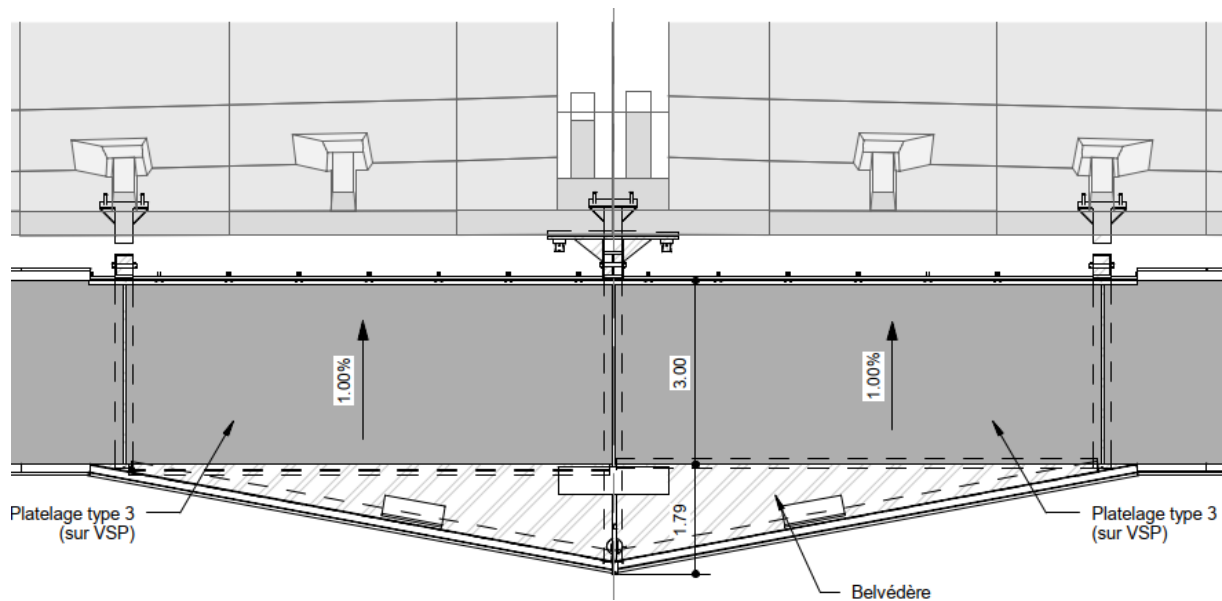


Figure 101 : vue en plan du belvédère

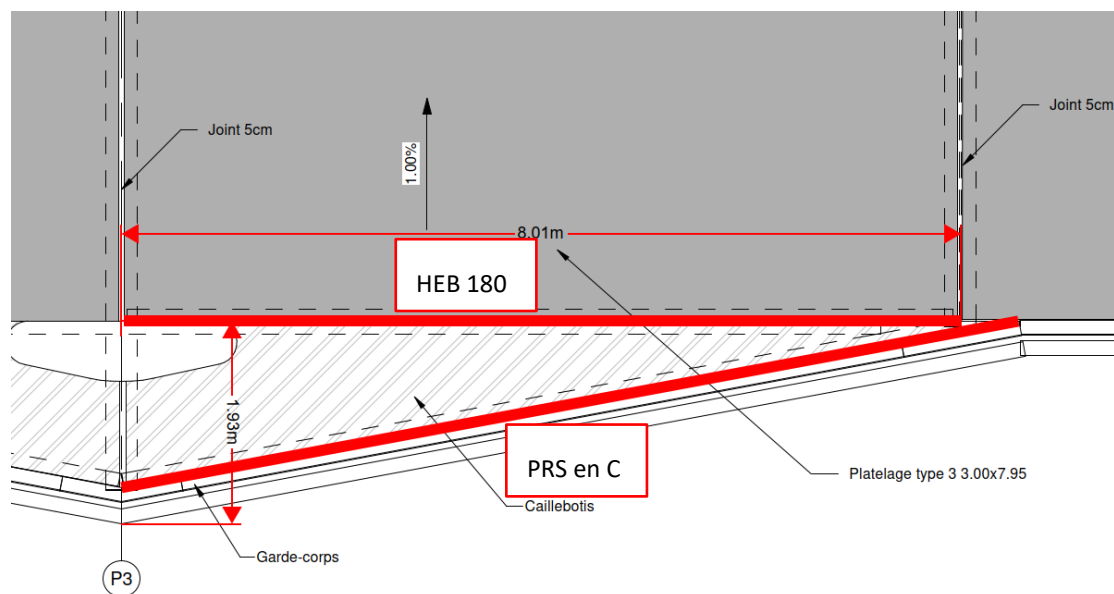


Figure 102 : Vue en plan d'un belvédère – détails sur profilés métalliques

7.9 Platelage métallique

Du fait de leur géométrie particulière, les deux premiers platelages en extrémité rive gauche et droite sont conçus en métal. Plus particulièrement ils sont constitués d'une tôle raidie par des raidisseurs longitudinaux. Ci-dessous la coupe transversale type d'un platelage métallique commune pour les 4 types de platelage en rive et les vues en plan des différents platelages :

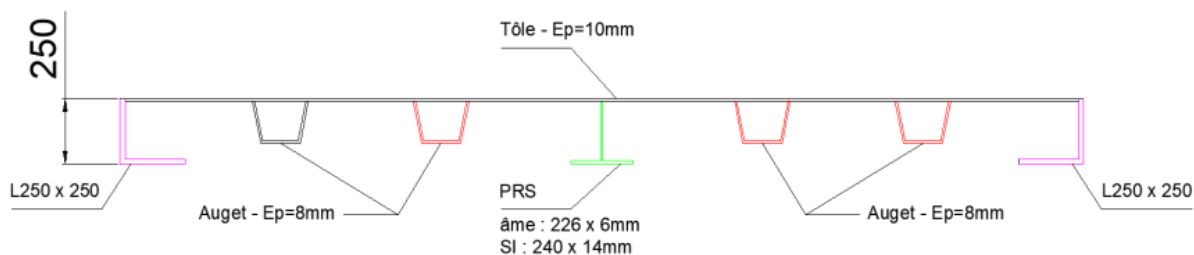


Figure 103 : Coupe transversale type d'un platelage métallique (types 5, 6, 7 et 8)

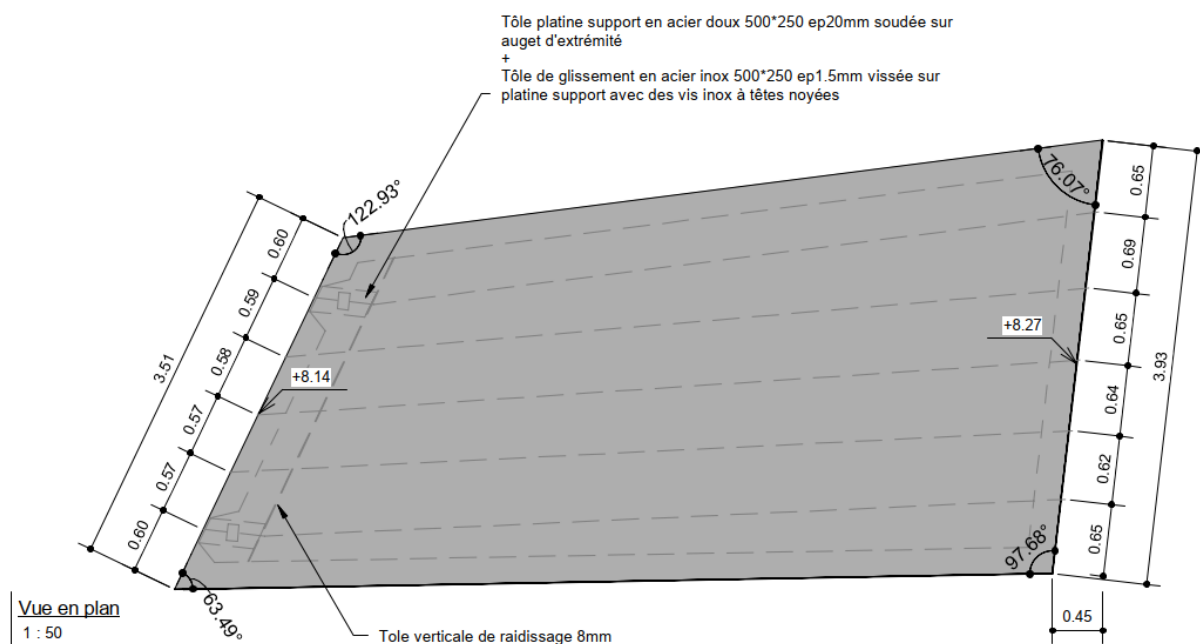


Figure 104 : Vue en plan du platelage de type 5 (platelage d'extrémité rive gauche)

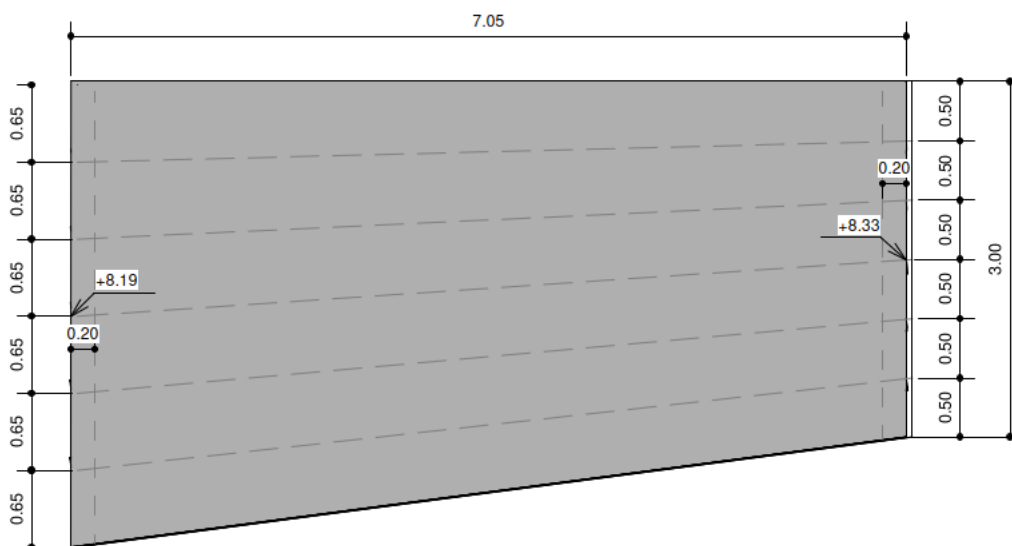


Figure 105 : Vue en plan du platelage de type 6 (platelage d'extrémité rive gauche)

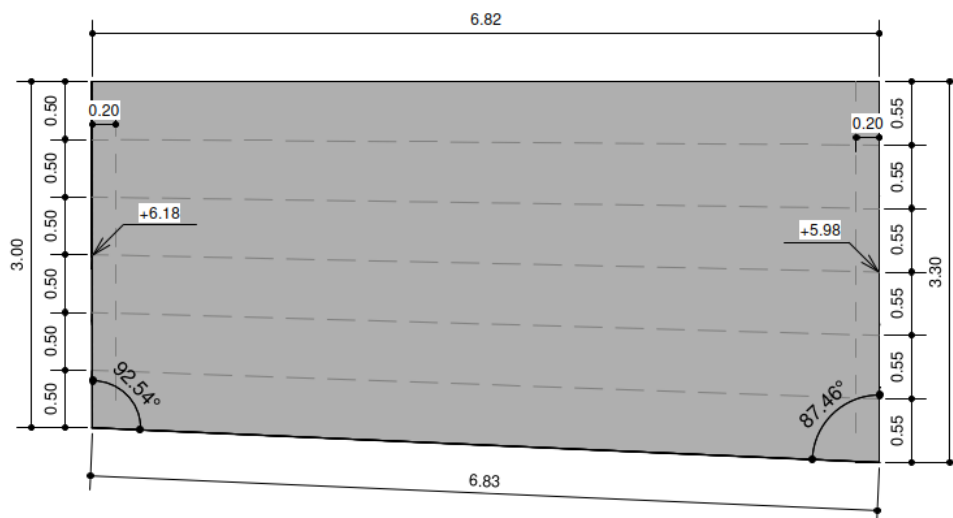


Figure 106 : Vue en plan du platelage de type 7 (platelage d'extrémité rive droite)

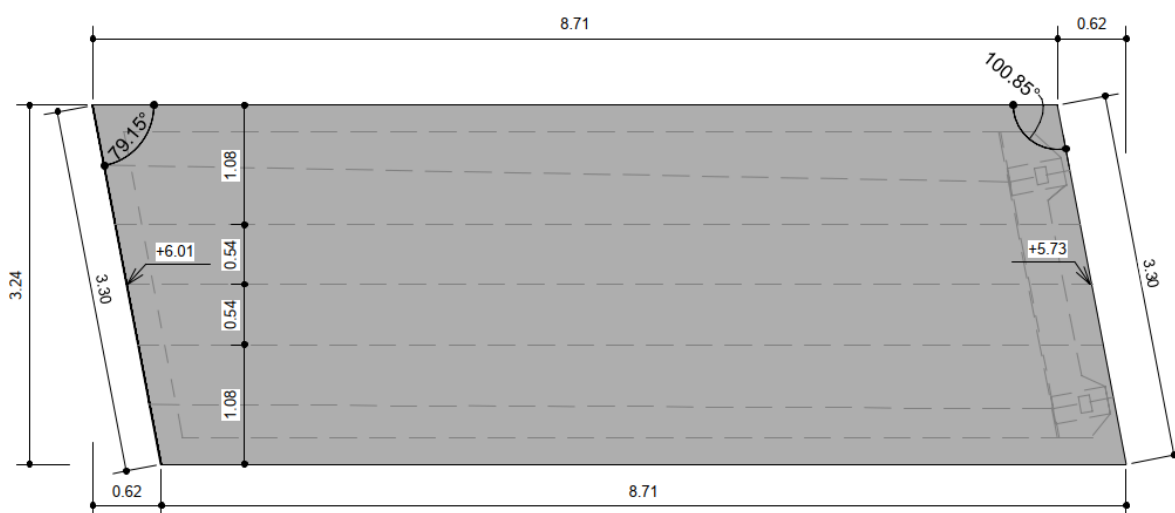


Figure 107 : Vue en plan du platelage de type 8 (platelage d'extrémité rive droite)

Les dimensions des augets et du PRS sont communes à tous les types de platelage métallique :

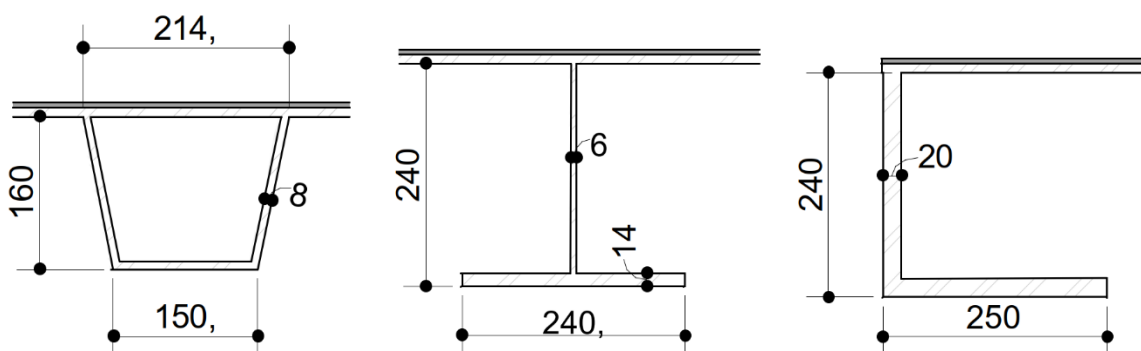


Figure 108 : Détail des augets, du PRS central et de la poutre en L sur rive

Une peinture anti-corrosion est appliquée sur toute la surface du platelage, hormis sur la face supérieure, recouverte par le revêtement type SEL.

Aux abouts des platelages métalliques, des entretoises en L, de hauteur 250 mm et de largeur 200 mm sont ajoutées pour permettre la pose des platelages sur les appareils d'appuis en élastomère frettés. Des raidisseurs sont également ajoutés pour reprendre les réactions d'appui et d'éviter la déformation du L.

La géométrie de l'entretoise d'about des platelages appuyés sur les culées est adaptée afin de permettre la mise en place des plaques de glissement pour les appareils d'appui glissant.

7.10 Les équipements

7.10.1 Les garde-corps

Le garde-corps coté Garonne est constitué :

- D'un potelet en acier peint
- D'une main courante en tablette en chêne non traité
- D'une maille en inox

Il sera boulonné dans les nervures longitudinales de rive non précontraintes du platelage, en fixation à l'anglaise. La platine du garde-corps est de dimension 150mm ht x 200mm largeur. Celle-ci est positionnée à mi-hauteur de la nervure de rive. La hauteur utile du garde-corps est de 1.20 m.

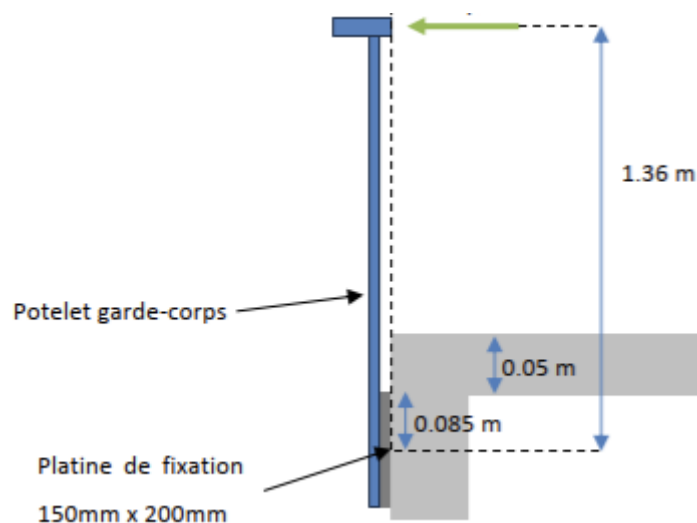


Figure 109 : Schéma du principe de fixation du garde-corps

Son implantation permettra de garantir une largeur utile minimale de 3.00m en tout point de la passerelle. Sa géométrie, dimensionnement et mise en œuvre respectent la norme NF P98-405.

Coté viaduc il s'agit d'une main courante en profilé tubulaire métallique (60mmx20mm) et d'une maille inox.

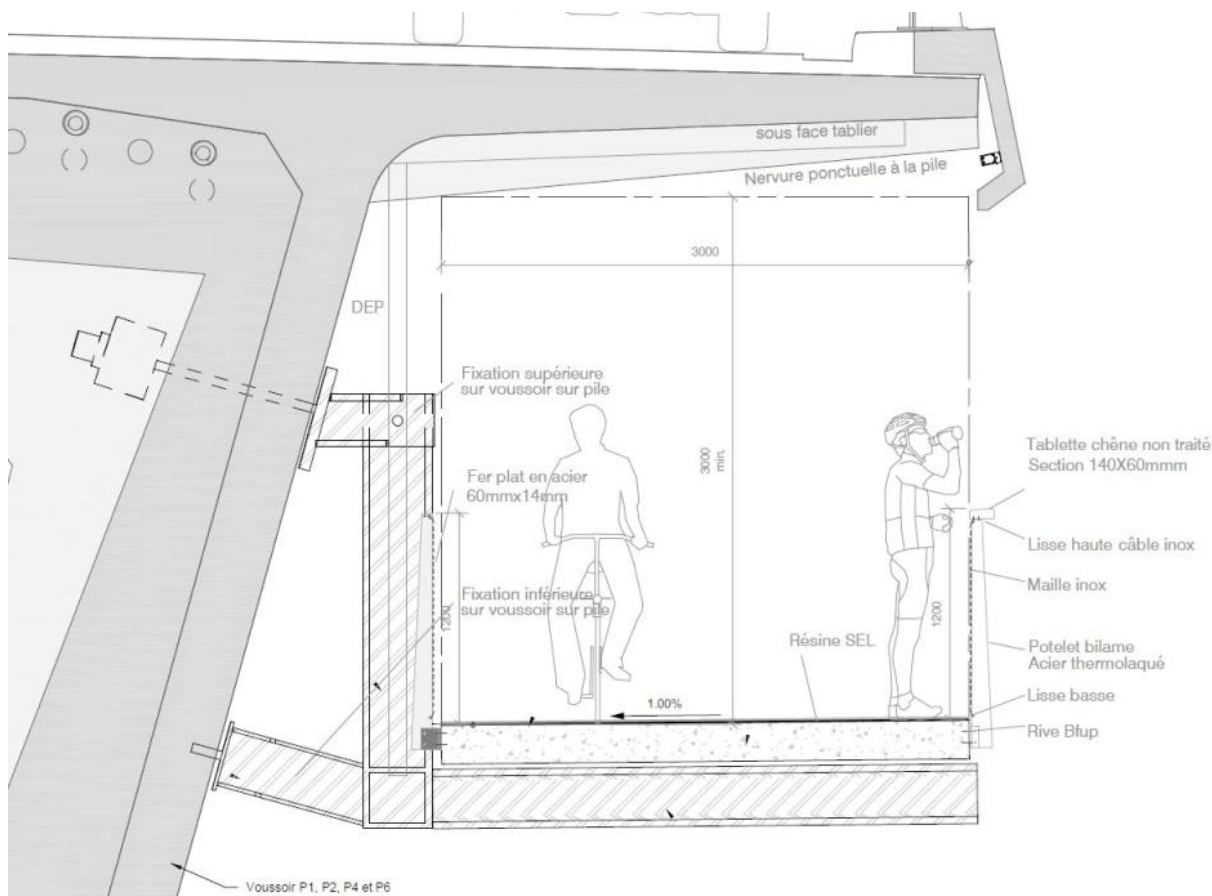


Figure 110: Extrait cahier de plans architecturaux pour section courante

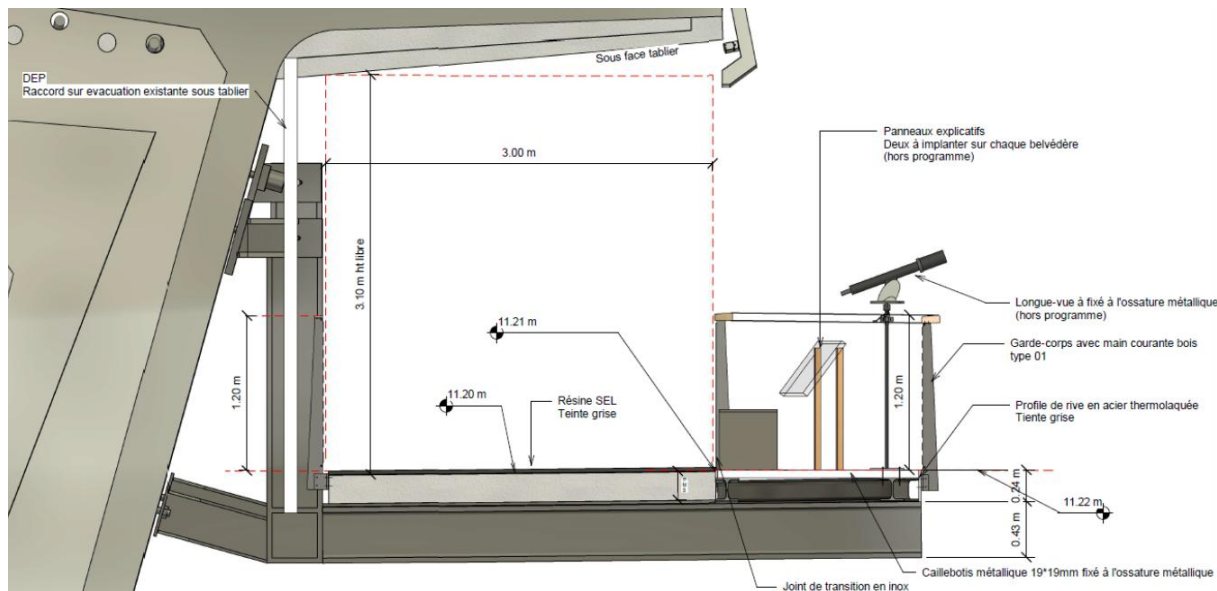


Figure 111 : Extrait du cahier de plans architecturaux pour voussoir sur pile avec belvédère

Nous confirmons en phase PRO reconduire le parti de l'AVP offre qui est de fixer l'entraxe des garde-corps d'environ 114cm.



Figure 112: Calepinage garde-corps

7.10.2 Les joints de dilatation – distance platelage/culée

Aux deux extrémités de la passerelle le platelage est appuyé :

- Sur une longrine au sol en rive droite
- Sur une poutre appui en rive gauche

La passerelle est soumise aux mêmes déplacements longitudinaux que l'ouvrage principal, par conséquent elle devra être équipée à ses deux extrémités de joints de dilatation compatibles avec le souffle du joint de chaussée du viaduc existant soit 300mm.

Le joint de passerelle sera de type à plaque, fixé sur le relevé béton de la culée et glissant sur une plaque inox fixée sur le platelage métallique. La plaque inox glissante sera chanfreinée pour éviter l'effet de marche sur la surface de roulement.

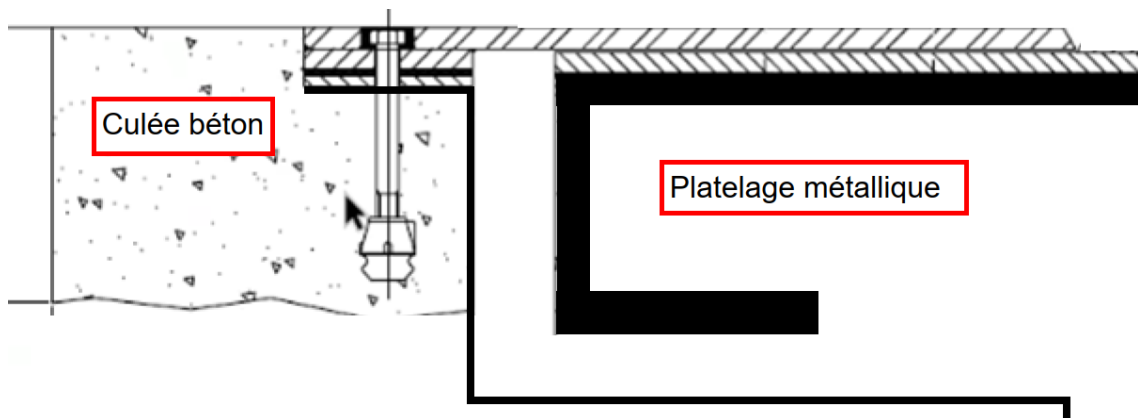


Figure 113 : joint de platelage

La plaque sera dimensionnée notamment sous la charge du véhicule de service.

La distance du tablier du viaduc au mur garde-grève est de 11cm, qui correspond à la dilatation maximale calculée pour l'ouvrage à l'époque de sa conception (la dilatation sous action thermique ($\Delta t = +30^\circ\text{C}$) est de 8.19cm sur la culée C0 et 11.07cm sur la culée C7).

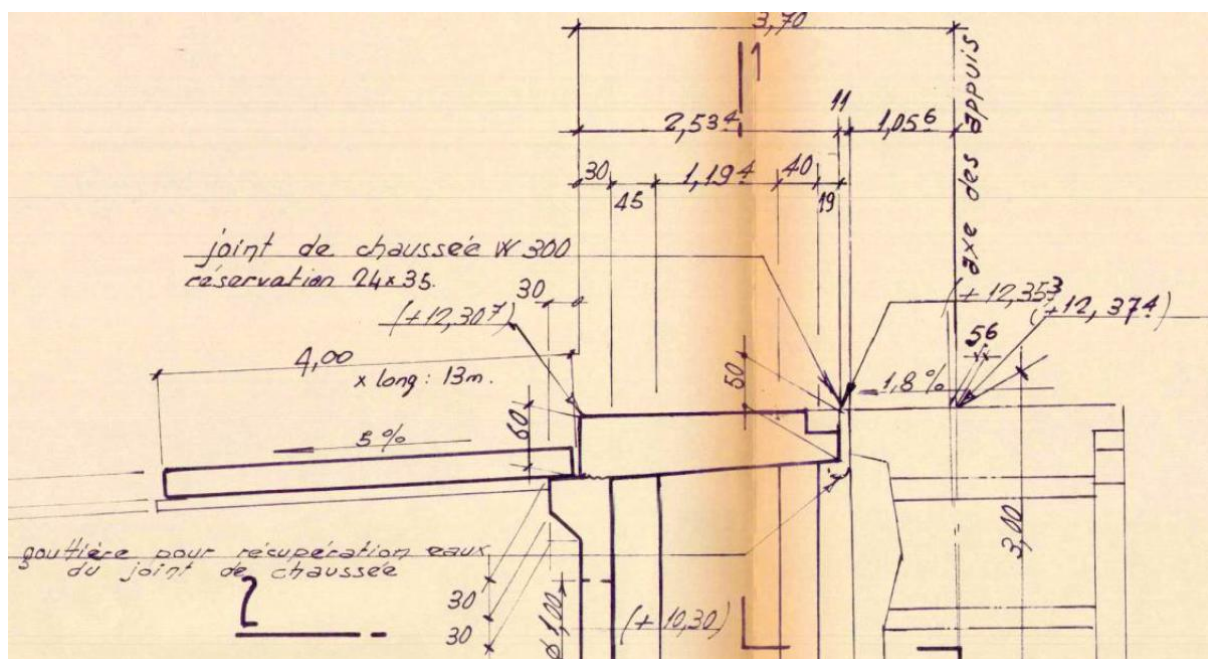


Figure 114 : détail culée viaduc - distance tablier/garde-grève

En application du guide Cerema sur les joints de chaussée, la distance du platelage d'extrémité de la passerelle du muret garde-grève de sa culée devra être supérieure ou égale à la dilatation ELU de l'ouvrage principal. Ainsi nous considérons que la dilatation ELU maximale de l'ouvrage principal est, suivant la variation de température de +30°C retenue à sa conception, égale à $1.50 * 11\text{cm} = 16.5\text{cm}$.

Nous retenons une distance entre le platelage de rive et le garde grève de 20cm.

7.10.3 Les appareils d'appui

Compte tenu du déplacement longitudinal du platelage à ses extrémités, nous prévoyons des appuis en élastomère fretté avec dispositif de glissement, de type E suivant la norme NF EN 1337-3.

Cette norme permet uniquement l'emploi de ce type d'appareil dans le cas de déplacements réversibles à savoir ceux liés aux variations saisonnières de température, à différence des appareils de type D dont l'usage est limité au cas des mouvements irréversibles (ex. retrait et fluage).

Ces appareils comportent une plaque en PTFE (Téflon®) alvéolée collée sur le dessus de l'appareil d'appui en élastomère sur une tôle extérieure en acier inox. Une tôle de glissement en acier inox austénitique glisse sur la plaque en PTFE.

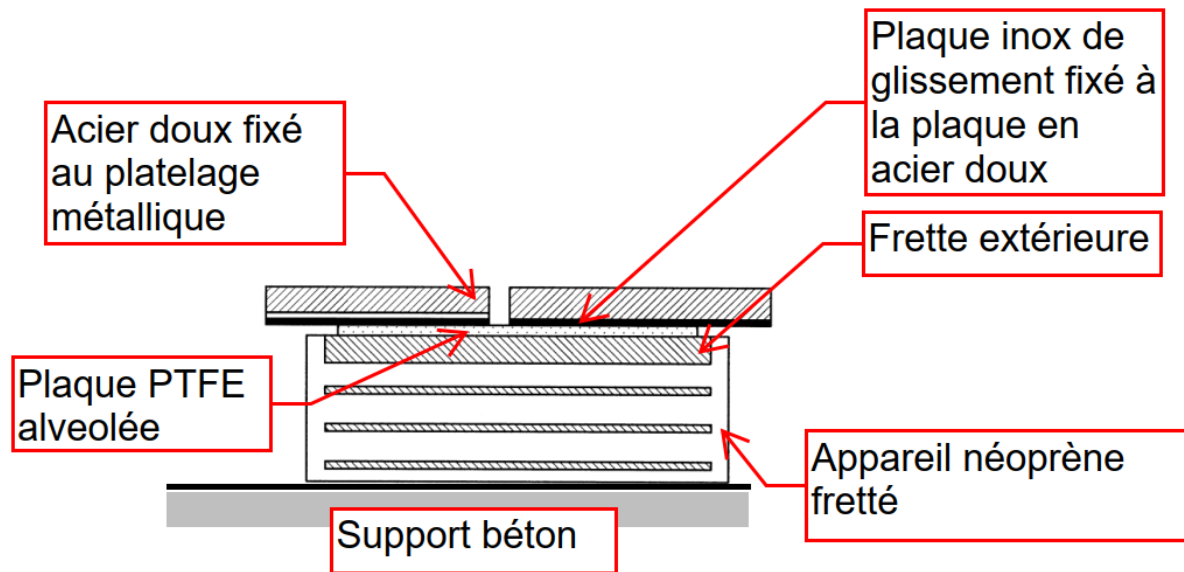


Figure 115 : schéma appareils d'appui en néoprène type E

Chaque platelage d'extrémité dispose de 2 appareils d'appui de dimensions 150x100mm épaisseur 40mm.

7.10.4 Assainissement de la passerelle

La passerelle, qui se trouve en grand partie abritée des intempéries par l'encorbellement du viaduc, n'aura pas de système de récupération des eaux spécifiques.

Une pente transversale d'environ 1% vers le viaduc sera prévue pour assurer l'absence de stagnation d'eau sur le platelage, la passerelle dispose également d'une pente longitudinale sur l'ensemble de son tracé.

Pour les zones où le platelage est en BFUP, la nervure latérale coté intérieur d'une hauteur de 22cm (y compris hauteur de hourdis) fait fonction de goutte d'eau, et reste une face non vue de l'ouvrage, car côté ouvrage existant. Pour les zones où le platelage est métallique, c'est le profilé de rive en L qui fera office de goutte d'eau.

7.10.5 Assainissement du pont F. Mitterrand

Le système d'évacuation des eaux pluviales du pont existants seront prolongés le long des caissons pour retrouver un point de chute inférieur au niveau de la passerelle sans impacter ses utilisateurs et le gabarit de circulation fluviale. Une descente d'eau rectangulaire cintrée le long de l'âme sera réalisée sur mesure.

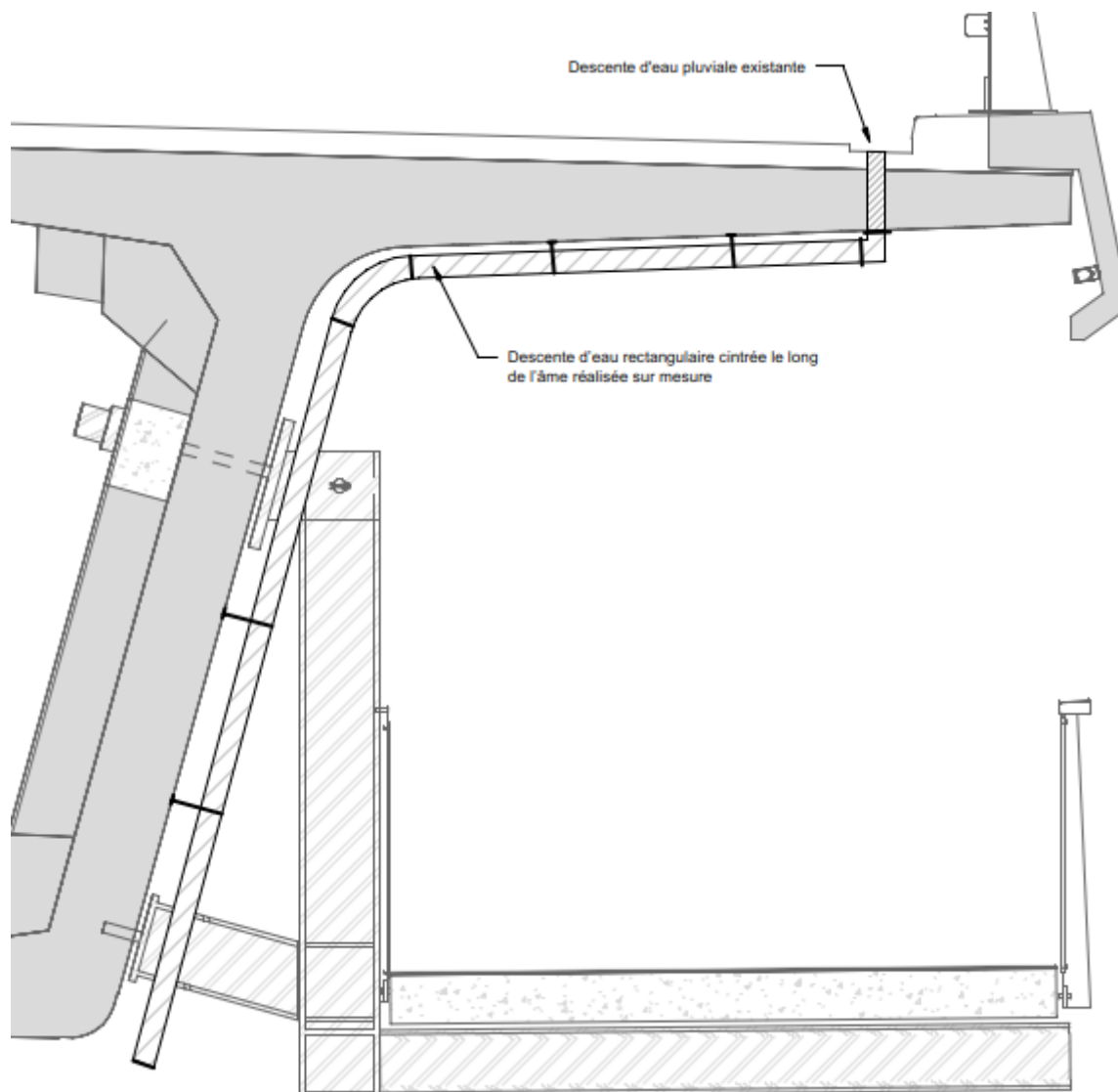


Figure 116: Adaptation par prolongement des descentes pluviales existantes

7.10.6 Surface de roulement – revêtement du platelage

La solution choisie pour le revêtement est la mise en œuvre d'un système de protection du platelage de type Système d'Étanchéité Liquide de type B de teinte grise (pour la teinte voir notice architecturale). Ce dernier sera coulé en place sur les platelages BFUP et métalliques. Ce même produit sera utilisé pour combler les joints entre platelages (comme décrit plus haut cf. §7.7.3) et assurera une surface continue sans désaffleurement entre les consoles et rugueuse afin de garantir l'adhérence requise. La technologie utilisée sera donc compatible avec ces deux matériaux.

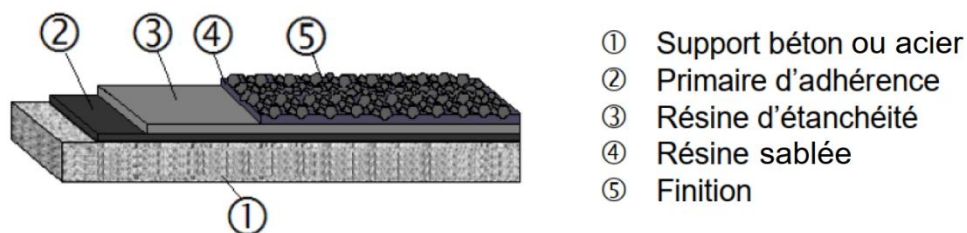


Figure 117: Coupe du SEL catégorie B pour circulation piétonne ou cycliste

Il est à noter que la fonction d'étanchéité n'est pas nécessaire pour le platelage en BFUP, compte tenu de sa nature particulièrement peu poreuse.

Un élément témoin de dalle sera réalisé et servira à valider le choix du revêtement de roulement ainsi que les détails de sa réalisation. Cela sera réalisé en phase réalisation, avec le l'apporteur retenu.

7.10.7 Banc pour belvédère

Chaque belvédère sera équipé d'un banc en bois sur structure en acier galvanisé. Pour plus de détails se référer au mémoire architectural et cahiers de plans associés (architecturaux, serrurerie).



Figure 118: Banc sur belvédère

7.10.8 Les prototypes

Le projet prévoit la réalisation de prototype. L'objectif du prototype sera entre autres :

- Premier de série de garde-corps
- Éclairage et balisage (en cours d'échange avec le MOA)
- RAL de peinture
- Détails assemblage de garde-corps

- Position du banc
- Effet de transparence du caillebotis (en lien aux commentaires de l'AVPD – pour autant il n'est pas prévu de suspendre le prototype avec le belvédère)
- Joint entre dalle
- Teinte du BFUP (couleur non teintée)
- Réglage de la dalle BFUP sur profilé

Contrairement à ce qui était indiqué à l'AVP, il n'est plus prévu de faire d'essais de Glissance /adhérence considérant qu'il est déployé un produit de type SEL usuellement appliqué sur les OA

7.10.9 Dispositif anti-graffiti

La passerelle étant accolée aux voussoirs de l'ouvrage, les âmes des caissons sont rendues accessibles aux éventuels graffeurs. Un dispositif dissuasif anti-graffiti est proposé afin de se prémunir d'actes de vandalismes : une peinture anti-graffiti sur l'âme du voussoir est retenue en solution de base marché. En pratique, la maille inox du garde-corps pourra être prolongée verticalement jusqu'en haut des consoles. Cela empêche aux usagers d'approcher les voussoirs. A date une étude des options envisageables est en cours et sera proposée dès que possible au MOA avec l'analyse technico-financière demandée.

7.10.10 L'éclairage de la passerelle

De nombreux échanges ont eu lieu durant la phase de PRO avec le MOA concernant le programme d'éclairage et de balisage de la passerelle en adéquation avec :

- Les exigences des deux mairies de Bègles et Bouliac, et la gestion financières de l'exploitation
- Le retour d'expérience du service cycle de Bordeaux métropole
- Le souhait de maintenir un niveau de sécurité et sureté sur l'ouvrage de l'utilisateur
- Les contraintes environnementales liées entre autres à la zone Natura 2000
- Le programme contractuel du présent marché.

Pour plus de détails se référer au mémoire d'études pour l'éclairage.

8 Renforcement du pont François Mitterrand

8.1 Approche et méthodologie de justification de l'ouvrage existant et de dimensionnement des renforcements

Conformément au programme de la mission, la justification du pont existant François Mitterrand est réalisée sur la base du corpus réglementaire de l'époque de la conception, soit le BPEL 83.

La justification de l'ouvrage est réalisée suivant cette méthodologie :

- Choix d'un schéma statique pour la liaison entre la passerelle et le voussoir : liaison isostatique avec une rotule en partie haute et un simple appui de contact acier/béton en partie inférieure.
- Etablissement d'un dimensionnement initial de la structure de la passerelle : platelage, charpente métallique et ancrages.
- Application de QAV (quantité à valoir) d'environ 10% sur le poids des différents constituant la passerelle : poids propre structures, revêtements (4 cm d'enrobé), équipements. Cela résulte d'une approche d'étude anticipée pour le renforcement de l'ouvrage : les études PRO définitive du BFUP et des charpentes métalliques ont été en effet réalisées dans un second temps.
- L'étude structurale pour l'ouvrage existant se décline ainsi en deux phases :
 - Flexion longitudinale : un modèle de calcul aux éléments finis est réalisé à l'aide du logiciel Pythagore (développé par setec tpi). Ce modèle inclut l'ensemble de la précontrainte existante et additionnelle extérieure, ainsi que le phasage de construction. Les phénomènes de retrait, fluage scientifique, et de perte de précontrainte instantanée et différée sont gérés et calculés par le logiciel.

La validation du modèle est menée par une comparaison de résultats partiels et finaux avec ceux de la conception initiale et formalisée par une note technique spécifique (cf.[23]).

La descente de charge à l'ELS Quasi-Permanent (G), l'ELS Rare (G+Q) et l'ELU Fondamental (1.35G+1.50Q) est appliquée au modèle de flexion longitudinale, avec prise en compte de l'excentricité des charges permanentes et d'exploitation. Pour l'analyse longitudinale la charge de véhicule de service n'est pas considérée car non dimensionnante, en comparaison avec la charge de foule.

La précontrainte probable P_m est retenue pour le calcul de flexion longitudinale, tant pour la précontrainte existante que pour l'additionnelle.

Plusieurs vérifications sont menées sur la base des résultats du modèle de flexion longitudinale :

- Vérification des contraintes normales en tout point des sections transversales à l'ELS rare conformément au BPEL 83 :
 - Contraintes minimales : 0 MPa (non-décompression du béton) ;
 - Contraintes maximales : $0,9 \cdot 0,6 \cdot f_{c28} = 18.9 \text{ MPa}$
- Vérification des contraintes maximales du béton à l'ELS Quasi-Permanent
- Vérification des contraintes de cisaillement à l'ELS Rare : $0,9 \cdot 0,6 \cdot f_{c28} = 15.8 \text{ MPa}$
- Vérification des contraintes de cisaillement à l'ELU Fondamental

La précontrainte additionnelle est ainsi dimensionnée et vérifiée afin de respecter l'ensemble des justification ici mentionnées, sous l'effet des charges de l'ouvrage existant et de la passerelle.

Le ferrailage passif de cisaillement dû aux effets de cisaillement pour effort tranchant et torsion est également calculé sur la base des résultats issus du modèle de flexion longitudinale.

- Flexion locale et évaluation du renforcement par tissu en carbone (PRFC) : un modèle aux éléments finis de type coque est réalisé à l'aide du logiciel Pythagore. Ce modèle paramétrique qui permet de modéliser l'ensemble des géométrie et de descente de charge présentes sur le projet, fournit les résultats locaux en termes de flexion de la nervure et de l'âme du voussoirs au droit des fixations des consoles de la passerelle.

Un calcul de ferrailage local est ainsi mené sur la base d'une combinaison ELS Rare, avec limitation de la contrainte de ferrailage à 240MPa.

Ensuite nous réalisons un bilan du ferrailage passifs dans les voussoirs (âme, hourdis supérieur et inférieur) nécessaire pour la reprise des efforts de l'ouvrage existant afin de déterminer les marges de ferrailage suivant les deux termes prépondérantes (règle de cumul de la conception) :

- Ferrailage n°1 : cisaillement suivant tranchant/torsion + diffusion de la précontrainte + poussée au vide (uniquement le terme de traction pour les âmes)
- Ferrailage n°2 : flexion transversale + poussée au vide (uniquement le terme de flexion pour âmes et hourdis)

Nous comparons la marge disponible de ferrailage passif aux armatures calculées dans les voussoirs sous l'effet de la passerelle :

- Effets de cisaillement sous effort tranchant et torsion obtenus par le calcul de flexion longitudinale → à comparer aux marges obtenues pour le ferrailage n°1
- Effets de flexion locale transversale obtenus par le modèle de calcul de flexion locale → à comparer aux marges obtenues pour le ferrailage n°2

Ainsi nous pouvons identifier les déficits de ferrailage et les voussoirs concernés.

Notre étude montre que 4 voussoirs de chaque travée courante et les voussoirs sous les deux consoles à chaque extrémité nécessitent un renforcement en face externe de l'âme, coté passerelle.

Le calcul du renforcement en tissus en carbone (PRFC) est ainsi réalisé conformément à la méthode décrite dans le guide AFGC.

L'étude est présentée dans son intégralité dans les notes de calcul :

- 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00206 - NDC PRO précontrainte additionnelle
- 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00207 - NDC PRO renforcement composite

Les résultats d'un modèle de flexion longitudinale et d'un modèle de flexion locale ont été intégrés pour faire les vérifications règlementaires et déterminer les renforcements nécessaires.

Afin de déterminer les besoins en renforcement de l'ouvrage nous avons tout d'abord analysé les notes et plans de conception (dossier DOE fourni au DCE de la mission) et identifié les marges de dimensionnement en termes de renforcement passif et de contraintes résiduelles.

Pour l'évaluation de l'état initial du pont F. Mitterrand nous avons considéré qu'aucun déficit structurel ne l'affecte. De manière concrète ceci revient à considérer notamment que, dans le bilan des marges structurelles existantes, aucun déficit de ferrailage, donc aucune marge négative, n'est à retenir. Cette hypothèse a été vérifiée lors du recalcul de l'ouvrage existant avec le modèle complet.

Cette hypothèse est corroborée par l'absence de désordre structurel notable identifié lors des inspections détaillées. La dernière en date (décembre 2021 par la société Getec-IDF) montre qu'aucun désordre lié à un déficit de ferrailage des voussoirs ne s'est manifesté durant la vie de l'ouvrage et notamment sur les voussoirs à mi-travée.

Cette hypothèse est par ailleurs conforme au programme de l'opération qui ne prévoit pas de confortements du pont François Mitterrand non imposés par la mise en service de la passerelle.

À partir de la descente de charge induite par la passerelle nous avons étudié localement et dans son ensemble les effets de l'accrochage de cet ouvrage et identifié les zones à renforcer suivant deux méthodes de renforcement :

- Mise en place sur la face externe de l'âme de certains voussoirs concernée par l'accrochage de la passerelle de renforts en matériaux composites type tissus en carbone (4 voussoirs pour les travée courantes, 2 voussoirs pour les travées de rive) ;
- Ajout d'une précontrainte extérieure additionnelle par deux câbles 19T15S à l'intérieur du caisson au droit des gaines vides prévues à cet effet à la construction.

8.2 Renforcement par précontrainte additionnelle

Nous résumons par la suite les résultats de l'étude de structure qui est fourni dans le document « 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00206 - NDC PRO précontrainte additionnelle ».

La reprise des efforts de flexion longitudinale induits par la passerelle est possible grâce à la mise en place de deux câbles de précontrainte additionnelle extérieure de type 19T15S.

Pour cela, des passages de gaines vides sont disponibles au droit des VSP/VSC et déviateurs. La construction de la passerelle peut intervenir après ou avant la mise en place de la précontrainte additionnelle extérieure.

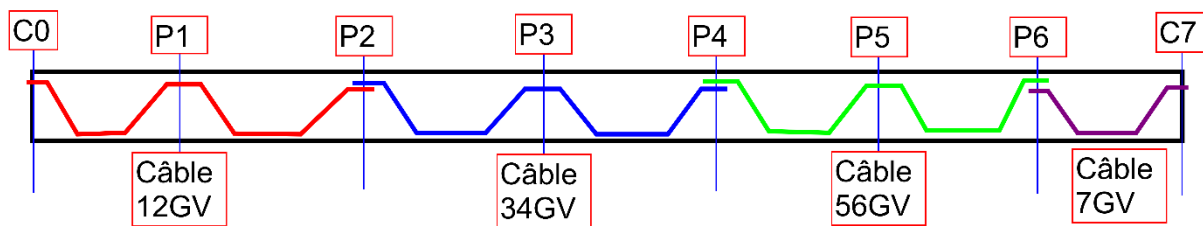


Figure 119: Schéma de principe du câblage de précontrainte additionnelle prévu dans les plans DOE et repris

8.2.1.1 Dispositions préalables sur l'ouvrage existant

Des réservations pour le passage de câbles additionnels de précontrainte extérieure d'unité 19T15S ont été prévues dès la construction de l'ouvrage. Pour le dimensionnement des VSP, VSC et déviateurs, devant résister aux actions concentrées de la précontraintes, l'action des câbles de précontrainte extérieure additionnelle en 19T15S a été prise en compte dès l'origine (cf. NDC DOE).

Les câbles additionnels sont numérotés sur les plans de récolement :

- E-12GV traversant les travées T1 et T2,
- E-34GV traversant les travées T3 et T4,
- E-56GV traversant les travées T5 et T6
- et E-7GV traversant la travée T7.

Dans notre cahier de plans technique nous reprenons la même numérotation.

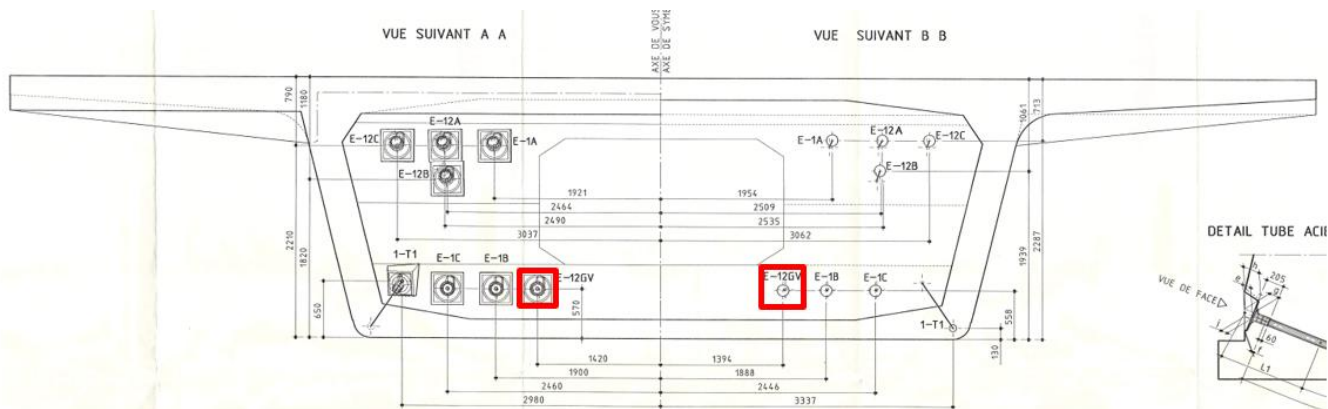


Figure 120 : Emplacement des réservations de câbles (VSC culée C0)

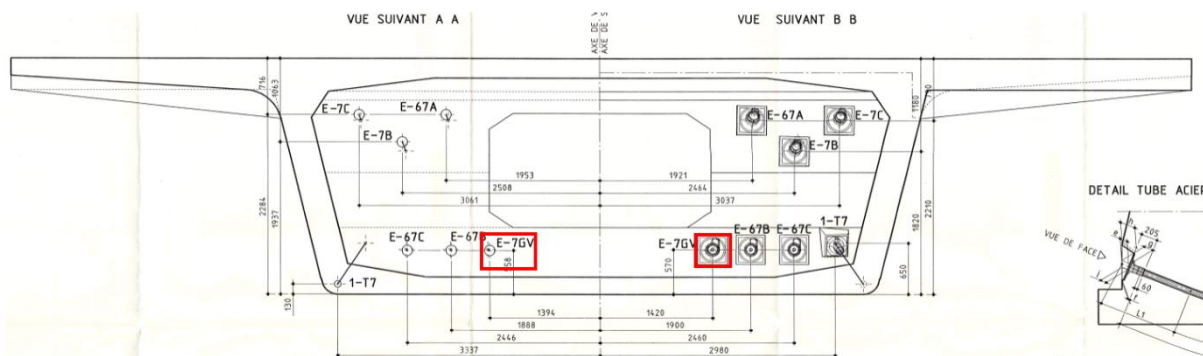


Figure 121 : Emplacement des réservations de câbles (VSC culée C7)

Au droit des VSP les points de passage des câbles de précontrainte extérieure additionnelle sont dénommés « J1 » et « K » pour les ancrages et « J2 » pour les passages filants.

ANCRE	FILANT	VSP1	VSP2	VSP3	VSP4	VSP5	VSP6
A		E-23C	E-34C	E-45C	E-56C	E-67C	E-7C
	B	E-12C	E-23C	E-34C	E-45C	E-56C	E-67C
C		E-1C	E-12C	E-23C	E-34C	E-45C	E-56C
D		E-23B	E-34B	E-45B	E-56B	E-67B	E-7B
	E	E-12B	E-23B	E-34B	E-45B	E-56B	E-67B
F		E-1B	E-12B	E-23B	E-34B	E-45B	E-56B
G		E-23A	E-34A	E-45A	E-56A	E-67A	
	H	E-12A	E-23A	E-34A	E-45A	E-56A	E-67A
I		E-1A	E-12A	E-23A	E-34A	E-45A	E-56A
J1			E-34GV		E-56GV		E-7GV
	J2	E-12GV		E-34GV		E-56GV	
K			E-12GV		E-34GV		E-56GV

Figure 122: Dénomination points de passage pour câbles additionnels (extrait plan P431)

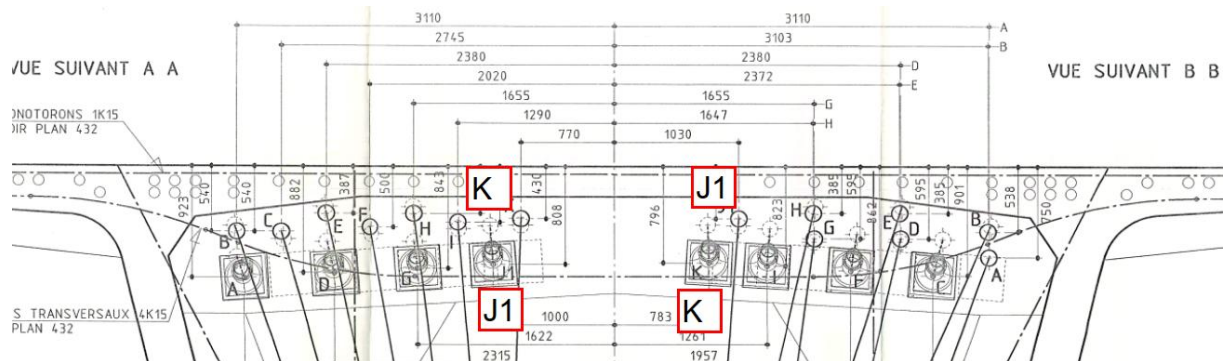


Figure 123: Deux demi-élévations de VSP avec ancrage de précontrainte additionnelle au droit pour VSP2, VSP4, VSP6 (extrait plan P431)

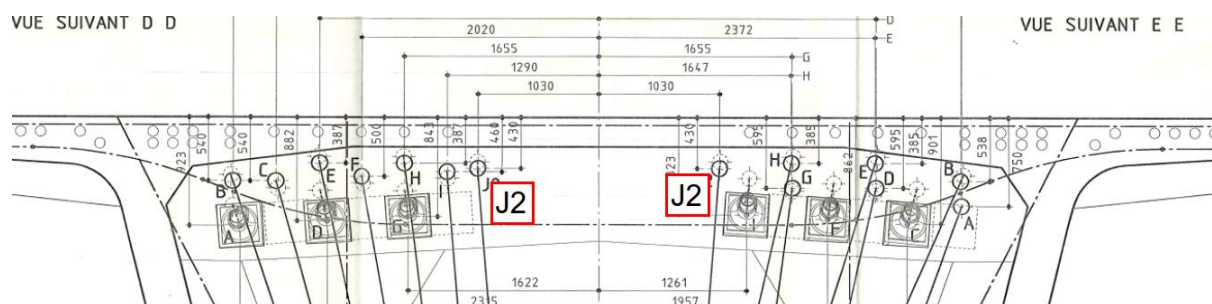
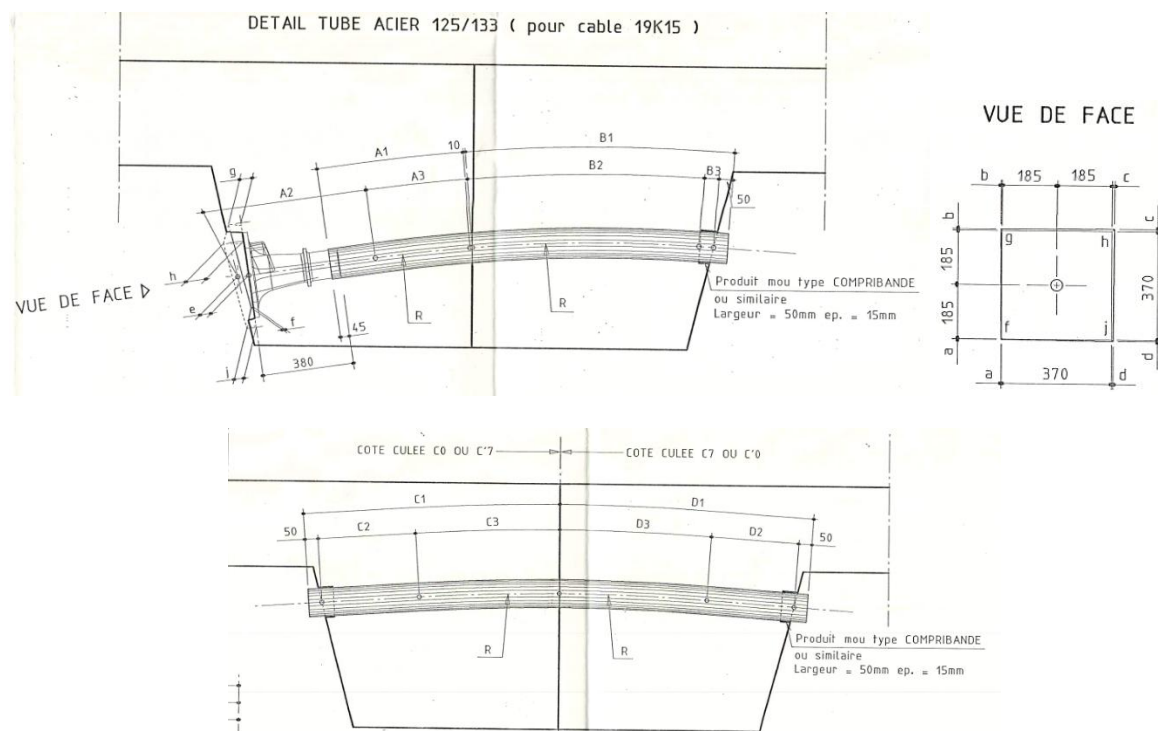


Figure 124: : Deux demi-élévations de VSP avec passage pour la précontrainte additionnelle au droit pour VSP1, VSP3, VSP5 (extrait plan P431)



NOTA : La precontrainte extérieure est du type démontable																	
		R	A1	A2	A3	B1	B2	B3	a	b	c	d	e	f	g	h	j
Tube Ø 125/133 pour câble 19x15	A	5000	649.5	558	474	1114	818	246	2	6.5	11.5	6.5	37.5	10	38	66	37
	C	4000	688	558	510	1175	1054	71	11	7	2	5.5	35	62	40	10	30
	D	4000	692.5	558	504	1157	887	220	3	2	6	7	24.5	16	10	33	39.5
	F	4000	703	558	520	1185	1033	102	9	5	2	5.5	30	51	29	10	31
	G	5000	694.5	558	503	1157	985	122	2	4	6	4	21.5	10	21	34	22
	I	4000	719.5	558	531	1196	1020	126	7	3	2	5.5	24.5	40	18	10	31
	J1	4000	724	558	537	1204	1049	105	6	2	3	7.5	26	34	10	18	43
	K	4000	729	558	539	1204	1021	133	5.5	2	3	6.5	23	31	10	15	37

Figure 125: Détails de la géométrie des ancrages et des gaines de passage pour les VSP (extrait plan P432)

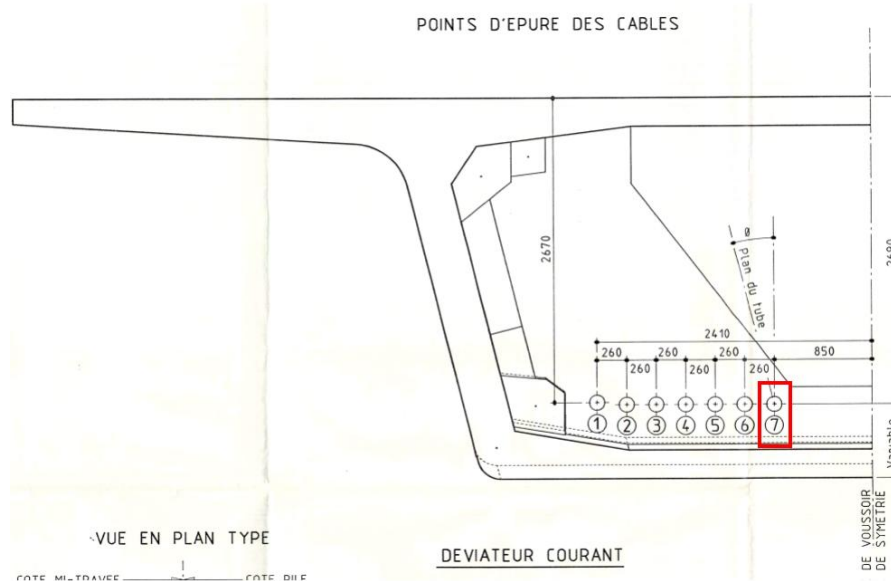


Figure 126: Position de passage du câble de précontrainte extérieure additionnelle au droit d'un voussoir déviateur (extrait plan P435)

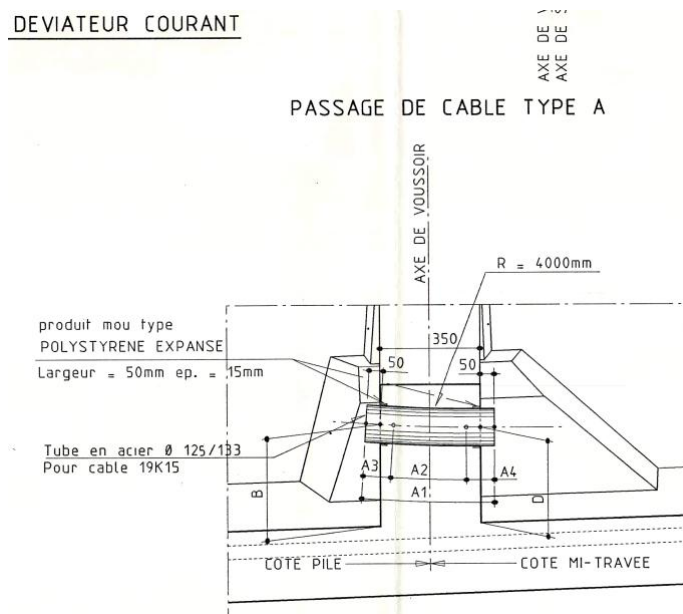


Figure 127: Détail de la géométrie du tube de passage pour câble 19T15 dans un voussoir déviateur (extrait plan P435)

8.2.1.2 Procédé et caractéristiques mécaniques de la précontrainte additionnelle extérieure

Le procédé retenu par le groupement pour la précontrainte additionnelle extérieure est le « BBR VT CONA CME External Post-tensioning System » couvert par l'European Technical Assessment ETA – 07/0168.

Les câbles sont constitués de 19 torons type T15S ($A_p=150 \text{ mm}^2$ par toron) classe 1860.

Les câbles seront constitués de torons clairs injectés à la cire pétrolière.

Leur enfilage dans les gaines existantes se fera sans impact sur la circulation, la mise en tension pourra être réalisée sous circulation sur l'ouvrage. Nous avons dimensionné le renforcement en considérant la mise en tension d'un seul côté, face culée C7 pour l'ensemble des câbles additionnels.

Les caractéristiques mécaniques sont les suivantes :

Item	Donnée	Référence	
		Document	Article
Désignation Précontrainte:	Extérieure		
Type de protection :	Cire pétrolière	CCTP	
N° ETE:	07/0168		
Unités de précontrainte	19 T15,7		
section du câble (A_p)	2850 mm^2		
Type d'armatures	T15,7-1860MPa-TBR huilé	Pr EN10138-3	
section du toron	150 mm^2		
F_{pk}	279 kN		
$F_{0,1}$	246 kN		
Module Elasticité (E)	195 GPa		
Désignation BBR du câble	CME BT 1906-150 1860		

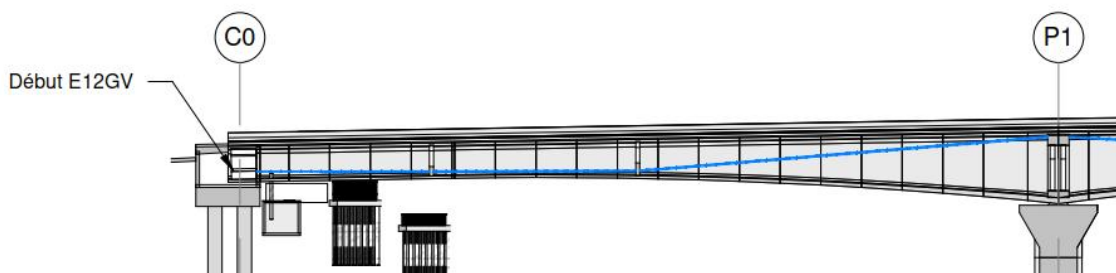
Figure 128 : Caractéristiques mécaniques d'un câble de précontrainte additionnelle en 19T15S

Nous retenons :

- Un coefficient de frottement en courbe $f=0.11 \text{ rad}^{-1}$
- Un recul d'ancrage de 6 mm
- Une perte par relaxation à 1000h de 2.5%

8.2.1.3 Conclusions sur la précontrainte additionnelle

Les images suivantes montrent le profil longitudinal de la précontrainte extérieure additionnelle qui sera mise en œuvre pour reprendre les charges de la passerelle.



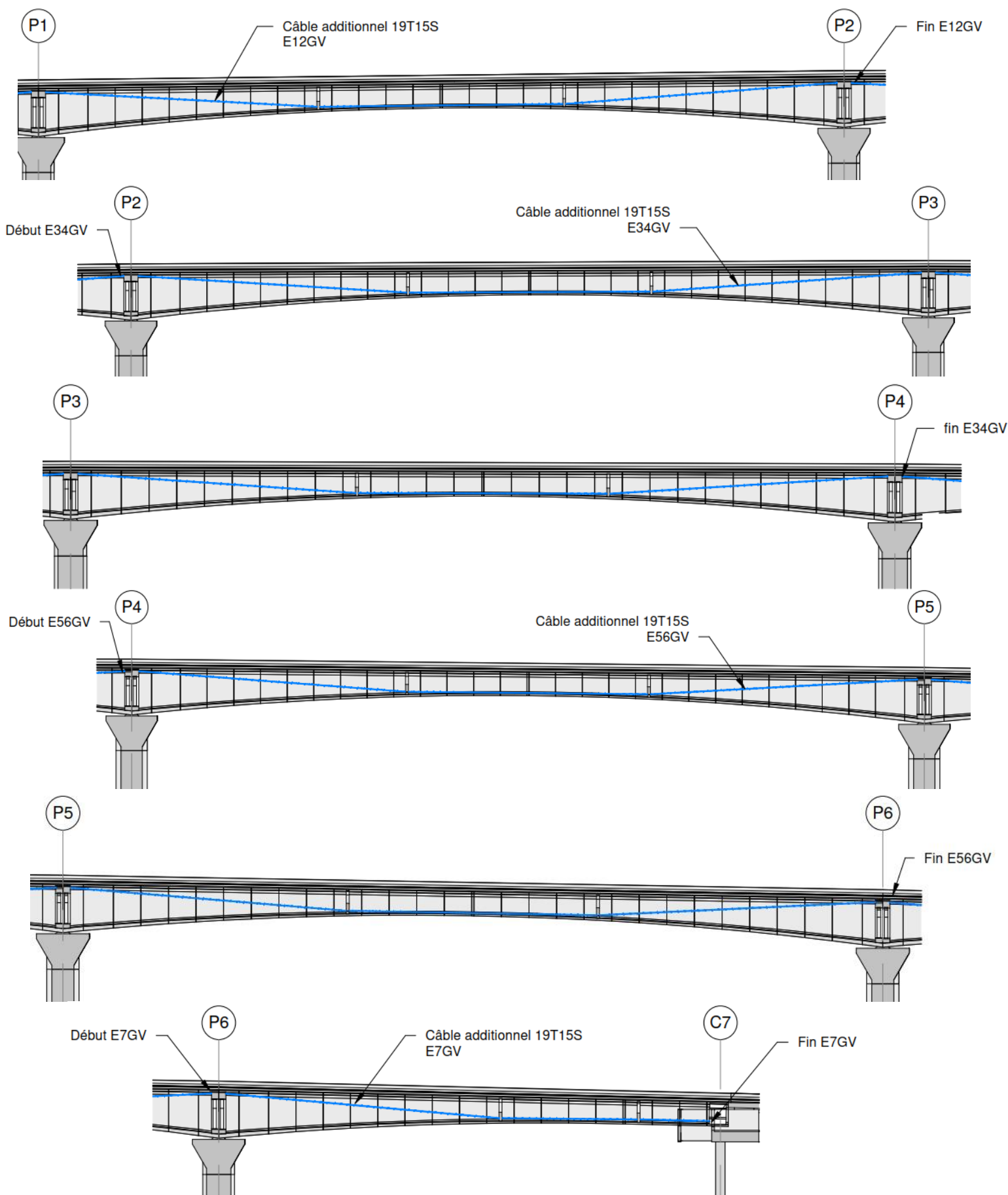


Figure 129: Profil longitudinal de la précontrainte extérieure additionnelle (extrait cahier de plan technique PRO)

Les longueurs des câbles se résument ainsi :

- 2 câbles E12GV (travée T1 et T2) : 173m
- 2 câbles E34GV (travée T3 et T4) : 206m
- 2 câbles E56GV (travée T5 et T6) : 206m
- 2 câbles E7GV (travée T7) : 65m

8.3 Renforcement local en matériaux composites

8.3.1 Choix du procédé

Un renforcement en tissu de carbone type SikaWrap sera employé pour reprendre le déficit de ferrailage passif de cisaillement et de flexion transversale de certains voussoirs au droit des consoles d'ancrage de la passerelle, sur la face extérieure des âmes. Il s'agit d'un procédé de renforcement type Polymères Renforcés de Fibres de Carbone (PRFC).

Ce procédé est couvert par l'avis technique n°33/19-1005_V3. Les propriétés mécaniques du renfort composite (résistance à la traction, module d'élasticité) déterminées conformément à la norme ISO 527-5.

En particulier nous prévoyons la mise en place d'un renforcement type SikaWrap 600C.

Propriétés de calcul / Composites	SikaWrap®-230 C – Sikadur®-330	SikaWrap®-300 C – Sikadur®-330	SikaWrap®-600 C – Sikadur®-300
Module d'élasticité, valeur moyenne, E_f	225 000 MPa	225 000 MPa	235 000 MPa
Résistance moyenne en traction, f_{fu}	3500 MPa	3500 MPa	2950 MPa
Allongement à la rupture valeur moyenne, ε_{fu}	1,7 %	1,7 %	1,4 %
Résistance de calcul ELU, f_{fud}	1625 MPa	1625 MPa	1370 MPa
Allongement de calcul ELU, ε_{fud}	0,72 %	0,72 %	0,6 %
Résistance de calcul ELS, f_{fd}	1138 MPa	1138 MPa	960 MPa
Épaisseur nominale, t_f [mm] tissu sec	0,13	0,167	0,33

Figure 130 : Propriétés de calcul / composites du SikaWrap 600C selon les recommandations de l'AFGC

Caractéristiques des composites SikaWrap®

Propriétés de calcul / Composites	SikaWrap®-230 C – Sikadur®-330		SikaWrap®-300 C – Sikadur®-330			SikaWrap®-600 C – Sikadur®-300
Largeur (mm)	300	600	100	300	600	300

Figure 131 : Largeurs de bande pour un SikaWrap 600C

8.3.2 Conclusions sur le renforcement en tissu de carbone

Nous résumons par la suite les résultats de l'étude de structure qui est fournie dans le document « 58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00207 - NDC PRO renforcement composite ».

L'ancrage de la passerelle sur le voussoir induit des efforts de flexion locale qui nécessitent un renforcement en face externe de l'âme coté passerelle pour les voussoirs V12 et V14 pour les travées courantes, et les voussoirs V14 d'extrémité accrochés aux deux premières consoles pour la travée de rive T1 et aux deux dernières pour la travée de rive T7.

Renforcement en face extérieure de l'âme coté passerelle :

- Voussoirs concernés : V12 et V14, donc 4 voussoirs par travée courante, 2 voussoirs pour la travée T1 et 2 également pour la travée T7, soit un total de 24 voussoirs renforcés,
- Parties concernées : âme coté passerelle, face externe
- Procédé retenu SikaWrap (tissus en carbone), type SikaWrap 600 C (largeur bande= 300 mm ; épaisseur= 0.33 mm) ;
- Quantité : 2 bandes côte à côte de 300 mm de largeur sont mis en place au droit de la nervure du voussoir, ainsi que 3 bandes côte à côte de 300 mm de largeur également de chaque côté de la nervure, sur une hauteur d'1,50m et sans ancrage en partie haute. Ceux-ci sont positionnés de sorte à ne pas être en interface avec les barres de précontrainte, et donc à ne pas dégrader le tissu carbone lors du perçage. Le nombre de couches est variable selon le voussoir, un tableau de synthèse est présenté dans le §8.3.2.

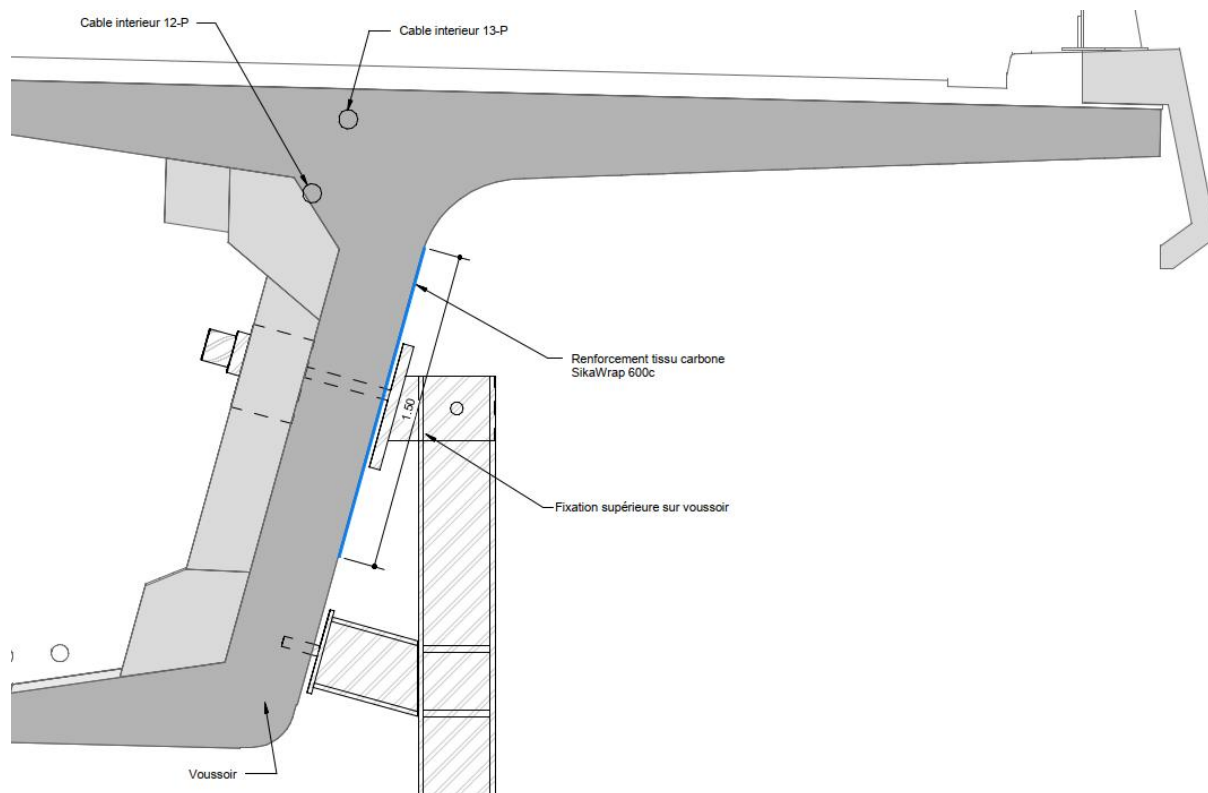


Figure 132: Schéma renforcement externe V12-V14

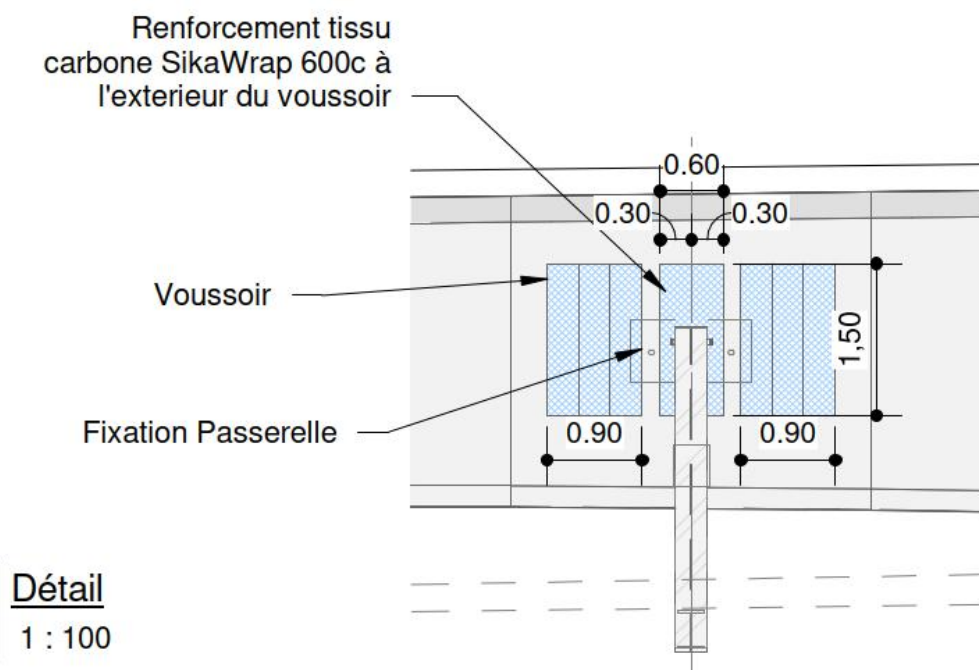


Figure 133: Renforcement composite face extérieure

La descente de charge de la passerelle (effort vertical et torsion) induit un cisaillement d'ensemble dans la section du caisson qui conduit à un besoin de renforcement des deux âmes pour les voussoirs V12-V14.

Après analyse, un renforcement en face intérieure de l'âme n'est pas nécessaire.

Le renforcement sera mis en œuvre avant la pose des consoles de la passerelle, à l'axe de la nervure du voussoir, entre les carottages pour les barres de précontrainte sans empiéter sur la position de celles-ci.

Le tableau suivant détaille la liste des voussoirs concernés par le renforcement en tissu de carbone ainsi que la quantité de tissu à mettre en œuvre.

Voussoir	V12		V14 courant	
Position	Nervure	Hors nervure	Nervure	Hors nervure
nombre de couche(s)	3	4	2	4
A (cm ²)	6.00	12.00	4.00	12.00
Epaisseur unitaire (mm)	0.33	0.33	0.33	0.33
Largeur (m)	0.6	0.9	0.6	0.9
nb de bandes côte à côte	2	3	2	3
σmax armatures (MPa)	222	238	242	235

Voussoir	RG type 8		RG type 9		RD type 10		RD type 11	
Position	Nervure	Hors nervure	Nervure	Hors nervure	Nervure	Hors nervure	Nervure	Hors nervure
nombre de couche(s)	4	4	2	3	3	4	3	4
A (cm ²)	8.00	12.00	4.00	9.00	6.00	12.00	6.00	12.00
Epaisseur unitaire (mm)	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Largeur (m)	0.6	0.9	0.6	0.9	0.6	0.9	0.6	0.9
nb de bandes côte à côte	2	3	2	3	2	3	2	3
σmax armatures (MPa)	224	236	241	240	214	223	229	225

Les images suivantes montrent des extraits du cahier de plan technique PRO au sujet des renforcements en tissu de carbone.

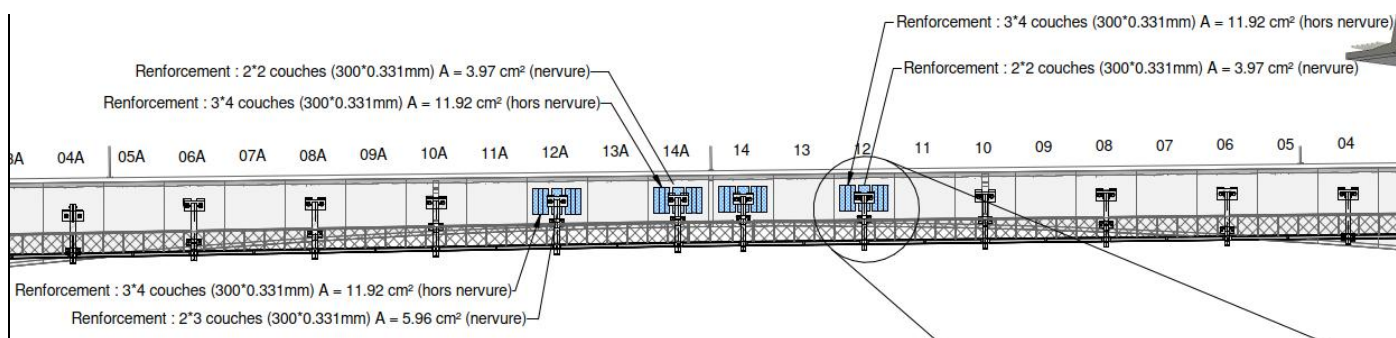


Figure 134 : Renforcement en tissu de carbone sur travée courante - extrait du cahier de plan technique PRO

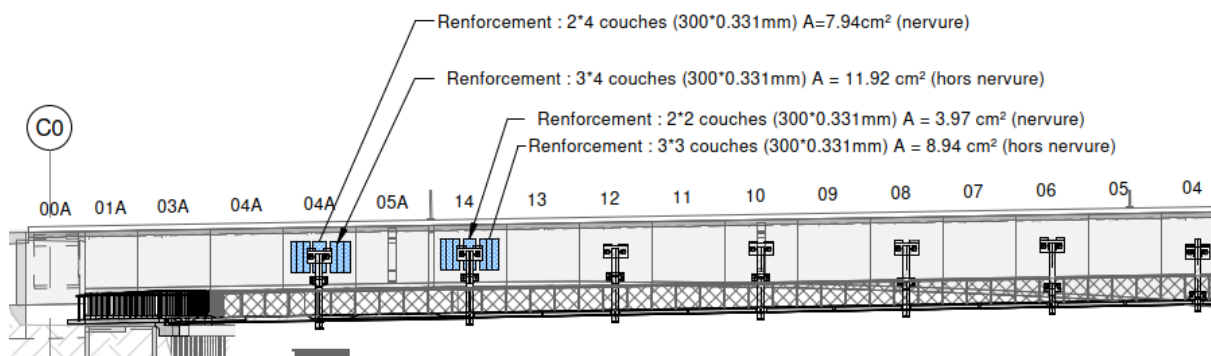


Figure 135 : Renforcement en tissu de carbone sur travée de rive gauche - extrait du cahier de plan technique PRO

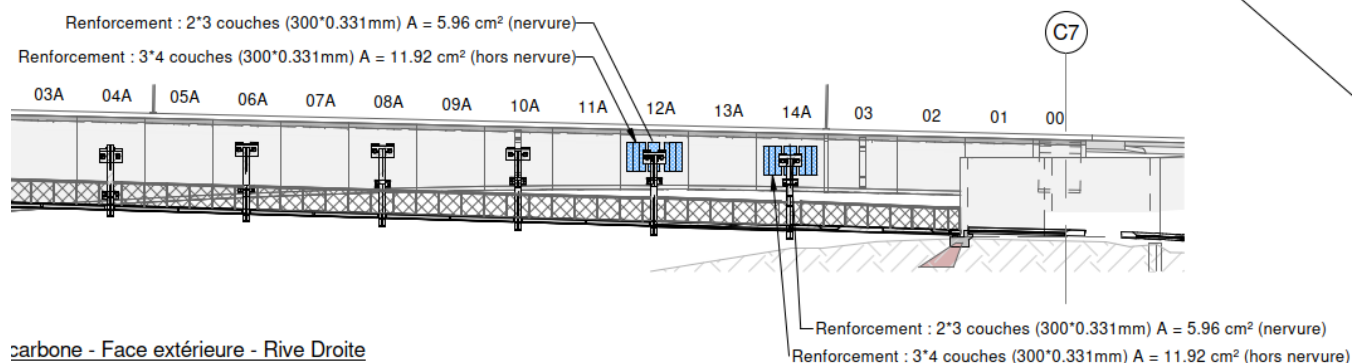


Figure 136: Renforcement en tissu de carbone sur travée de rive droite - extrait du cahier de plan technique PRO

8.3.3 Mise en œuvre

Les modalités de mise en œuvre et collage du tissu de carbone devront respecter l'ATE, et notamment (liste non exhaustive) :

- Travaux préparatoires :
 - Préparation du support
 - Vérification de la cohésion superficielle du béton support
 - Aspect de surface après décapage
- Conditions climatiques de pose : Le support doit être à l'abri de la pluie et de toute arrivée d'eau. Il ne doit pas être gelé, ni présenter de film d'eau en surface au moment de la mise en œuvre des produits de collage.
- Non condensation du support : les opérations de collage de renforts PRFC ne doivent pas débuter s'il y a un risque de condensation sur le support. Les contrôles périodiques de non-condensation sont à réaliser préalablement au démarrage du malaxage du produit de collage.
- Plage de températures (support et ambiance) recommandée : entre +8°C et +35°C.
- Finition et protection du procédé : une protection anti UV sera réalisée. L'entreprise veillera à limiter le débordement excessif du produit de collage lors du marouflage, afin de garantir un aspect qualitatif de la surface renforcée du voussoir.
- Circulation sur l'ouvrage durant le collage du tissu carbone : le renforcement concerne la face externe des âmes de certains voussoirs pour reprise de la flexion locale induite par la passerelle. Sous l'effet des charges routières du pont F. Mitterrand les âmes des voussoirs ne subissent pas de déformation qui pourrait être nuisible au durcissement et maturation des polymères constituant la colle. Ainsi aucune contrainte d'exploitation de l'ouvrage n'est requise durant la mise en œuvre des renforcements et polymérisation des colles.
- Contrôle des travaux : avant et après mise en œuvre.

8.3.4 Adhérence du support béton

La résistance moyenne à la traction du support béton f_{tk} doit être systématiquement vérifiée par des essais de pastillage réalisés en se basant sur la norme NF EN 1542, avant la mise en œuvre des renforts. Dans tous les cas, le procédé SikaWrap n'est pas applicable si les essais de pastillage donnent une valeur de $f_{tk} < 1,5$ MPa.

Or, le diagnostic réalisé par Sixense en 2022 montre les résultats pour deux essais.

La cohésion superficielle est caractérisée par un essai d'arrachement en traction directe (ou essais de « pastillage ») effectué sur cinq (5) pastilles.

- > Norme de référence : NF EN 1542
- > Méthodologie suivie : Celle décrite par la fiche B1-7 de L'IFSTTAR
- > Position des surfaces : verticale uniquement
- > Colle utilisée : TOPFIX NA 41
- > Température d'application : entre 20 et 30°C
- > Durée de séchage de la colle : entre 20 et 40h (avec séchage du parement au préalable par décapage thermique – état du support sec)

Dimension	50 mm
Surface	1963,50 mm ²

MPa = N/mm²

Valeurs s'écartant de + ou - 20% de la valeurs moyenne

Zone	N°	Mesure in-situ (kN)	Profil de rupture	Contrainte (MPa)	Ecart moyenne (%)	Moyenne
Voussoir T1 - 00A	1	6,7	type 1	3,41	+152,83	1,35 MPa
	2	Non déterminée	type 3	0,00	-	
	3	0,5	type 2a	0,25	-81,13	
	4	1	type 4b	0,51	-62,26	
	5	2,4	type 4b	1,22	-9,43	

Zone	N°	Mesure in-situ (kN)	Profil de rupture	Contrainte (MPa)	Ecart moyenne (%)	Moyenne
Voussoir T1 - 01A	1	3,7	type 4b	1,88	-49,32	3,72 MPa
	2	6,2	type 1	3,16	-15,07	
	3	5,9	type 4b	3,00	-19,18	
	4	9,1	type 1	4,63	+24,66	
	5	11,6	type 1	5,91	+58,90	

Commentaires :

Les essais ont été effectués sur 2 zones en extrémité de caisson en travée 1 (voussoirs 00A et 01A). Les parements ne présentaient aucun désordre apparent au moment de l'essai.

Les résultats obtenus sur la zone 2 (voussoir 01A) nous semblent faibles au regard de la qualité générale du béton et sa compacité. Sur cette zone, la contrainte d'adhérence moyenne obtenue est de 3,7 MPa (et 4,2 MPa si on écarte la pastille 1).

Sur la zone 1 (voussoir 00A), les valeurs obtenues nous semblent inexploitable dans la mesure où elles sont très hétérogènes et globalement très faibles.

Et en conclusion :

Les essais de cohésion superficielle du béton ont été effectuée sur 2 zones en extrémité de caisson en travée 1 (voussoirs 00A et 01A). Les parements ne présentaient aucun désordre apparent au moment de l'essai.

Les résultats obtenus sur la zone 2 (voussoir 01A) nous semblent faibles au regard de la qualité générale du béton et de sa compacité. Sur cette zone, la contrainte d'adhérence moyenne obtenue est de 3,7 MPa (et 4,2 MPa si l'on écarte la pastille 1).

Sur la zone 1 (voussoir 00A), les valeurs obtenues nous semblent inexploitable dans la mesure où elles sont très hétérogènes et globalement très faibles.

Avant la mise en œuvre du renforcement, un test adhérence sera réalisé pour vérifier que la valeur de la résistance moyenne à la traction du support béton f_{tk} est au moins égale à 1.5MPa.

9 Raccordement en rive gauche

9.1 Aménagement de la piste

L'accès en rive gauche se fera par un talutage du terrain existant, après démolition préalable d'une partie de la piste cyclable existante. Le raccordement à la piste cyclable existante se fera jusqu'au point de raccordement demandé dans le programme.



Figure 137 : Accès en rive gauche – talutage (3D)

La piste cyclable existante sera supprimée sur une longueur d'environ 110 mètres, une nouvelle piste cyclable sera mise en place après reprofilage pour assurer le raccordement à partir de la piste cyclable existante jusqu'à la passerelle. La pente du talutage est de 2H/1V pour tout le linéaire de la piste.

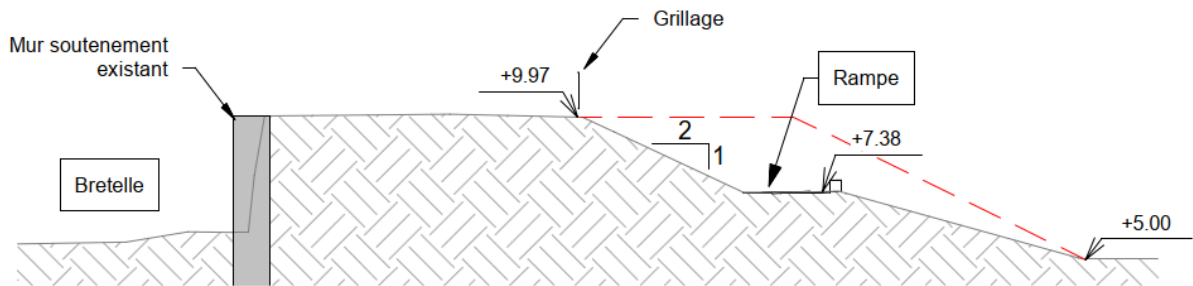


Figure 138 : Accés en rive gauche – talutage (coupe)

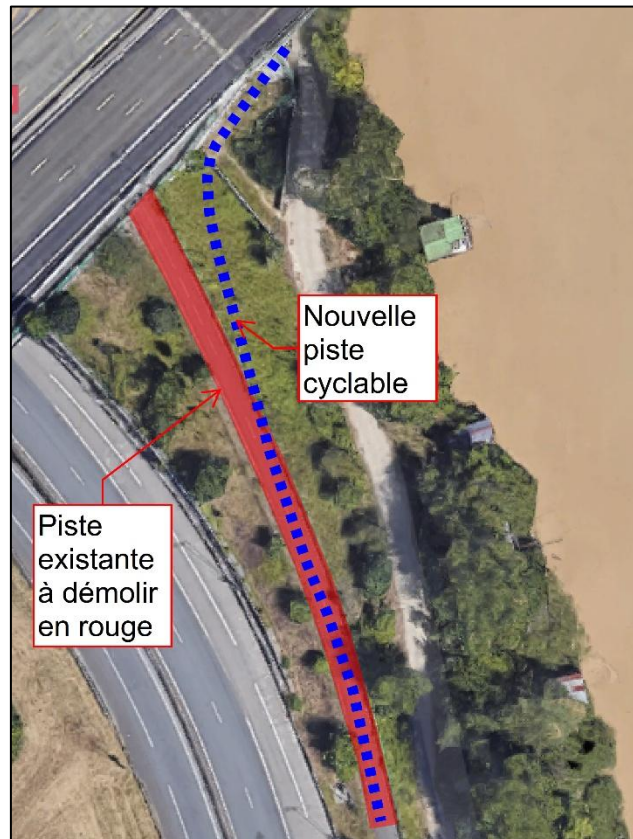


Figure 139: Principe de modification de la piste en rive gauche et raccordement

Récapitulatif des travaux et aménagements prévus pour la piste en rive gauche :

- Suppression de la piste cyclable existante et de ses équipements ;
- Talutage avec profilage d'une nouvelle piste d'accès avec pente limitée à 4% ;
- Aménagement d'une piste cyclable pour se raccorder à la passerelle ;
- Aménagement de la surface de la plateforme de la culée rive gauche accessible aux usagers ;
- La démolition du mur existant pour permettre le prolongement de la piste cyclable (cf. image suivante) ;



Figure 140: Mur existant à démolir

- Identification d'un espace de stationnement du véhicule de service en pied de gradin conformément aux plans ;
- Aménagement paysager d'un amphithéâtre végétalisé, limitées par des poutres en bois posée sur surface réglée (cf. Notice architecturale pour plus de détails),
- Une file de gabions sera mise en place le long de la piste cyclable jusqu'au point de raccordement à l'existante
- Une borne sera installée par Bordeaux métropole afin d'empêcher la circulation d'un véhicule sur la piste puis la passerelle. La position de cette borne devra permettre le passage des vélos-cargo. Afin de permettre l'accès à la passerelle et à la plateforme de la culée par un véhicule de service, cette borne sera escamotable à libération rapide, sans nécessiter d'alimentation électrique.

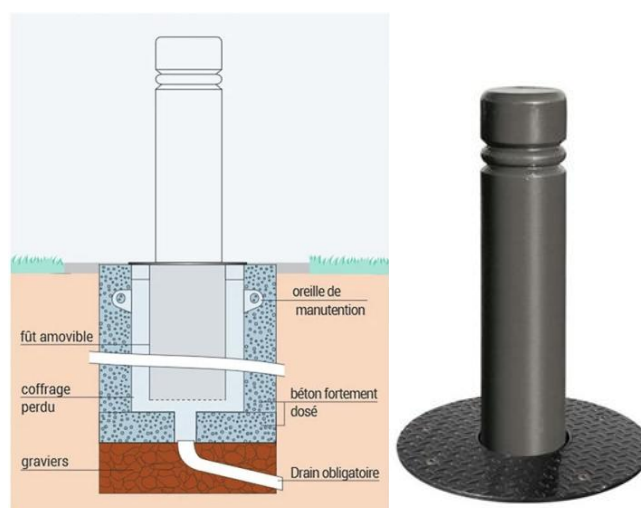


Figure 141: Exemple de borne escamotable non alimentée

9.2 Appui du platelage de la passerelle en rive gauche

9.2.1 Solution de base

Notre projet prévoit la démolition de la poutre de couronnement du rideau de palplanches en correspondance de la zone d'appui du platelage métallique de rive gauche et la construction d'une nouvelle poutre fixée entête du rideau de palplanches.

L'actuelle poutre de couronnement est déconnectée des palplanches, qui sont toutes tirantées au niveau du pied, et ne sert qu'à la protection de la tête du rideau et pose des grillage, sans fonction de rigidification du rideau.



Figure 142 : Vue d'ensemble du rideau de palplanches + porte accès local technique



Figure 143 : Détail de l'appui de la poutre de couronnement, vue en dessous (les palplanches ne sont pas liaisonnées à la poutre)

La géométrie de cette nouvelle poutre créée permet de placer les appareils d'appui du platelage.

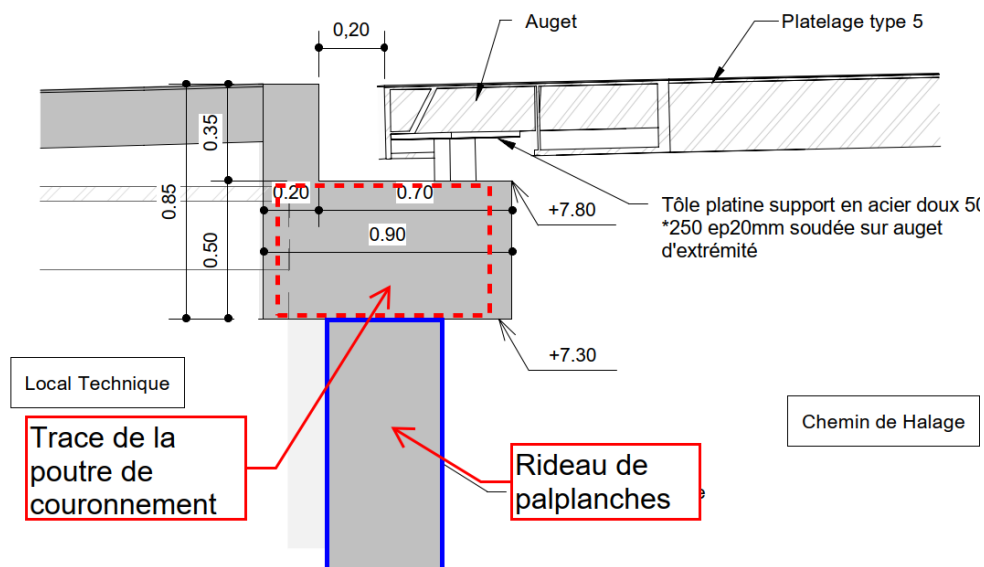


Figure 144: Rive gauche, appui du platelage et de la dalle de pontage sur une poutre-appui en remplacement de la poutre de couronnement

Afin de limiter l'impact sur les structures existantes, une dalle de pontage du local technique situé sous la plateforme de la culée, sera réalisée sur l'emprise de la piste, dans la continuité du platelage.

Les images suivantes montrent en vue en plan les structures existantes puis projetées.

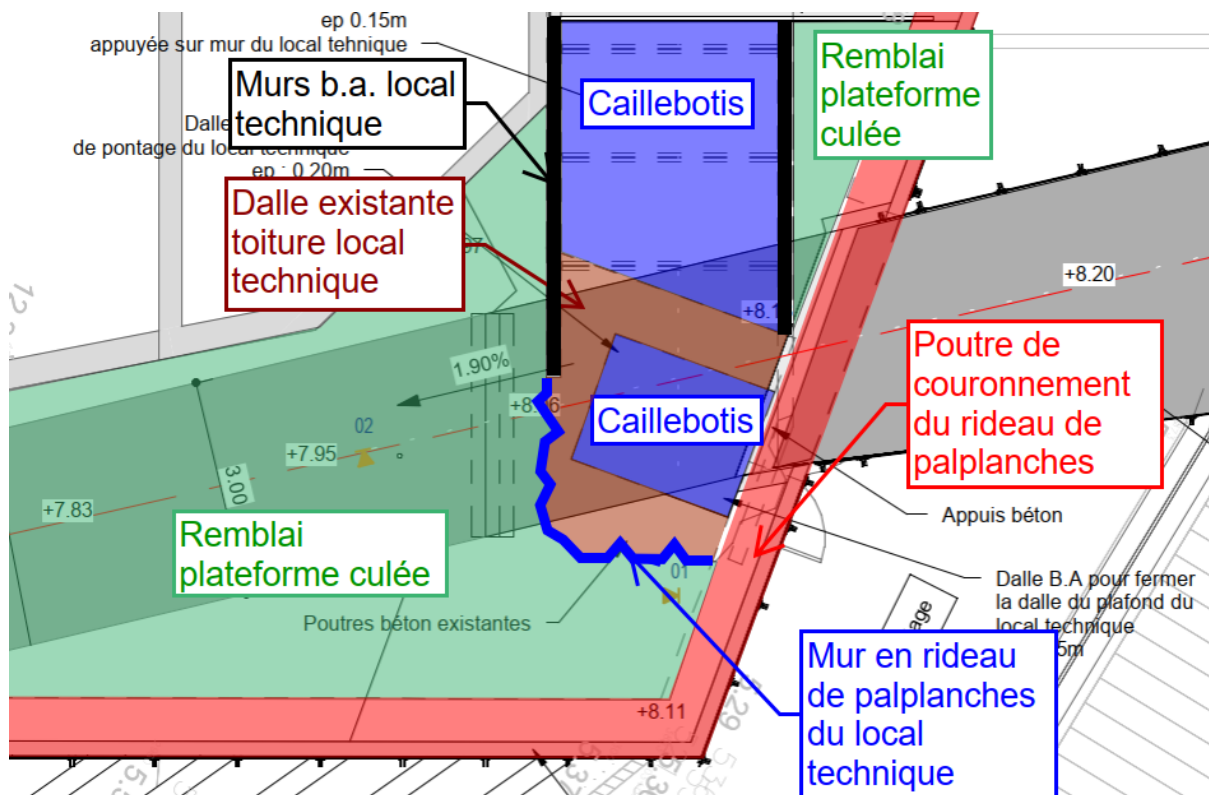


Figure 145: Rive gauche - état actuel structures existantes

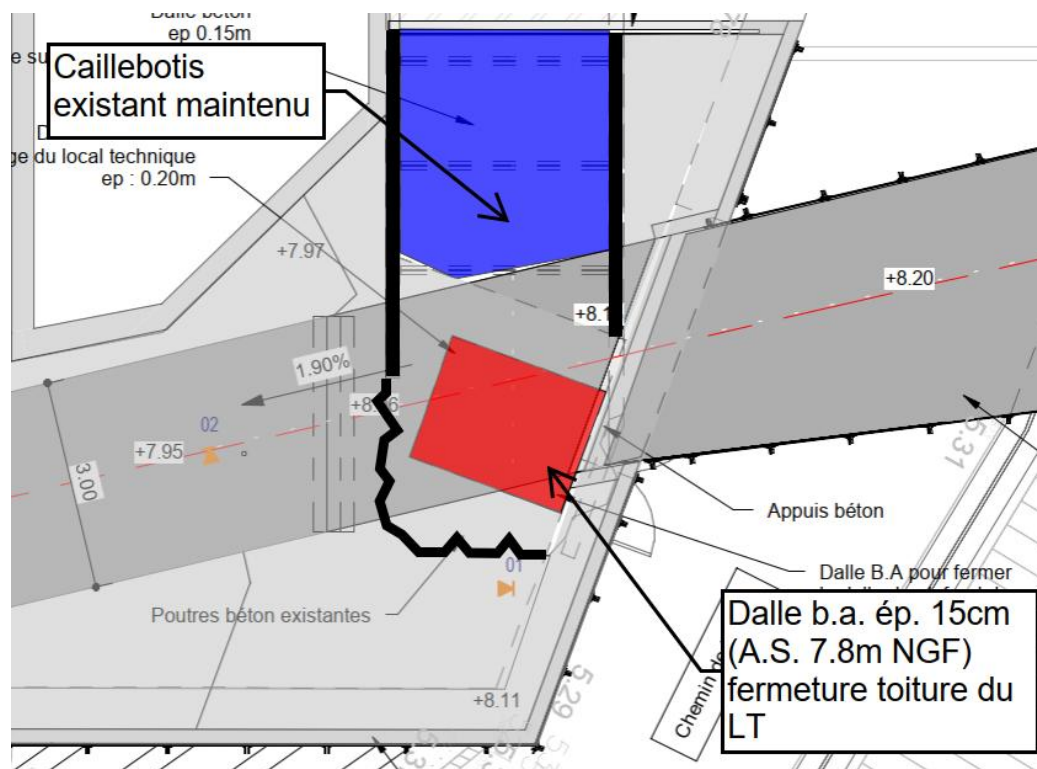


Figure 146 : rive gauche - dalle b.a. ép. 15cm de fermeture de la trappe existante LT / maintien du caillebotis

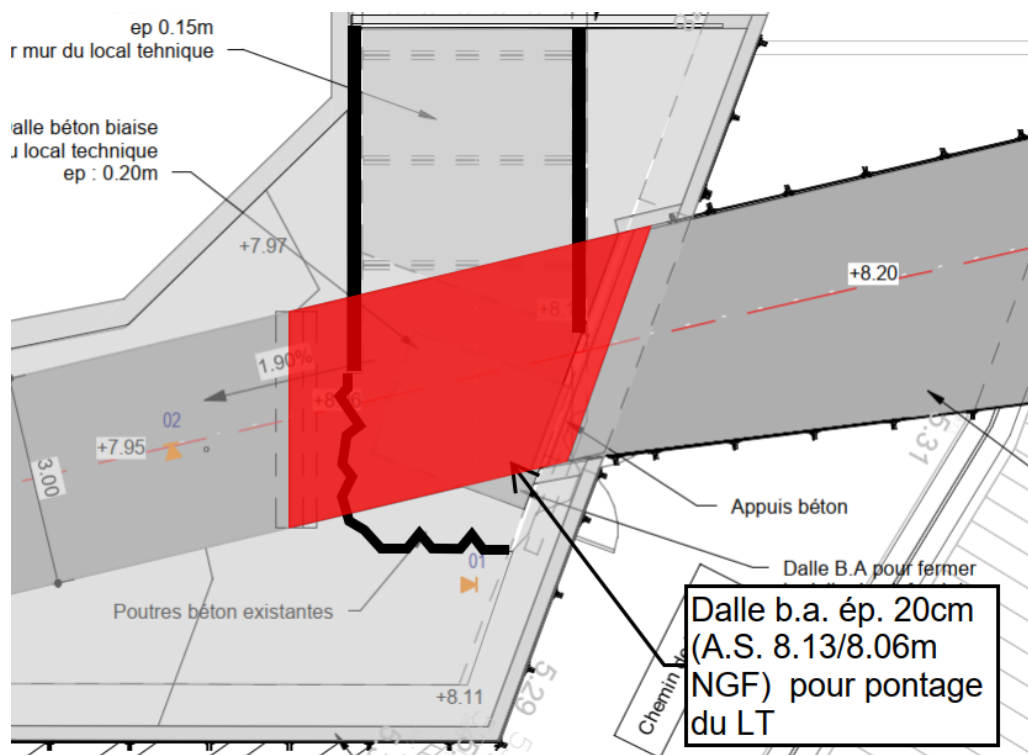


Figure 147 : rive gauche - dalle b.a. ép. 20cm de pontage du LT

La note d'étude complémentaire (58038_ALS_PRO_GEN_GEN_NDC_00209) détaille le dimensionnement des structures de pontage et couverture du local technique et fournit la descente de charge au niveau du rideau de palplanches. Celle-ci a été traitée par le mémoire géotechnique de G2 PRO afin d'évaluer la longueur de fiche des palplanches nécessaire à la reprise des efforts induits par cette configuration. Les résultats montrent qu'afin de justifier la reprise de ces efforts, les palplanches devraient être ancrées de 3.95m en prenant en compte le frottement dans les argiles.

Un essai d'impédance a été réalisé par la société RINCENT le 24 juillet 2025 afin de caractériser la longueur totale des palplanches à proximité de la zone d'intervention.



Figure 148: Localisation et numérotation des 2 palplanches testées

Les longueurs calculées à partir des résultats des essais sont présentées dans les tableaux suivants et obtenues de la façon suivante :

- 1) Recherche des longueurs sur les 6 courbes moyennes 2 par 2 des douze acquisitions les plus représentatives,
- 2) Moyenne pour les 6 courbes.

Courbe n°	P1		P2	
	Longueurs calculées (m)			
	5000 m/s	5500 m/s	5000 m/s	5500 m/s
12	5,3	5,8	6,0	6,6
34	5,0	5,5	5,6	6,2
56	5,5	6,0	6,0	6,6
78	5,8	6,4	5,6	6,1
910	5,2	5,7	6,0	6,6
1112	5,2	5,8	5,7	6,3
Moyenne	5,3	5,9	5,8	6,4
Ecart-type	5,3%	5,2%	3,5%	3,6%

Compte tenu des longueurs standard des modules de palplanches, nous concluons que la longueur des palplanches est 6m y compris la partie visible.

Cette conclusion valide les résultats de l'étude G2 PRO et la justification de la reprise de la DDC de la passerelle appuyée sur le rideau de palplanches.

La solution est complétée par la réalisation d'une dalle de couverture de 15cm au-dessus du local technique, en lieu et place du caillebotis existant, en dehors de l'emprise de la piste. Cette dalle de couverture, qui sera appuyée sur les murs en b.a. du local, permettra la mise en œuvre d'un revêtement en grave stabilisé dans l'espace adjacent la piste, entre celle-ci et le rideau de palplanches, au droit de la plateforme de la culée.

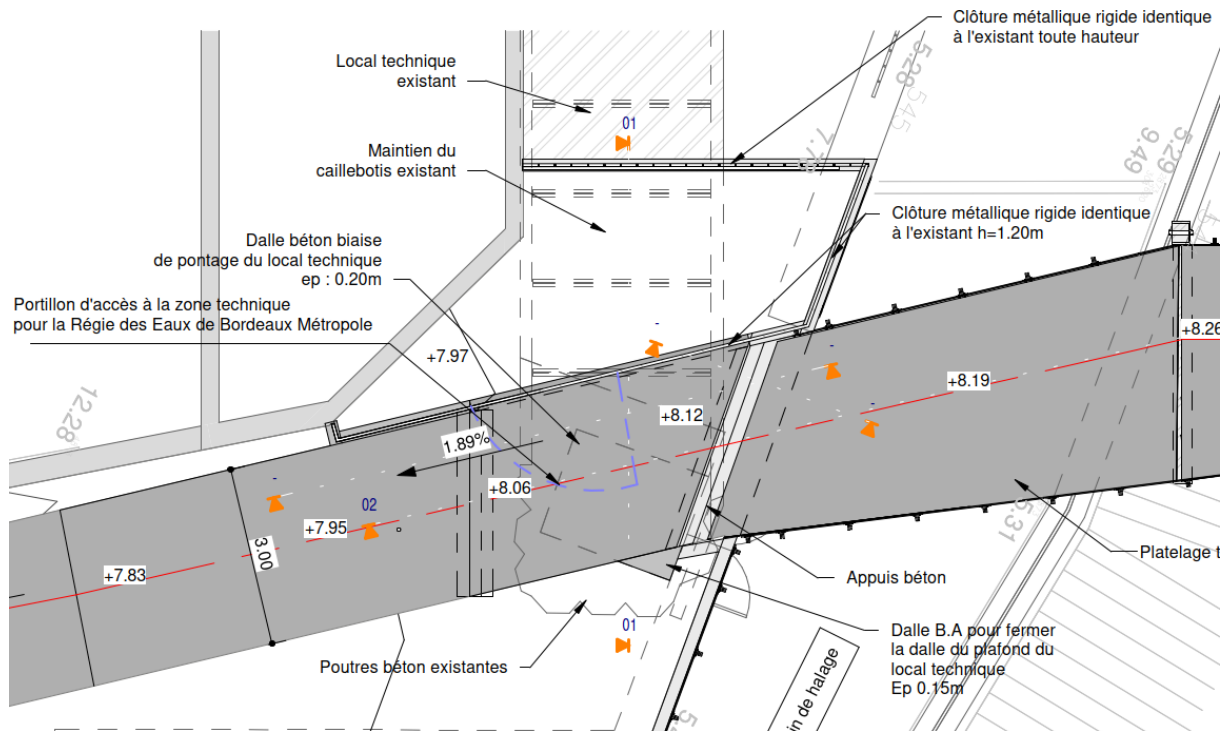


Figure 149 : atterrissage en rive gauche solution de base

Cette solution de base, consistant à faire reposer le platelage sur le rideau existant de palplanches permet de nous affranchir de la problématique d'excavation/forage de micropieux à proximité du réseau HTB qui se situe au milieu du chemin de halage ce qui constitue un enjeu fort de sécurité. De plus limite des nombreuses opérations de construction qui seraient nécessaires dans le cas où l'appui sur le rideau de palplanches n'était pas envisageable (cf. solution variante ci-après).

9.2.2 Solution variante

Une variante possible consiste à réaliser un appui du platelage d'extrémité rive gauche par un portique réalisé devant le rideau de palplanches.



Figure 150 : Solution variante - vue d'ensemble

La solution comporte le rehaussement de 75cm du profil longitudinal de la passerelle entre la mi-travée P1-P2 et la piste en rive gauche.

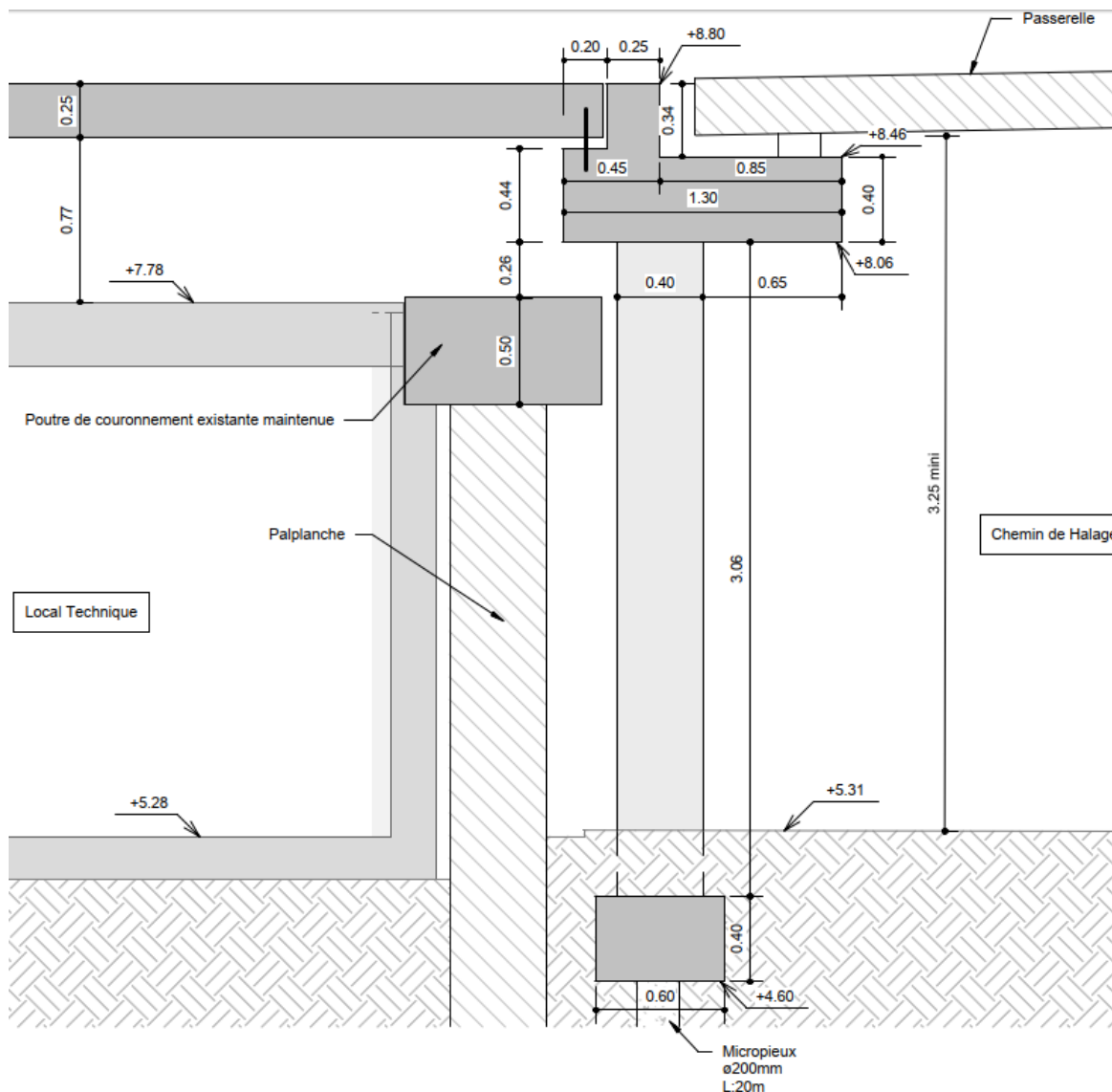


Figure 151: Solution variante - coupe longitudinale

Cette solution présente l'avantage d'éviter l'appui du platelage et de la dalle de pontage sur le rideau de palplanches.

Elle comporte néanmoins de nombreux désavantages :

- Un mur d'environ 1.00m doit être rédigé au-dessus de la poutre de couronnement sur l'intégralité de son linéaire afin de retenir le remblai nécessaire à atteindre le niveau de la piste. Ce mur devra être autostable, car la poutre de couronnement n'est à priori pas de nature à reprendre le moment d'encastrement d'un tel mur.

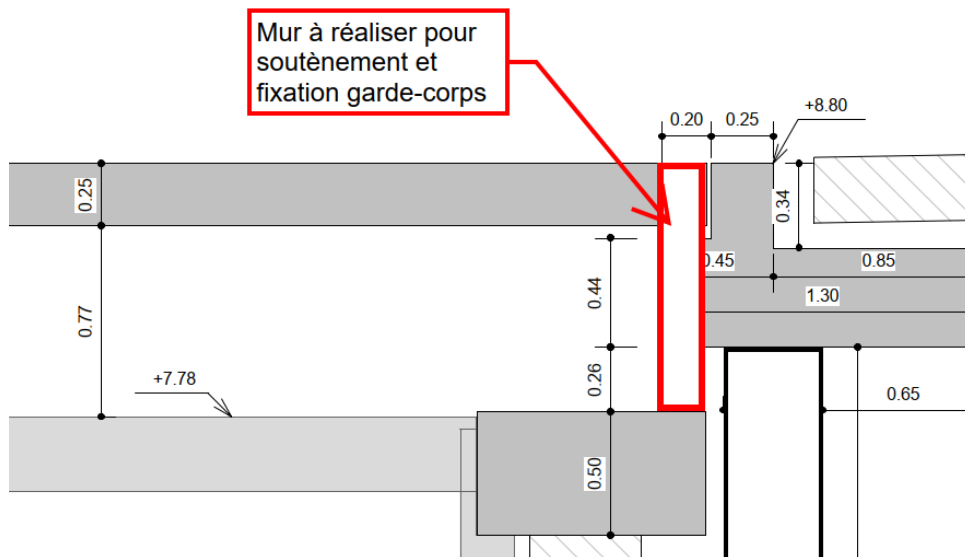


Figure 152 : Mur soutènement au-dessus de la poutre de couronnement (solution variante)

- La fondation du portique devra être réalisée à proximité du réseau HTB situé au milieu du chemin de halage, ceci constitue un risque d'insécurité important pour le personnel et matériel intervenant.

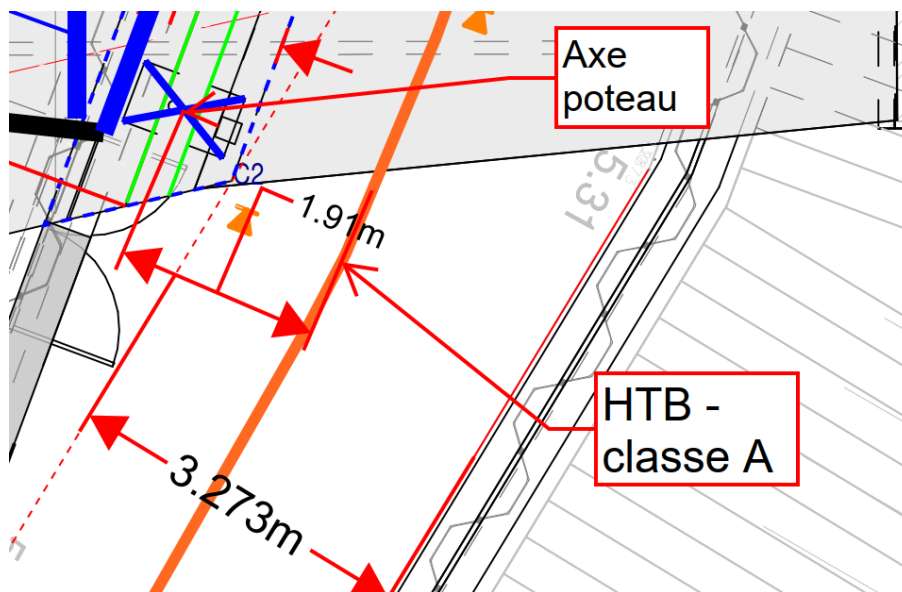


Figure 153 : Position HTB chemin de halage

Il nous paraît que cette solution ne répond pas de manière satisfaisante à la volonté de limiter l'impact sur les ouvrages existants et méconnus. Elle comporte un risque non négligeable de travaux à proximité du réseaux HTB et comporte une intervention lourde pour l'aménagement de la piste à une cote de 1m au-dessus de la plateforme existante de la culée. De ce fait nous la considérons moins qualitative et pertinente que la solution de base.

9.3 Accès aux locaux techniques sous plateforme en rive gauche

Une réflexion a été menée au sujet de l'accès aux locaux techniques situés sous la plateforme de la culée C0 (ouest) du viaduc, ces locaux ayant été seulement identifiés lors de la visite de site du 25/11/2024 par l'équipe Eiffage/setec ALS/MOG architectes en présence du MOA.

Le projet prévoit le rétablissement de l'accès depuis la berge avec les portes situées dans le rideau de palplanches, actuellement condamnées, le maintien de l'accès par le caillebotis en toiture du local et la fermeture de la trappe de visite existantes au droit de la piste cyclable.

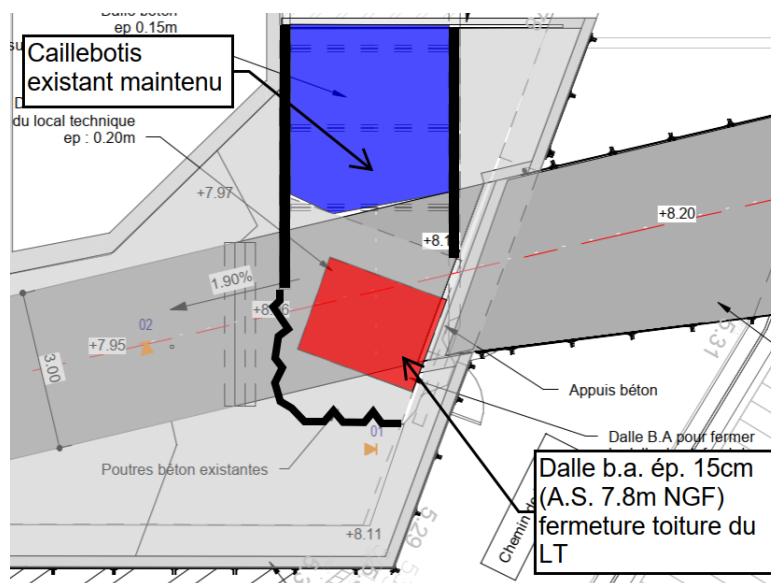


Figure 154: Accès au LT en toiture : trappe condamnée et accès par caillebotis maintenu

9.4 Accès sous la passerelle par le chemin de halage

Comme le montre le cahier de plan, le gabarit laissé libre au niveau du chemin de halage est d'environ 2.60m.

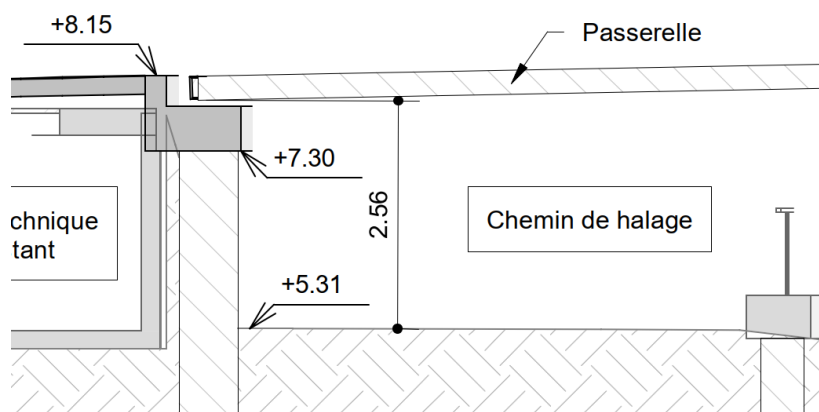


Figure 155 : hauteur libre sous platelage sur chemin de halage RG

La largeur utile de passage est en tout point supérieure à 3.25m, pour la solution de base et la solution variante avec portique devant le rideau de palplanches.

9.5 Intervention pour hydrocurage des cheneaux

La DIRA a indiqué devoir emprunter le chemin de halage pour réaliser l'hydrocurage des deux tabliers. Le camion, d'un gabarit de 3.50 ne peut plus passer sous l'ouvrage dès la mise en place de la passerelle. Ainsi, deux solutions sont possibles :

- **Positionnement du camion d'aspiration sur le tablier** – Sous coupure, cette solution permet de mettre le camion à une position optimale et de bénéficier de la puissance maximale d'aspiration.
- **Positionnement en Aval et en Amont des tabliers, sans possibilité de passer en dessous.** Si le tablier Amont est facilement accessible par le chemin de halage, le tablier aval nécessite **l'adaptation du dispositif de retenu** de la bretelle pour **accéder à un cheminement à créer**. Il implique donc un impact sur la circulation.

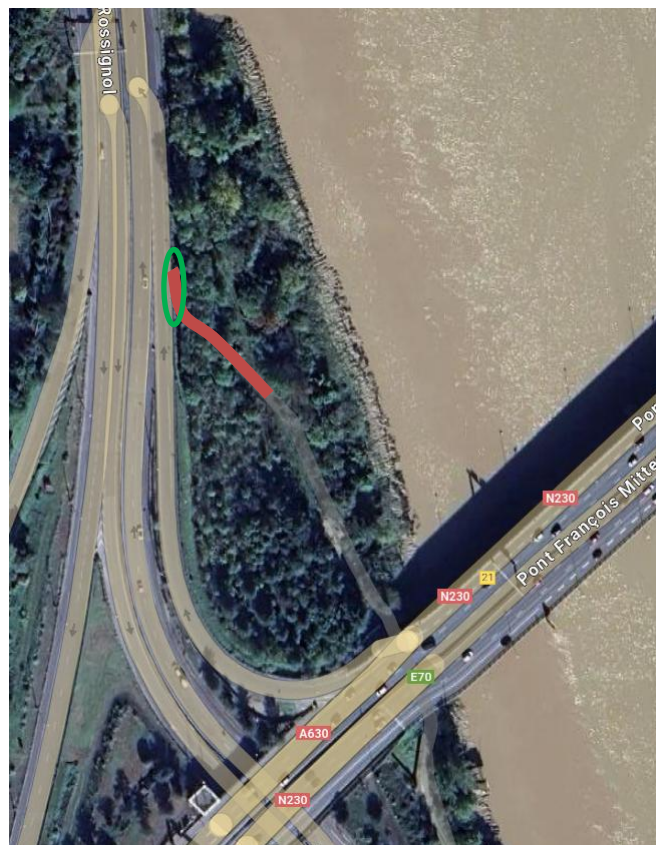


Figure 156 : Accès DIRA (position)

Des échanges sont en cours avec la DIRA pour définir la solution à adopter. La création de cet accès depuis la bretelle n'est pas une donnée du programme initial.

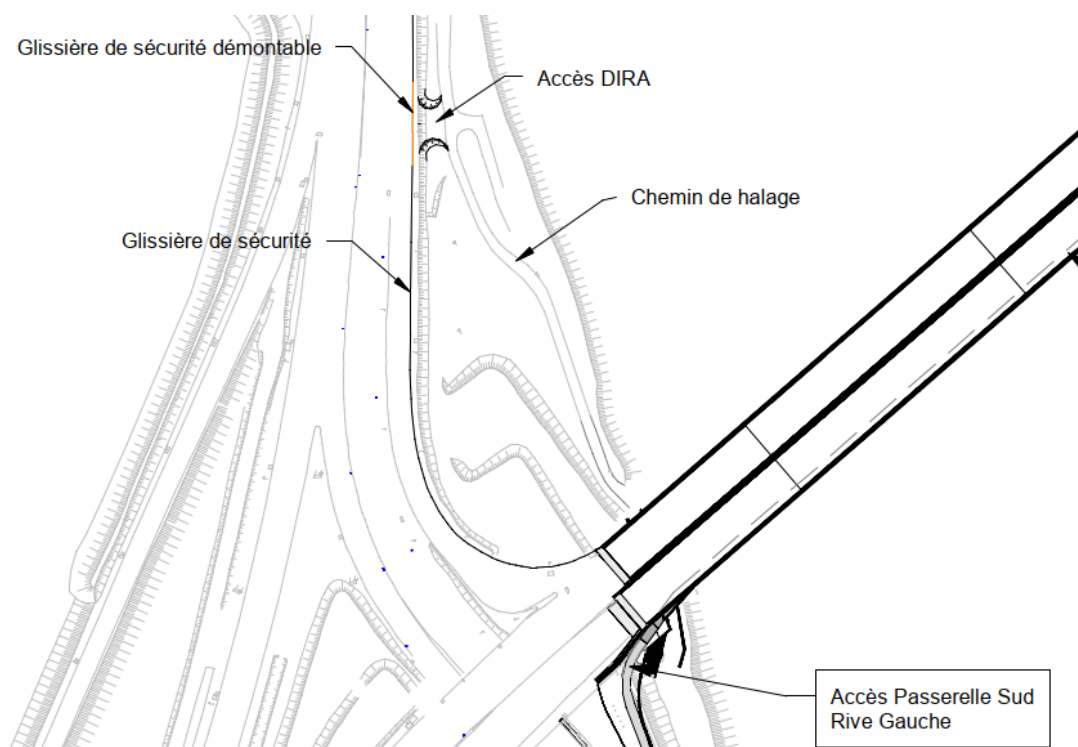


Figure 157: Accès DIRA

9.6 Dimensionnement de la piste cyclable de raccordement à l'ouvrage

Concernant le dimensionnement de la structure des pistes cyclables de la passerelle en rive gauche, dans le talus reprofilé, nous avons intégré la présence d'une balayeuse lourde (voir chapitre 9.7). En première approche, deux types de structures sont préconisées pour les espaces piétons, vélos et VL occasionnels comme le montre l'extrait ci-dessous.

B | Structures types à revêtements bitumineux ou asphaltiques

B.2 | Espaces partagés sans VL ni PL, espaces piétonniers, espaces piétonniers avec VL ou PL occasionnels (< 5 PL/j), espaces deux roues, espaces deux roues avec VL ou PL occasionnels (< 5 PL/j), espaces séparateurs

Type de trafic	Piétons		Piétons et / ou vélos		Piétons et / ou vélos et VL occasionnels		Piétons et / ou vélos et PL occasionnels	
Revêtement	Superficiel (à définir au cas par cas)	Stabilisé (à définir au cas par cas soumis à validation particulière)	Asphalte « trottoir » AT 0/6 ép : 2 cm	BBTM 0/6 ép : 4 cm	Asphalte « trottoir » AT 0/6 ép : 2 cm	BBTM 0/6 ép : 4 cm	Asphalte « chaussée » AC1 0/10 ép : 3 cm	BBSG 0/10 ép : 6 cm
Fondation	Calcaire 0/20 ou GNTA 0/20 ép : 20 cm	Calcaire 0/20 ou GNTA 0/20 ép : 20 cm	Béton BPS C 25/30 - 0/20 ép : 10 cm	Béton BPS C 25/30 - 0/20 ép : 10 cm Grave ciment 0/20 4%, ép : 15 cm Calcaire 0/20 ou GNTA 0/20 ép : 20 cm	Béton BPS C 30/37 - 0/20 ép : 15 cm	Béton BPS C 30/37 - 0/20 ép : 15 cm Grave ciment 0/20 4%, ép : 20 cm Calcaire 0/20 ou GNTA 0/20 ép : 25 cm	Béton BPS C 35/45 - 0/20 ép : 15 cm	Béton BPS C 35/45 - 0/20 ép : 15 cm Grave ciment 0/20 4%, ép : 20 cm GNTB 0/20 ép : 20 cm
Couche de forme	A définir au cas par cas si nécessaire	A définir au cas par cas si nécessaire	A définir au cas par cas si nécessaire	A définir au cas par cas si nécessaire	A définir au cas par cas si nécessaire	A définir au cas par cas si nécessaire	A définir au cas par cas si nécessaire	A définir au cas par cas si nécessaire
Niveaux de plateforme minimums	PF2		PF2		PF2		PF2	

Guide de conception des espaces communautaires | Annexe 3 | Janvier 2009

Figure 158 : Extrait du guide de conception des espaces communautaires

A date, nous préconisons la solution revêtement en BBTM 0/6 de 4 cm d'épaisseur et une fondation en GNTA 0/20.

9.7 Nettoyage à la balayeuse

Lors de la réunion avec BM du 12/11/2024 pour présenter le projet, il a été porté à la connaissance du groupement qu'un engin de balayage des voies vertes est prévu circuler sur les pistes cyclables du projet. En rive gauche, cet engin ne pouvant pas accéder à la passerelle, il est nécessaire de s'assurer de la possibilité de sa giration au niveau de la zone aménagée dans le talus en haut des gradins. Les dimensions techniques de la balayeuse ont été communiquées par le Service territorial n°3 de BM. La giration de l'engin a été vérifiée dans l'emprise disponible comme indiqué sur l'extrait du plan ci-dessous.

DIMENSIONS

LYNX en bref

- Longueur**
 - 3 945 mm hors tout
- Largeur**
 - 1 292 mm hors tout
- Hauteur**
(position standard de la suspension)
 - 1 995 mm sans gyrophare
 - 2 150 mm avec gyrophare
- Garde au sol**
(position standard de la suspension)
 - 195 mm
- Empattement**
 - 1 790 mm



Figure 159 : Extrait de la fiche technique Balayeuse aspiratrice

Compacte de voirie LYNX

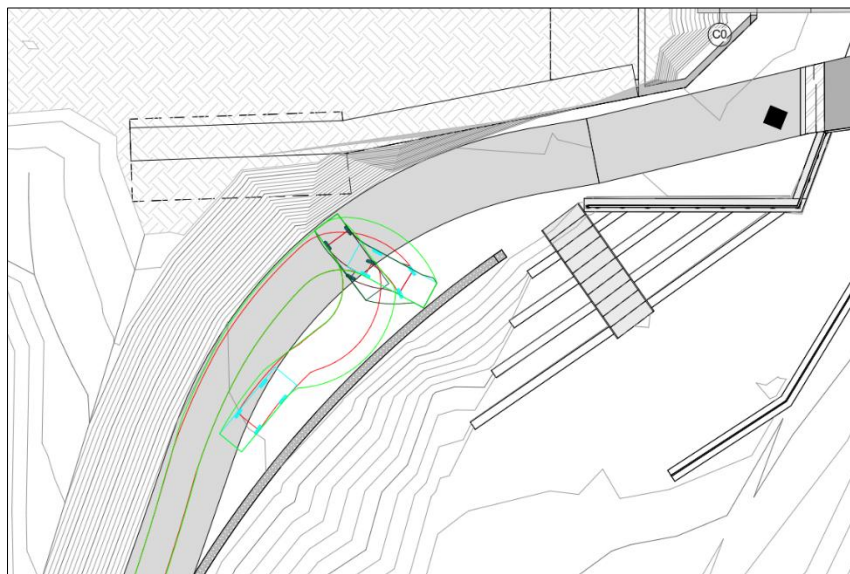


Figure 160 : Vérification de la giration de la Balayeuse aspiratrice en rive gauche

Pour mémoire, la balayeuse a un poids annoncé de 5.5t qui est largement au-delà du véhicule de service de 3.5t pour lequel le platelage est dimensionné. **Le passage de la balayeuse sur la passerelle est donc interdit, pour autant aucun dispositif physique ne sera présent pour l'empêcher. Le personnel devra être formé et BM devra prendre les mesures nécessaires pour éviter tout incident.**

9.8 Interface avec le Projet Réseau Vélo Express ReVE2 – Bordeaux Métropole

Le réaménagement en rive gauche du projet prévoit la suppression de la piste cyclable existante et le talutage avec profilage d'une nouvelle piste d'accès qui se raccordera sur l'itinéraire 14 du projet de la ReVE 2 porté par Bordeaux Métropole.

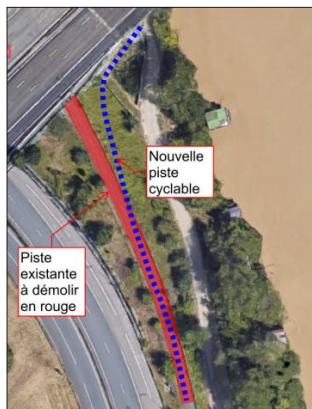


Figure 45 : Vue du satellite du raccordement en rive gauche

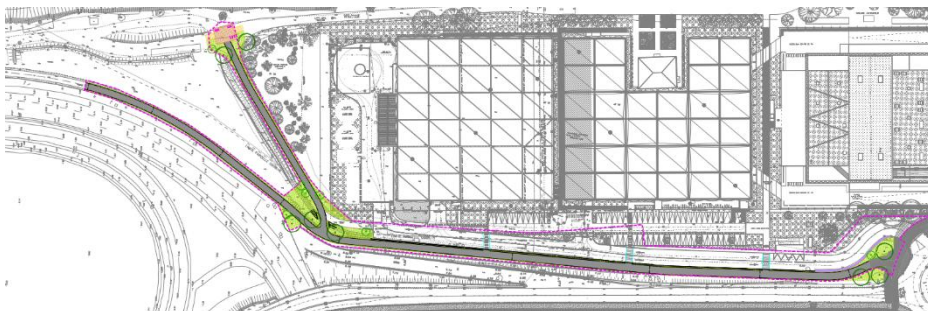
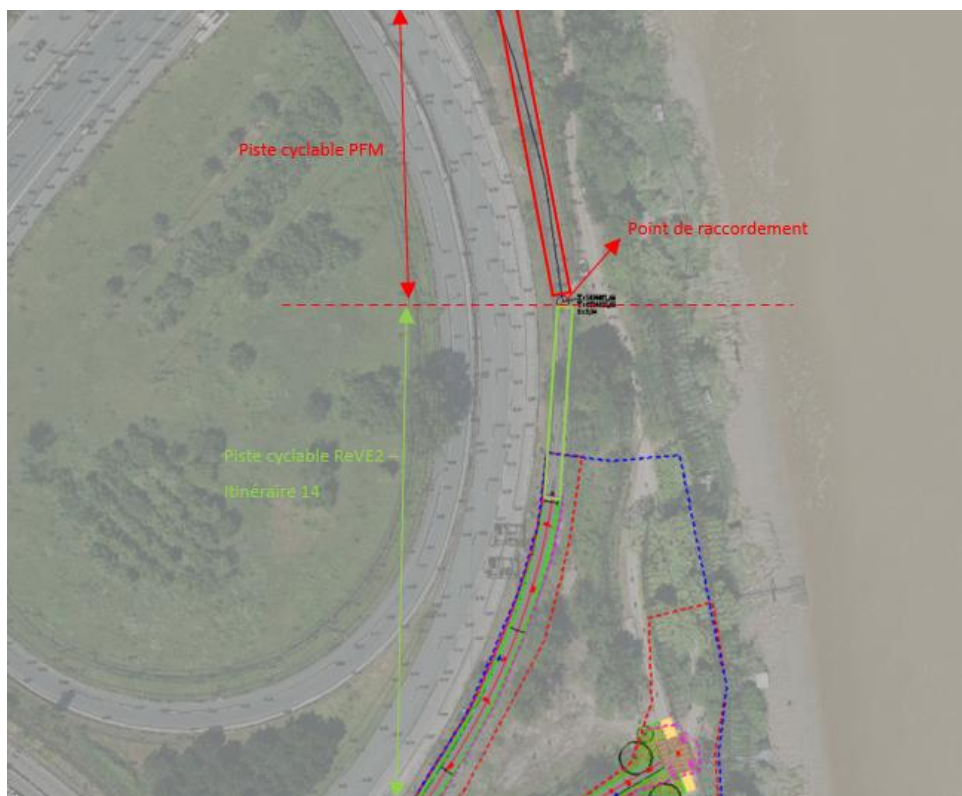


Figure 161 : Extrait du Plan de masse _ Dossier EP (MOE- setec Inter)

Suite aux échanges avec BM, des sujets d'interfaces ont été identifiées, notamment :

- Périmètre / Raccordement des deux projets : le point de raccordement est traité conjointement entre les deux projets conformément à la figure ci-dessous ;
- Eclairage : l'éclairage est prévu uniquement sur la passerelle ;
- Dispositif anti-intrusion : Prévu amovible pour laisser le passage de véhicules d'urgence et d'entretien. Sera déployé par Bordeaux Métropole ;
- Revêtement : enrobé noir sur l'ensemble des pistes cyclables conformément à la demande de BM. Le choix du revêtement des pistes de la passerelle (hors tablier) s'aligne sur cette demande ;
- Planning travaux et zone de chantier : compte tenu de la temporalité des travaux de la passerelle PFM et du projet du ReVE (stade EP, ACT S2 2025 travaux possibles T1 2026), il y'aura une interface de coactivité travaux des deux chantiers à anticiper au plus tôt.



10 Raccordement en rive droite

Par cette solution, le raccordement avec la piste cyclable existante en rive droite est le plus direct possible, sans prolongement de la passerelle au-delà du pont François Mitterrand, en évitant notamment un ouvrage neuf franchissant la Route du Bord de l'Eau.

Le dernier platelage de la passerelle trouvera appui sur un massif en béton muni d'un joint de trottoir fondé sur la berge. Pour assurer la continuité vers la piste cyclable existante, une rampe sur talus sera aménagée.

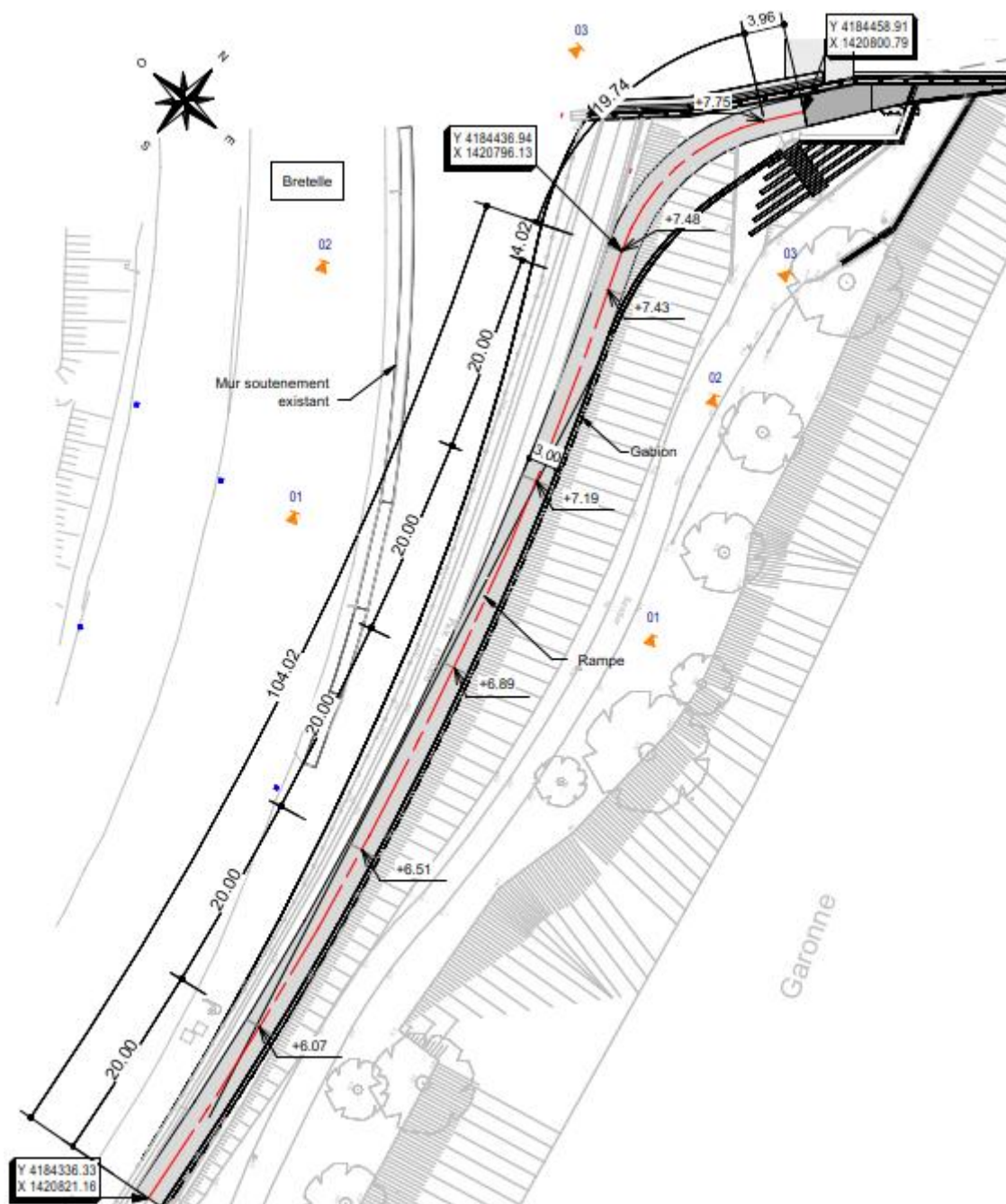
10.1 Le muret de digue du chemin du bord de l'eau

La conception prévue à l'offre de la culée Rive Droite en interface avec le muret de digue a du être modifiée pour satisfaire aux exigences de la GEMAPI non exprimées dans le programme, le tout dans un contexte planning serré pour être présenté dans le cadre du Porté à Connaissance déposé en début 2025. Celui-ci a été validé avec commentaires de la part du service de la GEMAPI.

Ces commentaires ont été intégrés dans le mémoire PRO à travers la mise à jour du document 58038_ALS_AVP_GEN_GEN_NOT_00101_B - Note spécifique Digue RD. Le lecteur est invité à se diriger vers ce document autoporteur.

10.2 La piste cyclable à reprofiler

Cette piste cyclable sera reprofilée afin de s'adapter au niveau altimétrique à la sortie de la passerelle.



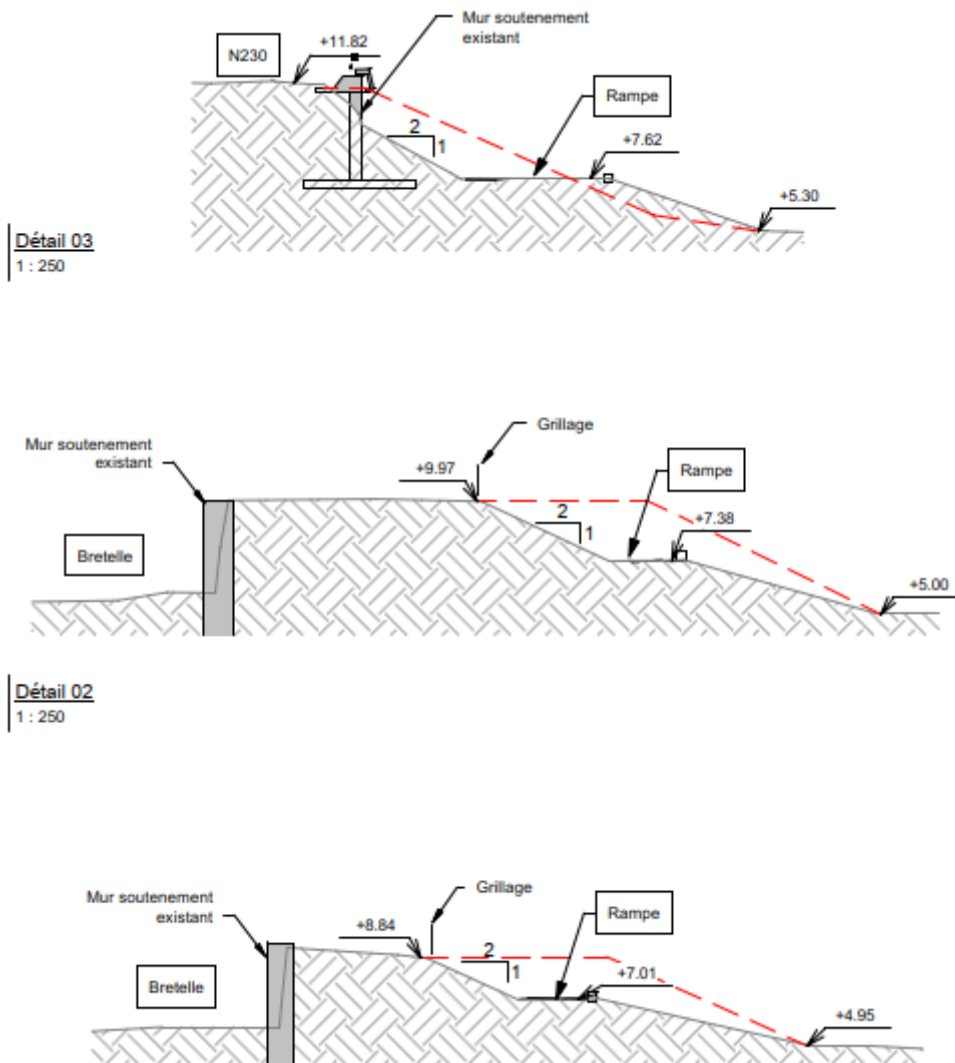


Figure 162 : Reprofilage piste rive gauche

Un simple talutage est prévu afin de surélever la piste cyclable par rapport au niveau actuel, dans la continuité de l'aménagement déjà réalisé sur la Route du Bord de l'Eau en 2018-2019 :

Récapitulatif des travaux et aménagements prévus en rive droite qui s'inscrivent dans la continuité des aménagements de la piste existante au nord réalisés il y a quelques années :

- réalisation d'un massif d'appui de la passerelle et du joint de trottoir, comme précisé ci-avant ;
- La réalisation du remblai portant la fonction de digue ;
- La déconstruction de la piste cyclable existante sur 50 m ;
- A date aucune intervention n'est prévue sur le portail d'accès à la rocade et sur la corniche à ce niveau ;
- La création d'une nouvelle piste cyclable réalisée sur remblai jusqu'au massif d'appui de la passerelle ; celle-ci n'impacte par l'ouverture des trappes et portes d'accès à la culée ;
- La réhausse des trappes des concessionnaires et la mise en place de la signalisation adaptée ;

- Une file de gabions sera mise en place le long de la piste cyclable afin de sécuriser le bord du talus ;
- Au droit des raccordements de la piste cyclable en projet avec l'existante, il sera installé une borne escamotable ;
- Un passage bateau est mis en œuvre pour faciliter l'accès par le SDIS à la passerelle.

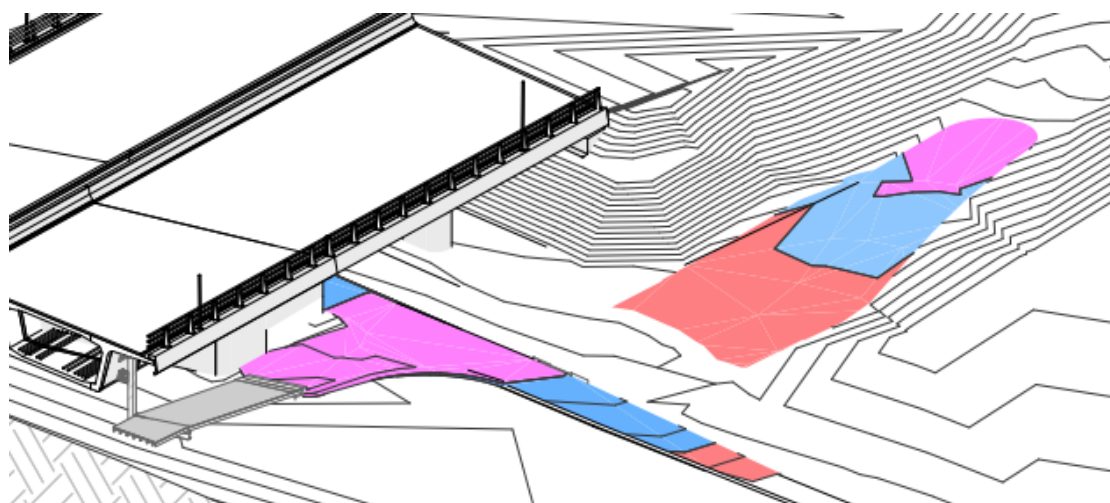
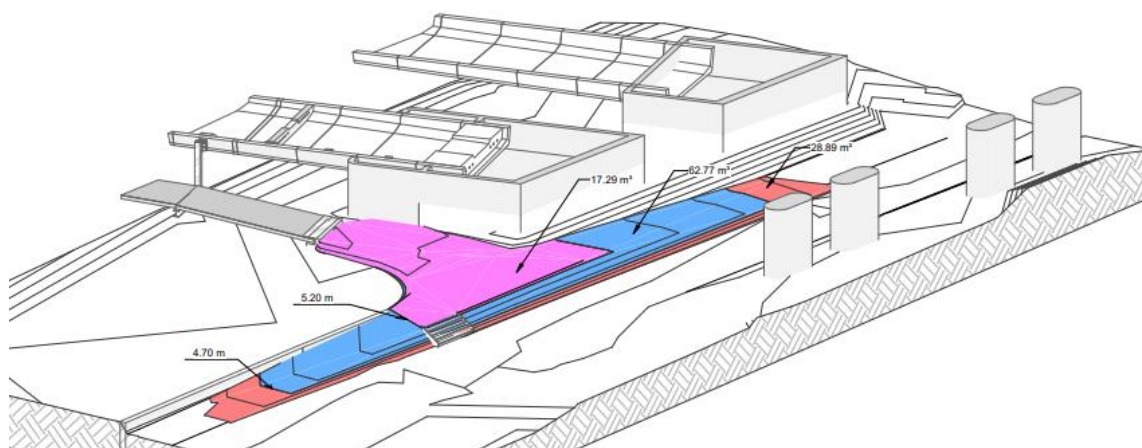
Le dimensionnement de la chaussée de la piste sera équivalent à celui en rive Gauche. Se reporter au chapitre 9.6.

10.3 Renaturation en rive droite

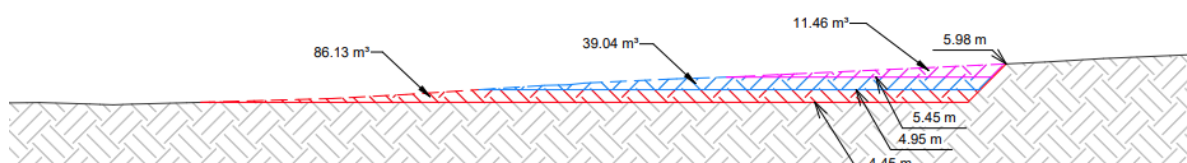
La piste cyclable existante, située à l'Est de la route du Bord de l'eau, n'a plus aucune fonctionnalité. Comme identifié, nous prévoyons d'en effacer les stigmates :

- De démolir la piste cyclable ;
- De terrasser pour compenser les m3 de remblais réaliser sous le niveau de crue ;
- De renaturer cet espace à fort enjeux avec la présence d'un petit cours d'eau.

Les schémas suivants montrent les volumes de remblais en question et les propositions de déblais associés. Plus de détails sont présentés dans le cahier graphique. L'exercice montre que le volume de remblai est facilement compensé. Un plan de terrassement est précisé intégrant le décapage de la piste cyclable existante sur son linéaire complet.



Coupe A
Echelle : 1 : 200



La faisabilité de la compensation est donc confirmée.

11 Les accès du SDIS

Vis-à-vis des secours, les modalités suivantes sont intégrées au projet :

- En rive gauche, l'accès se fait par la piste cyclable. La borne escamotable est implantée par Bordeaux Métropole
- Sur l'ouvrage, le gabarit de 3.00m de haut par 3.00m de large permet au véhicule de circuler. On notera que la corniche joute le gabarit latéralement sur toute la longueur de l'ouvrage
- Le caillebotis des belvédères est conçu pour résister à l'essieu de l'ambulance, même si le belvédère n'est pas accessible par l'ambulance en condition normale.
- Une fois engagé, le véhicule de secours ne peut pas faire demi-tour sur l'ouvrage.
- Une fois sorti en rive droite, Les rayons de raccordement de l'ouvrage avec la piste sont compatibles avec la giration des véhicules du SDIS. Avec un simple aménagement de bordure – passage bateau, le véhicule pourra réaliser un demi-tour de niveau avec la chaussée. La passerelle est donc directement accessible par la rive droite.
- L'itinéraire est compatible dans les deux sens de parcours.

12 Actions prises en compte pour le dimensionnement de la passerelle

La note d'hypothèses générales fournit une description détaillée de l'ensemble des charges et combinaisons retenues pour l'étude de la passerelle et du pont François Mitterrand (cf.[22]).

Nous rappelons ici uniquement les charges retenues pour la conception de la passerelle et le renforcement de l'ouvrage existant.

12.1 Actions sur l'ouvrage existant

12.1.1 Charges permanentes

Le poids volumique du béton est retenu égal à $\gamma = 24.525 \text{ kN/m}^3$.

Le récapitulatif des poids de superstructures du pont est présenté ci-dessous et repris de la note de conception :

Récapitulatif des poids de superstructures			$Q_{1\text{maxi}}$	$Q_{2\text{mini}}$
(1) poids de la chape + de la chaussée			55,4 kN/m	36,9 kN/m
(2) corniche (i) charge uniforme le long de l'ouvrage			7,82 kN/m	7,82 kN/m
(ii) supplémentaire				
a) plot candelabre		5,5 kN/m sur 0,65m @ 20,4m		
b) plot portique		44 kN/m sur 1,3m au droit des piles		
(3) BN4			0,7 kN/m	0,7 kN/m
(4) BN2			6 kN/m	6 kN/m
(5) Conduite d'eau $\phi 400 + \phi 600$ (623 + 275) = 898 kg/m			8,81 kN/m	0
(6) Bordures $0,11 \times 0,2 \times 2,5 \times 9,81 \times 2$			1,08 kN/m	1,08 kN/m
(7) Carrelages $15 \text{ kg/m}^2 \times 0,6/2 \times 9,81 \times 10^{-3}$			0,044 kN/m	0,044 kN/m
(8) Candelabre 200 kg			1,96 kN @ 20,4 m	
(9) portiques 3,4 t			33,4 kN sur pile	
			79,85 kN/m	52,54 kN/m

Figure 163 : Récapitulatif des poids de superstructures

12.1.2 Charges d'exploitations de l'ouvrage existant

L'ouvrage a été retenu en première classe lors de la conception.

Les charges routières directement appliquées à l'ouvrage existant sont celles du Fascicule 61 – Titre II. En particulier, pour la flexion longitudinale du pont François Mitterrand nous avons introduit dans le modèle de calcul aux éléments finis pour la flexion longitudinale que nous avons réalisé le système de charge A(I) sur une largeur roulable de 14 m de 4 voies, Bc et Mc120.

12.1.3 Autres charges variables sur ouvrage existant

L'action thermique retenue pour le calcul est le gradient thermique avec un écart de température de 12°C.

(5) gradient thermique de 12°C sur le tablier. (TR3)

Figure 164 : Gradient thermique retenu pour le pont existant

12.1.4 Actions sismiques sur l'ouvrage existant

La vérification de l'ouvrage existant n'est pas réalisée sous actions sismiques.

12.2 Actions sur la passerelle

12.2.1 Charges permanentes

12.2.1.1 Poids propre du platelage

La passerelle est constituée de 88 platelages en BFUP et 4 platelages métalliques à chaque extrémité, pour un total de 92 platelages.

Le poids propre du BFUP est égal à 25.5 kN/ m³.

Les éléments de platelages métalliques sont décrits au paragraphe 7.9. Le poids volumique de l'acier est égal à 78.5 kN/m³.

12.2.1.2 Poids propre du revêtement de la passerelle

La solution retenue pour le revêtement est un traitement de surface par SEL d'épaisseur 5 mm et de poids volumique 10 kg/m². Le coefficient de pondération est toujours fixé à χ_{sup} = 1.4.

12.2.1.3 Poids propre de la charpente métallique

Ci-dessous un récapitulatif des types de profilés métalliques retenues ainsi que leur poids linéique pour les 91 consoles :

	poids (kg/ml)
HEM400	256
HEM360	250
HEM300	237
HEB360	142
HEB340	134
HEB300	117
PRS	255

Un tableau récapitulatif des types de profilés associés à chaque console est présenté au §7.4.17.4.1.

12.2.1.4 Poids propre des bossages en béton

Nous avons retenu pour les calculs de descente de charges deux bossages pour ancrage haut de console avec les dimensions suivantes : 0.40x0.60x0.30 supérieures à celles finalement retenue (0.40x0.40x0.30).

Le poids volumique des bossages en béton est de 25 kN/m³ et nous considérons l'application d'une pondération de χ_{sup} = 1.1 pour ce cas de charges.

12.2.1.5 Garde-corps

Pour chaque rive de la passerelle nous considérons appliquée une charge de garde-corps de 0.50kN/m avec une pondération suivant la norme NF EN1991-2, égale à χ_{sup} = 1.2.

12.2.1.6 Poids propre des caillebotis

Pour le poids propre des caillebotis, nous considérons une charge surfacique de 1.2 kN/m², avec l'application d'une pondération de $\chi_{sup}=1.1$. Cette charge de belvédère est répartie sur les consoles des voussoirs sur pile et consoles adjacentes comme suit :

- 2/3 des charges sont appliquées à la console sur pile,
- 1/6 des charges sont appliquées aux deux consoles de part et d'autre de la console du voussoir sur pile.

12.2.2 Charges variables

12.2.2.1 Charge de piétons

Il s'agit de la charge uniformément répartie q_{fk} selon NF EN 1991-2, 5.3.2.1(2) :

$$q_{fk} = \min \left(5 ; \max \left(2.5 ; \left(2 + \frac{120}{L + 30} \right) \right) \right) \text{ kN/m}^2 ; L \text{ étant la longueur chargée.}$$

- Cas de chargement sur une travée entière (L=102m) : $q_{fk}=2.91 \text{ kN/m}^2$,
- Cas de chargement sur deux travées entières (L=204m) : $q_{fk}=2.51 \text{ kN/m}^2$,
- Cas de chargement sur une demi-travée (L=51m) : $q_{fk}=3.48 \text{ kN/m}^2$,
- Cas de chargement sur deux platelages adjacents à une console sur pile (L=2*8= 16m) : $q_{fk}=4.6 \text{ kN/m}^2$ arrondi à 5.0 kN/m²,
- Cas de chargement sur deux platelages courants (L=2*6.86= 16m) : $q_{fk}=4.7 \text{ kN/m}^2$ arrondi à 5.0 kN/m²,

12.2.2.2 Véhicule de service

Il présente un poids en charge de 45 kN, une charge sur l'essieu arrière de 35 kN et avant 10kN, une largeur de 1.23m et empattement 2.13m. La charge de ce véhicule est non concomitante avec les charges de piétons.

Cette charge est dimensionnante pour les vérifications locales de platelage et de console, et ne sera pas appliquée à l'ouvrage existant.

12.2.2.3 Actions horizontales sur la passerelle

La norme NF EN1991-2 §5.4 recommande la prise en compte d'une charge horizontale longitudinale sur les passerelles avec pour intensité la valeur maximale entre :

- 10% de la charge uniformément répartie
- 60% du poids du véhicule de service

Cette charge est à appliquer de manière concomitante avec la charge verticale relative.

12.2.2.4 Charges thermiques sur la passerelle

Les charges thermiques sont définies suivant l'Eurocode NF EN 1991-1-5.

D'après la NF-EN1991-1-5/NA (6.1.3.2 (1)), les températures extrêmes de l'air sous abri pour la Gironde sont
 $T_{max} = 40\text{ °C}$ et $T_{min} = -15\text{ °C}$.

12.2.2.5 Charges de vent sur la passerelle

Données générales (application de la norme NF EN 1991-1-4/NA) :

- Région 1 ($v_b = 22\text{ m/s}$),

- Rugosité IIIa,

- Hauteur maximale du platelage (11.5m NGF, bord supérieur du garde-corps) par rapport au terrain environnant (niveau Gironde 5.0m NGF) : $11.5 - 5 = 6.5\text{ m}$,

Vent horizontal : $b/d_{tot} : 3.00/0.25 = 12$; coefficient de force $c_{f,x} = 1.30$, pression horizontale arrondie à 0.60 kN/m^2 .

Vent vertical : coefficient de force $c_{f,z} = 0.9$, pression verticale arrondie à 0.50 kN/m^2 .

12.2.2.6 Actions sismiques

Le dimensionnement de l'ouvrage neuf doit inclure une justification sous action sismique.

Selon le zonage sismique en France, la passerelle se situe dans une zone de sismicité 2 (faible). La classe d'importance de la passerelle est la II.

13 Entretien et maintenance des ouvrages

13.1 Voies d'accès

Les modalités d'accès à l'ouvrage principal, le pont F. Mitterrand sont modifiées par la présence de la passerelle accolée, notamment en rive gauche.

En rive gauche dans la zone d'aménagement paysager, en contre bas du gradin paysager, un espace est prévu pour permettre le stationnement d'un véhicule de service. L'accès à la passerelle se fait à pied, par le gradin dans l'aménagement paysager prévu en projet.

L'accès au sommier de l'ouvrage ne sera plus possible par l'actuelle rampe au sud de la plateforme de la culée : cette zone est intégralement réaménagée par la présence de la passerelle, de plus une clôture sera installée sous le tablier amont pour empêcher tout accès sous le viaduc :

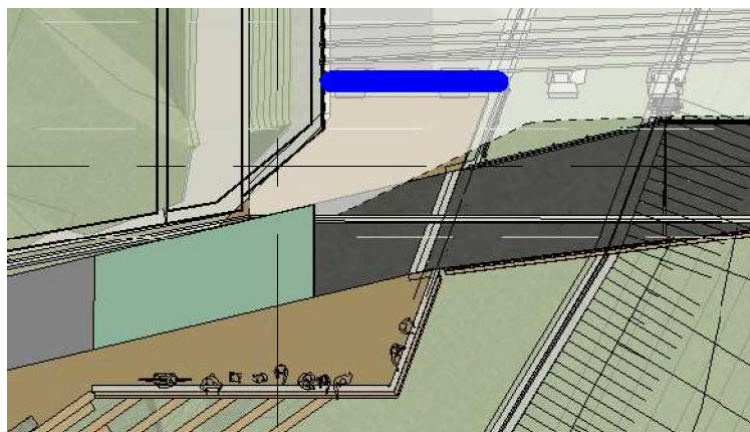


Figure 165 : En bleu position de la clôture rigide sous le tablier amont (extrait cahier de plan de serrurerie)

L'accès à la culée rive gauche sera possible à partir du chemin de halage : à cet effet un escalier en acier galvanisé (de commerce) sera installé sur la face nord du rideau de palplanches, la clôture existante sera modifiée avec installation d'un portillon sécurisé.



Figure 166: face nord du rideau de palplanches rive gauche : position future de l'escalier d'accès à la culée

Il est à noter que l'accès à la rive gauche sera également possible à partir du chemin de halage depuis le nord du viaduc, grâce à l'accès qui sera créé depuis la bretelle de la rocade (cf. Figure 157: Accès DIRA).

En rive droite la présence de la passerelle et l'adaptation de la piste cyclable n'ont pas d'impact sur la Route du Bord de l'Eau. L'accès au sommier de rive droite et à la passerelle se fait à pied.

Au niveau des deux rives, à chaque connexion une borne relevable est installée, afin d'interdire l'accès des véhicules à la passerelle. Celle en rive gauche est mise en œuvre par Bordeaux Métropole.

En rive gauche, les clôtures au droit de la piste cyclable existante seront déposées soigneusement avant terrassement de la zone et reposées par la suite. Pour assurer la sécurité de chantier, nous poserons des clôtures provisoires de chantier de manière à sécuriser les espaces.

Sur la terrasse technique, les clôtures sous le caisson sont retournées jusqu'à la pile.

En rive droite il n'y a pas de modification de l'enclos à l'est de la route du bord de l'eau.



Figure 167: Clôture se retournant sous le caisson du viaduc, contre la culée

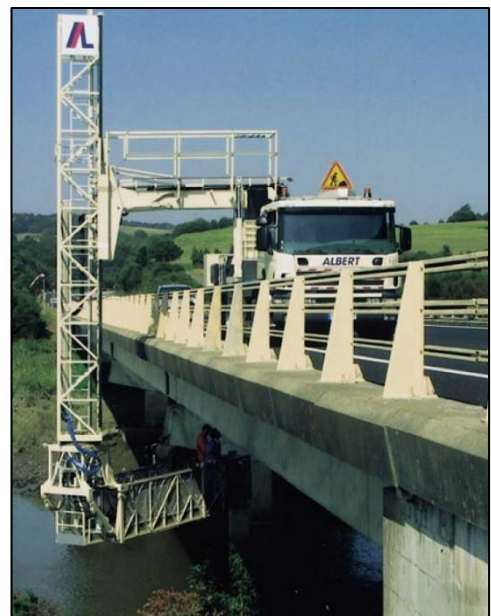
13.2 Visite du tablier du viaduc

13.2.1 Accès en intrados du tablier

Les modalités de visite de l'intrados du tablier aval du pont F. Mitterrand sont inchangées par rapport à celles prévues actuellement avant l'installation de la passerelle.

L'inspection de l'intrados du tablier amont, sur lequel se fixe la passerelle, se fera à partir d'une nacelle à déport négatif dont le véhicule porteur circulera sur la voie lente.

Les caractéristiques géométriques de la nacelle devront permettre le positionnement de l'échafaudage repliable sous la passerelle afin d'attendre l'intrados de l'hourdis inférieur du caisson. La passerelle se situe sous l'encorbellement et ne dépasse que très légèrement la hauteur du caisson au droit de la mi-travée, par conséquent, les dimensions de la nacelle négative seront les mêmes que celle du modèle utilisé actuellement.



Simplement, au droit des belvédère, la passerelle devra être utilisée de biais.

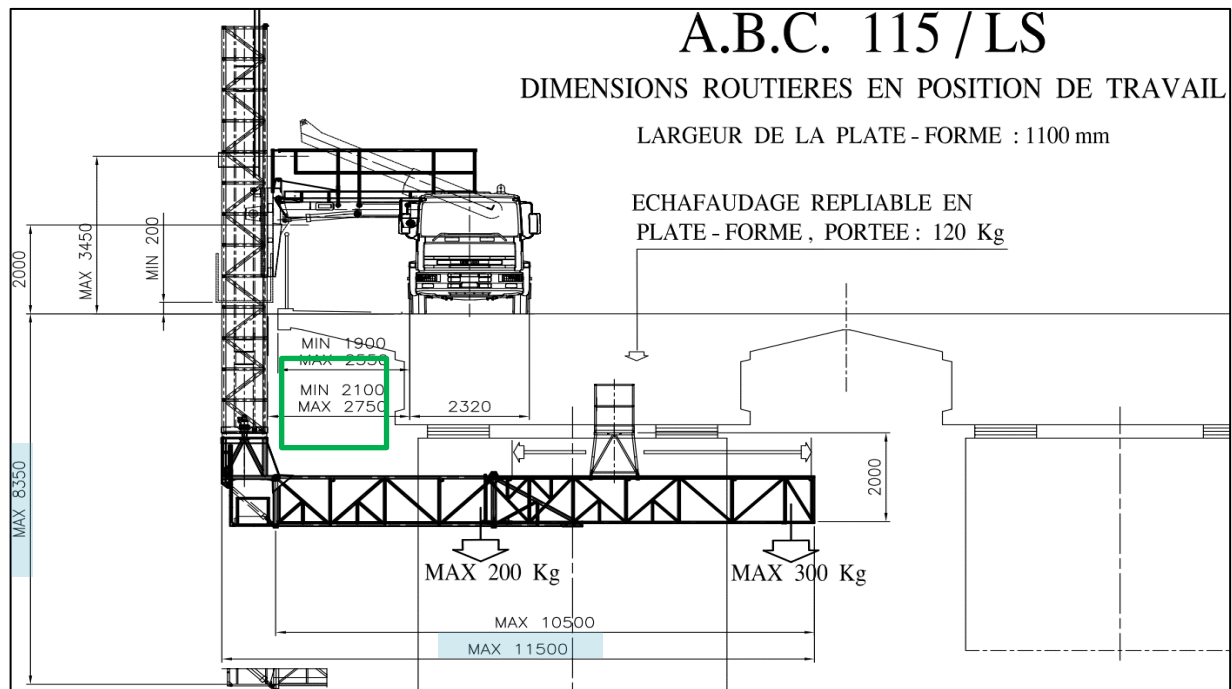


Figure 168: Positionnement de l'ouvrage conforme avec

13.2.2 Accès en extrados du tablier

Les modalités de visite de l'extrados du tablier sont inchangées par rapport à celles prévues actuellement avant l'installation de la passerelle.

13.3 Inspection de la structure de la passerelle

L'intrados du platelage de la passerelle sera inspecté selon les mêmes modalités que l'intrados du viaduc F. Mitterrand, soit par nacelle négative. En alternative, une inspection par drone peut être réalisée.

La partie à l'extérieur des caissons des ancrages est visible à partir de la passerelle, une inspection par caméra sera réalisée pour atteindre les assemblages métalliques à l'arrière des profils PRS verticaux et au droit de l'assemblage avec la console horizontale.

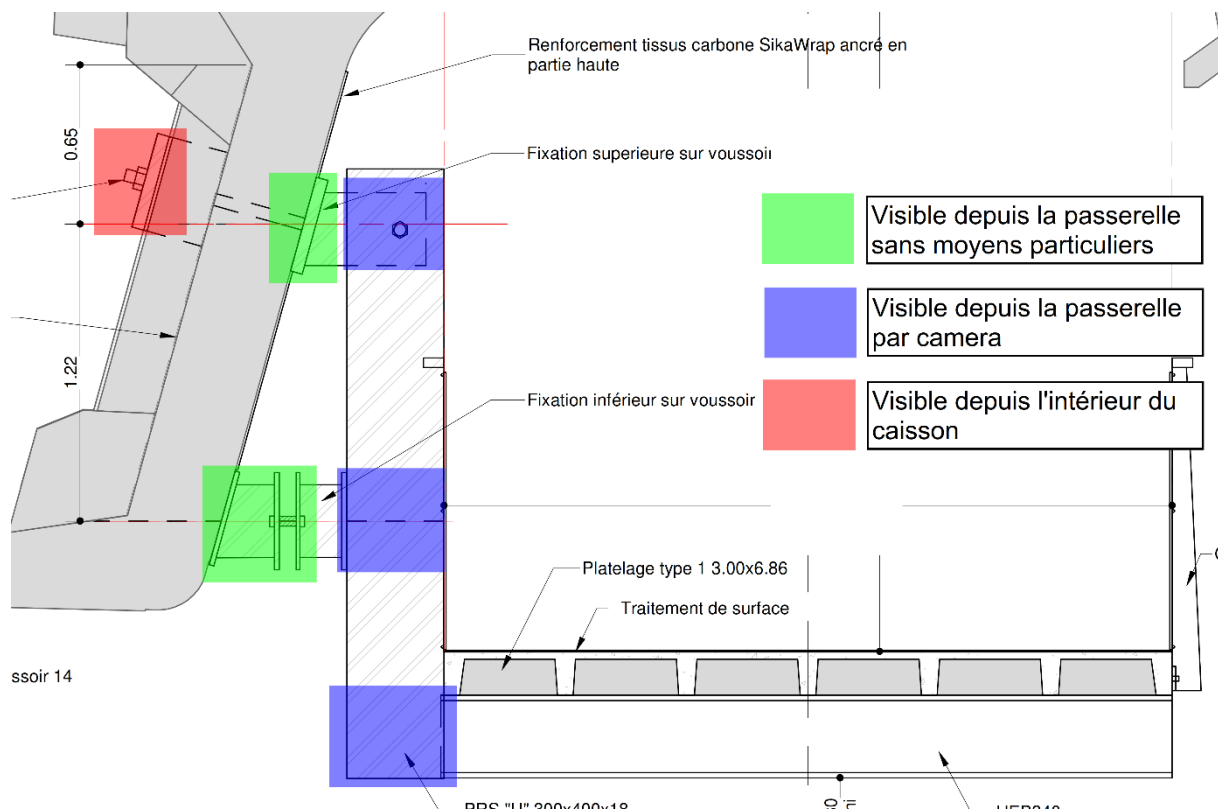


Figure 169: Modalités d'inspection des assemblages de charpente de la passerelle et des ancrages

13.4 Visite des appuis

13.4.1 Piles

Les modalités de visite des piles sont inchangées par rapport à celles prévues actuellement avant l'installation de la passerelle.

13.4.2 Culées

Les modalités de visite des culées sont inchangées par rapport à celles prévues actuellement avant l'installation de la passerelle. Pour l'accès à la culée rive gauche voir § 13.1.

13.4.3 Protection antivandalisme

Il n'est pas prévu de disposition spécifique contre le vandalisme sur la passerelle. Afin d'empêcher une occupation abusive de la plateforme sous le tablier en rive gauche, une sécurisation sera mise en place par un clôture rigide (Cf. extrait perspective architecturale ci-après ainsi que la Figure 165).



Figure 170 : extrait mémoire architectural

13.5 Inspection des équipements

Les modalités d'inspection des équipements du viaduc sont inchangées par rapport à celles prévues actuellement avant l'installation de la passerelle.

Les équipements de la passerelle (garde-corps et joints sur les extrémités) peuvent être inspectés à pied d'œuvre sans moyen d'accès particulier. Concernant les systèmes d'appuis un accès par la nacelle négative utilisée pour le viaduc principal ou par le biais d'un drone est nécessaire.

13.6 Un platelage démontable

La fonctionnalité de démontage de platelage n'est pas nécessaire pour inspecter l'ouvrage existant. Il a été précisé que la passerelle doit pouvoir être démontée en cas d'intervention lourde sur le viaduc.

Nous détaillons ici de qu'entraînerait cette opération. Les modalités techniques sont précisées dans le schéma ci-après

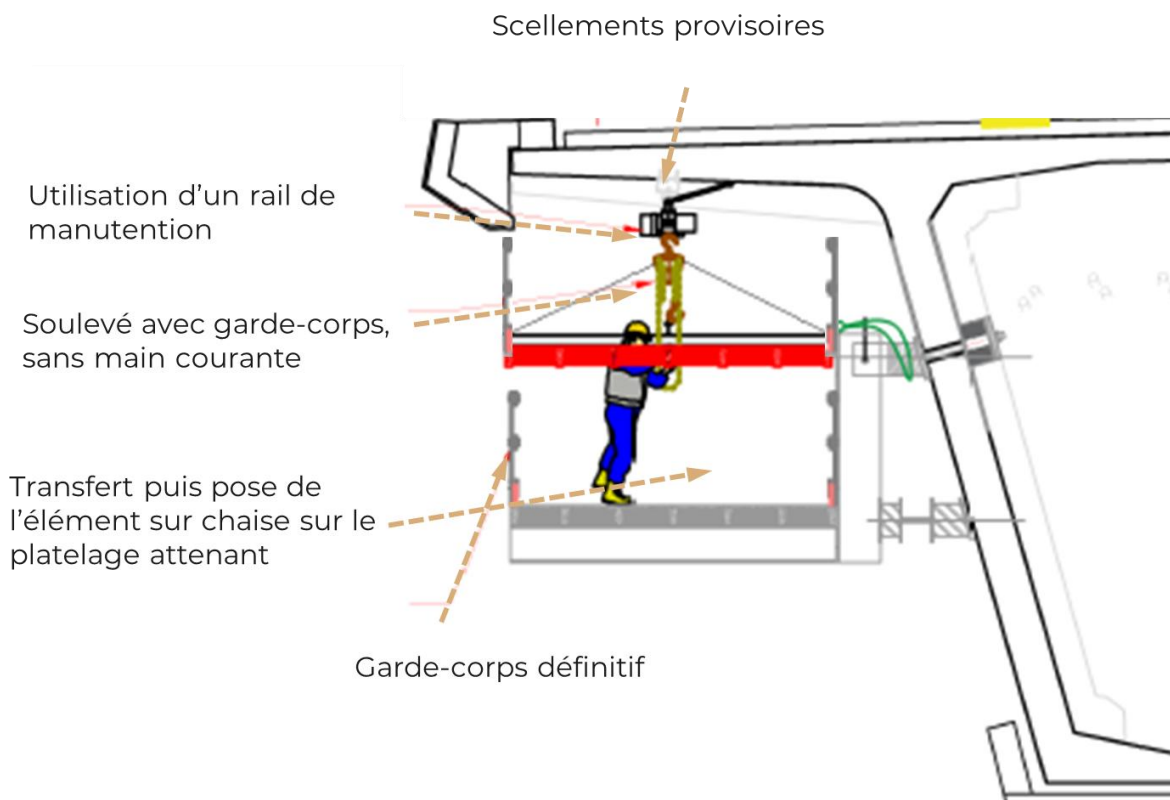


Figure 171: Méthode de dépose du platelage – illustration

13.7 Protection anti-graffiti du parement béton du caisson du viaduc

Se référer au dossier d'étude de protection anti-graffiti. A la date de diffusion du présent mémoire technique, ce document est en cours de finalisation.