

RD 35B - FRANCHISSEMENT DU RHONE ENTRE SALIN DE GIRAUD ET PORT SAINT LOUIS DU RHONE



ETUDE PRELIMINAIRE D'OUVRAGE D'ART NON-COURANT

Mission d'Etude Préliminaire d'Ouvrages d'Art pour le Franchissement du Rhône entre Salin de Giraud et Port Saint Louis du Rhône

Codification du document

R H O M E P O A E P G E N N T C 1 0 0 0 1 A 0 6

Réf : 491 0660
Date 02 /08/2021

Indice	Date	Commentaires	Etabli	Vérifié	Approuvé
A01	09/03/2020	Première émission	DKI	CDS	NYK
A02	11/03/2020	Mis à jour des coûts prévisionnels des Ouvrages d'Art	DKI	CDS	NYK
A03	27/03/2020	Ajout des solutions à pente 6% ; mis à jour des coût unitaire des rampes	DKI	CDS	NYK
A04	25/08/2020	Reprise du document suite aux observations du MOA	DKI	CDS	NYK
A05	26/01/2021	2 nd Reprise du document suite aux observations du MOA	DKI	CDS	NYK
A06	21/05/2021	3 ^{ème} Reprise du document suite aux observations du MOA	ACR	CDS	NYK
A07	02/08/2021	Mise à jour des extraits de plans	CDS	CDS	NYK

SOMMAIRE

1. PRESENTATION GENERALE DU PROJET	5
1.1. CONTEXTE	5
1.2. PRESENTATION DE L'AMENAGEMENT	5
1.2.1. PRESENTATION DES FUSEAUX	5
1.2.2. CHOIX DU FUSEAU	6
1.3. LOCALISATION DU PROJET D'OUVRAGE D'ART	6
1.4. OBJET DE L'ETUDE PRELIMINAIRE	6
1.5. INVESTIGATIONS ET ETUDES A VENIR	7
1.5.1. ETUDE D'ASSAINISSEMENT ET DOSSIER LOI SUR L'EAU	7
1.5.2. ETUDE DU FONCIER	7
1.5.3. INVESTIGATIONS TOPOGRAPHIQUES	7
1.5.4. INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES	7
1.6. TRAVAUX PREALABLES	7
1.7. CADRE ADMINISTRATIF	8
1.8. TEXTES REGLEMENTAIRES	8
2. INVENTAIRE DES DONNEES ET CONTRAINTES	8
2.1. CONTRAINTES FONCTIONNELLES	8
2.1.1. CONTRAINTES DE TRAFIC	8
2.1.2. VOIES DE CIRCULATION	8
2.1.3. GEOMETRIE	9
2.1.4. GABARITS ET HAUTEURS LIBRES	9
2.1.5. CHARGES D'EXPLOITATION	10
2.1.6. DUREE DE VIE DES OUVRAGES	11
2.1.7. FIABILITE	12
2.1.8. RESEAUX	12
2.1.9. EQUIPEMENTS ET SUPERSTRUCTURES	13
2.2. DONNEES NATURELLES	15
2.2.1. TOPOGRAPHIE	15
2.2.2. GEOLOGIE ET GEOTECHNIQUE	16
2.2.3. HYDRAULIQUE	20
2.2.4. SISMIQUE	20
2.2.5. CLIMATOLOGIE	21
2.3. ENVIRONNEMENT, INSERTION DANS LE SITE	22
2.3.1. LES EAUX SUPERFICIELLES	22
2.3.2. INONDATIONS	22
2.3.3. LES EAUX SOUTERRAINES	22
2.3.4. ENJEUX ECOLOGIQUES	22
2.3.5. PATRIMOINE	22
2.3.6. PAYSAGE	23
2.3.7. BRUIT	24
2.3.8. ASSAINISSEMENT DEFINITIF ET PROVISOIRE	24
2.3.9. CONTRAINTES D'INSERTION DANS LE SITE	24
2.4. PARTI ARCHITECTURAL	24
2.4.1. ENJEUX ARCHITECTURAUX	24
2.4.2. ETUDE ARCHITECTURALE	24
2.4.3. CHOIX ESTHETIQUES	25
2.5. CONTRAINTES DE CONSTRUCTION	25
2.5.1. EMPRISES	25
2.5.2. AIRES D'INSTALLATION DE CHANTIER – PISTES D'ACCES	25
2.5.3. ENVIRONNEMENT	25
2.6. CONTRAINTES D'EXPLOITATION	25
2.6.1. ACCES	25
2.6.2. ENTRETIEN DE L'OUVRAGE	26
2.7. CONTRAINTES DE DELAI	26
3. PRESENTATION DES SOLUTIONS ENVISAGEES	27
3.1. INVENTAIRE DES SOLUTIONS	27
3.1.1. PRINCIPE ADOPTE POUR LA DEFINITION DES VARIANTES ETUDIEES	27
3.1.2. CHOIX DE LA TYPOLOGIE STRUCTURELLE DU TABLIER	27
3.1.3. INVENTAIRE DES VARIANTES ETUDIEES	27
3.2. LES PLANS DES SOLUTIONS ENVISAGEES	62
3.3. ANALYSE MULTICRITERES	62
3.3.1. CRITERES DE COMPARAISON	62
3.3.2. COMPARAISON DES VARIANTES	62
3.3.3. GRILLE D'ANALYSE	71
3.4. RECOMMANDATIONS	73
3.4.1. ANALYSE DES VARIANTES 1 ET 2	73
3.4.2. VARIANTE 6 : PRECONTRAINTE EXTRADOSSEE A DOUBLE MATS	73

FIGURES

Figure 1 : Plan de Localisation des fuseaux	5
Figure 2 : Présentation des variantes du Fuseau centre	6
Figure 3 : Présentation des variantes 4 et 5 du Fuseau Nord	6
Figure 4 - Situation du projet	6
Figure 5: Plan d'implantation des sondages envisagés	7
Figure 6 : Vue en plan du franchissement du Rhône	9
Figure 7 : Profil en travers type	9
Figure 8 : Passe navigable et hauteur libre	9
Figure 9: Vue en plan de la zone de mouillage garantie	10
Figure 10 : Chargement LM1	10
Figure 11 : Chargement LM2	11
Figure 12 : Convoi militaire Mc120	11
Figure 13 : Convoi Me 120	11
Figure 14 : Convoi exceptionnel de 3e catégorie type C2	11
Figure 15 : Modèle de charge de fatigue 3	11
Figure 16: Localisation des lieux-dits	13
Figure 17: Estimation de l'Indice de Danger	14
Figure 18 : Exemple d'écran anti-déversement pour le franchissement de la LGV SEA par l'A10 à hauteur de Fontaine-le-Compte – source : image street-view	14
Figure 19 : Exemple d' « écran de retenue d'objet » sur le viaduc de l'A57 à Rive-de Gier - Source : image street-view	14
Figure 20: Extrait de la figure 41- Tableau des gabarits conseillés des principales barrières - du guide SETRA « barrière de sécurité pour la retenue des poids lourds – barrières de niveau H2 ou H3 »	15
Figure 21 : Topographie du site	15
Figure 22 : Profil en long schématique du franchissement du Rhône	16
Figure 23 : Carte géologique – source : http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do#	17
Figure 24 Implantation des sondages côté rive gauche	17
Figure 25 Implantation des sondages côté rive droite	17
Figure 26 : Semelle affleurant	18
Figure 27 : Schéma de principe de réalisation des pieux	18
Figure 28 : Carte du zonage sismique – Source DREAL PACA/SPR/URNM	21
Figure 29 : Localisation des tracés étudiés dans le fuseau Centre vis à vis des enjeux écologiques – Naturalia 2020	22
Figure 30 : Localisation des zones de présomptions archéologiques- source DRAC PACA	23
Figure 31 : Topographie Plate du paysage	24
Figure 32 : Aires potentielles d'installation de chantier	25
Figure 33 : Coupe transversale pour le prédimensionnement	28
Figure 34 : Schéma statique	29
Figure 35 : Dimensions des augets	42
Figure 36 : Coupe transversale pour le dimensionnement	49
Figure 37 : Méthode 1 de préfabrication partielle	53
Figure 38 : Méthode 2 de préfabrication partielle	53
Figure 39 : Phasage de lancement sommaire	53
Figure 40 : Principe de construction par encorbellement successif et coulage sur cintre	56
Figure 41 : Coupe transversale type d'un caisson en béton précontraint	56
Figure 42 : Schéma statique de l'ouvrage	57
Figure 43 : Principe de fixation des chéneaux sous joints de chaussées	61
Figure 44 : Variante 2 : Pont à haubans	68
Figure 45 : Variante 5: Béton précontraint construit par encorbellement	69
Figure 46 : Variante 1: Précontrainte extradossée	69
Figure 47 : Variante 3: Caisson Orthotrope	70
Figure 48 : Variante 4: Caisson mixte à hauteur Variable	70
Figure 49 : Schéma statique	74
Figure 50: Dimensions de la corniche caniveau du côté de la voie verte	82
Figure 51 : Principe d'évacuation d'eau de la chaussée	82
Figure 52: Vérification de l'espacement des avaloirs	82

Figure 53: Dimensions de la corniche caniveau du côté du trottoir 83

PHOTOS

Photo 1: Vue de la zone du franchissement depuis la rive gauche	16
Photo 2 : Digue en rive gauche - Espace agricole en rive gauche	16
Photo 3 : Digue en rive droite	16
Photo 4 : Batardeau pour réalisation d'une fondation dans un cours d'eau	19
Photo 5 : Travaux de fondations du viaduc de la Saône	19
Photo 6 : Construction par encorbellements successifs d'un tablier en caisson béton précontraint avec des voussoirs coulés en place à l'aide d'un équipage mobile	59
Photo 7 : Eclairage intérieur de caisson	61

TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition du trafic à l'horizon 2020 –GINGER, 2009	8
Tableau 2 : Classe de trafic	10
Tableau 3 : Durée de vie des ouvrages	12
Tableau 4 : Classe de conséquences CC2	12
Tableau 5 : Coefficient KFI pour les actions	12
Tableau 6 : Niveau de contrôle IL	12
Tableau 7 : Synthèse des réseaux dans la zone du projet	13
Tableau 8 : Stratigraphie retenue	19
Tableau 9 : Caractéristiques géotechniques retenue pour le modèle géotechnique	19
Tableau 10 : Capacités portantes maximales de pieux en fonction de la longueur	20
Tableau 11 : Tableau résumé des données sismiques	21
Tableau 12 : Périodicité de la maintenance	26
Tableau 13 : Présentation des variantes	27
Tableau 14: Récapitulatif du dimensionnement	29
Tableau 15: Récapitulatif du prédimensionnement	35
Tableau 16 : Tableau récapitulatif de prédimensionnement	42
Tableau 17 : Récapitulatif des périodes d'entretien fonction des parties d'ouvrage	46
Tableau 18 : Récapitulatif de prédimensionnement	49
Tableau 19 : Prédimensionnement de l'ouvrage	56
Tableau 20 : Récapitulatif des périodes d'entretien fonction des parties d'ouvrage	61
Tableau 21: Coût prévisionnel des travaux d'ouvrages d'art	63
Tableau 22 : Coût prévisionnel global - Ratio au m ² de tablier	63
Tableau 23 : Classement des solutions	64
Tableau 24 : Coût annuel des travaux de maintenance sur 100 ans	65
Tableau 25 : Récapitulatif des durées de travaux	65
Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	66
Tableau 27 : Estimation des coûts liés à la réduction et à la compensation des impacts du projet	66
Tableau 28 : Récapitulatif des épaisseurs de tablier	67
Tableau 29 : Analyse Multicritères	71
Tableau 30 : Estimation du coût annuel des travaux de maintenance de l'ouvrage	78
Tableau 31 : Détails du chiffrage	79
Tableau 32 : Comparaison du coût de réalisation des ouvrages	80

1. PRESENTATION GENERALE DU PROJET

1.1. CONTEXTE

Le présent Dossier d'Etude Préliminaire d'Ouvrage d'Art non-courant est établi dans le cadre de la création d'un Ouvrage d'art de franchissement du Grand Rhône entre Salin de Giraud et Port Saint Louis du Rhône.

L'absence de franchissement permanent du Rhône accentue l'effet de coupure créé par le fleuve et l'impression d'isolement des habitants de Salin de Giraud. Le Grand Rhône constitue de ce fait, la frontière naturelle entre la Camargue Orientale et les zones de Fos-Martigues (Figure 4).

1.2. PRESENTATION DE L'AMENAGEMENT

1.2.1. Présentation des fuseaux

Dans le rapport de Synthèse établi par Egis Conseil et Egis Route, trois fuseaux d'étude avaient été définis en accord avec le maître d'ouvrage. Ils ont été définis en fonction de la capacité du bac existant desservant les deux rives du Grand Rhône et des prévisions de trafic à l'horizon 2020, c'est-à-dire deux paramètres sur lesquels il n'est pas possible d'intervenir.

Les fuseaux ont été définis entre la RD 35 en provenance de Port St Louis et la RD 36 en provenance d'Arles. Ils sont présentés comme suit :

- Un fuseau centre dans l'axe de la RD35b ;
- Un fuseau au nord de Salin-de-Giraud (fuseau Nord), dans l'axe de la RD36c côté Ouest ;
- Un fuseau au Sud de Salin-de-Giraud (fuseau Sud), dans l'axe de la RD 268 côté Est.



Figure 1 : Plan de Localisation des fuseaux

Le fuseau centre avait pour objectif de remplacer in situ le bac existant de manière à ne pas modifier le maillage routier actuel entre la RD35 et la RD36 et économiser les accès au franchissement en réutilisant au maximum la RD 35 existante, notamment le carrefour dénivelé de raccordement sur la RD 35 en rive gauche.

Trois variantes avaient été proposées à l'intérieur de ce fuseau :

- Une variante 1 calée au plus près côté Nord du bac existant
- Une variante 2 calée au plus près côté Sud du bac existant,
- Une variante 3 évitant Salin-de GIRAUD par le Sud.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 5 sur 88

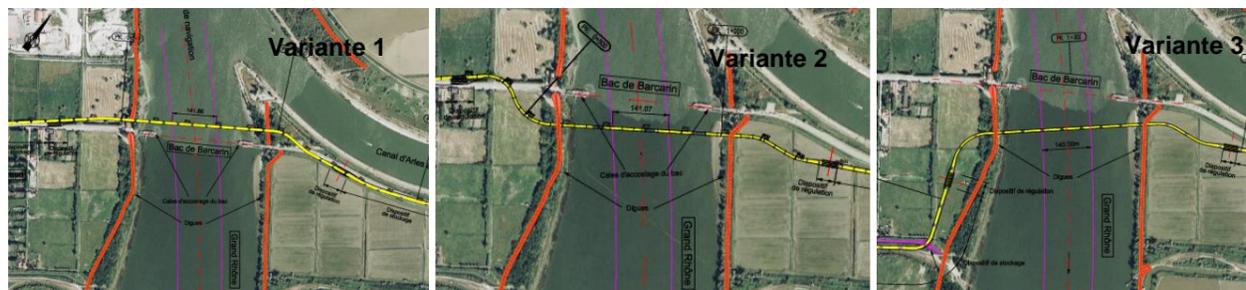


Figure 2 : Présentation des variantes du Fuseau centre

Le Fuseau Nord avait pour objectif d'améliorer la liaison assurée par le bac de manière à éloigner le trafic et les voies de stockage de l'agglomération de Salin de Giraud, optimiser le maillage routier départemental (RD35, RD35b, RD36, RD36c) et mieux répartir le trafic entre les voies communales du Sud de la Camargue. Ce fuseau ne devait cependant pas être positionné trop au nord pour rester concurrentiel par rapport à la RN113 à Arles en termes d'itinéraires et de temps de parcours.

La première voie au nord de la RD35b étant le chemin du Grand Peloux, deux variantes avaient été proposées depuis ce chemin, à l'intérieur du fuseau Nord :

- Une variante 4 entre le chemin du Grand Peloux et le Chemin de l'Amérique,
- Une variante 5 entre le chemin du Grand Peloux et la Voie communale de Chamone.



Figure 3 : Présentation des variantes 4 et 5 du Fuseau Nord

Le fuseau Sud qui offrait un accès plus direct à la Camargue depuis Fos-sur-Mer et la RN568 en évitant l'agglomération de Salin-de-Giraud a été abandonné en raison des forts enjeux environnementaux.

1.2.2. Choix du fuseau

Une comparaison des différents fuseaux a permis de retenir le Fuseau Centre pour le franchissement du Rhône. Il est plus intéressant en termes d'impact d'emprises foncières, d'insertion paysagère et de raccordement au réseau viaire. La comparaison est détaillée dans le dossier des Etudes Préliminaires, chapitre 9.

1.3. LOCALISATION DU PROJET D'OUVRAGE D'ART

L'ouvrage sera situé dans le fuseau centre entre la variante 1 et 2 à l'emplacement actuel du bac au plus près côté Nord de la cale d'accostage de Salin-de-Giraud.

Il permettra de relier la Ville de Port Saint-Louis du Rhône au village de Salin de Giraud faisant partie de la commune d'Arles plus grande commune de France par sa superficie.

Salin de Giraud est aujourd'hui desservi en provenance d'Arles par la RD36, classée au Schéma Directeur Routier dans le réseau à enjeu touristique et environnement fort, et par la RD 35b, réseau local (coté Est du Rhône) et réseau à enjeu touristique et environnemental fort (côté Ouest), en provenance de Port St Louis via le Bac de Barcarin.

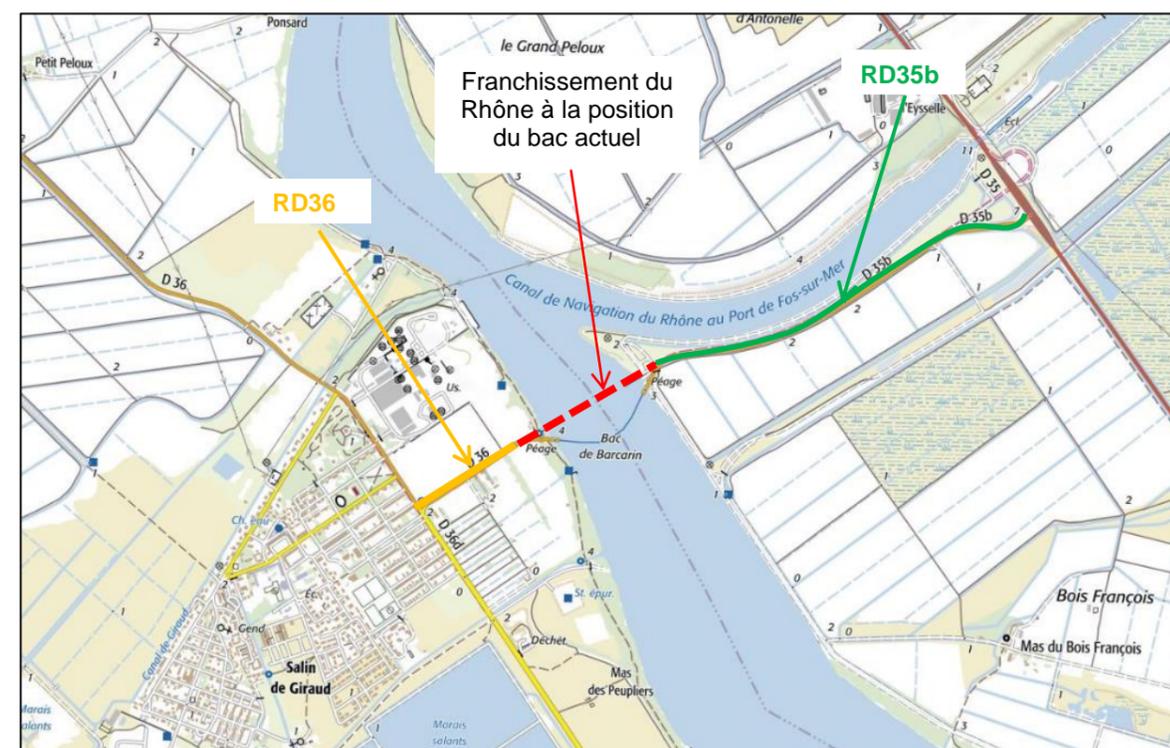


Figure 4 - Situation du projet

1.4. OBJET DE L'ETUDE PRELIMINAIRE

La présente étude est établie en application de l'annexe III de l'arrêté du 21 Décembre 1993 précisant les modalités techniques d'exécution des éléments de missions de Maîtrise d'œuvre confiés par des maîtres d'ouvrages à des prestataires de droit privé.

Les caractéristiques en plan et la portée du franchissement largement supérieure à 40 m classent l'ouvrage dans la catégorie des ouvrages d'art non-courant au sens de l'article 3.4.1 de la circulaire n°87-87 du 26 octobre 1987.

Ce dossier a pour but de présenter :

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 6 sur 88

- L'inventaire et la synthèse des données du projet (naturelles, hydrauliques, géotechniques, ...);
- L'inventaire et la synthèse des caractéristiques du projet (fonctionnelles, esthétiques, de programmation);
- Le programme des études et des travaux;
- Des propositions éventuelles concernant les besoins d'études spécialisées (consistance des études géotechniques complémentaires, ...)

Il présente les solutions retenues en :

- Gérant au mieux les enjeux;
- Choissant un découpage en travées mécaniquement et esthétiquement satisfaisant;
- Effectuant une approche du pré-dimensionnement de l'ouvrage;
- Arrêtant le coût prévisionnel de l'ouvrage à partir d'une estimation sommaire.

1.5. INVESTIGATIONS ET ETUDES A VENIR

1.5.1. Etude d'assainissement et dossier Loi sur l'Eau

Les principes généraux d'assainissement de l'ouvrage sont définis au paragraphe 2.1.9 du présent dossier.

Conformément à l'article 3.1.3 du CCTP, l'autorisation environnementale remplace l'autorisation de la loi sur l'eau. La procédure sera effectuée selon les modalités fixées par le décret n°2017-81 du 26 Janvier 2017 relatif à l'autorisation environnementale.

Des précautions particulières devront être mises en œuvre en phase travaux afin de garantir la qualité des eaux du Rhône.

1.5.2. Etude du foncier

Le Fuseau centre est retenu dans le cadre du projet du fait de son impact faible sur les surfaces agricoles. De plus, il ne présente pas d'enjeux environnementaux majeurs. L'ouvrage sera implanté sur le parcours actuel du Bac entre la RD35 et RD36.

Une autorisation d'occupation temporaire de terrain (AOT) doit être établie pour l'installation des emprises chantier et la réalisation des travaux.

1.5.3. Investigations topographiques

Des opérations de levés topographiques, dans la zone du fuseau centre pour le franchissement du cours d'eau sont nécessaires pour compléter les données fournies. Ils permettront une parfaite connaissance des dispositions projetées au droit :

- Des voies à créer;
- Des voies raccordées (carrefour existant des RD36/RD36D côté Salin de Giraud, RD35b en RG);
- Des parties latérales de l'assiette des terrassements afin de permettre les dégagements utiles à la réalisation d'ouvrages d'assainissement, de passage d'entretien, d'accès aux ouvrages...;
- Des ouvrages d'art à créer : l'ouvrage de franchissement du Rhône, ses estacades d'accès et ses rampes;
- Des supports de signalisation (portiques, potences, panneaux);
- Des ouvrages d'assainissement à créer;

- Des éventuelles barrières de péage ou autre aménagements de part et d'autre du franchissement, destinés à la régulation du trafic.

1.5.4. Investigations géotechniques

Des investigations géotechniques complémentaires devront être réalisées dans le cadre des études de mission G2 AVP et G2 PRO avec des sondages réalisés au droit des futurs appuis de l'ouvrage d'art. Le programme d'investigation géotechnique sera défini sur la base de la présente étude préliminaire.

Ce programme d'investigations géotechniques permettra le dimensionnement des ouvrages (pont sur le Rhône, estacades d'accès et rampes, soutènements et talus éventuels). Et plus spécifiquement :

- La définition des méthodes d'exécution retenues pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants, renforcement de sols, techniques d'assainissement et de drainage),
- La définition des paramètres de calculs des sols et des interactions sol-structure,
- L'identification des risques géologiques résiduels

Les sondages sont prévus au droit des futurs appuis du franchissement :

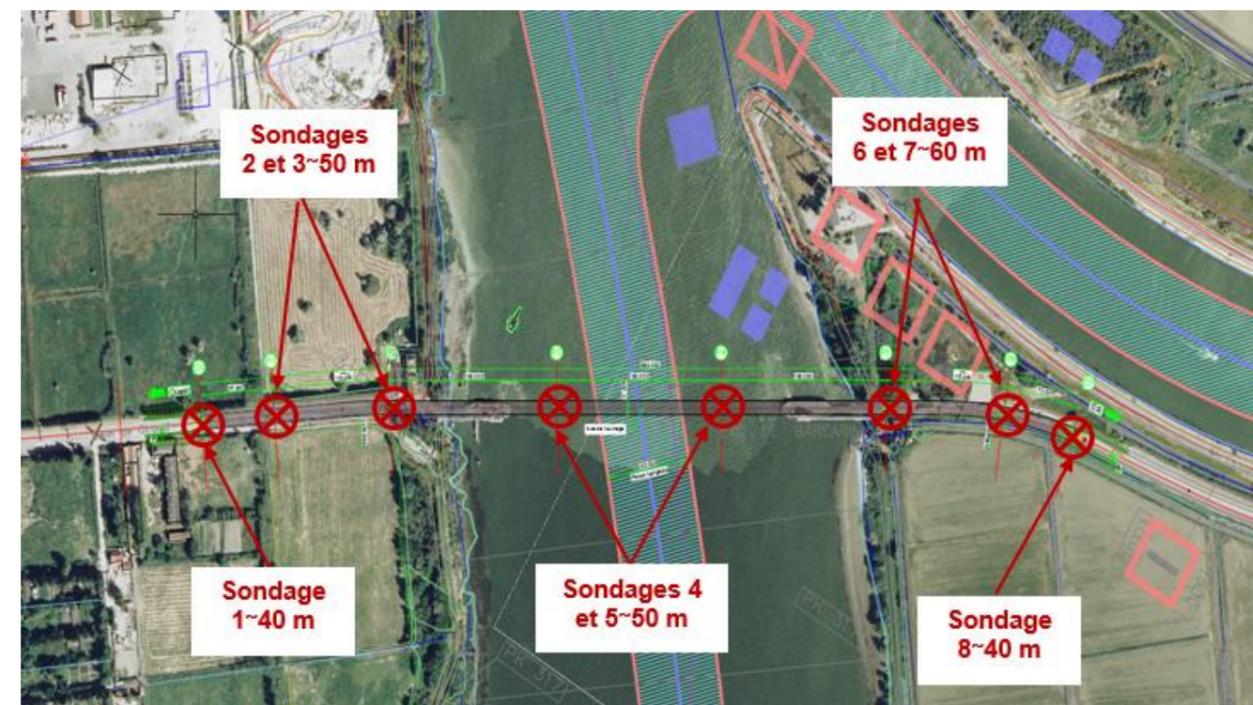


Figure 5: Plan d'implantation des sondages envisagés

1.6. TRAVAUX PREALABLES

Avant le lancement des travaux proprement dit, il est nécessaire de programmer les travaux suivants :

- Dévoisement des réseaux dans l'emprise des travaux (Enedis, Orange, RTE, SAUR), cf. paragraphe 2.1.6;
- Réalisation des voies d'accès aux aires d'installation des chantiers,
- Débroussaillage et installation des aires de chantier;

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 7 sur 88

- Nivellement éventuel des plateformes d'assemblage et de lancement de la charpente en rives gauche et droite ;
- Réalisation d'estacades dans le cours d'eau pour l'accès aux batardeaux érigés pour la fondation et élévation des appuis.

1.7. CADRE ADMINISTRATIF

Le présent dossier d'EPOA établi dans le cadre de la création d'un Ouvrage d'art de franchissement du Grand Rhône entre Salin de Giraud et Port Saint Louis du Rhône conformément au décret du 29/11/93 et aux dispositions de l'annexe III de l'arrêté du 21 décembre 1993, à la demande du Conseil Départemental des Bouches-du-Rhône (CD13).

1.8. TEXTES REGLEMENTAIRES

Dans le cadre des études techniques de l'ouvrage, il sera fait application des documents qui figurent au décret d'approbation de la « composition du Cahier des Clauses Techniques Générales applicables aux Marchés Publics de Travaux et de divers fascicules » ainsi qu'au « Répertoire des textes et documents techniques essentiels relatifs aux ouvrages d'art » édité par le CEREMA.

2. INVENTAIRE DES DONNEES ET CONTRAINTES

2.1. CONTRAINTES FONCTIONNELLES

2.1.1. Contraintes de trafic

Les conditions actuelles de déplacement et les perspectives d'évolution ont été étudiées dans le cadre de la définition du programme et de la présentation du projet. La liaison des deux rives du Rhône entre Salin de Giraud à l'Ouest et Port Saint Louis à l'Est s'effectue par un bac dit « de Barcarin ». Sa capacité avait été fixée à **174 Véhic/h/sens à l'horizon 2020**. Elle se décompose comme suit :

- 151 véhicules légers par heure et par sens,
- 23 poids lourds et autocars par heure et par sens.

Le cahier de charge avait fixé un objectif de capacité de l'ouvrage n'excédant pas la capacité actuelle du bac de Barcarin. Le plafond de capacité de l'ouvrage était à comparer avec le flux de trafic qui emprunterait le bac à l'horizon 2020 de manière à dimensionner un dispositif permettant de stocker et réguler la file d'attente correspondante.

Ce dispositif permettra de stocker tous les niveaux de trafic prévisibles pour éviter des remontées de file dans la ville de Salin de Giraud côté Ouest et sur la RD35 côté Est.

Une étude d'incidence sur les déplacements a été menée par GINGER en 2009 confirmant la capacité de trafic énoncée précédemment et montrant que les pointes de trafic varient peu selon le mode gestion retenu. Les trafics maximaux à stocker sont fournis dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Répartition du trafic à l'horizon 2020 –GINGER, 2009

Sens	Part	Salin> Port Sr Louis	Port St Louis > Salin
VL	96.7%	193 Véhic/h/sens	193 Véhic/h/sens
PL + Autocars	3.3%	7 Véhic/h/sens	7 Véhic/h/sens
Total	100%	200 Véhic/h/sens	200 Véhic/h/sens

Par ailleurs, une étude de trafic a été récemment réalisée par TransMobilité plus précisément en 2019 (cf. Dossiers des Etudes Préliminaires pour les résultats de l'Etude).

2.1.2. Voies de circulation

Selon le rapport de présentation du projet, l'objectif de capacité équivalente entre le bac et un pont ne justifie pas un franchissement à 2 x 1 voie de circulation. Une voie de circulation unique écoulant un débit de l'ordre de 2000 Véhic/h à 50 km/h en alternat se révèle suffisante pour écouler la charge de trafic et permettre un contrôle de capacité à l'entrée et à la sortie de la voie.

Il avait été donc prévu une voie unique avec des accotements pour le transit des modes doux et des besoins d'exploitations. Le profil minimal retenu était le suivant :

- Une voie de circulation unique de 3.5 m, destinée à l'alternat du trafic motorisé et délimitée par des bordures franchissables type A2,
- Une bande multifonctionnelle latérale de 3,5 m, destinée à la circulation des modes doux, des véhicules de secours et d'entretien,
- Deux surlargeurs de 0.75 m chacune pour la fondation des dispositifs de retenue et les passages de service.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 8 sur 88

2.1.3. Géométrie

La conception des voies d'accès à l'ouvrage de franchissement sera faite selon l'Aménagement des Routes Principales (ARP) de type R80 (route multifonctionnelle en relief faible), soit une vitesse de référence de 80 km/h.

2.1.3.1. PROFIL EN LONG

La hauteur libre de 12 m est respectée grâce à une parabole de rayon saillant $R=3500$ m et de longueur développée de 310 m. De part et d'autre de la parabole, le profil présente une pente constante de 3% jusqu'au niveau des rives et des rampes d'accès.

2.1.3.2. TRACE EN PLAN

L'ouvrage franchit le Rhône avec un biais de 100 grades. De la rive gauche vers la rive droite, le tracé en plan est constitué des éléments géométriques suivants :

- Une rampe d'accès en alignement droit de longueur variable en fonction des variantes d'ouvrage avec un profil déversé à 2,5% ;
- Une section courbe de rayon $R=400$ m à l'arrière de la digue en rive gauche avec un profil mono déversé à -2,5% ;
- Une section franchissant le Rhône en alignement droit de longueur 540 m environ avec un profil déversé à 2,5% ;
- Une section courbe de rayon $R=492$ m à l'arrière de la digue en rive gauche avec un profil déversé à 2,5% ;
- Une rampe d'accès en alignement droit située à l'arrière de la digue SYMADEM requalifiée avec un profil déversé à 2,5% ;

La vue en plan du tracé est présentée ci-après :

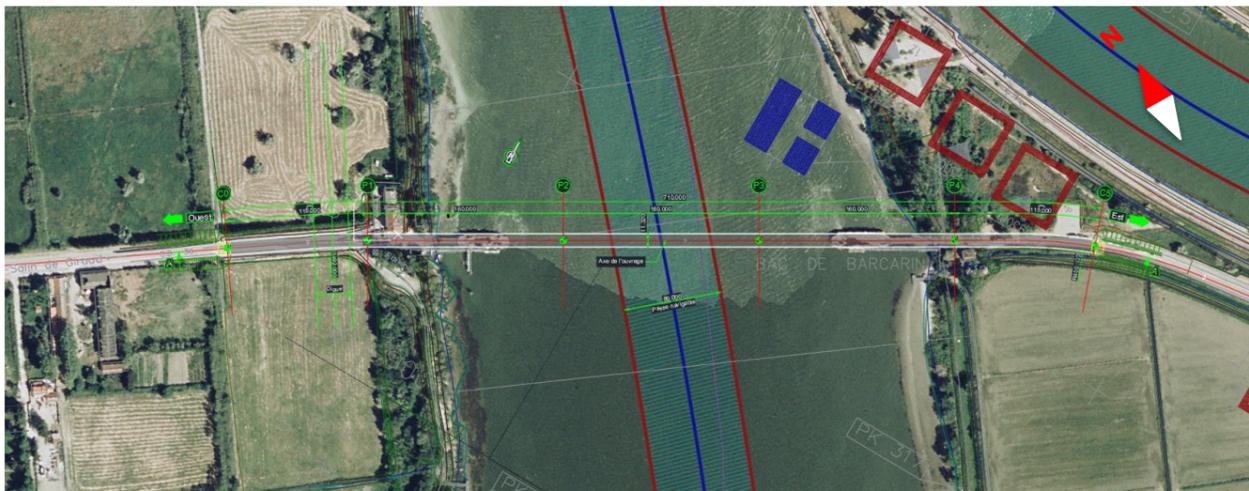


Figure 6 : Vue en plan du franchissement du Rhône

2.1.3.3. PROFIL EN TRAVERS

Le profil en travers précédemment défini dans le rapport de présentation (cf. paragraphe 0) a été modifié au profit du profil suivant :

- Une largeur de longrine de 0,40 m ;

- Une voie verte de 3,00m ;
- Un premier dispositif de séparation de chaussée type MVL de 0,36 m ;
- Deux voies de 2,80 m, une voie servant à la circulation alternée et l'autre voie servant de voie de service ;
- Un deuxième dispositif de séparation de chaussée type MVL de 0,36 m ;
- Un trottoir de 1,50 m ;
- Une largeur de longrine de 0,40 m.

Soit un profil en travers fonctionnel de 11,32 m.

La largeur des voies à 2,80 m incite à une réduction de vitesse sur l'ouvrage. Elle est donc conforme aux orientations de la charte du Parc de la CAMARGUE et acceptable compte tenu du trafic faible escompté.

Le profil en travers défini est donné comme suit :

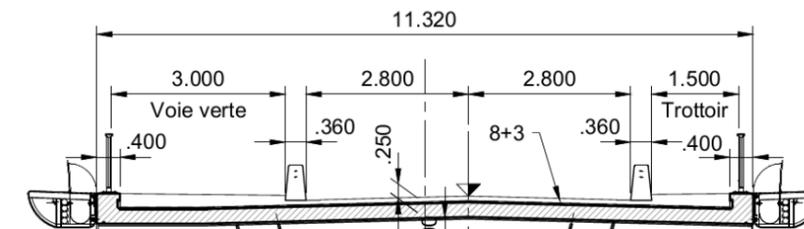


Figure 7 : Profil en travers type

2.1.4. Gabarits et hauteurs libres

Les solutions de franchissement du Rhône doivent être définies en considérant les gabarits et hauteurs libres suivants :

Le Rhône :

- Le débit maximal navigable est de 6000 m³/s
- La largeur du lit majeur au niveau du passage du Bac est d'environ 400 m,
- Le niveau des plus hautes eaux (PHE) est de + 1.23 m NGF,
- La hauteur libre définie à respecter est de 12.00 m,
- La zone de mouillage garantie, définie par le CNR est de 80 m.
- La passe navigable définie est de 140 m (80 m + 2 x 30 m),

Le rectangle de navigation indiquant le gabarit garanti pour assurer la navigation en toute sécurité des bateaux est donné comme suit :

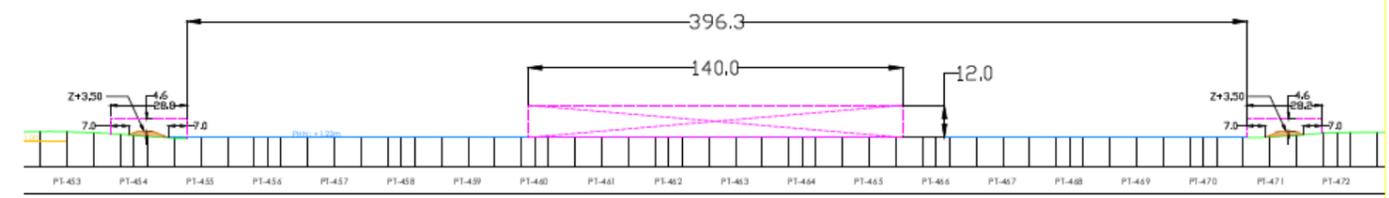


Figure 8 : Passe navigable et hauteur libre

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 9 sur 88

La zone de mouillage définie par le CNR dans le lit mineur du fleuve est illustrée comme suit :

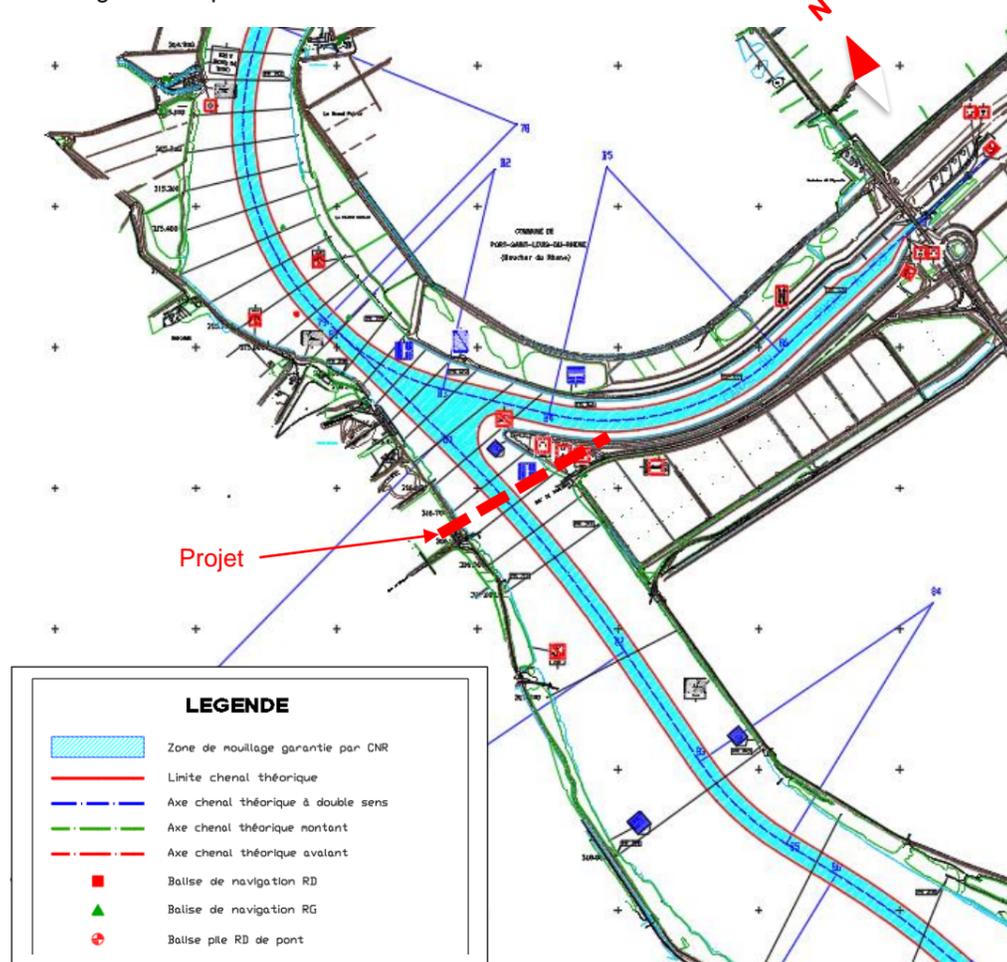


Figure 9: Vue en plan de la zone de mouillage garantie

Au droit des digues :

- La hauteur de digue sur la rive droite au point de franchissement du Rhône est à l'Altitude 3.50 m ;
- La RD35 au niveau de la rive gauche se trouve à la même altitude que la crête de digue ;
- La hauteur libre minimale au dessus de la crête est de 4.60 m,
- La distance minimale à observer entre le pied de digue et un éventuel appui est de 7.00 m.

La structure du tablier et la hauteur des rampes d'accès doivent donc être définies en tenant compte des contraintes de profil en long de la voie portée et des gabarits à observer au droit des obstacles à franchir.

2.1.5. Charges d'exploitation

2.1.5.1. CLASSE DE TRAFIC

La 1ère classe de trafic est adaptée aux ouvrages destinés à supporter une grande proportion de véhicules se rapportant à des activités utilitaires lourdes (industrielles, agroalimentaires ou forestières), ou lorsque le trafic

international représente une part importante du trafic total de poids lourds sur l'itinéraire concerné (le nombre des véhicules circulant à vide est alors faible).

La 2ème classe de trafic est adaptée aux compositions de trafic les plus courantes sur les réseaux routiers et autoroutiers français.

Nous retenons la 2ème classe de trafic pour le calcul des structures neuves.

Tableau 2 : Classe de trafic

Pour les ouvrages neufs ne comportant pas de limitation de tonnage, deux classes de trafic sont définies par les jeux de coefficients suivants :

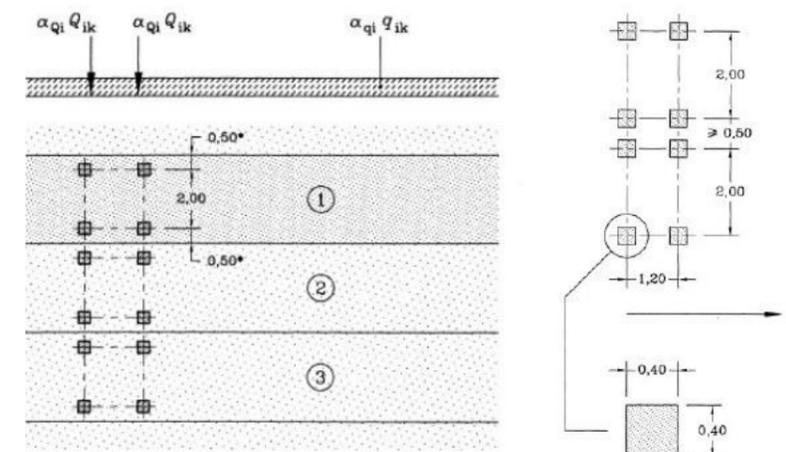
Classe de trafic	α_{Q1}	$\alpha_{Qi} (i \geq 2)$	α_{q1}	$\alpha_{qi} (i \geq 2)$	α_{qr}
1ère classe	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2
2 ^e classe	0,9	0,8	0,7	1,0	1,0

Il y a lieu de définir la classe de trafic pour le projet individuel.

2.1.5.2. CHARGES CIVILES ROUTIERES

Les charges à prendre en compte pour le dimensionnement de l'ouvrage sont conformes à l'Eurocode 1-2 « Actions sur les ponts », et à son application nationale.

Pour les actions dues aux trafics routiers, les charges LM1 et LM2 sont appliquées avec la 2ème classe de trafic (NF EN 1991-2).



Légende

- (1) Voie n° 1 : $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$; $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$
- (2) Voie n° 2 : $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$; $q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- (3) Voie n° 3 : $Q_{3k} = 100 \text{ kN}$; $q_{3k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- * Pour $w_l = 3,00 \text{ m}$

Figure 10 : Chargement LM1

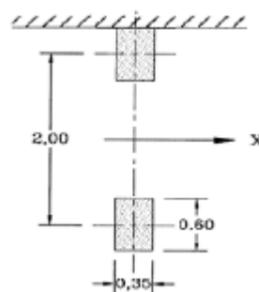


Figure 11 : Chargement LM2

2.1.5.3. VEHICULES SPECIAUX (LM3)

2.1.5.3.1. Véhicules militaires

L'ouvrage sera vérifié avec les charges militaires de type Mc120 et Me 120 définies à l'Article 9 du Fascicule 61 titre II du Cahier des Prescriptions Communes « Conception, Calcul et Epreuves des Ouvrages d'Art ». Le nombre de chars est limité à deux sur l'ouvrage avec une distance de 36,60 m au minimum.

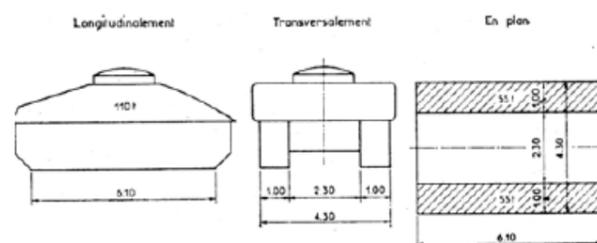


Figure 12 : Convoi militaire Mc120

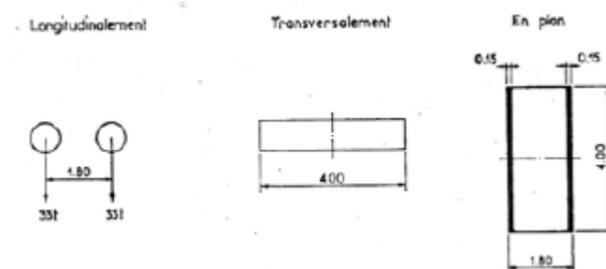


Figure 13 : Convoi Me 120

2.1.5.3.2. Charges de chantier

Il pourra être envisagé de faire supporter par le tablier une circulation d'engins de terrassement en vue de transférer des matériaux.

2.1.5.3.3. Convois exceptionnels

Le convoi exceptionnel de 3ème catégorie de type C2 défini dans la circulaire n° R/EG3 du 20 juillet 1983 est pris en compte. Il est mêlé au trafic courant de classe 2 et circule à vitesse normale.

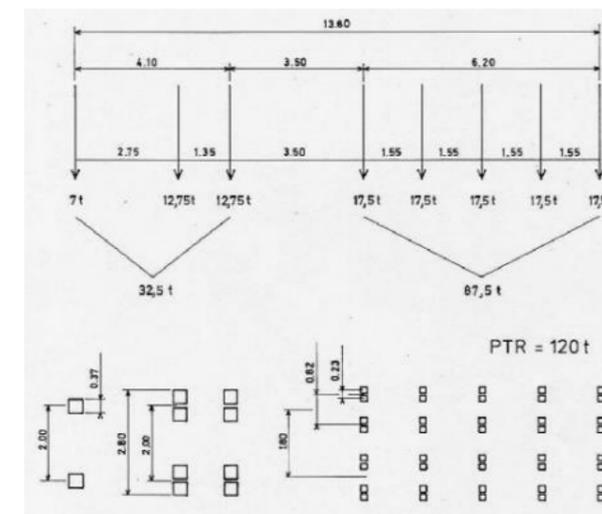


Figure 14 : Convoi exceptionnel de 3e catégorie type C2

2.1.5.4. CHARGES CLIMATIQUES

Le dimensionnement de l'ouvrage prendra en compte les charges réglementaires dues au vent et à la température ci-après (voir §2.2.5).

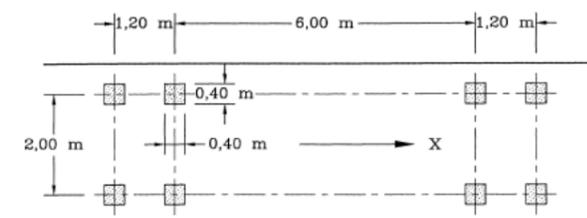
2.1.5.5. CHARGES DE FATIGUE

Les structures seront justifiées à la fatigue conformément à la section 4.6 de l'EC1-2 (modèle de charge 3 pris en compte avec l'hypothèse d'un trafic poids lourds moyenne distance de catégorie 3), et à :

- La section 6.8 de l'EC2-1-1 pour les structures béton ;
- L'EC3-1-9 et la section 6.8 de l'EC4-2 pour l'acier et les ponts mixtes.

On se reportera également aux guides du SETRA :

- Eurocode 2 – Application aux ponts-routes en béton, chapitre 6 section V ;
- Ponts mixtes aciers-béton – Guide de conception durable, Partie II Chapitre 9.



Légende

- w_1 largeur de la voie
- X axe longitudinal du pont

Figure 15 : Modèle de charge de fatigue 3

2.1.6. Durée de vie des ouvrages

Conformément aux Eurocodes la durée de vie des ouvrages d'art neufs est de 100 ans. Nous considérerons une durée de vie inférieure à 10 ans en ce qui concerne les ouvrages temporaires.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 11 sur 88

Tableau 3 : Durée de vie des ouvrages

Catégorie de durée d'utilisation de projet	Durée indicative d'utilisation de projet (années)	Exemples
1	10	Structures provisoires ^{a)}
2	10 à 25	Éléments structuraux remplaçables, par exemple poutres de roulement, appareils d'appui
3	15 à 30	Structures agricoles et similaires
4	50	Structures de bâtiments et autres structures courantes
5	100	Structures monumentales de bâtiments, ponts, et autres ouvrages de génie civil

a) Les structures ou parties de structures qui peuvent être démontées dans un but de réutilisation ne doivent normalement pas être considérées comme provisoires.

2.1.7. Fiabilité

- Classe de conséquence : **CC2 (conséquences moyennes)**.

Tableau 4 : Classe de conséquences CC2

Classe de conséquences	Description	Exemples de bâtiments et de travaux de génie civil
CC3	Conséquence élevée en termes de perte de vie humaine, <i>ou</i> conséquences économiques, sociales ou d'environnement très importantes	Tribunes, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient élevées (par exemple salle de concert)
CC2	Conséquence moyenne en termes de perte de vie humaine, conséquences économiques, sociales ou d'environnement considérables	Bâtiments résidentiels et de bureaux, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient moyennes (par exemple bâtiment de bureaux)
CC1	Conséquence faible en termes de perte de vie humaine, et conséquences économiques, sociales ou d'environnement faibles ou négligeables	Bâtiments agricoles normalement inoccupés (par exemple, bâtiments de stockage), serres

- Classes de fiabilité : **RC2 (classe intermédiaire)** sauf ouvrages très particuliers. Cette classe prévoit l'application sans modification des facteurs partiels de sécurité prévus dans les Eurocodes.

Tableau 5 : Coefficient K_{F1} pour les actions

Coefficient K_{F1} pour les actions	Classe de fiabilité		
	RC1	RC2	RC3
K_{F1}	0,9	1,0	1,1

- Niveau de supervision de projet pendant l'exécution : **DSL3** contrôle étendu, par tierce partie.

Niveaux de supervision de projet	Caractéristiques	Exigences minimales recommandées pour le contrôle des calculs, des plans et des spécifications
DSL3 lié à RC3	Supervision élargie	Contrôle par tierce partie : Contrôle réalisé par un organisme différent de celui qui a préparé le projet
DSL2 lié à RC2	Supervision normale	Contrôle réalisé par des personnes différentes de celles initialement responsables et en conformité avec la procédure de l'organisme.
DSL1 lié à RC1	Supervision normale	Auto-contrôle : Contrôle réalisé par la personne qui a préparé le projet

Le contrôle par tierce partie sera réalisée par le bureau du Pole Ouvrage d'art d'ARTELIA de Bordeaux.

- Niveau de contrôle pendant l'exécution : **IL3** contrôle étendu, par tierce partie.

Tableau 6 : Niveau de contrôle IL

Niveaux de contrôle	Caractéristiques	Exigences
IL3 Lié à RC3	Contrôle étendu	Contrôle par tierce partie
IL2 Lié à RC2	Contrôle normal	Contrôle conforme aux procédures de l'organisme
IL1 Lié à RC1	Contrôle normal	Auto-contrôle

2.1.8. Réseaux
2.1.8.1. RESEAUX SUR OUVRAGE

A titre de précaution, 2 fourreaux DN160 seront prévus dans les caniveaux-corniches ou noyés dans du béton de remplissage du trottoir de service.

NB : Dans le cas d'un ouvrage à câble (ouvrage en précontrainte extradossée ou haubanée), il sera prévu des réservations techniques dans le béton de remplissage du trottoir de service pour le passage de câbles de caméras vidéos.

2.1.8.2. RESEAUX SUR L'EMPRISE DES TRAVAUX

Dans le cadre des travaux de requalification des digues de part et d'autre du Grand Rhône, le SYMADREM a identifié plusieurs réseaux dans la zone du Bac du Barcarin qui constitue une zone urbanisée. Le tableau ci-dessous :

Tableau 7 : Synthèse des réseaux dans la zone du projet

Gestionnaire	Type de Réseau	Secteurs concernés
ENEDIS	HTA aérien	De la Louisiane jusqu'à l'église de Barcarin
	BT torsadé	Bac de Barcarin
	BT Souterrain	
	Poste électrique	Eglise de Barcarin
RTE	Ouvrage fourreaux PEHD pleine terre	Eglise de Barcarin
GRT-Gaz	Conduite de Gaz DN80 enterré,	Amont de la maison du bac
		Chemin du bac de Barcarin
		Route de la Mer
EDF	Poteau EDF (HTA et BT)	Rive gauche après la digue (RD 35b) Rive droite à proximité de la maison du Bac
	Ligne électrique	
	Disjoncteur général compact 250A triphasé + neutre différentiel 1A	
	Armoire électrique comprenant l'alimentation de la maison du passeur (Rive Droite), la commande de la passerelle métallique et de l'ancien feu rouge hors service et l'alimentation des panneaux lumineux d'information	
	Pylône EDF (HTB)	
Orange	Ligne téléphonique (Artère pleine terre)	Eglise du Barcarin
	Ligne téléphonique (Artère aérienne)	Lieu-dit Barcarin
		Bac du Barcarin
	Ligne téléphonique (conduite allégée)	Eglise du Barcarin
AEP	Conduits en PEHD $\phi 50$	A proximité de la maison du Bac en rive droite
Saur	Réseau d'assainissement (Classe C)	Lieu-dit Barcarin et église

La situation des lieux-dits est présentée comme suit :


Figure 16: Localisation des lieux-dits
2.1.9. Equipements et superstructures
2.1.9.1. ETANCHEITE ET REVETEMENT

A ce stade de l'étude préliminaire, nous prévoyons une chaussée routière de 0.11 mètre d'épaisseur (0.03 m de système d'étanchéité + 0.08 m de couche de roulement). Sur chaque bord, la chape d'étanchéité du type complexe épais ou liquide (SEL) sera relevée verticalement dans une engravure le long des longrines supports des dispositifs de sécurité. La hauteur des trottoirs devra donc être calée selon cette disposition.

2.1.9.2. JOINTS DE DILATATION

Les culées seront équipées d'un joint de chaussée dont le soufflé sera adapté à la dilatation respective des deux extrémités de la structure. Ils seront poursuivis sur le trottoir et les longrines d'ancrage des barrières de sécurité par joints de trottoir.

Les joints de chaussée et de trottoirs seront définis en phase PRO.

2.1.9.3. DISPOSITIFS DE RETENUE

L'indice de danger (ID) est défini selon la méthodologie proposée par le guide SETRA « Choix d'un dispositif de retenue en bord libre d'un pont en fonction du site ». Nous présentons ci-dessous le détail du calcul de l'ID.

Critères	Normes				Trafic (V/j)	Retenue	Valeurs
Trafic (Volume arrondi en V/j par sens de circulation)					2000	10	10
Trafic poids lourd	Voies à grande circulation et AR		Autres Voies			(1-D)	0
	Faible (1-A)	0	Faible (1-D)	0			
	Normal (1-B)	1 (Cf. texte)	Normal (1-E)	1			
Niveau de service	Voiries Peu importantes: Chemins ruraux, forestiers, voies communales (1-F):		Autres voies (1-G)	Autoroutes et routes du schéma directeur (1-H)		(1-G)	0
	-1		0	1			
Tracé	R _{inf} à 1,5 R _{nd} (1-I)		1,5 R _{nd} à R _{nd} (Normal non déversé) (1-J)	R _{nd} à R _m (minimum) (1-K)	R _m (1-L)	(1-I)	0
	0		1	3	4		
Pente	Pente inférieure à 4% sur 300 m (1-M)		Pente supérieure à 4% sur 300 m (1-N)	Par tranche de 3% supplémentaire (1-O)		(1-N)	2
	0		2	2			
Courbure	Distance de visibilité supérieure à celle requise pour la vitesse de référence de l'itinéraire (1-P)		Distance de visibilité inférieure à celle requise pour la vitesse de référence de l'itinéraire (1-Q)			(1-P)	0
	0		1				
Points de conflits	Non (1-R)		Oui (sauf carrefour giratoire) (1-S)			(1-R)	0
	0		2				
Longueur de brèche	Lb < 10 m (1-T)	10 m < Lb < 30 m (1-U)	Lb > 30 m (1-V)			(1-V)	4
	Voir texte (on donne pas de valeur)		2				
Total ID1							16
ID 2	Hauteur de chute	h < 4 m (2-A)	4 m < h < 8 m (2-B)	8 m < h < 10 m (2-C)	h > 10 m (2-D)	(2-D)	5
	0		1	3	5		
ID 2	Profondeur de l'eau	P < 2 m (2-E)		P > 2 m (2-F)		(2-F)	5
	0		5				
Total ID2							5
ID 3	Voies Franchies (trafic par sens)	T < 1 000 V/j (3-A)	1 000 < T < 10 000 V/j (3-B)	T > 10 000 V/j (3-C)		(3-A)	0
	0		2	5			
	Voies Ferrées	Cf. Annexe 1 (3-F)					
ID 3	Présence humaine	Densité < 10 Habitants /hectare (3-E)	10 < d < 1 000 (3-F)	d > 1 000 (3-G)		(3-E)	0
	0		5	Cf. texte			
Total ID3							0
ID1 + ID2		ID1 + ID3		ID		DR RETENUE	
21		16		21		Barrière de niveau N ou Solution B	

Figure 17: Estimation de l'Indice de Danger

L'analyse conduit à ID = 21.

L'indice est principalement lié au niveau de trafic sur la RD35b (estimé 2000 véh/jr) et à la conséquence d'une chute pour l'occupant d'un véhicule du fait de la présence du Rhône.

L'indice ID = 21 conduit au choix des dispositifs de retenue suivants :

- Les solutions B ou barrière de niveau N
- Les solutions C*

L'analyse du paragraphe 5.4.4 du guide du Sêtra, Choix d'un dispositif de retenue, nous conduit à opter pour un dispositif de retenue C1 (Barrière type GBA et garde-corps). La barrière type GBA permet de séparer la voie verte et le trottoir des voies de circulation. Elle présente plusieurs avantages :

- Elle est simple à mettre en œuvre et économique ;
- Elle peut être utilisée sur les sections hors ouvrage,
- La déflexion dynamique est nulle,
- Elle ne nécessite aucun entretien particulier

2.1.9.4. ECRANS ANTIDEVERSEMENT

Les écrans de retenue de chargement sont mis en place dans les cas suivants :

- Jumelage de la voirie à une plateforme ferroviaire (cf. guide technique Gefra : Jumelage des plates-formes ferroviaires et routières ou autoroutières, aide à la définition des dispositifs de protection anti-pénétration) ;
- Dans le cas où la chute d'un colis présenterait un très haut niveau de risque pour les tiers :
 - Franchissement de LGV ou autre ligne ferroviaire à haut niveau de risque ;



Figure 18 : Exemple d'écran anti-déversement pour le franchissement de la LGV SEA par l'A10 à hauteur de Fontaine-le-Compte – source : image street-view

- Pour des viaducs autoroutiers de grande hauteur franchissant des vallées avec un fort bâti



Figure 19 : Exemple d' « écran de retenue d'objet » sur le viaduc de l'A57 à Rive-de Gier - Source : image street-view

- Ces barrières sont assimilables à un niveau de retenue H3, ce qui est surdimensionné dans le cas de l'ouvrage du franchissement du Rhône (confère paragraphe précédent).

Aucun des cas précités ne correspond donc à celui de notre étude.

En outre, la présence du trottoir et de la voie verte (largeurs respectives 2,00 m et 3,00 m) à l'arrière des GBA réduit le risque de chute de colis. En effet, le gabarit d'intrusion des véhicules d'une GBA (1,20 m) est inférieur à la largeur de la voie verte (3,00 m) ou du trottoir (2,00 m).

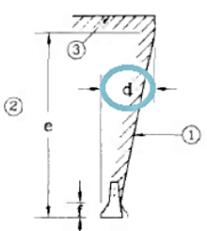
		a	b	c	d	e	f	g
DBA et GBA					1,20 m	3,80 m	0,33 m	
<p>① Limite de zone où l'implantation d'écran ou d'éléments d'écran est possible en considérant que le chargement reste solidaire du véhicule</p> <p>② Zone où l'implantation d'écran ou d'éléments d'écran est fortement déconseillée</p> <p>③ Gabarit</p>								

Figure 20: Extrait de la figure 41- Tableau des gabarits conseillés des principales barrières - du guide SETRA « barrière de sécurité pour la retenue des poids lourds – barrières de niveau H2 ou H3 »

De tout ce qui précède, il n'apparaît pas nécessaire de prévoir un écran anti déversement écrans de protection acoustique.

Nota : L'écran de déversement peut très bien être intégré à l'ouvrage pour assurer une protection contre les jets d'objets divers de la part des usagers du pont.

2.1.9.5. ASSAINISSEMENT

L'ouvrage présente un profil en long parabolique saillant de rayon R= 3500 m compte tenu du gabarit navigable à assurer en travée centrale. De part et d'autre du raccordement, on assiste à une pente constante de 4% jusqu'aux culées. Transversalement, la chaussée est déversée en toit avec un devers de 2,5 %. Ces pentes sont suffisantes pour assurer l'écoulement des eaux sur l'ouvrage.

La présence de dispositif de retenue MVL de part et d'autre des deux voies de circulation de largeur 2,80 m, nous permet de mettre en place des caniveaux/fil d'eau en asphalte gravillonné. En effet, ce matériau présente plusieurs avantages :

- Il est plus imperméable que les matériaux classiques des couches de roulement,
- Il est plus lisse, permet un écoulement plus facile

Au vu de la longueur importante de l'ouvrage, il sera nécessaire de mettre en place un drainage systématique en incorporant un réseau de drain longitudinaux et d'avaloirs ou gargouilles. Le principe est illustré en Annexe A.

Aux extrémités de l'ouvrage, nous envisageons des corniches caniveaux pour l'évacuation des eaux de la voie verte et du trottoir. Les dimensions et le principe de dimensionnement des caniveaux-corniche sont présentées en Annexe A

2.2. DONNEES NATURELLES

2.2.1. Topographie

De manière générale, le site d'étude, majoritairement occupé par des parcelles agricoles ou des champs d'élevage est relativement plat, proche d'une altitude de 1,15 m NGF en RD (Rive Droite) et 1,00 m NGF en RG (Rive Gauche).

La topographie est seulement marquée par la présence des deux digues implantées de part et d'autre du Rhône et qui le canalisent. Ces digues, gérées par le SYMADREM, culminent à 3,50 m NGF environ.

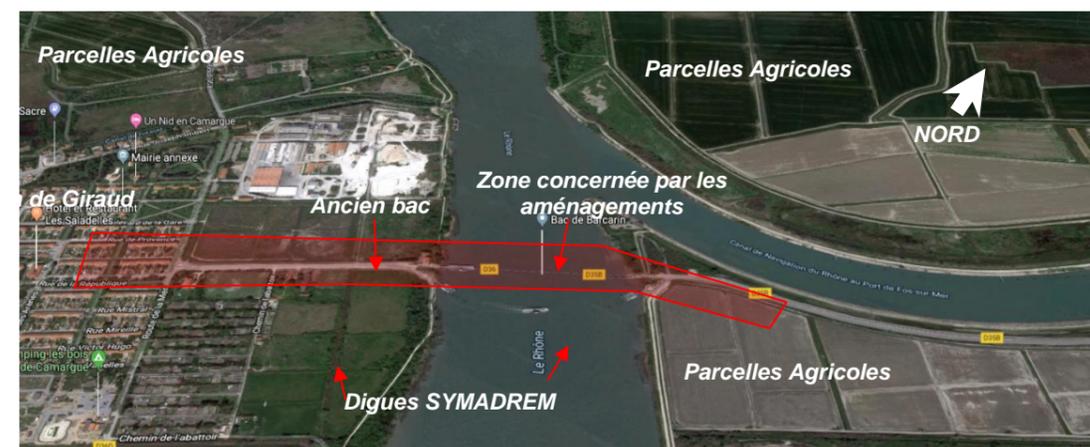


Figure 21 : Topographie du site

Un profil en long schématisé établi sur l'axe de la zone du franchissement est présenté ci-après à titre indicatif, ainsi que quelques clichés du site.



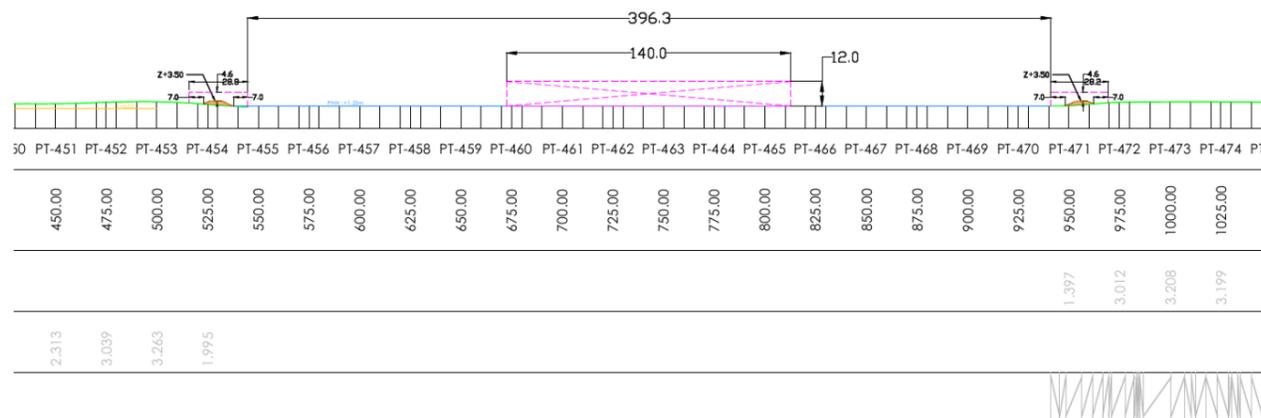


Figure 22 : Profil en long schématique du franchissement du Rhône



Photo 3 : Digue en rive droite



Photo 1: Vue de la zone du franchissement depuis la rive gauche



Photo 2 : Digue en rive gauche - Espace agricole en rive gauche

2.2.2. Géologie et géotechnique

2.2.2.1. NORMES ET REFERENTIELS

Les principales normes qui seront utilisées pour le dimensionnement des ouvrages géotechniques sont les suivants :

- Eurocode 7 et les normes d'application associées principalement NF P 94-262
- Eurocode 8 : séisme

2.2.2.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'un point de vue géologique, la zone du projet se situe dans un secteur assez homogène.

Il convient avant tout de préciser que le sol de surface est composé de limons argilo-sableux ou argilo-tourbeux assez compressibles. Les reconnaissances de sols devront donc prévoir des essais de compressibilité.

D'après les études qui ont été menées par le CETE, les formations en présence sont composées d'alluvions du Rhône (dépôts associés aux eaux douces ou légèrement saumâtres) sous forme de limons, silts et sables, ou de limons épais, plus ou moins consolidés, ou de sables fluviaux.

Dans le cadre de leurs études, trois sondages ont permis d'approcher la structure géologique suivante :

- Un sondage à 2.5 km au sud du bac de Barcarin, rive droite, d'une profondeur totale de 40.90, a permis de traverser les formations alluviales limoneuses et de rencontrer un horizon de cailloutis de Crau à 40.40 m de profondeur,
- Un sondage à 4.35 km au Nord du bac, a traversé l'holocène sur 28 m et a été arrêté sans rencontrer l'horizon de cailloutis de Crau,
- Un sondage à 8.3 km au Nord du bac, en rive gauche, permet de retrouver cette formation de cailloutis à 15.20 m en profondeur.

Dans le cadre de notre étude, d'autres missions d'investigations géotechniques ont été envisagées jusqu'à des profondeurs de 50 m en rives et 40 m en fond de fleuve.

En outre, des données géologiques et géotechniques ont pu être collectées ; elles proviennent des ressources du BRGM : « <http://infoterre.brgm.fr> » ;

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 16 sur 88

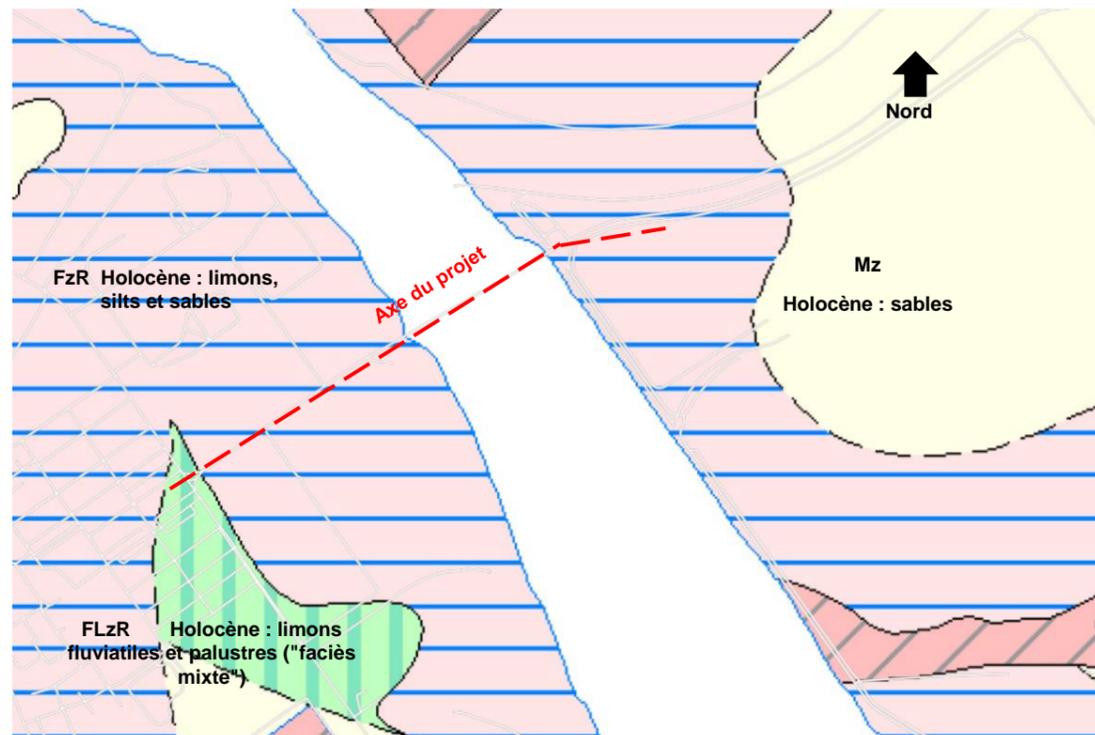


Figure 23 : Carte géologique – source : <http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do#>

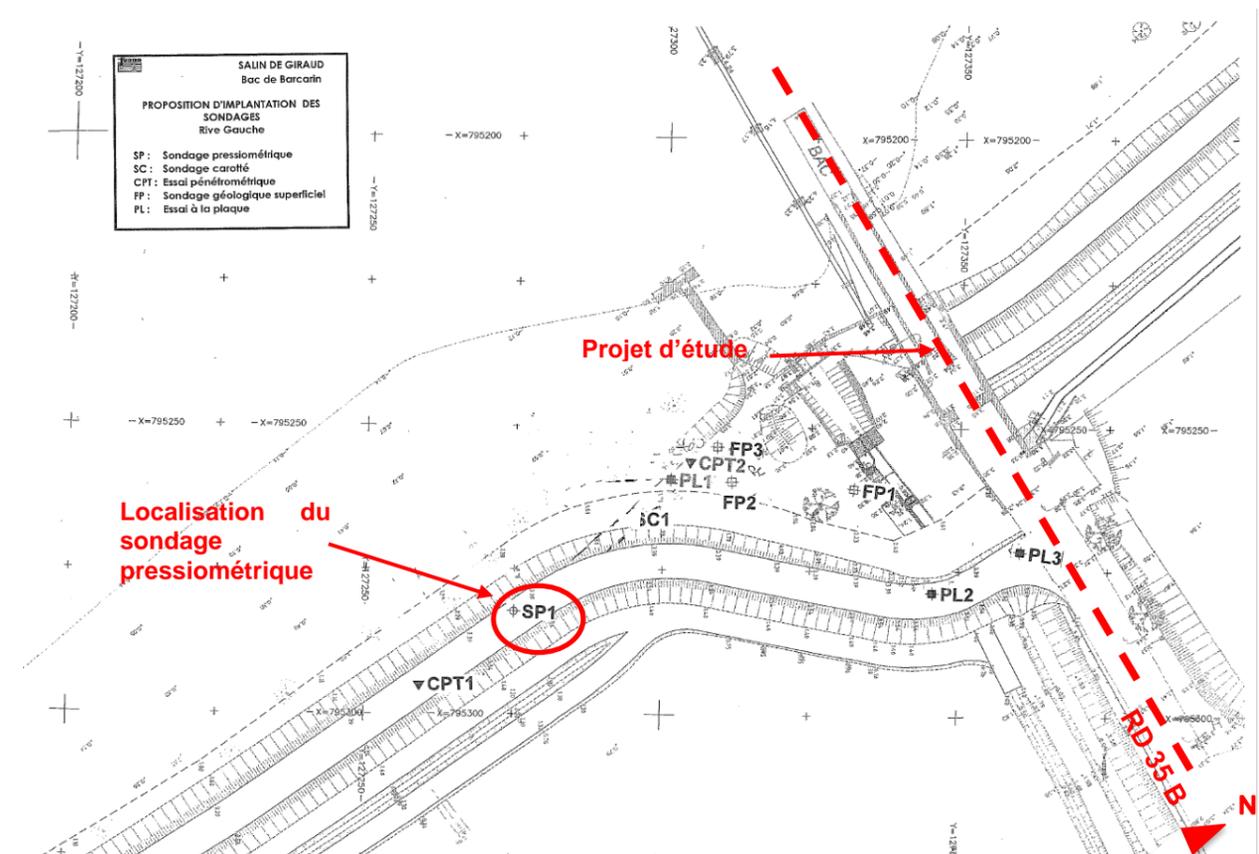


Figure 24 Implantation des sondages côté rive gauche

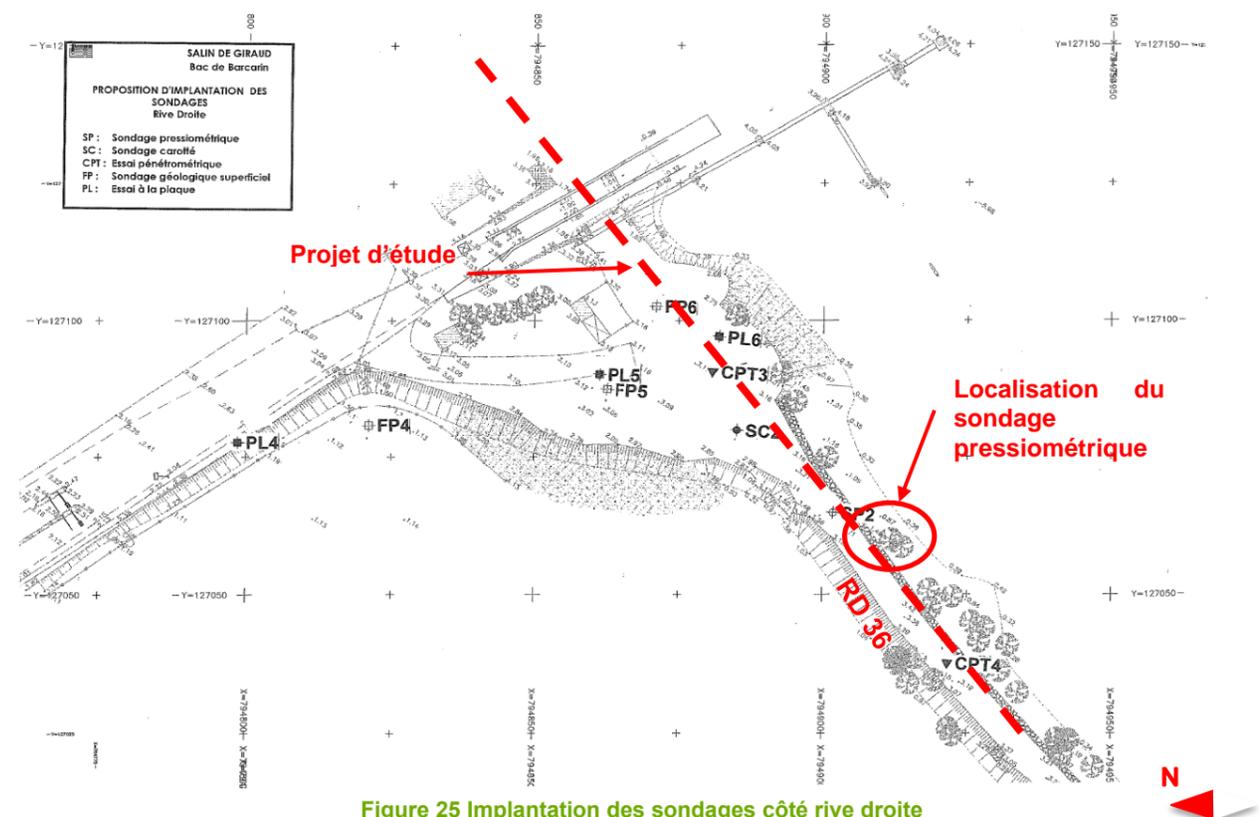


Figure 25 Implantation des sondages côté rive droite

2.2.2.3. DOCUMENTS CONSULTÉS

Les documents consultés dans le cadre de la rédaction de ce mémoire technique sont les suivants :

- Carte géologique du site : <http://infoterre.brgm.fr/viewer/>;
- Reconnaissances effectuées en 1996 dans cadre de la recherche de variantes de tracés par le CETE ;
- Reconnaissances effectuées en 2007 pour le projet de construction de nouvelles cales d'accostage (campagne FUGRO géotechnique).

2.2.2.4. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Une campagne de reconnaissance de sol et d'investigations géotechniques a été réalisée en 2007 par « FUGRO géotechnique » dans le cadre du projet de construction de nouvelles cales d'accostage pour le Bac de Barcarin à Salin De Giraud.

A ce stade des études, la détermination de la nature des fondations envisageables se fera sur la base des résultats de la campagne géotechnique de 2007.

Les figures ci-après montrent les implantations des sondages géotechniques qui ont été réalisés en rive gauche et droite.

Les principaux résultats de ces sondages sont les suivants :

Couches	Base de la couche- Rive gauche (NGF)	Base de la couche- Rive droite (NGF)	PI* (MPa)	E _M (MPa)
Limons plus ou moins sableux	2.65	2.45	0.18 à 0.52 MPa	1.5 à 6.3 MPa
Limons plus ou moins sableux	-4.15	-1.25		
Sables à passées argileuses	-6.85	-6.25	0.21 à 0.85 MPa	3.2 à 9.7 MPa
Alternance Limons-sable	-16.35	-20.25	0.21 à 0.92 MPa	1.9 à 20.2 MPa
Vases	-33.25	-34.85	0.21 à 0.43 MPa	1.2 à 2.5 MPa
Cailloutis de Crau	-41.76*	-44.75*	1 à 4.6 MPa	5.3 à 144 MPa

* Arrêt du sondage pressiométrique

2.2.2.5. HYDROGÉOLOGIE

Dans le secteur d'étude, le contexte hydrogéologique est caractérisé par la nappe alluviale du Rhône.

Les sondages effectués en 2007 donnent les niveaux d'eaux suivants :

- Rive gauche (SC1) : z = 0.3 NGF (20/08/2007)
- Rive droite (SC2) : z = 1.5 à 1.6 NGF (16 et 17/08/2007)

2.2.2.6. RISQUE DE LIQUEFACTION DES SOLS

Des sables peu denses ont été mis en évidence entre 5 et 10 m de profondeur environ présentent une densité relative faible à très faible de 35 à 40 %. Le projet se situe à l'interface des zones sismiques 0 et Ia.

Il convient donc, de prendre en compte le caractère potentiellement liquéfiable de cette couche sableuse

2.2.2.7. ORIENTATION POUR LE CHOIX DES FONDATIONS

Au vu des faibles caractéristiques mécaniques des couches superficielles de la nappe alluviale, des fondations profondes sont à considérer pour tous les appuis. Ces fondations doivent être ancrées au sein des cailloutis de Crau.

Les terrains superficiels, « les vases », sont compressibles et gorgés d'eau en raison de la présence du Rhône. Dans les investigations géotechniques ultérieures, des essais œdométriques au sein des vases doivent être établis afin de définir les valeurs des tassements et des durées de consolidation.

Ces conditions imposent la mise en place d'un tubage en partie supérieure des pieux. De même, les semelles des appuis immergées dans le Rhône devront être réalisées à l'abri d'un batardeau provisoire.

2.2.2.7.1. Appuis avec belvédère

Pour les ouvrages avec des appuis comprenant des aménagements type belvédère, il est nécessaire que la semelle soit affleurante. La cote des plus hautes est à +1.23 m NGF. La face supérieure de la semelle sera à une cote supérieure à la cote des plus hautes eaux. Le schéma ci-après est l'illustration d'une semelle affleurante avec aménagement type belvédère.



Figure 26 : Semelle affleurant

Pour la réalisation des pieux, un ponton sera mis en place avec une foreuse. La méthode de réalisation préconisée à ce stade est la méthode avec virole perdue sur toute la longueur du pieux (40 m environ). Les travaux se feront hors période de crue. Des cales type goussets seront fixées en tête des pieux pour la mise en place d'une plateforme. Elles permettront le coffrage de la semelle.

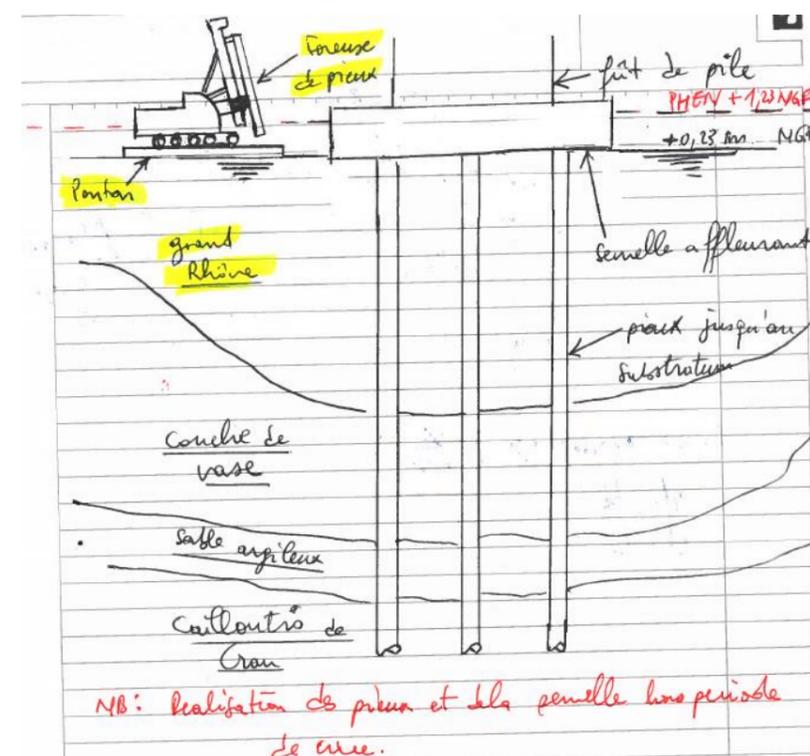


Figure 27 : Schéma de principe de réalisation des pieux

2.2.2.7.2. Appuis sans belvédère

Pour des appuis dans le Rhône ne nécessitant pas d'aménagement type belvédère, on procédera au battage de palplanches afin de constituer un batardeau étanche pour permettre la réalisation à sec des travaux. Le fond du batardeau sera rendu étanche par la réalisation d'un bouchon en béton immergé.

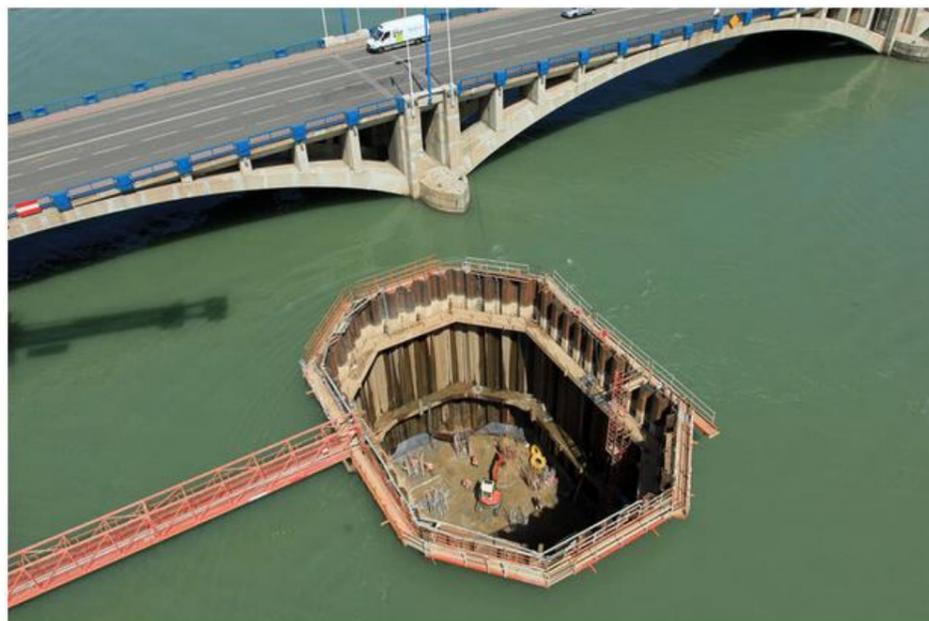


Photo 4 : Batardeau pour réalisation d'une fondation dans un cours d'eau



Photo 5 : Travaux de fondations du viaduc de la Saône

2.2.2.8. SYNTHÈSE ET MODÈLE GÉOTECHNIQUE

A partir des éléments qui nous a été fourni, le modèle géotechnique retenu est le suivant :

Tableau 8 : Stratigraphie retenue

Couches		Rive gauche (NGF)			Rive droite (NGF)	
		Cote du toit (NGF)	Cote de base (NGF)	Épaisseur couche (m)	Cote du toit (NGF)	Cote de base (NGF)
H0	Tout venant	3.35	2.65	0.70	3.25	2.45
H1	Limons plus ou moins sableux	2.65	-4.15	6.80	2.45	-1.25
H2	Sables à passées argileuses	-4.15	-6.85	2.70	-1.25	-6.25
H3	Alternance Limons-sable	-6.85	-16.35	9.50	-6.25	-20.25
H4	Vases	-16.35	-33.25	16.9	-20.25	-34.85
H5	Cailloutis de Crau	-33.25	-41.76*	8.51	-34.85	-44.75*

Tableau 9 : Caractéristiques géotechniques retenue pour le modèle géotechnique

Couches		Classe de sol	PI* (MPa)	E _M (MPa)	α
H0	Tout venant (Épaisseur neutralisée)		0,70 m	0,80 m	-
H1	Limons plus ou moins sableux	Argiles et limons	0.18 à 0.52 MPa	1.5 à 6.3 MPa	2/3
H2	Sables à passées argileuses	Sols intermédiaires	0.21 à 0.85 MPa	3.2 à 9.7 MPa	1/2
H3	Alternance Limons-sable	Sols intermédiaires	0.21 à 0.92 MPa	1.9 à 20.2 MPa	1/2
H4	Vases	Argiles et limons	0.21 à 0.43 MPa	1.2 à 2.5 MPa	1/2
H5	Cailloutis de Crau	Marne et calcaire Marneux	1 à 4.6 MPa	5.3 à 144 MPa	1/3

Les caractéristiques géotechniques sont presque similaires en rives gauche et droite. A ce stade des études, nous retenons les mêmes caractéristiques pour les deux rives.

2.2.2.9. ÉLÉMENTS DE PRÉDIMENSIONNEMENT DES PIEUX

Le calcul des fondations est mené selon les spécifications de l'Eurocode 7 et la norme NF P94-262.

Les reconnaissances ont mis en évidence l'horizon cailloutis à matrice argileuse de bonnes caractéristiques à partir des côtes :

- Rive droite : -35.50 NGF

- Rive gauche : -33.50 NGF

L'ancrage des pieux sera de 3 Ø minimum pour mobiliser au maximum l'effort de pointe. Nous prévoyons, à ce stade des études, des pieux de 1.2 à 2 m de diamètre, d'au moins 40 m de long. Ces pieux en béton armé seront forés tubés.

Un prédimensionnement des pieux en rive est effectué à l'aide d'un tableur Excel avec les hypothèses suivantes :

- Modèle géotechnique retenu : rive droite avec une plate-forme de réalisation des pieux à +3.25 NGF / rive gauche avec une plate-forme de réalisation des pieux à +3.35 NGF
- Pieux forés tubés avec virole perdue (cat. 3) et avec virole récupérée (cat. 4) ;
- Pieux Ø 1200 mm et Ø 2000 mm ;
- Contrainte max dans le béton : 5 MPa (ELS Caractéristique) ;
- Calcul selon EUROCODE 7 – Norme NFP 94-262 ;

Le tableau résume les longueurs de pieux pour les hypothèses ci-dessus :

Tableau 10 : Capacités portantes maximales de pieux en fonction de la longueur

	Ø 1200 (cat. 3*)	Ø 1200 (cat. 4*)	Ø 1200 (cat. 3)	Ø 1200 (cat. 4)	Ø 2000 (cat. 3)	Ø 2000 (cat. 4)	Ø 2000 (cat. 3)	Ø 2000 (cat. 4)
Côte PF (NGF)	2.65							
Portance max (caractéristique) en compression pour contrainte dans béton de 5 MPa (kN)	3733	5609	3014	4520	7819	10947	6569	9079
Portance max (caractéristique) en traction (kN)	1457	2718	1036	2048	2428	4530	1727	3414
Côte fond de pieu (NGF)	-37.35	-37.35	-34.35	-34.35	-37.35	-37.35	-34.35	-34.35
Longueur pieux (m)	40	40	37	37	40	40	37	37
Toit de l'horizon d'ancrage (NGF)	-33.25(horizon H5)				-33.25 (horizon H5)			
Validation de l'ancrage (3 Ø ou 1.5 m pour Ø>0.5 m)	> 1.5 m : validé		> 1.5 m : Prolongement du pieux de 0,4 m		> 1.5 m : validé		> 1.5 m : Prolongement du pieux de 0,4 m	

Cat 3 : Pieux foré tubé (virole perdue)

Cat 4 : Pieux foré tubé (virole récupérée)

Le calcul détaillé est présenté en **Annexe B**.

Les pieux forés tubés (viroles récupérées) offrent une meilleure capacité portante que les pieux forés tubés (viroles perdues).

Afin d'optimiser les longueurs de pieux ou le nombre de pieux, il conviendra d'adopter une technique de réalisation des pieux permettant de descendre les tubages dans la couche de Cailloutis de Crau et de pouvoir les retirer lors du bétonnage.

2.2.3. Hydraulique

Le niveau des plus hautes eaux navigables du grand Rhône est de +1.23 m NGF.

L'île de Camargue, enserrée par les deux bras du Rhône et isolée par son système de digues, est une entité hydrologique homogène au fonctionnement autonome. Toute la zone est aménagée par un réseau d'irrigation et de drainage adapté à la riziculture.

Le plan du Bourg, en rive gauche du Rhône constitue une zone de rencontre entre le fleuve et la Costière de Crau.

Les marais salants (les Salins) sont totalement endigués et la circulation de l'eau à l'intérieur est entièrement gérée par des vannes et des pompes.

2.2.4. Sismique

Les effets sismiques sur la structure sont définis conformément à l'Eurocode 8, son annexe nationale et ses Décrets et Arrêtés d'application :

- Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique, fixant le cadre général pour l'application des règles de construction parasismiques en France ;
- Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- Arrêté du 26 octobre 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux ponts de la catégorie dite « à risque normal ».

Selon le zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1er Mai 2011, l'ensemble de la zone d'étude se situe en zone de sismicité 2 (faible).

Zonage sismique
en Provence-Alpes-Côte d'Azur

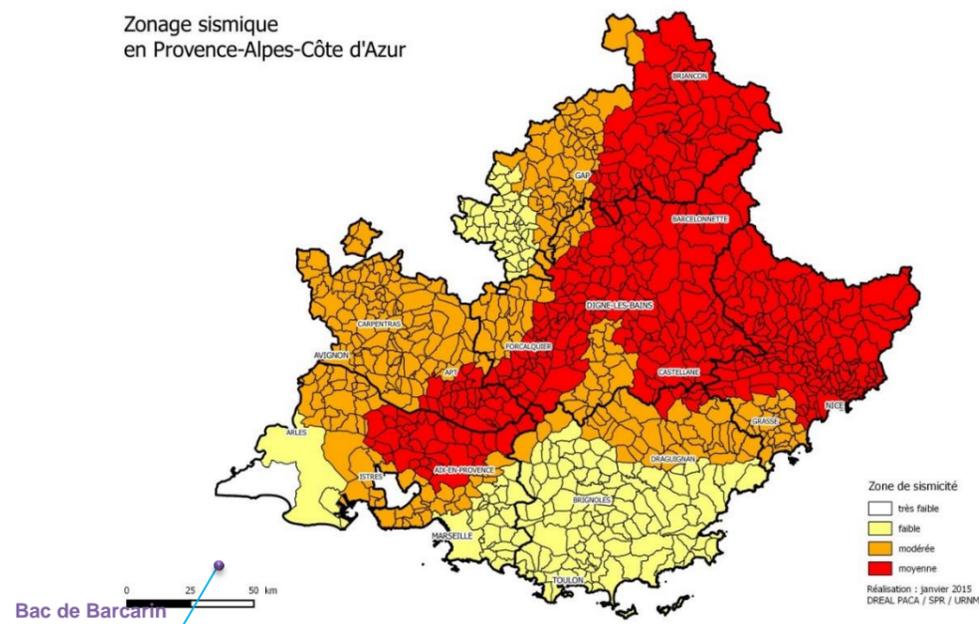


Figure 28 : Carte du zonage sismique – Source DREAL PACA/SPR/URNM

D'après l'arrêté du 26 octobre 2011 relatif aux ponts pour la représentation de l'action sismique. Les hypothèses à retenir sont les suivantes :

Accélération horizontale au rocher : $a_{gr} = 0.7 \text{ m/s}^2$;

Catégorie d'importance : III pour les OA et III pour les remblais voisins ($\gamma_I = 1.2$) ;

Spectre de type 2 décrit dans l'arrêté ;

Rapport $avg/ag = 0.9$.

Résumé des données sismiques :

Tableau 11 : Tableau résumé des données sismiques

Zonage réglementaire			Influence du sol S_T		Catégorie d'importance γ_I	
Zone de sismicité	Niveau d'aléa	$a_{gr} \text{ (m/s}^2\text{)}$	Classe de sol	S (zones 1 à 4)	Catégorie d'importance de l'ouvrage	Coefficient d'importance γ_I
Zone 1	Très faible	0.4	A	1	I	0.8
Zone 2	Faible	0.7	B	1.35	II	1
Zone 3	Modéré	1.1	C	1.5	III	1.2
Zone 4	Moyen	1.6	D	1.6	IV	1.4
Zone 5	Fort	3	E	1.8	-	-

2.2.5. Climatologie

Les phénomènes climatiques et météorologiques sont à prendre en compte dans le dimensionnement des ouvrages en phase travaux et en service. Il s'agit notamment des effets du vent, de la température, de la pluviométrie et de l'hygrométrie.

Leurs incidences sur les changements climatiques et la montée des eaux du Rhône sont développées dans le document « RD35b_EP_R4_Rapport EP ».

2.2.5.1. EN PHASE DE SERVICE

Vent

Les efforts de vent appliqués à la structure sont définis conformément à l'Eurocode 1-1-4 et son annexe nationale.

Selon la carte des vitesses moyennes sur le territoire de France métropolitaine donnée dans l'annexe nationale de l'EC1-1-4, le département des Bouches du Rhône est classé en zone 3 correspondant à une vitesse de référence du vent $v_{b,0}$ de 26m/s (94km/h).

Au stade de cet EPOA, nous considérons une pression de vent de 150 kg/m².

Température

Les effets sur les structures liées aux variations de températures sont définis selon l'EC1-1-5 et son Annexe Nationale pour le département des Bouches du Rhône :

- Variation de température uniforme :
 - $T_{max} = 40^\circ\text{C}$
 - $T_{min} = -15^\circ\text{C}$
 - $T_0 = 10^\circ\text{C}$
- Gradient thermique :
 - Fonction de la structure envisagée ;
 - Pour une structure métallique : $\Delta_{TM,heat} = 18^\circ\text{C}$ et $\Delta_{TM,cool} = 13^\circ\text{C}$ (pour un revêtement de 100 mm). Ces valeurs seront corrigées en tenant compte de l'épaisseur totale de 150 mm du complexe « revêtement + étanchéité » dans le cas où cette correction produit un effet défavorable.
 - Pour une structure mixte, l'effet du gradient thermique est représenté par une différence de température de 10°C entre le hourdis en béton et le PRS métallique.
 - Pour un treillis, le gradient thermique est induit par application d'une variation de température uniforme, et égale à ce gradient, sur la membrure supérieure seule.

Pluviométrie :

L'intensité pluvieuse de référence est définie selon le guide SETRA « assainissement des ponts route » et pour une période de retour de 10 ans. Le site d'étude est situé en zone III, c'est-à-dire que l'intensité pluvieuse est de $I_{10} = 200 \text{ mm/h}$.

Hygrométrie :

En l'absence de données sur l'hygrométrie ambiante moyenne dans la zone du projet, nous considérons la valeur de l'EC2-1 exprimée en pourcentage d'humidité relative. Le projet étant localisé dans le quart Sud-Est de la France, la valeur de l'hygrométrie à considérer est $RH = 55\%$.

2.2.5.2. EN PHASE TRAVAUX

Les efforts de vent appliqués à la structure en phase travaux sont définis conformément à l'Eurocode 1-1-4 et son annexe nationale. Leur période de retour pourra être modulée en fonction de la durée de la phase de chantier considérée.

2.3. ENVIRONNEMENT, INSERTION DANS LE SITE

2.3.1. Les eaux superficielles

L'ouvrage permet le franchissement du Grand Rhône. A environ 200 m de l'axe du tracé du franchissement au Nord, se trouve le canal de navigation du Rhône vers le port de Fos-sur-Mer. Au Sud, le grand Rhône permet de desservir Port-st-Louis.

Le niveau des plus hautes eaux du grand Rhône est de +1.23 m NGF. Sa largeur relevée est d'environ 400 m avec une passe navigable de 140 m.

2.3.2. Inondations

Selon le rapport de synthèse des études environnementales, la Camargue est une plaine d'inondation deltaïque entièrement protégée par un endiguement dans sa partie centrale.

Sur le site d'étude à Salin de Giraud, les crues du Rhône sont contenues par les digues aménagées de part et d'autre. Ces digues, dont la gestion revient au SYMADREM sont dimensionnées pour retenir des niveaux de crues milléniales.

Le Rhône est donc confiné sur une emprise limitée et les terrains en rives sont protégés par les digues. Ces dernières ont fait l'objet d'études de requalification selon les stipulations du schéma de gestion des inondations du Rhône aval du plan Rhône. Il prévoit que l'arrêté d'autorisation du renforcement des digues de Salin de Giraud et Port-Saint-Louis-du-Rhône soit obtenu à l'été 2020 pour une fin des travaux de protection millénaire fin 2023. Le SYMADREM veille à la réalisation du programme de sécurisation des digues.

2.3.3. Les eaux souterraines

L'île de Camargue possède deux aquifères :

- Une nappe superficielle salée au sein des dépôts récents (sables, limons, argiles) d'origine laguno-marine et fluviatile. Ces terrains sont très peu perméables et saturés en eau.
- Une nappe profonde installée dans les formations conglomératiques de cailloutis (nappe de la Crau). Elle est également salée dans la zone de biseau entre les deux nappes.

Le plan du Bourg possède une nappe superficielle alimentée en eau douce par l'émergence de la nappe de la Crau. L'aquifère est composé de limons récents très perméables.

2.3.4. Enjeux écologiques

La Camargue recèle une importante richesse patrimoniale (faune, flore, habitat et paysage) et le territoire est soumis à des protections fortes réglementaires ou non (ZNIEFF, Natura 2000, ZICO, PNR de Camargue, etc.).

Les principaux enjeux locaux (fuseau centre) sont résumés en fonction des tracés de franchissement du Rhône au chapitre 15.1, tableau 22 des Etudes Préliminaires.

Le recueil de données bibliographique met en avant, pour la réalisation de l'ouvrage d'art dans le fuseau centre, des enjeux localisés au niveau de :

- La digue et ses bordures (berges et cordons arborés) : zones qui concentrent des effectifs importants et qui constituent des habitats préférentiels ;
- Les mas environnants : gîtes de plusieurs espèces de chiroptères ;
- Les arbres creux aux abords de la digue : gîtes d'importants contingents de chiroptères ;
- Les berges du Rhône : territoires du castor
- La ripisylve sur les berges, le ségonnal et autour des ouvrages : Secteurs de nidification d'espèces d'oiseaux et axes et supports aux déplacements de certaines espèces (mobilité locale et migration).

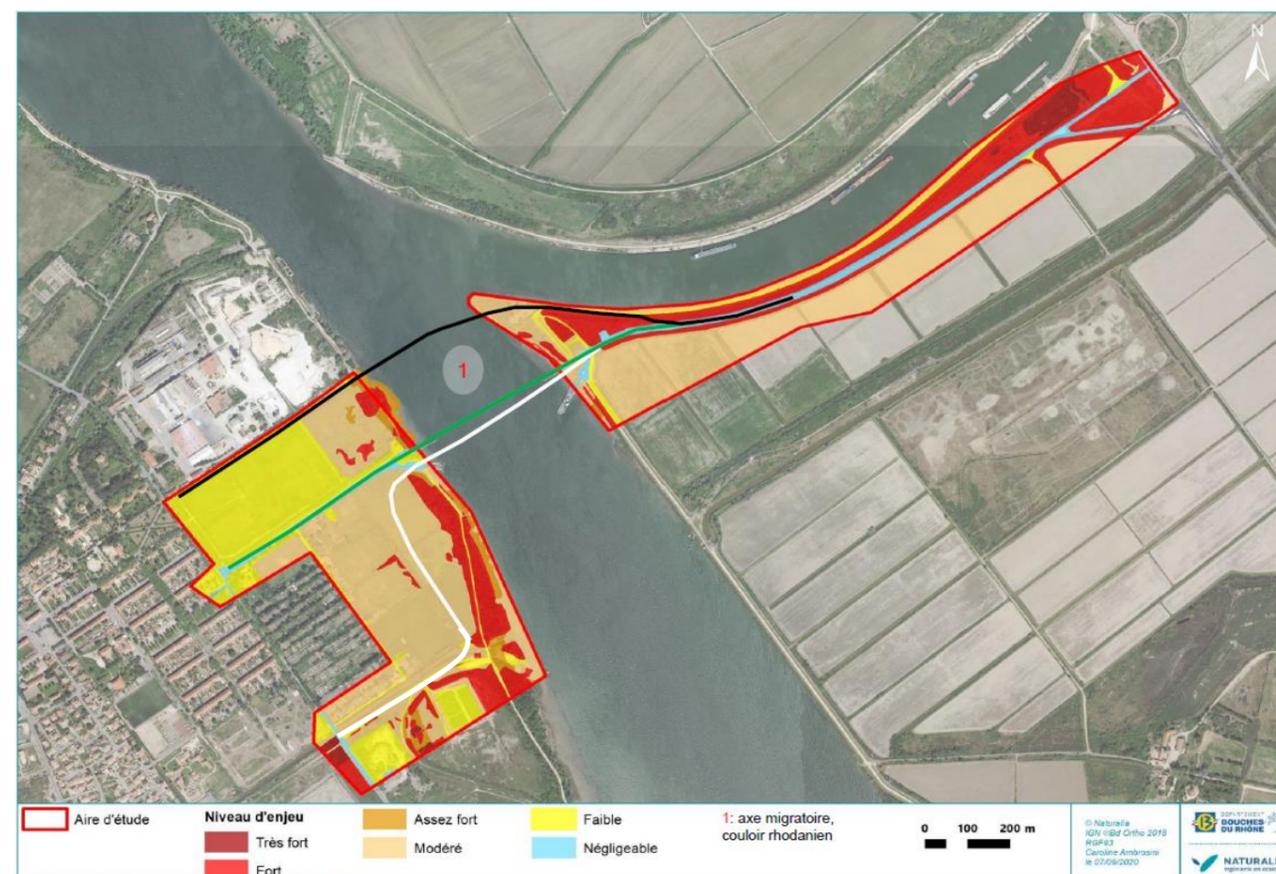


Figure 29 : Localisation des tracés étudiés dans le fuseau Centre vis à vis des enjeux écologiques – Naturalia 2020

Le détail des enjeux relevés lors des inventaires faune flore et habitat sont donnés dans le rapport en annexe 3 du rapport d'études préliminaires.

2.3.5. Patrimoine

2.3.5.1. SITES CLASSES ET INSCRITS – MONUMENTS HISTORIQUES

Au sud du point de franchissement projeté du Rhône se trouve une ripisylve classée Espace Boisé Classé au POS d'Arles (cf. Dossier des Etudes Préliminaires)

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 22 sur 88

Selon les articles :

- L.621-1 et suivant L6.42-1 et suivants du Code du patrimoine
- L.313-1 à L313-3 et L.313-11 à L.315-15 du Code de l'urbanisme,
- L6.21-30

Est considéré comme étant situé dans le champ de visibilité d'un immeuble classé ou inscrit tout autre immeuble, nu ou bâti, visible du premier ou visible en même temps que lui et situé dans un périmètre de 500 m (Cf. document intitulé FT diagnostic environnement_VA_090707).

Le projet n'intersecte pas avec les monuments historiques de Salin de Giraud et de Port Saint Louis du Rhône).

2.3.5.2. VESTIGES ET ZONE DE PRESOMPTION DE PRESCRIPTION ARCHEOLOGIQUE

La carte ci-après indique les emprises de zone de présomption de prescriptions archéologiques :

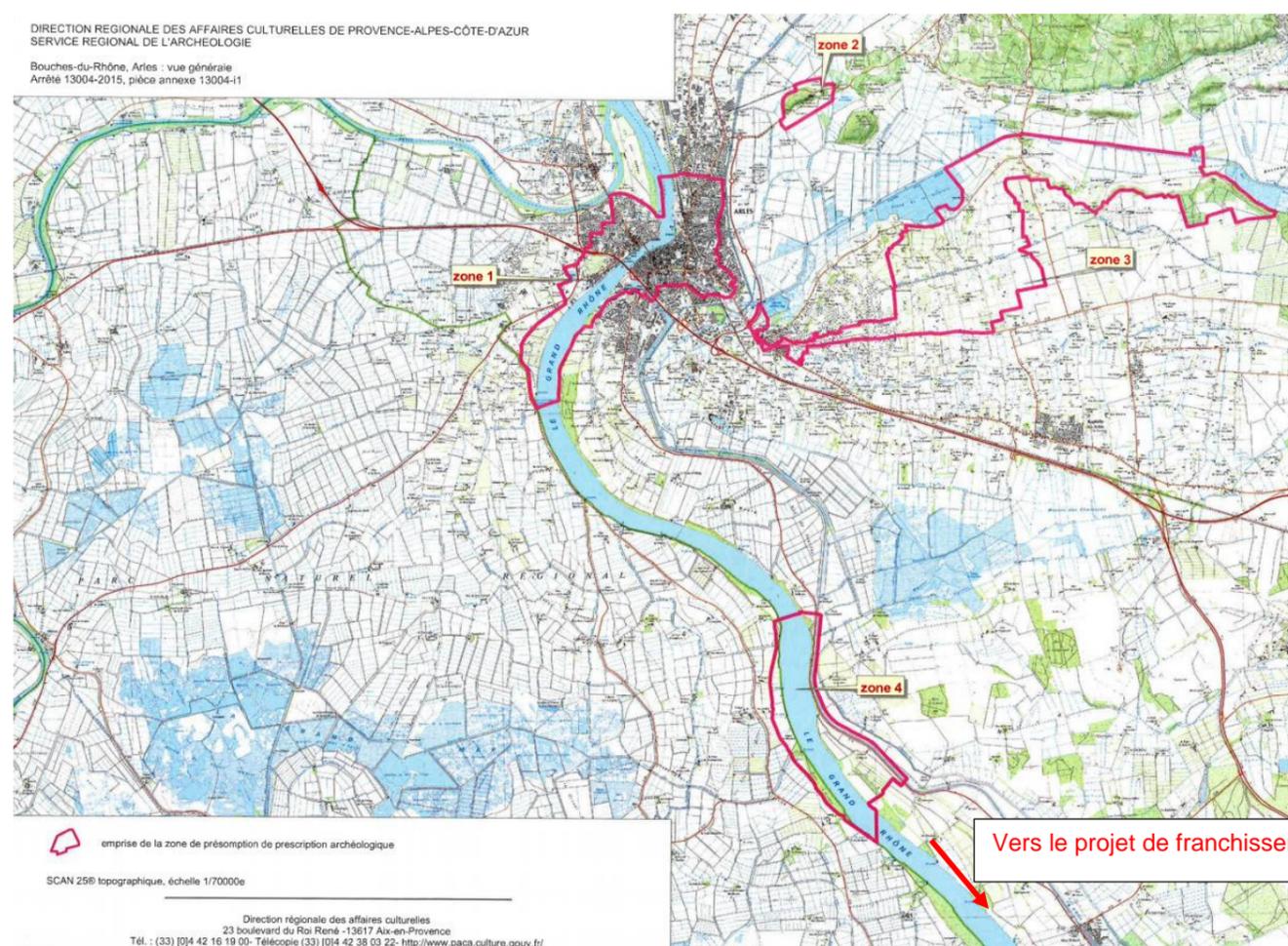


Figure 30 : Localisation des zones de présomptions archéologiques- source DRAC PACA

Le secteur d'étude n'est pas concerné par un site ou une zone de présomption de site archéologique.

2.3.5.3. ZPPAUP

Le secteur d'étude n'est pas compris dans une zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager.

2.3.6. Paysage

2.3.6.1. CONTEXTE PAYSAGER

2.3.6.1.1. Enjeux globaux

Les unités paysagères définies dans le diagnostic territorial datant de Mai 2006 sont les suivantes :

- **La frange maritime** est composée d'une ligne rejoignant la mer et renforçant l'impression d'immensité du territoire. Les dunes constituant la seule limite perceptible
- **L'empreinte du sel** : Paysage industriel de lagunes artificielles striées de digues, îlots émergés, radeaux et montilles abritant une riche avifaune
- **La sansouire** : élément du patrimoine paysager camarguais important. Sur cette unité se côtoient une diversité de milieux formant des nuances paysagères : rizières, pelouses, roselières...
- **Les grandes cultures** occupent la haute Camargue où la culture du riz est dominante. Les mas et les silos constituent des points focaux importants,
- **Les couloirs rhodaniens** suivent les deux bras du Petit et du Grand Rhône, longés quasi en continu par de la ripisylve, traversée en de rares points par des ponts ou des bacs ;
- **Le bocage périurbain** : paysage en mutation correspondant au secteur de la périphérie arlésienne. Le mitage de ce territoire rend difficile la perception de son organisation ;
- **La Crau** : immense plaine caillouteuse et aride, ponctuée par des chênes verts ;
- **Les friches** : concerne le Nord de Port Saint Louis du Rhône et du complexe industriel de Fos. Cette zone est sans grande valeur paysagère.

2.3.6.1.2. Contraintes locales

Tout le territoire situé au Nord de Salin de Giraud et de Port Saint Louis est dominé par la riziculture. Les mas et les silos constituent des points focaux importants.

En rive droite, les variantes du fuseau centre sont implantées dans une zone de friches périurbaines sans grande valeur paysagère, à l'exception de la variante sud dont le remblai est situé entre la ripisylve et les jardins familiaux dans une zone d'ambiance bocagère.

2.3.6.2. VEGETATION

Le secteur d'étude s'inscrit dans la ripisylve bordant le Grand Rhône. A proximité du franchissement de Rhône, une zone de sansouires pérennes a été identifiée.

Tout le territoire, situé en rive droite (côté Salin de Giraud) est classé Natura 2000 (ZSC et ZPS).

2.3.6.3. L'OUVRAGE DANS LE PAYSAGE

Le site d'implantation de l'ouvrage présente un paysage dont les caractéristiques principales sont :

- Une topographie plate et monotone ;
- Un caractère assez naturel.

Une attention particulière devra être portée à l'esthétique de l'ouvrage dans le but d'assurer une insertion harmonieuse dans l'environnement. L'ouvrage sera visible de loin compte tenu des caractéristiques du paysage.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 23 sur 88



Figure 31 : Topographie Plate du paysage

2.3.7. Bruit

Le projet est implanté en zone périurbaine déjà soumise au trafic lié à l'activité du Bac du Barcarin entre la D35b et la D36.

2.3.8. Assainissement définitif et provisoire

2.3.8.1. ASSAINISSEMENT DEFINITIF

Cf. paragraphe 2.1.9.5.

2.3.8.2. ASSAINISSEMENT PROVISOIRE

D'une manière générale les principes suivants devront être respectés :

- Les pistes et plateformes de chantier recevront les dispositifs nécessaires de recueil des eaux de ruissellement et de déversement accidentel qui transiteront par des dispositifs appropriés ;
- Des bassins étanches de décantation seront prévus pour éviter les pollutions éventuelles et empêcher le rejet d'eaux boueuses dans le cours d'eau ;
- Aucun rejet direct dans la nature des eaux ou de produits polluants du chantier n'est autorisé. Une attention particulière sera portée à la surveillance de l'entretien des engins de chantier ou lors de la mise en œuvre de produits dangereux.

2.3.9. Contraintes d'insertion dans le site

2.3.9.1. FLEUVE

La navigabilité du fleuve doit être assurée en dégagant un chenal de gabarit suivant :

- Une ouverture sans appui de 140 m, soit une passe de 80 m et une revanche de 30 m de part et d'autre de la passe navigable,
- Une hauteur libre sous ouvrage de 12 m au-dessus de la côte des plus hautes eaux navigables.

L'implantation de l'ouvrage sera définie de manière à assurer la continuité des chemins de halage présents sur les digues de rives du fleuve en tenant compte conditions de franchissement définies à ce stade du projet des digues en rive droite et en rive gauche :

- D'une hauteur libre minimale de 4,60 m au-dessus de la crête des digues,

- Du projet d'éloignement et de rehaussement des digues du SYMADREM.

Le rétablissement des chemins de halages s'effectuera par un passage sous l'ouvrage, les cheminements de pied de digues étant ramenés sur les chemins de crête par deux rampes de part et d'autre du franchissement.

2.3.9.2. OUVRAGE D'ART EXISTANT

Il n'existe aucun ouvrage d'art dans la zone d'étude qui pourrait être en inférence avec l'ouvrage projeté.

2.4. PARTI ARCHITECTURAL

2.4.1. Enjeux architecturaux

Les conceptions et réalisation d'Ouvrages d'Art en surplomb de cours d'eau (soumises à une exploitation continue) comportent des enjeux techniques importants. Cependant, l'opération doit aller bien au-delà et fournir une réponse pertinente entre les différentes entités du site, à savoir :

- Le Grand Rhône,
- Le parc régional de la Camargue et ces paysages variés (lacs, grandes plaines, marais salants, rizières plages...),
- Le village de Salin de Giraud,

Ces entités représentent autant de vocabulaires architecturaux / paysagers différents qu'il conviendra d'analyser méticuleusement afin de proposer un projet cohérent dans son environnement.

Outre ses avancées fonctionnelles, l'ouvrage pourra jouer un rôle majeur pour la visibilité du Parc Naturel Régional de la Camargue et de la ville de Salin de Giraud. Un vocabulaire architectural approprié, contemporain, peut notamment permettre de mettre en avant l'important patrimoine paysager de la région. L'ouvrage pourra symboliser et annoncer la richesse paysagère de la région pour les usagers.

Les abords du Grand Rhône sont arborés, ils offrent peut d'endroits d'observation de son patrimoine paysager. L'ouvrage représente une opportunité exceptionnelle d'offrir un point de vue remarquable sur le cours d'eau.

2.4.2. Etude Architecturale

La qualité de la conception découlera d'une analyse soignée et étayée du site, de ces abords architecturaux, paysagers et urbains, des flux rencontrés et des enjeux de l'opération.

Les choix structurels sont déterminants dès la phase d'Etude Préliminaires (EPOA). Les éléments qui doivent être pesés pour renforcer les caractéristiques paysagères du site sont les suivants :

- Les contraintes liées à l'exploitation du Grand Rhône influenceront la position des appuis ; il conviendra de trouver les solutions les mieux adaptées pour limiter les interfaces afin de maîtriser les coûts et les délais,
- Le profil en long de l'ouvrage sera optimisé en fonction des contraintes de raccordement aux deux extrémités. L'étude structurelle définira les conditions optimums en tenant compte des itinéraires Personnes à Mobilité Réduite (PMR).

Des esquisses sont proposées dès cette première phase d'étude préliminaire qui constitueront la base de l'étude architecturale de la phase avant-projet et permettront de constituer le cahier architectural du Dossier de Consultation des Entreprises.

Nous proposons en annexe des photomontages des solutions retenues de l'ouvrage dans le site au stade de l'EPOA, depuis des points de vue marquants.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 24 sur 88

2.4.3. Choix esthétiques

Plusieurs types d'ouvrages permettent le franchissement du Grand Rhône sans appui. Cependant, ils ne s'adaptent pas forcément aux contraintes du site :

- Un pont mobile permet d'abaisser le tablier en-dessous de la hauteur libre de 12 m (meilleure insertion paysagère), mais génère des surcoûts liés :
 - Aux mécanismes de rotation du tablier,
 - Aux interruptions de circulations routières pour le passage des bateaux.
- Un pont en arc n'est pas compatible avec la forte hétérogénéité des matériaux des digues. Il peut également constituer un écran pour la navigation.

Un pont en béton précontraint ou à ossature mixte, avec appuis intermédiaires dans le Rhône en dehors de la passe navigable est mieux adapté.

Un belvédère est aménagé sur une pile en avancée de la bande directionnelle pour mettre en valeur la traversée du Rhône et les paysages de la Camargue, ainsi qu'un belvédère en face accessible par une traversée piétonne.

2.5. CONTRAINTES DE CONSTRUCTION

2.5.1. Emprises

Les emprises qui pourront être mises à disposition seront définies au stade du projet. Toutefois une première approche a été faite qui sera à ajuster et à préciser dans le cadre du projet global.

Les emprises à priori disponibles sont localisées de part et d'autre de la RD 35b à l'arrière de la rive droite (espace agricole et friches) et la D36 après la maison du Bac à l'arrière de la digue en rive gauche.

2.5.2. Aires d'installation de chantier – Pistes d'accès

L'aire d'installation de chantier principale sera localisée au niveau de la zone de friches à l'arrière de la digue en rive gauche du Rhône. Cette aire sera directement accessible depuis la D35b.

En rive droite, l'emprise de la culée sera accessible depuis la D36 au niveau de la maison du Bac. En fonction du phasage de construction de l'ouvrage de franchissement, une seconde aire d'installation sera à prévoir en rive droite après les digues. Un bac dédié au chantier permettra d'effectuer des mouvements entre les deux aires notamment durant les phases de réalisation des appuis et du tablier.



Figure 32 : Aires potentielles d'installation de chantier

2.5.3. Environnement

Des dispositions restrictives sont à imposer en phase travaux pour minimiser les impacts provisoires et définitifs sur le site. On peut citer notamment :

- La mise en place d'un plan de protection de l'environnement
- La protection vis-à-vis des rejets
- La gestion des déchets
- La remise en état des pistes et des plateformes après construction de l'ouvrage.

2.6. CONTRAINTES D'EXPLOITATION

2.6.1. Accès

2.6.1.1. CONDITIONS D'ACCES AUX APPUIS

Les culées seront directement accessibles depuis la chaussée aménagée sur la crête des digues avec un accès aux appareils d'appui.

Les belvédères aménagés permettront d'accéder aux piles depuis le tablier et aux appareils d'appui.

2.6.1.2. CONDITIONS D'ACCES AU TABLIER

L'intrados sera accessible depuis le Rhône par embarcation ou par le Bac du Barcarin.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 25 sur 88

2.6.2. Entretien de l'ouvrage

2.6.2.1. ENTRETIEN COURANT DE L'OUVRAGE

L'entretien courant de l'ouvrage comprendra notamment :

- Des petites réparations du revêtement ;
- Le nettoyage des parties non circulées ;
- L'entretien des équipements fixes d'exploitation tels que les dispositifs de retenue, etc...
- L'entretien des dispositifs d'écoulement des eaux, gargouilles, corniche-caniveaux métallique, drains, etc...
- Nettoyage des joints de chaussée et de leurs accessoires,
- Nettoyage des sommiers d'appui...

2.6.2.2. ENTRETIEN PERIODIQUE DE L'OUVRAGE

Le programme de maintenance définit les constituants qui feront l'objet d'une intervention périodique pour remplacement ou réparation.

Tableau 12 : Périodicité de la maintenance

Partie d'ouvrage		Périodicité
Fondations	Aucune intervention à prévoir	Sans objet
Culées	Aucune intervention à prévoir	Sans objet
Tablier Précontraint par encorbellement ou extradossé	Protection et réfection des cachetages d'ancrage d'armature de précontrainte	30 ans
Tablier Béton armé	Aucune intervention à prévoir	Sans objet
Tablier mixte	Remise en peinture de la charpente métallique	25 ans
	utilisation d'acier autopatinable	Sans objet
Haubans	Inspections des haubans et des ancrages	30 ans
Equipements	Etanchéité - chaussée	20 ans
	Joints de chaussée – Joints de trottoirs	20 ans
	Corniches métalliques	60 ans
	Appareils d'appui	20 ans

2.6.2.3. DESCRIPTION DES OPERATIONS DE MAINTENANCE RETENUES

Pour les opérations de maintenance, il faut prévoir :

- Etanchéité

Remplacement complet de l'étanchéité au bout de 20 ans. Cette opération doit comprendre l'enlèvement du revêtement.

- Chaussée

Remplacement complet de la chaussée au bout de 20 ans en cohérence avec le remplacement de l'étanchéité.

- Joints de chaussée et joints de trottoirs

Remplacement complet des joints alternativement sur chaque demi-chaussée et trottoir tous les 10 ans soit un joint complet tous les 20 ans.

- Appareils d'appui

Remplacement tous les 20 ans malgré une durée de vie vraisemblablement supérieure.

- Surveillance des ouvrages

La surveillance des ouvrages telle que décrite dans « l'instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'Art » de la Direction des Routes et de la Circulation Routière- 19 Octobre 1979, comprendra, outre une surveillance continue qui permet de donner l'alerte en cas de problèmes liés à la sécurité, à des modifications de l'exploitation des ouvrages ou à des incidents ou accidents qui surviendraient, une surveillance périodique.

La surveillance périodique comprend :

- Des visites annuelles de l'ouvrage;
- Des inspections détaillées périodiques qui permettent de dresser un « bilan de santé » de l'ouvrage.

Les inspections détaillées nécessiteront l'utilisation de nacelles autoélevatrices négatives pour la section d'ouvrage franchissant le Rhône.

2.7. CONTRAINTES DE DELAI

A ce stade de l'étude, nous ne relevons aucunes contraintes de délai.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 26 sur 88

3. PRESENTATION DES SOLUTIONS ENVISAGEES

3.1. INVENTAIRE DES SOLUTIONS

3.1.1. Principe adopté pour la définition des variantes étudiées

Cette EPOA est basée sur le tracé retenu à l'issu des études antérieures. Le tracé adopté ne présente pas de contraintes géométriques particulières.

L'ouvrage de franchissement est en alignement droit et ne présente pratiquement pas de biais par rapport au grand Rhône. Au regard des principales contraintes de navigabilité définies au paragraphe 2.3.9, nous envisageons des variantes de franchissement :

- Qui permettent de respecter le tirant d'air sous l'ouvrage,
- Qui présentent des avantages esthétiques (finesse du tablier, nombre de pile, etc.),
- Qui présentent des modes de construction moins contraignants,
- Qui présentent des coûts prévisionnels de réalisation moins onéreux.

Les solutions envisagées dans les études antérieures réalisées par le CETE en 1996 étaient composées de :

- Solutions classiques en béton précontraint construit par encorbellement de 4 à 6 travées, soit 2 à 4 piles dans le fleuve,
- Solutions classique en bipoutre ou caisson mixte à hauteur variable de 4 à 6 travées,
- Solution d'ouvrage haubané avec deux pylônes dans le fleuve (hauteurs de pylônes de 45 à 50 m au-dessus du tablier)
- Solution ouvrage Bow-string composée de deux arcs de 250 m, de 45 m de hauteur avec un seul appui dans le fleuve

Ces solutions nous semblent appropriés à l'exception de la solution Bow-string.

3.1.2. Choix de la typologie structurelle du tablier

Les caractéristiques géométriques du franchissement permettent d'envisager plusieurs solutions d'ouvrages qui présentent des avantages esthétiques et des modes de construction moins contraignants. Parmi les solutions proposées au stade des études de faisabilité, nous retenons les solutions d'ouvrages en béton précontraint, en caisson mixte acier-béton et ouvrage haubané. Par ailleurs, nous prévoyons deux solutions d'ouvrage en précontrainte extradossée et en dalle orthotrope. Nous envisageons de réaliser une conception méticuleuse pour chaque typologie d'ouvrage.

3.1.3. Inventaire des variantes étudiées

Les descriptions qui suivent sont assorties de schémas de principes. Les plans plus précis de chacune des variantes sont donnés dans la partie suivante.

Le tableau ci-dessous récapitule les principales données (type, longueur, largeur, etc..) pour les différentes variantes étudiées pour cette EPOA :

Tableau 13 : Présentation des variantes

SOLUTION	OUVRAGE D'ART				RAMPE
	Pente	GABARIT DIGUE RESPECTÉ?	Longueur Ouvrage	Largeur Tablier	Longueur
		h>4.60m	m	m	m
Variante 1: Précontrainte extradossée	4%	Non	580	14.40	418
Variante 2: Haubanée	4%	Oui	535	14.32	497
Variante 3a: Dalle orthotrope	4%	Non	620	11.32	326
Variante 3b: Dalle orthotrope	6%	Oui	640	11.32	239
Variante 3c: Dalle orthotrope	6%	Non	536	11.32	218
Variante 4a: Caisson métallique mixte	4%	Non	620	11.32	376
Variante 4b: Caisson métallique mixte	6%	Oui	630	11.32	237
Variante 4c: Caisson métallique mixte	6%	Non	536	11.32	275
Variante 5: Béton précontraint par encorbellement	6%	Oui	576	11.32	340

3.1.3.1. DISPOSITIONS COMMUNES A TOUTES LES VARIANTES

Modes de fondations

Des belvédères seront aménagés au niveau des semelles des appuis de l'ouvrage dans le Grand Rhône. Les semelles sont envisagées affleurant et calées en fonction de la côte des plus hautes eaux estimée à +1.23 m (cf. paragraphe 2.2.2.7).

Les appuis sont fondés sur des pieux forés et tubés sur leur partie supérieure, dans les horizons de faibles portances soit sur 16 à 20 m environ en fonction des rives et dans le lit majeur du cours d'eau. Dès que l'on atteint les niveaux de vase et de cailloutis de Crau, le tubage n'est plus nécessaire.

L'effet de pointe maximum sera mobilisé en ancrant au minimum de 1.5 m ou 3Ø les pieux dans la couche de cailloutis de Crau.

3.1.3.2. VARIANTE 1 : STRUCTURE EXTRADOSSEE

L'étude d'une structure extradossée à nappe centrale constitue une bonne réponse aux enjeux architecturaux, techniques, environnementaux et économiques, tels qu'ils ressortent de notre analyse du site.

Nous avons choisi d'avoir recours à un ouvrage dit « à précontrainte extradossée », dont la conception s'apparente plus à celle des ouvrages construits par encorbellements successifs, où une partie de la précontrainte de fléau est remplacée par des câbles de précontrainte plus excentrés, qu'à celle des ponts haubanés de forte technicité. Ces ouvrages sont bien adaptés pour franchir des travées de 200 à 300 m.

La solution retenue est un tablier de 5 travées en béton précontraint longitudinalement, en caisson de hauteur variable en travée centrale, de hauteur constante en travées de rive et dont les fléaux sont coulés en place par encorbellement successifs de part et d'autre des piles P2 et P3 à l'aide d'un équipage mobile et les extrémités sur cintre au sol (idem que les ponts construits par encorbellement).

3.1.3.2.1. Vue en plan

La géométrie en plan de l'ouvrage de l'ouvrage est composée de sections en alignement droit et en courbe. Les appuis sont disposés droit avec un biais de 100 grades.

La vue en plan de l'ouvrage est donnée au paragraphe 3.1.3.2.6.

3.1.3.2.2. Profil en long

Le tablier est décomposé selon la travure suivante :

72 m – 128 m – 180 m – 128 m – 72 m

La pente longitudinale de l'ouvrage est de 4%. La travée centrale de 180 m permet le franchissement de la passe navigable avec un rayon parabolique R=3500 m.

L'épaisseur du tablier, variable est de 5,50 m sur les piles centrales « P2 et P3 » et de 3,60 m en niveau des autres sections du tablier. La précontrainte longitudinale est extradossée à mât central. Elle passe sur deux mats déviateurs de 20 m de hauteur.

Les câbles de précontrainte extradossée ont un comportement intermédiaire entre celui des câbles de précontrainte extérieure, dont le tracé s'inscrit dans la hauteur du tablier en béton, et celui des haubans qui assurent une suspension quasi-totale du tablier. Contrairement aux haubans, ils sont peu sollicités à la fatigue et nécessite donc moins d'entretien.

Le paragraphe 3.1.3.2.6 présente la coupe longitudinale de l'ouvrage.

3.1.3.2.3. Profil en travers fonctionnel

Cette solution exige une largeur de tablier plus importante due à la présence d'un terre-plein central (TPC) important supportant les mats. Nous disposons des GBA de part et d'autre des pylônes pour éviter le choc des véhicules. Néanmoins, une vérification aux chocs des pylônes est envisagée compte tenue de la faible distance (10 cm) entre les GBA et les pylônes. Cette distance est inférieure aux stipulations du paragraphe 5.3.2 du guide du SETRA « Barrières de sécurité pour la retenue des poids lourds » qui préconise une distance minimale de 1.20 m à respecter entre le pylône et le bord de la GBA.

Le profil en travers fonctionnel sur ouvrage est composé :

- D'une longrine de garde-corps de 0,40 ;
- D'un espace piéton de 3 m ;
- Dispositif MVL : 0,37 m ;
- D'une chaussée de 2.80 m ;
- D'un TPC de largeur: $l_{\text{mât}} + 2d + \text{margex} \times 2 = 1.60 + 2 \times 0.48 + 2 \times 0.1 = 2,76$ m

- D'une chaussée de 2.80 ;
- Dispositif MVL : 0,37 m ;
- D'un espace piéton de 1,50 m ;
- D'une longrine de garde-corps de 0,40 ;

soit une largeur totale de 14.40 m.

Le profil en travers fonctionnel est donné en paragraphe 3.1.3.2.6.

3.1.3.2.4. Prédimensionnement

Le prédimensionnement des voussoirs sur pile en travée est réalisé comme suit :

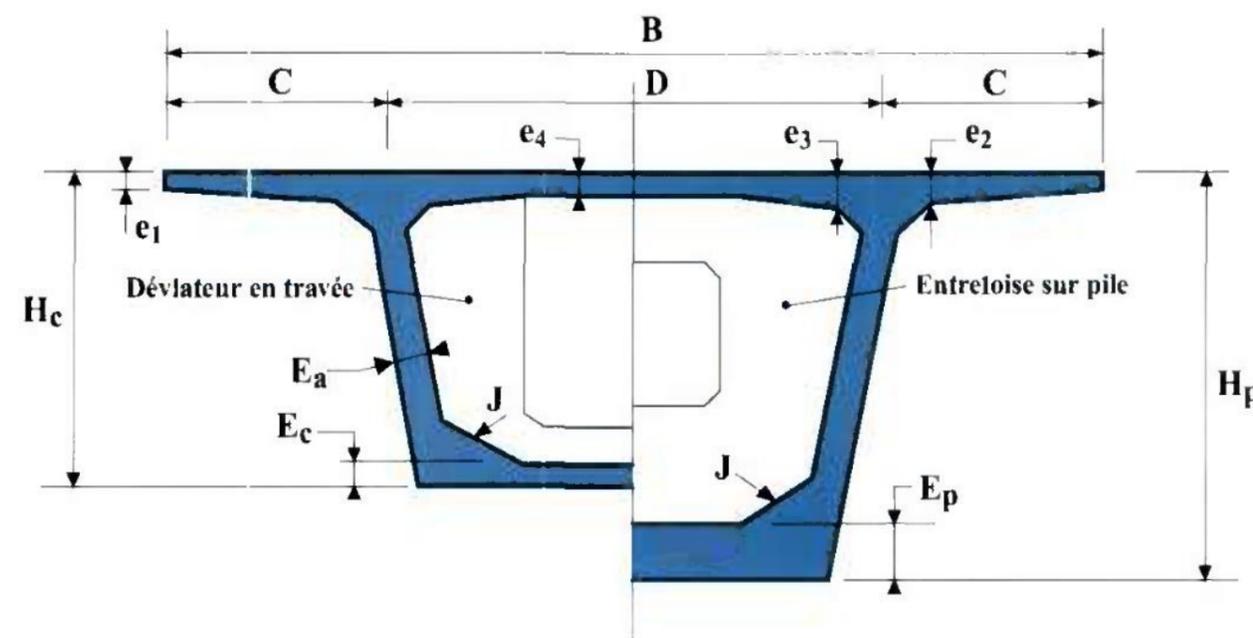


Figure 33 : Coupe transversale pour le prédimensionnement

Une première esquisse de la section transversale de l'ouvrage a été établie. Le tableau ci-après récapitule les dimensions principales de cette section.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 28 sur 88

Tableau 14: Récapitulatif du dimensionnement

Prédimensionnement	
L: longueur de la plus grande travée (m)	180
Hauteur sur piles P2 et P3 (m)	5.5
Hauteur sur les autres piles (m)	3.6
Hauteur à la clef (m)	3.6
Hourdis supérieur (m)	B = 18.00
	C = 4.50
	D = 5.62
	e1 = 0.30
	e2 = 0.70
	e3 = 0.80
	e4 = 0.40
Ea: épaisseur des âmes (m)	0.40 – 0.60
Inclinaison des âmes α (°)	16
Hourdis inférieur (m)	Ec = 0.30
	Ep = 0.50 – 0.60

3.1.3.2.5. Schéma statique

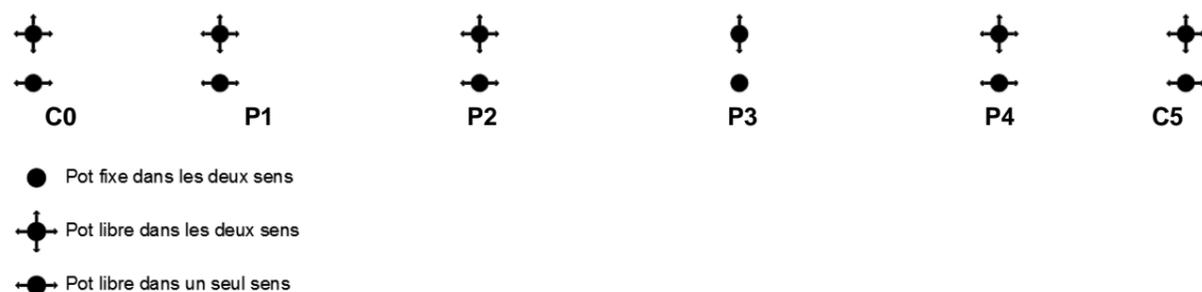
L'ouvrage repose sur 5 files d'appui, à savoir les deux culées et trois piles.

Le tablier repose sur ses appuis par l'intermédiaire d'appareils d'appui à pot glissants.

Le schéma statique se traduit par un blocage longitudinal sur la Pile P2 qui constitue le point fixe, et un blocage transversal sur la file d'appui Sud.

La mise en place d'un unique point fixe permet de libérer les déplacements longitudinaux du tablier liées aux variations uniformes de température qui ne génèrent ainsi pas d'effort dans la structure.

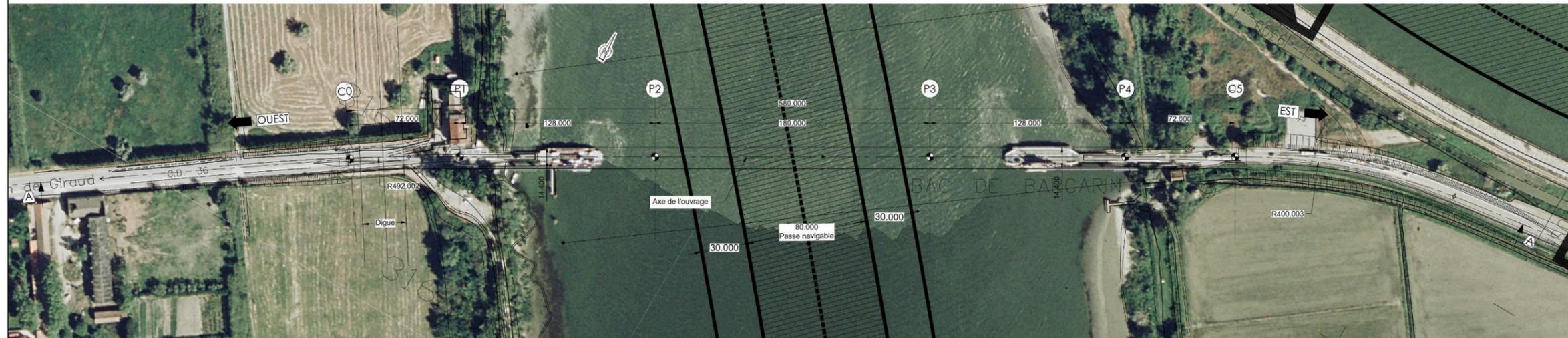
Par ailleurs, en positionnant le point fixe sur P2, on répartit de manière plus équilibrée les « longueurs dilatables » de l'ouvrage ce qui permet de réduire les souffles au niveau des joints de chaussée sur les culées.


Figure 34 : Schéma statique
3.1.3.2.6. Plans de l'ouvrage

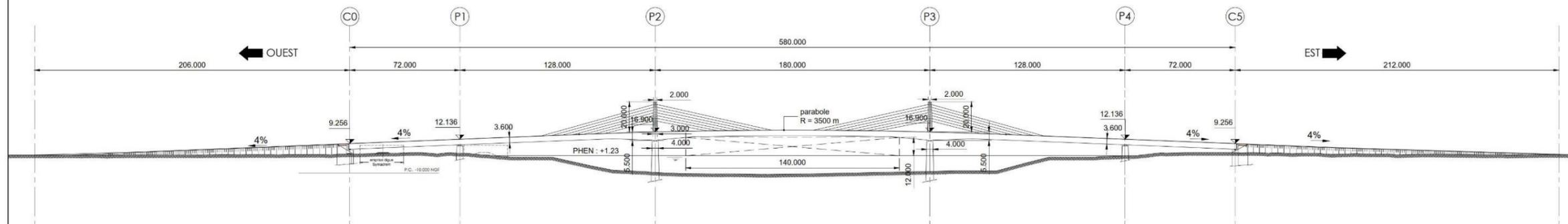
Les plans (vue en plan, coupes longitudinales et transversales) de la solution extradossée sont mentionnées comme suit :

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 29 sur 88

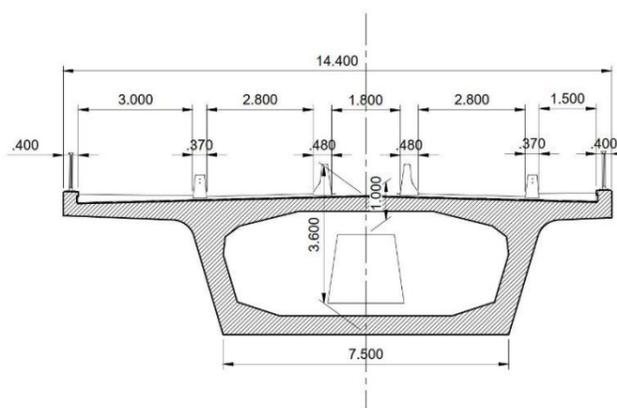
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE EN SECTION COURANTE

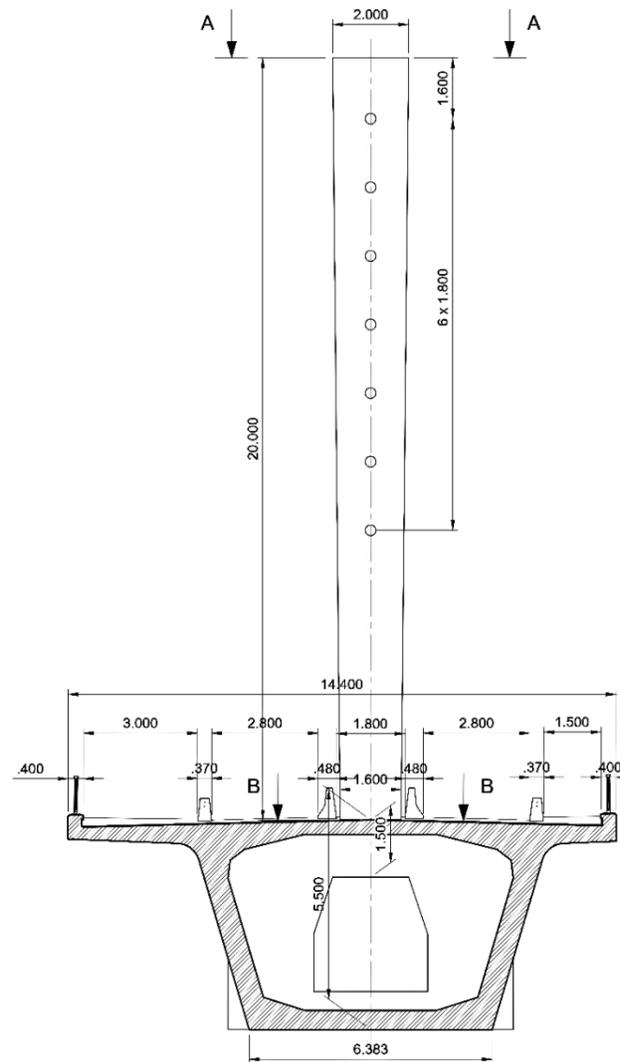


TECHNICIEN	EAN		
INGENIEUR	JKY/KDA	0	20/02/2020
CHEF DE PROJET	NYK		
		Format de base : A1	Unité : m
			Echelle : 1/1000 - 1/75

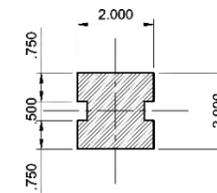
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Variante 1
Solution précontrainte extradossée
PL: 4% - R: 3500m
Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	01

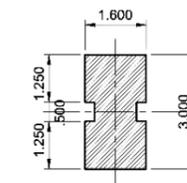
COUPE TRANSVERSALE
SUR APPUIS P2 ET P3



SECTION A-A



SECTION B-B



TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
JKYKDA	0	20/02/2020	Première délimitation
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
NYK			
Format de base : A1		Unité : m	Echelle : 1/75

RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Variante 1
Solution précontrainte extradossée
PL: 4% - R: 3500m
Coupes transversales sur appuis

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
02	01

3.1.3.2.7. Phasage de réalisation

Le mode de construction est identique à celui de la variante 2 Béton précontraint par encorbellement, détaillé au paragraphe 0.

Le phasage général de construction de l'ouvrage est le suivant :

- Réalisation des fondations ;
- Construction des appuis ;
- Réalisation de la partie coulée sur cintre côté rive droite sur 125 m (travée 1, et mi- travée 2) à savoir le fléau sur la pile P1;
- Construction du fléau et du pylône P2 et clavage de la travée 2 ;
- Réalisation de la partie coulée sur cintre côté rive gauche sur 125 m (travée 1, et mi- travée 2) à savoir le fléau sur la pile P4;
- Construction du fléau et du pylône P3 et clavage de la travée 4 ;
- Clavage de la travée centrale entre P2 et P3;
- Mise en place de la précontrainte définitive et pose des superstructures ;
- Finitions et superstructures ;
- Réalisation des remblais d'accès ;
- Essais de chargement de l'ouvrage.

3.1.3.2.8. Planning travaux

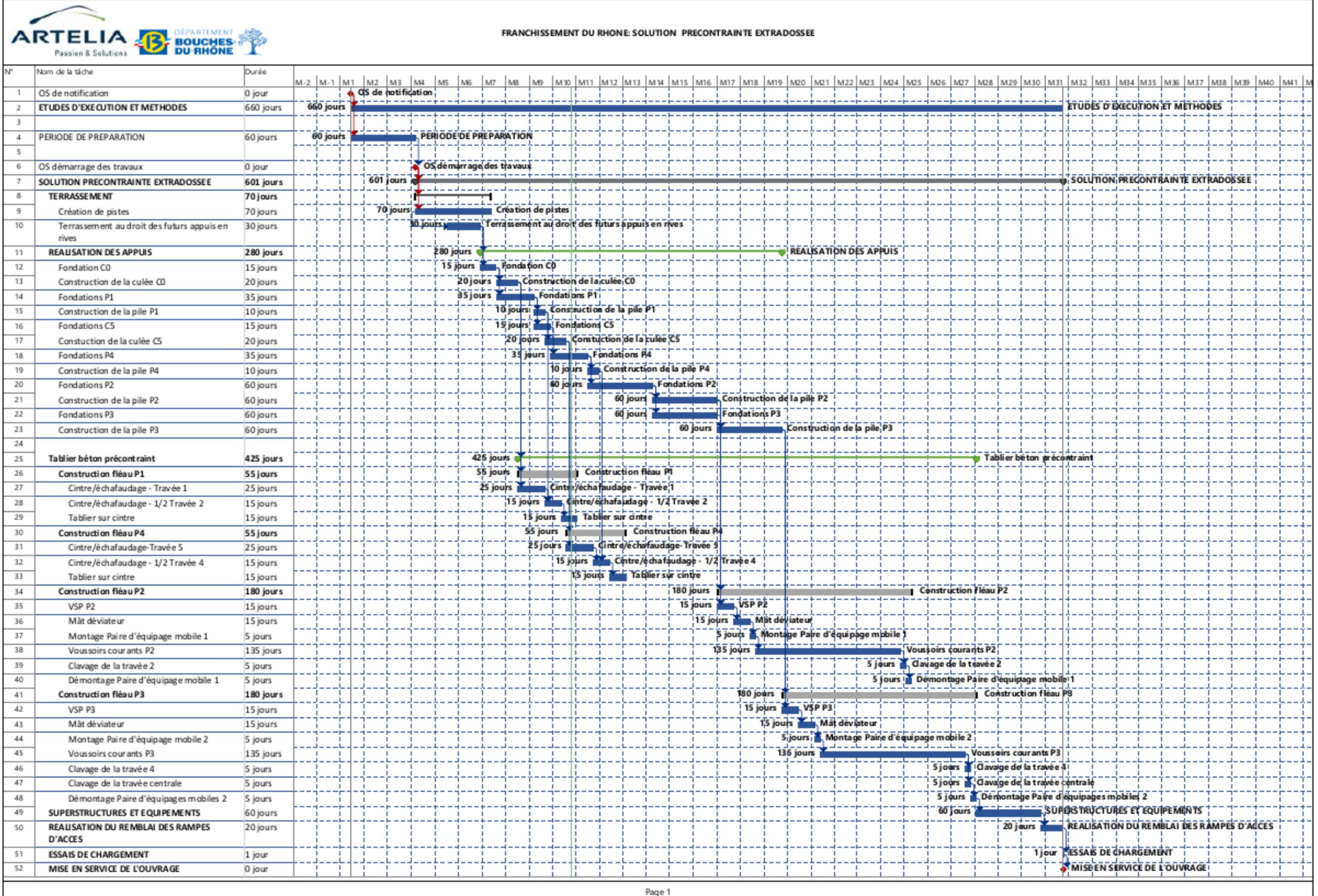
La durée de réalisation a été estimée comme suit :

- | | |
|---------------------------------------|--------------------|
| • Période de préparation : | 60 Jours ; |
| • Terrassements : | 70 Jours ; |
| • Réalisation des appuis : | 280 Jours ; |
| • Réalisation du tablier : | 425 Jours ; |
| • Superstructures et équipements : | 60 jours ; |
| • Réalisation des remblais d'accès : | 20 jours ; |
| • Essais de chargement de l'ouvrage : | 1 jour. |

Le planning proposé ci-dessous sera optimisé en fonction des équipes à mobiliser sur chantier. La durée de réalisation des travaux est d'environ **31 mois**.

NB : La période de préparation du chantier prend en compte l'obtention des autorisations de VNF et CNR.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 32 sur 88



3.1.3.2.9. **Maintenance et entretien****A. Entretien courants**

Cf. paragraphe 2.6.2.1.

B. Entretien spécialisé

D'après l'instruction technique « Surveillance et entretien des ouvrages d'Art », Il consiste en :

- La réfection périodique de la protection anticorrosion des pièces d'ancrage des haubans ;
- Le remplacement des pièces d'usures, notamment sur les déviateurs ou dispositifs antivibratoires ;
- Le nettoyage des gaines PEHD ;
- Le nettoyage des zones de déviation ;
- La remise en tension des câbles en cas de réglage du profil en long ;
- Le resserrage des colliers permettant la tenue des collerettes d'étanchéité ;

En plus, un programme d'investigations complémentaires peut être mis en place avec des opérations suivantes :

- La mesure des tensions dans les câbles ;
- Le suivi des ruptures de fils par méthode d'émission acoustique ou équivalent,
- Le démontage de certains capots d'ancrage et l'examen des extrémités des câbles.

En général, les câbles de précontrainte extradossée sont moins sollicités à la fatigue, donc moins d'entretien contrairement aux haubans.

C. Entretien périodiques

Cf. paragraphe 3.1.3.7.9

3.1.3.2.10. **Estimation du cout provisionnel des travaux**Le récapitulatif de l'estimation du coût prévisionnel des travaux est présenté au **paragraphe 3.3.2.1**. Le détail de l'estimation est fourni en **Annexe C**.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 34 sur 88

3.1.3.3. VARIANTE 2 : STRUCTURE HAUBANEE

Un ouvrage à hauban constitue un élément marquant dans le paysage du fait de sa taille et de la présence des pylônes. Il serait donc indispensable de conduire une réflexion architecturale pour sa conception. Il est technique avec un fonctionnement mécanique prépondérant.

Pour une solution de franchissement du Grand Rhône en structure haubanée, nous proposons un ouvrage dont le tablier est très souple avec des suspensions rigides.

3.1.3.3.1. Vue en plan

La géométrie en plan de l'ouvrage de l'ouvrage est composée de sections en alignement droit (L=500 m) et en courbe (L=35 m). Les appuis sont disposés droit avec un biais de 100 grades.

La vue en plan de l'ouvrage est donnée au paragraphe **3.1.3.3.5**

3.1.3.3.2. Profil en long

Nous envisageons un ouvrage avec un seul pylône proche de la rive droite et une rampe d'accès en estacade en rive gauche. La travée principale est centrée sur la passe navigable, d'où une longueur de travée de 180 m en raccordement parabolique de rayon 3500 m.

L'ouvrage envisagé est décomposé en 08 travées de longueur totale égale à 535 m. Les appuis sont disposés droits (biais de 100 grades) par rapport au Grand Rhône. La pente longitudinale est de 4% de part et d'autre du raccordement parabolique au-dessus de la passe navigable. La travure envisagée est donnée comme suit :

35 m – 35 m – 125 m – 180 m – 40 m – 40 m – 40 m – 40 m

Au vu de la hauteur de la rampe d'accès en rive droite, il n'est pas nécessaire de prévoir un ouvrage estacade au niveau des habitations riveraines. Contrairement aux autres solutions de franchissement, le tablier du pont haubané est fin compte tenu de son principe de comportement.

Le profil en long de l'ouvrage est donné au paragraphe **3.1.3.3.5**

3.1.3.3.3. Profil en travers fonctionnel

Cette solution exige une largeur de tablier importante due à la présence de câble à fixer dans la nervure mais reste raisonnable. Les largeurs de chaussées énoncées au paragraphe 2.1.3 restent valables.

La largeur des nervures au droit du pylône est différente de la largeur en section courante. La largeur totale du tablier au droit du pylône est de : 11.32 m (largeur chaussées et dispositifs de retenue) + 1.5 x 2 = **14.32 m**.

3.1.3.3.4. Prédimensionnement

Le pylône en béton armé de l'ouvrage a une géométrie en H avec deux entretoises en tête. La hauteur du pylône au-dessus du tablier a été estimée à 1/3 de la longueur de la travée principale compte tenu de la présence d'un seul pylône.

L'espacement des câbles retenu pour ce tablier en dalle nervurée est de 7.00 m. L'angle d'inclinaison maximale des câbles est de 24°. En prenant en compte l'espacement des haubans, nous avons 34 paires de câbles.

Les dimensions principales sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15: Récapitulatif du prédimensionnement

Prédimensionnement	
L: longueur de la plus grande travée (m)	180
Hauteur Pylône au-dessus du tablier (m)	60
Nombre de paires de haubans	34
Section Pylône (m x m)	4.0 x 2.7 (creuse au-dessus du tablier)
Epaisseur du tablier (m)	Nervure = 1.30
	Hourdis = 0.30
	Largeur nervure = Var 1.40 à 1.70

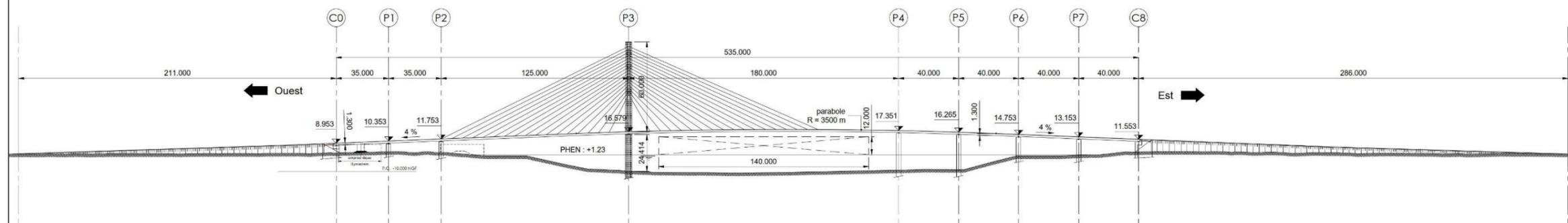
3.1.3.3.5. Plan de la solution haubanée

Les plans ci-dessous présentent la vue en Plan, la coupe longitudinale de l'ouvrage, la coupe transversale du tablier au droit du Pylône et les détails du pylône.

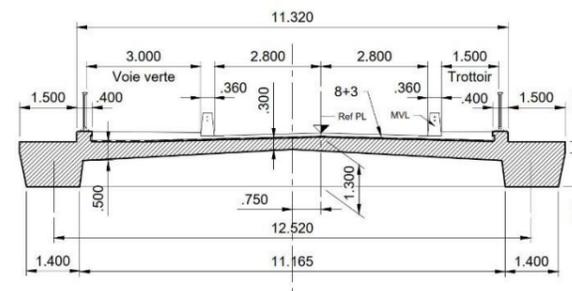
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE EN TRAVÉE

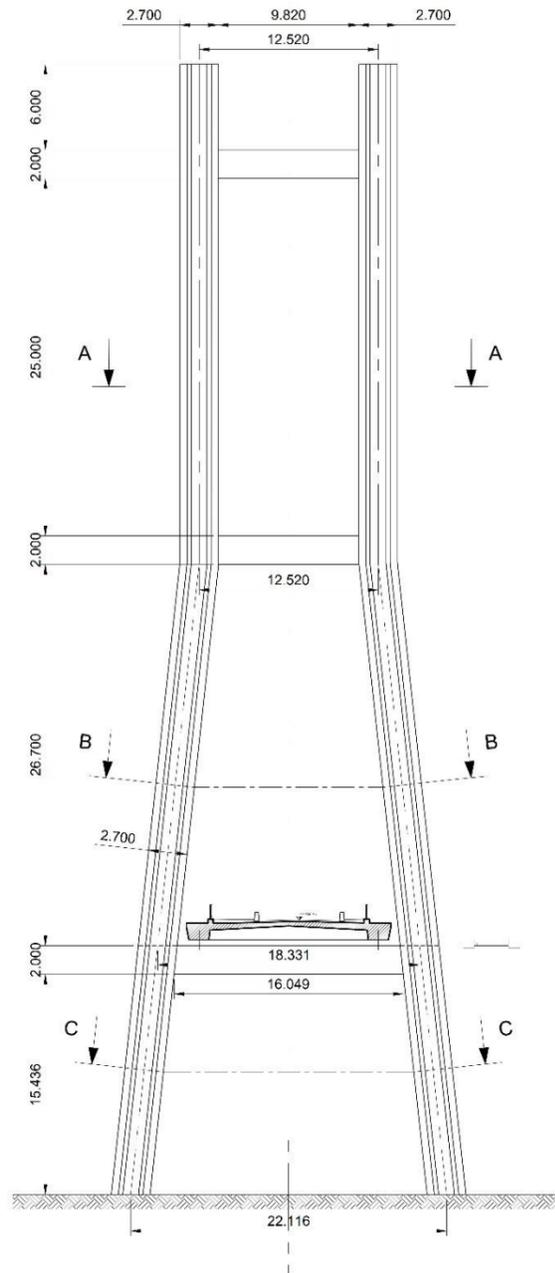


TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
KDA	0	18/02/2020	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
NYK			

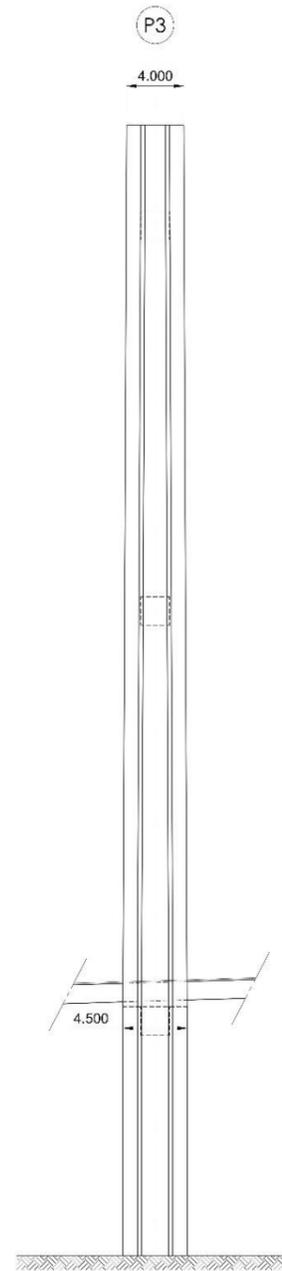
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Variante 2
Solution haubannée
PL: 4% - R: 3500m
Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	01
IND.	1

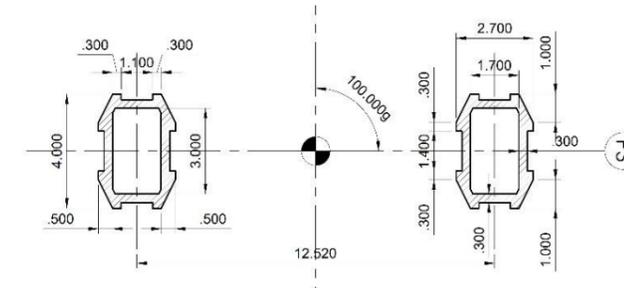
PYLÔNE - VUE DE FACE



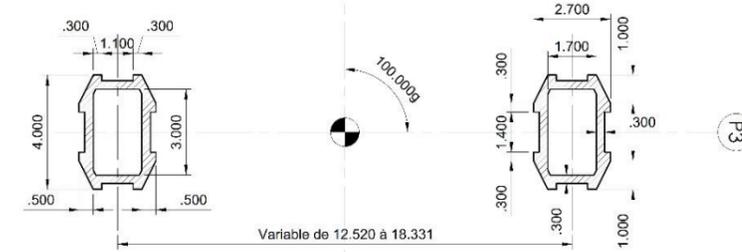
PYLÔNE - VUE LATÉRALE



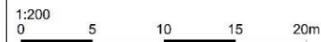
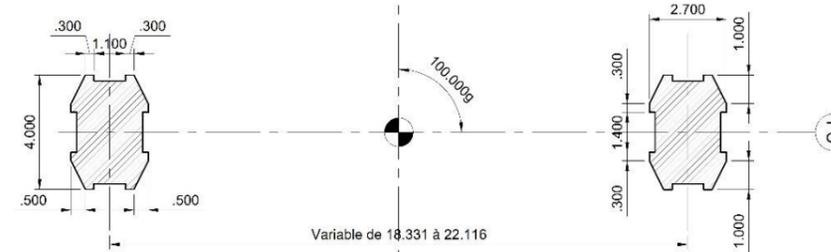
COUPE A-A



COUPE B-B



COUPE C-C



	TECHNICIEN	EAN	
	INGENIEUR		
	KDA	0	18/02/2020
	CHEF DE PROJET	IND.	DATE
	NYK	Format de base : A1	Unité : m

RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
 Variante 2
 Solution haubannée
 PL: 4% - R: 3500m
 Pylône - Coffrage

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	02
IND.	1

3.1.3.3.6. **Phasage de réalisation**

L'ouvrage est construit par encorbellements successifs de sections coulées en place à l'aide d'équipages mobiles. Le phasage général de construction de l'ouvrage, tel qu'illustré sur la cinématique, est le suivant :

- Réalisation des fondations ;
- Elévation des appuis (Pylône et piles) ;
- Réalisation des travées franchissant le Rhône par encorbellement successifs de voussoirs coulés en place avec la mise en place des haubans ;
- Réalisation des travées de rive coulés sur cintre ;
- Finitions et superstructures ;
- Réalisation des remblais d'accès ;
- Essais de chargement de l'ouvrage.

3.1.3.3.7. **Planning travaux**

La durée de réalisation a été estimée comme suit :

- **Période de préparation :** 60 Jours ;
- **Terrassements :** 70 Jours ;
- **Réalisation des appuis :** 245 Jours ;
- **Réalisation du tablier :** 330 Jours ;
- **Superstructures et équipements :** 60 jours ;
- **Réalisation des remblais d'accès :** 20 jours ;
- **Essais de chargement de l'ouvrage :** 1 jour.

La durée de réalisation des travaux est d'environ **31 mois**.

NB : La période de préparation du chantier prend en compte l'obtention des autorisations de VNF et CNR.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 38 sur 88

3.1.3.3.8. **Maintenance et entretien**

A. Point de suivi de l'ouvrage

Les points suivants feront l'objet de suivi régulier comme indiqué dans les instructions l'instruction technique du Sétra « Surveillance et entretien des ouvrages d'Art, 2^{ème} partie – Fascicule 34 – 2 – Ponts à Haubans » :

- Appuis
 - Examen visuels de parements béton, des appareils d'appui ;
 - Nivellement et contrôle de l'inclinaison des fûts afin de détecter d'éventuelles évolutions des conditions de fondation ;
- Tablier
 - Examen visuels de parements béton, des ancrages de haubans ainsi que des câbles de précontrainte en intrados ;
 - Examen visuel des fissures au voisinage des ancrages ;
- Tablier
 - Etat de protections anticorrosion et de l'intégrité des éléments en acier des ancrages de hauban ;
 - Etat des gaines entourant les haubans ;
 - Etat de déformation locales des capots d'ancrage ;
 - Etat de battement lié aux jeux ou des contacts imparfaits entre les ancrages et leurs supports ;
- Tablier
 - Equipements linéaires : Visserie, corrosion, dispositifs de dilatation ;
 - Recueil et évacuation des eaux : fonctionnement des drains, caniveaux
 - Joints de dilation de chaussée : Intégrité, ouverture, étanchéité ;

B. Entretien spécialisé

D'après l'instruction technique du Sétra « Surveillance et entretien des ouvrages d'Art, 2^{ème} partie – Fascicule 34 – 2 – Ponts à Haubans », Il consiste en :

- La réfection périodique de la protection anticorrosion des pièces d'ancrage des haubans ;
- Le remplacement des pièces d'usures, notamment sur les déviateurs ou dispositifs antivibratoires ;
- Le nettoyage des gaines PEHD ;
- Le nettoyage des zones de déviation ;
- La remise en tension des câbles en cas de réglage du profil en long ;
- Le resserrage des colliers permettant la tenue des collerettes d'étanchéité ;

En plus, un programme d'investigations complémentaires peut être mis en place avec des opérations suivantes :

- La mesure des tensions dans les câbles ;
- Le suivi des ruptures de fils par méthode d'émission acoustique ou équivalent,
- Le remplacement total ou partiel d'un hauban et de ses accessoires (tubes anti-vandalismes, etc...)
- Le déculottage des culots d'ancrage des câbles TMC ;
- La remise en tension d'un ou plusieurs haubans, notamment en cas de réglage du profil en long lié à une pathologie ;
- La réparation locale de gaines ;
- Le démontage de certains capots d'ancrage et l'examen des extrémités des câbles ;
- L'amélioration des systèmes de drainage et d'étanchéité des ancrages ;
- Etc...

C. Entretien périodiques

Cf. paragraphe 3.1.3.7.9

3.1.3.3.9. **Estimation du cout provisionnel des travaux**

Le récapitulatif de l'estimation du coût prévisionnel des travaux est présenté au **paragraphe 3.3.2.1**. Le détail de l'estimation est fourni en **Annexe C**.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 40 sur 88

3.1.3.5. VARIANTE 3 : TABLIER EN CAISSON METALLIQUE A PLATELAGE ORTHOTROPE

La solution proposée est une structure constituée d'un tablier en caisson métallique à platelage orthotrope. Le choix d'une solution complètement métallique permet de concevoir une structure légère. La dalle orthotrope de roulement est constituée d'une tôle de platelage raidie par des augets sur toute la largeur du tablier. Ce type de dalle autorise des portées d'ouvrage importante pouvant atteindre 200 m et présente un rendement capacité portante/poids élevé.

Le tablier de l'ouvrage présente une hauteur constante de 3,80 m. Des diaphragmes, régulièrement espacés permettent de raidir le caisson vis-à-vis de la distorsion et de la flexion transversale.

3.1.3.5.1. Vue en plan

La géométrie en plan de l'ouvrage est composée de sections en alignement droit et en courbe de rayon non déversé R= 492 m. La maison du Bac de Barcarin est localisée à proximité de l'appui P1. La passe navigable est centrée entre P2 et P3.

La vue en plan est fournie au paragraphe **3.1.3.5.5**.

3.1.3.5.2. Profil en long
A. Profil en long à 4% (Variante 3a)

Cette variante est décomposée en 5 travées de longueur totale égale à 620 m. L'accessibilité à l'ouvrage pour les personnes à mobilité réduite (PMR) est assurée pour une pente à 4%. La travure est donnée comme suit :

95 m – 130 m – 160 m – 140 m – 95 m

Nous envisageons uniquement deux piles dans le Rhône de part et d'autre de la passe navigable, d'où une travée principale de 160 m. Les autres appuis sont placés à l'arrière des digues. Ils sont disposés droits (biais de 100 grades). Le raccordement parabolique permettant d'assurer la hauteur libre de la passe navigable est fixé à R= 3500 m.

Nous relevons les spécificités suivantes pour un profil à 4% :

- La longueur de la rampe d'accès en rive droite est de 168 m ;
- La longueur de la rampe d'accès en rive gauche est de 159 m ;
- L'Altitude Z du tablier (Z= 16.95 m) et la hauteur des appuis dans le Rhône ne sont pas élevées ;
- La hauteur libre de 4,6 m au-dessus de la crête de la digue requalifiée en rive droite n'est pas assurée;
- Aucune revanche au-dessus de la passe navigable (intrados du tablier à +12,00 au-dessus de la côte des plus hautes eaux navigable).

La coupe longitudinale de l'ouvrage est donnée au paragraphe **3.1.3.6.5**.

B. Profil en long à 6% (Variante 3b)

La longueur totale de l'ouvrage pour ce profil fixé à 6% est de 640 m. L'accessibilité à l'ouvrage pour les personnes à mobilité réduite (PMR) n'est pas assurée mais la hauteur libre au-dessus de la crête de digue en rive droite est respectée. La travure est donnée comme suit :

100 m – 140 m – 160 m – 140 m – 100 m

Nous relevons les spécificités suivantes pour un profil à 6% :

- La longueur de la rampe d'accès en rive droite est de 122 m ;
- La longueur de la rampe d'accès en rive gauche est de 118 m ;

- L'Altitude Z du tablier (Z= 20.3 m) et la hauteur des appuis dans le Rhône sont plus élevées ;
- La hauteur libre de 4,6 m au-dessus de la crête de la digue requalifiée en rive droite est assurée;
- Une revanche de 3.30 m est assurée au-dessus de la passe navigable (intrados du tablier à +12,00 au-dessus de la côte des plus hautes eaux navigable).

La coupe longitudinale de l'ouvrage est donnée au paragraphe **3.1.3.6.5**

C. Profil en long à 6% sans respect du gabarit digue (Variante 3c)

La longueur totale de l'ouvrage pour ce profil fixé à 6% est de 536m. L'accessibilité à l'ouvrage pour les personnes à mobilité réduite (PMR) n'est pas assurée et la hauteur libre au-dessus de la crête de digue en rive droite n'est pas respectée. La travure est donnée comme suit :

72 m – 112 m – 160 m – 112 m – 80 m

Nous relevons les spécificités suivantes pour un profil à 6% :

- La longueur de la rampe d'accès en rive droite est de 114 m ;
- La longueur de la rampe d'accès en rive gauche est de 104 m ;
- Au niveau de la culée C0, une culée creuse est réalisée afin de permettre la circulation sur la digue
- La hauteur libre de 4,6 m au-dessus de la crête de la digue requalifiée en rive droite n'est pas assurée;
- Aucune revanche au-dessus de la passe navigable (intrados du tablier à +12,00 au-dessus de la côte des plus hautes eaux navigable).

La coupe longitudinale de l'ouvrage est donnée au paragraphe **3.1.3.6.5**

3.1.3.5.3. Profil en travers

Cf. paragraphe 2.1.3

3.1.3.5.4. Prédimensionnement

Le récapitulatif du prédimensionnement est fourni dans la tableau ci-après :

Entraxe sup. des âmes	L= 0,5 à 0,55 LT avec LT=12,32 m d'où L=6,30 m
Epaisseur de la tôle de platelage	Ep = 12 mm
Hauteur du caisson	H = 3,80 m
Epaisseur des âmes	ea= 35 mm
Epaisseur de la tôle de fond	etf= 50 mm
Largeur de la tôle de fond	LTF= 4,00 m
Inclinaison de l'âme	30%
Epaisseur des cadres	16 mm
Hauteur des cadres	70 cm

Espacement des pièces de pont et des cadres	4,00 m
Raidissage tôle de fond	Augets
Espacement des augets de fond	1,00 m
Hauteur des augets de platelage	17 cm
Raidissage tôle de platelage	Augets
Espacement des augets de platelage	64 cm
Hauteur des augets de platelage	17 cm

Tableau 16 : Tableau récapitulatif de prédimensionnement

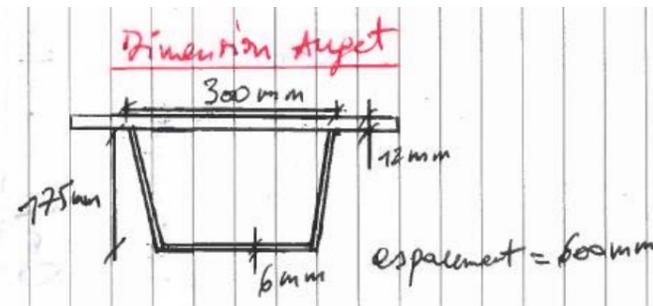
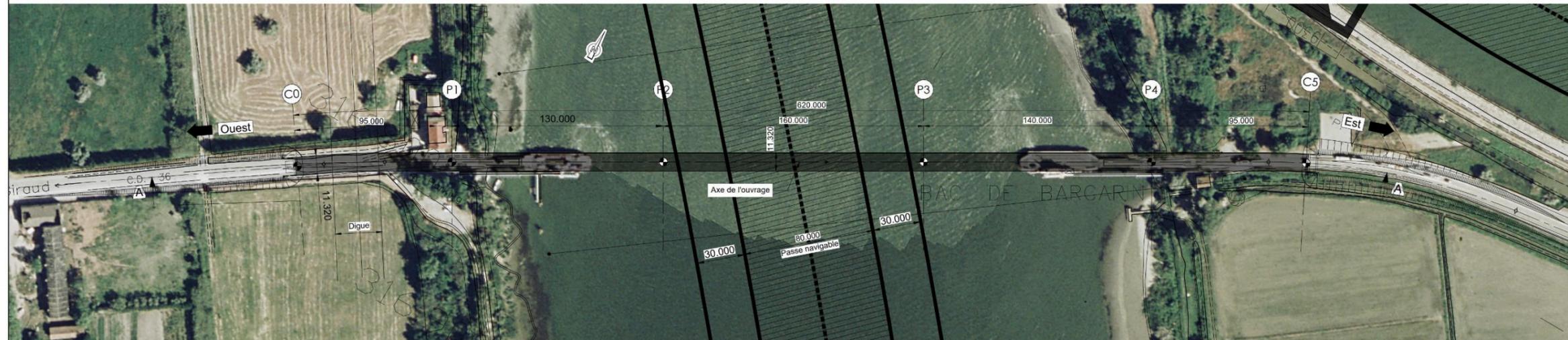


Figure 35 : Dimensions des augets

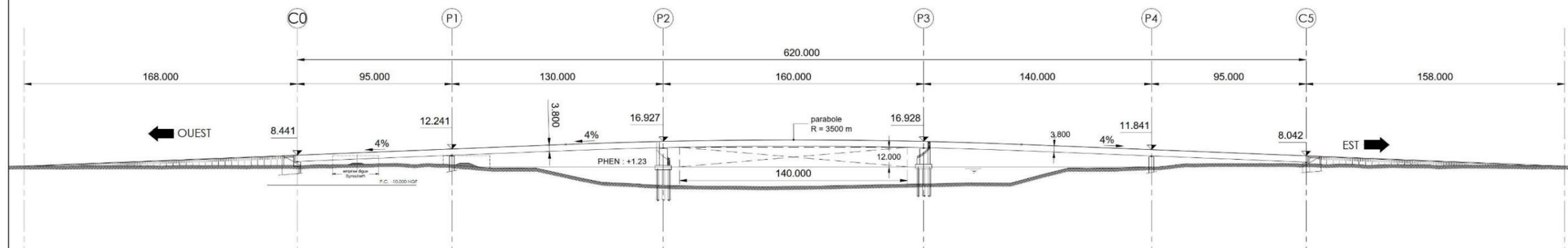
3.1.3.5.5. Plans de la solution en caisson métallique

La figure ci-après montre les plans (vue en plan, coupes longitudinale et transversale) de la solution caisson métallique à platelage orthotrope :

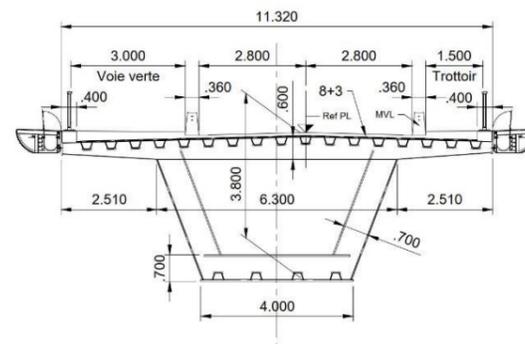
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE

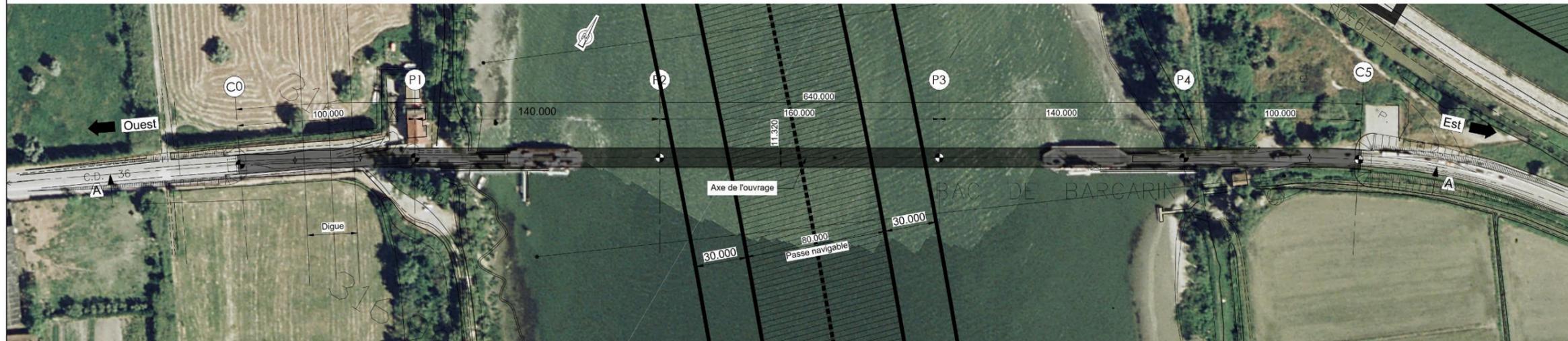


TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
KDA	0	21/11/2019	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
VTY	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75

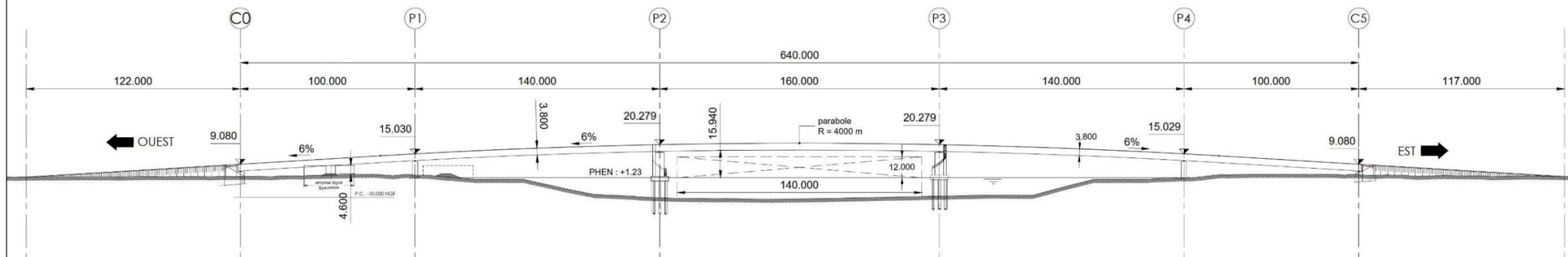
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Variante 3a
Solution caisson orthotope
PL: 4% - R: 3500m
Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	NOVEMBRE 2019
PHASE	E.P.
PLAN N°	01
IND.	0

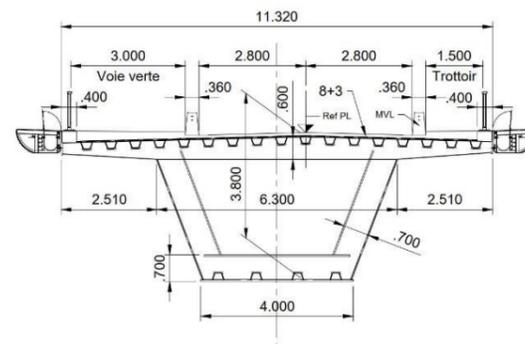
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE



	TECHNICIEN			
	EAN			
	INGENIEUR			
	KDA	0	21/11/2019	Première émission
	CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
VTY	Format de base : A1		Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75

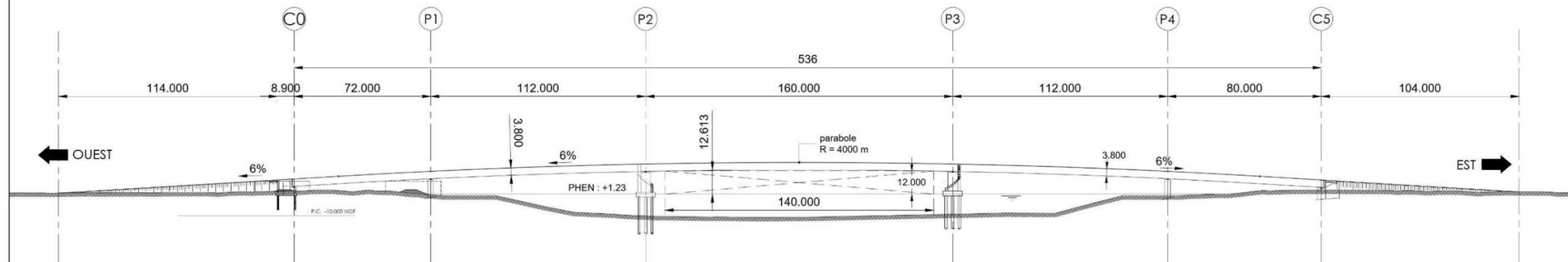
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Variante 3b
Solution caisson orthotope
PL: 6% - R: 4000m
Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	NOVEMBRE 2019
PHASE	E.P.
PLAN N°	01
IND.	0

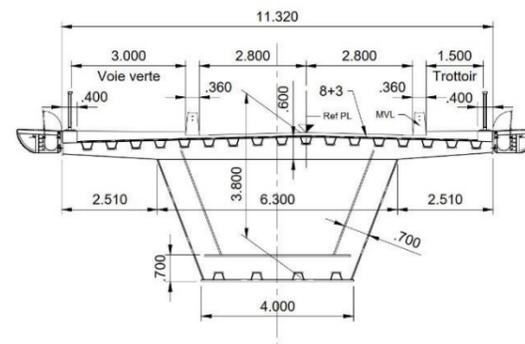
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE



TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
KDA	01	31/03/2020	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
CDS			

RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Variante 3c
Solution caisson orthotope
PL: 6% - R: 4000m avec Culée Creuse
Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	MARS 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	01
IND.	1

3.1.3.5.6. Maintenance et entretien
A. Entretien courant

Cf paragraphe 2.6.2.1.

B. Entretien périodique

Le programme de maintenance définit les éléments de la structure qui feront l'objet d'une intervention périodique pour remplacement ou réparation :

Tableau 17 : Récapitulatif des périodes d'entretien fonction des parties d'ouvrage

Partie d'ouvrage		Périodicité
Fondations	Aucune intervention à prévoir	Sans objet
Culées	Aucune intervention à prévoir	Sans objet
Charpente métallique	Remise en peinture	30 ans
Equipements	Etanchéité - chaussée	20 ans
	Joints de chaussée	20 ans compte tenu du trafic faible
	Corniches métalliques	50 ans
	Appareils d'appui	20 ans

Au vu de la longueur de longueur, la remise en peinture de toute la structure peut s'avérer onéreux. Il est souvent souhaitable d'opérer le choix d'une structure en acier autopatinable afin de minimiser les coûts de remise en peinture.

Les aciers autopatinables, tout en présentant des qualités intrinsèques de résistance à la corrosion, ne peuvent être utilisés dans n'importe quelle atmosphère, ni sans respecter un certain nombre de précautions, notamment les dispositions constructives.

Compte tenu des connaissances actuelles sur le comportement des aciers définis par la norme NF A-35.502, l'emploi des aciers « W » sera limité aux sites :

- Dont les atmosphères sont caractérisées par une pollution en chlorures (déterminé selon la méthode de l'IRSID) inférieure à 100 µg/dm²/jour (valeur la plus élevée des moyennes mensuelles) et en acides forts (déterminé selon la norme AFNOR x 43.000) (SO₄ CL NO₃ F) inférieure à 150 µg/dm²/jour équivalent de SO₂ (moyenne mensuelles). Ceci concerne :
 - Une bande côtière de 2 km (y compris autour des estuaires, rias, abers et autour de la partie du cours des rivières que la mer remonte périodiquement) pour la Mer du Nord, la Manche et l'Océan Atlantique et de 1 km pour la Mer méditerranée ;
 - Les sites en atmosphère urbaine et industrielle très pollués ;
 - Les sites voisins de centrales thermique, d'une usine d'incinération ;
- Pour lesquels l'alternance humidification-séchage est assurée pour toutes les surfaces métalliques, ce qui exclue, en particulier les franchissements à faible hauteur de plans d'eau.

Le site de franchissement du Rhône à Salin de Giraud est situé à environ **7.5 km** de la mer méditerranée. L'utilisation de l'acier autopatinable reste possible dans ce cas. Une surveillance qui informera sur l'évolution réelle du matériau doit être mise en place.

3.1.3.5.7. Cinématique de construction

La cinématique de réalisation la variante 1 caisson mixte acier-béton décrite au paragraphe 3.1.3.6.7 reste valable.

3.1.3.5.8. Planning travaux

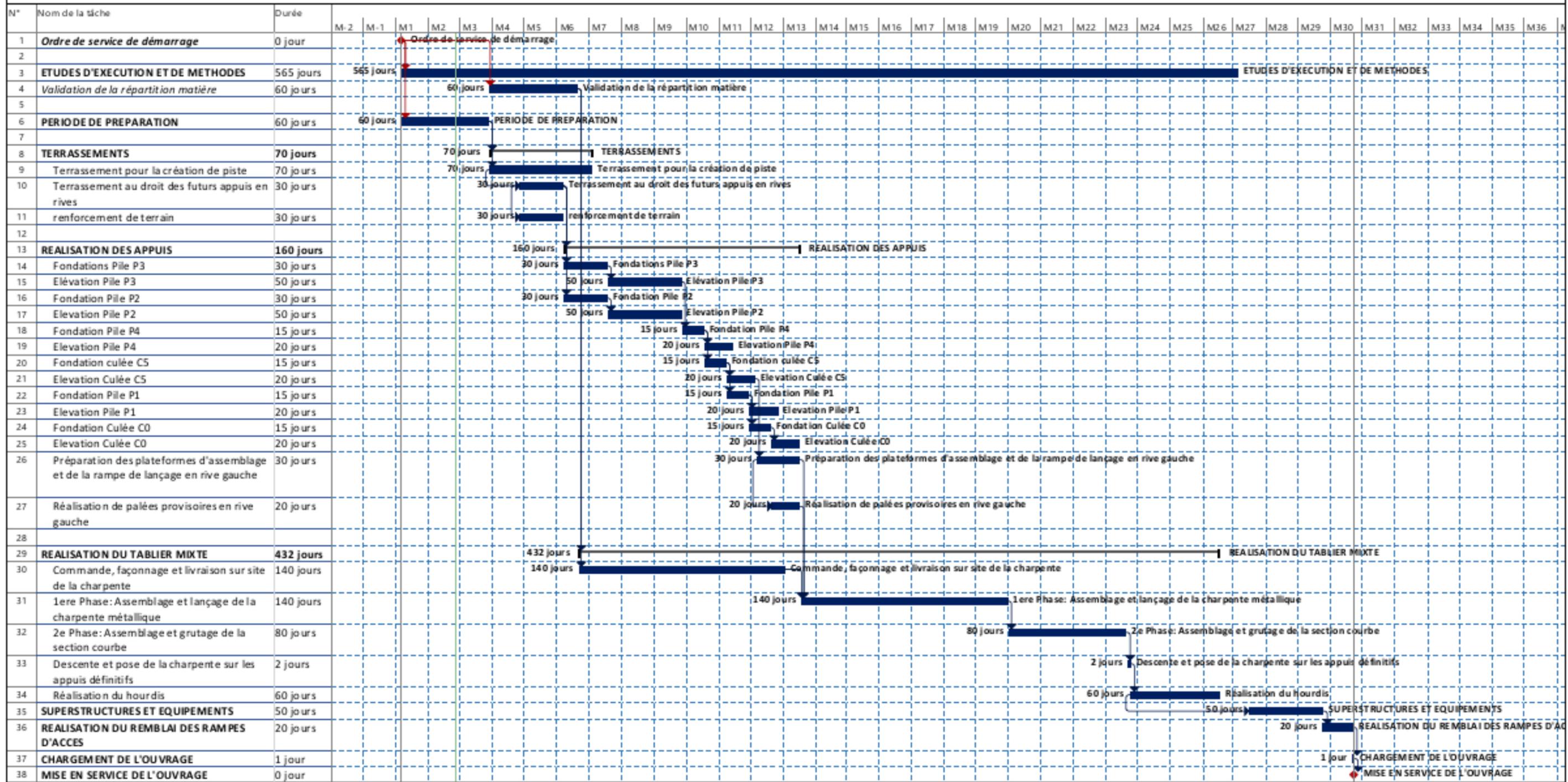
La durée de réalisation a été estimée comme suit :

- **Période de préparation :** 60 Jours ;
- **Terrassements :** 70 Jours ;
- **Réalisation des appuis :** 160 Jours ;
- **Réalisation du tablier :** 432 jours ;
- **Réalisation des remblais d'accès :** 20 jours ;
- **Essais de chargement de l'ouvrage :** 1 jour.

Le planning proposé ci-dessous sera optimisé en fonction des équipes à mobiliser sur chantier. La durée de réalisation des travaux est estimée à **30 mois**.

NB : La période de préparation du chantier prend en compte l'obtention des autorisations de VNF et CNR.

OA DE FRANCHISSEMENT DU RHONE: SOLUTION DALLE ORTHOTROPE A HAUTEUR CONSTANTE



3.1.3.6. VARIANTE 4 : STRUCTURE CAISSON METALLIQUE

La structure en caisson mixte est bien adaptée pour le franchissement des grandes portées supérieures à 90 m. Sur le plan architectural, elle présente un aspect fin comparativement à un ouvrage mixte à poutre car d'une part, elle est plus élancée et d'autre part, pour une hauteur de tablier donnée, l'inclinaison de ses âmes la fait paraître moins haute qu'un ouvrage bipoutre.

Pour cette variante 1, nous avons envisagé deux profils en long en fonction des contraintes suivantes :

- Franchissement de la digue requalifiée en rive droite (gabarit de 4,6 m au-dessus de la crête de digue ; marge infranchissable de 7m à partir du pied de digue) ;
- Accessibilité PMR ;
- Longueur totale de l'ouvrage (impact de la rampe d'accès sur les habitations riveraines et le raccordement au chemin de l'abattoir);
- Hauteur et longueur de la rampes d'accès ;
- L'altitude Z du tablier au-dessus de la passe navigable.

3.1.3.6.1. Vue en plan

La géométrie en plan de l'ouvrage est composée d'un alignement droit et d'une section courbe non déversé de rayon R= 492 m. La maison du Bac de Barcarin est localisée à proximité de l'appui P1. La passe navigable est centrée entre P2 et P3. Les appuis sont droits avec un biais de 100 grades.

La vue en plan est fournie au paragraphe **3.1.3.6.5**.

3.1.3.6.2. Profil en long
A. Profil en long à 4%(Variante 4a)

L'accessibilité à l'ouvrage pour les personnes à mobilité réduite (PMR) est assurée pour une pente à 4%.

Nous envisageons dans ce cas un ouvrage continu décomposé en 5 travées de longueur totale de 620 m. La travure est donnée comme suit :

95 m – 130 m – 160 m – 140 m – 95 m

Cette travure convient à un tablier d'ossature mixte acier-béton. Nous envisageons deux piles dans le Rhône de part et d'autre de la passe navigable, d'où une travée principale de 160 m. Les autres appuis sont placés à l'arrière des digues.

Le raccordement parabolique permettant d'assurer la hauteur libre de la passe navigable est fixé à R= 3500 m.

Nous relevons les spécificités suivantes pour un profil à 4% :

- La hauteur et la longueur de la rampe d'accès en rive droite sont respectivement de 10 m et 170 m ;
- La hauteur et la longueur de la rampe d'accès en rive gauche sont respectivement de 9.65 m et 165 m ;
- Altitude Z du tablier (Z= 17 m) et hauteur des appuis dans le Rhône moins élevées ;
- Non-respect de la hauteur libre de 4,6 m au-dessus de la crête de la digue requalifiée en rive droite (hauteur libre réduite à 3,65 m) ;
- Aucune revanche au-dessus de la passe navigable (intrados du tablier à +12,00 au-dessus de la côte des plus hautes eaux navigable).

La coupe longitudinale de l'ouvrage est donnée au paragraphe **3.1.3.6.5**.

B. Profil en long à 6% (Variante 4b)

A la demande du MOA, le profil en long à 6% a été envisagé dans le but de réduire la longueur de l'ouvrage. Cependant, l'accessibilité à l'ouvrage pour les personnes à mobilité réduite (PMR) n'est pas assurée pour cette pente.

Nous envisageons dans ce cas un ouvrage décomposé en 5 travées de longueur totale de 630 m. La travure est donnée comme suit :

100 m – 130 m – 160 m – 140 m – 100 m

Cette travure convient à un tablier d'ossature mixte acier-béton. Nous envisageons deux piles dans le Rhône de part et d'autre de la passe navigable, d'où une travée principale de 160 m. Les autres appuis sont placés à l'arrière des digues.

Les appuis sont disposés droits (biais de 100 grades). Le raccordement parabolique permettant d'assurer la hauteur libre de la passe navigable est fixé à R= 4000 m.

Nous relevons les spécificités suivantes pour un profil à 6% :

- La hauteur et la longueur de la rampe d'accès en rive droite sont respectivement de 9.7 m et 136 m ;
- La hauteur et la longueur de la rampe d'accès en rive gauche sont respectivement de 9.12 m et 101 m
- Altitude Z du tablier (Z = 20.5 m) et hauteur des appuis dans le Rhône élevées ;
- Respect de la hauteur libre de 4,6 m au-dessus de la crête de la digue requalifiée en rive droite ;
- Revanche de 1.80 m assurée au-dessus de la passe navigable.

La coupe longitudinale de l'ouvrage est donnée au paragraphe **3.1.3.6.5**

C. Profil en long à 6% sans respect du gabarit digue (Variante 4c)

A la demande du MOA, le profil en long à 6% a été envisagé dans le but de réduire la longueur de l'ouvrage. Cependant, l'accessibilité à l'ouvrage pour les personnes à mobilité réduite (PMR) n'est pas assurée pour cette pente et la hauteur libre au-dessus de la crête de digue en rive droite n'est pas respectée.

Nous envisageons dans ce cas un ouvrage décomposé en 5 travées de longueur totale de 636 m. La travure est donnée comme suit :

72 m – 120 m – 160 m – 112 m – 80 m

Cette travure convient à un tablier d'ossature mixte acier-béton. Nous envisageons deux piles dans le Rhône de part et d'autre de la passe navigable, d'où une travée principale de 160 m. Les autres appuis sont placés à l'arrière des digues.

Les appuis sont disposés droits (biais de 100 grades). Le raccordement parabolique permettant d'assurer la hauteur libre de la passe navigable est fixé à R= 4000 m.

Nous relevons les spécificités suivantes pour un profil à 6% :

- La longueur de la rampe d'accès en rive droite est de 150 m ;
- La longueur de la rampe d'accès en rive gauche est de 125 m ;
- Au niveau de la culée C0, une culée creuse est réalisée afin de permettre la circulation sur la digue
- La hauteur libre de 4,6 m au-dessus de la crête de la digue requalifiée en rive droite n'est pas assurée;

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 48 sur 88

- Aucune revanche au-dessus de la passe navigable (intrados du tablier à +12,00 au-dessus de la côte des plus hautes eaux navigable).

La coupe longitudinale de l'ouvrage est donnée au paragraphe 3.1.3.6.5

3.1.3.6.3. Profil en travers

Cf. paragraphe 2.1.3

3.1.3.6.4. Prédimensionnement

La structure de l'ouvrage est en caisson métallique avec pièces de pont compte tenu de la longueur des travées et dont les dimensions sont déduites du guide du Sétra.

Nous retiendrons en première approximation, un élanement issu des guides du Sétra de 1/32^{ème} sur appui et en travée, soit une hauteur de caisson de 5,00 m. Cette hauteur est constante sur toute la longueur de l'ouvrage. Les éléments de prédimensionnement retenus sont donnés comme suit :

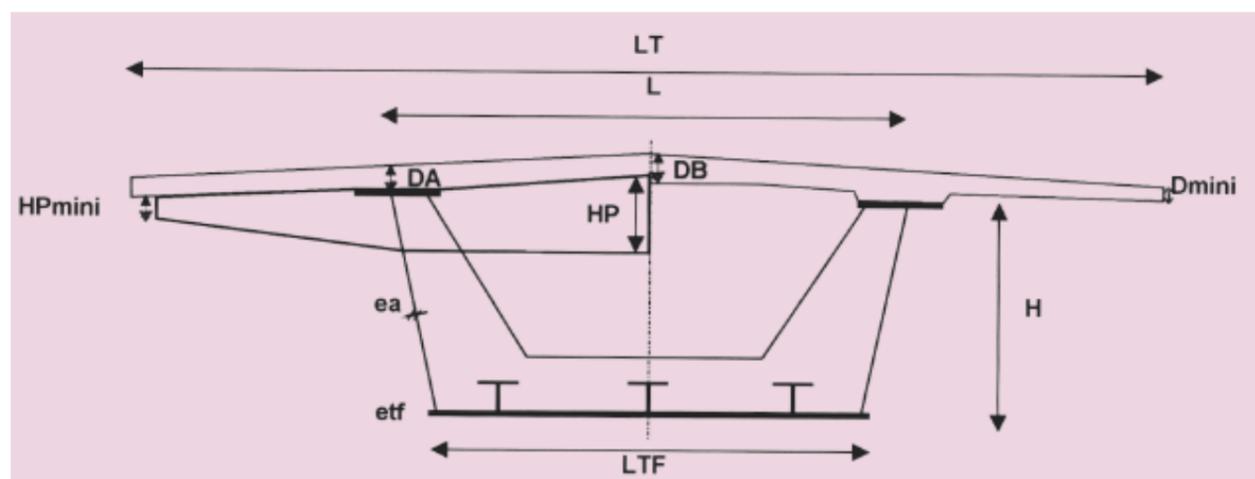


Figure 36 : Coupe transversale pour le dimensionnement

Entraxe sup. des âmes	L= 0,5 à 0,55 LT avec LT=12,32 m d'où L=6,50 m
Hauteur des âmes	H= 1/32 ^{ème} de la portée maximale ; d'où H=5,00 m
Hauteur des pièces de pont	HP= 1/11 x L ; d'où HP=0,60 et HPmini=0,30 m
Epaisseur des âmes	ea= 30 mm
Epaisseur de la tôle de fond	etf= 60 mm
Largeur de la tôle de fond	LTF= 4,10 m sur appui et 5,00 en travée
Epaisseur de la dalle	Caisson à pièces de pont : 25 cm
Inclinaison de l'âme	30%
Epaisseur des cadres	16 mm
Hauteur des cadres	70 cm
Espacement des cadres et pièces de pont	4,00 m

Raidissage tôle de fond	Augets
Espacement des augets	1,00 m
Epaisseur diaphragme sur appui	30 mm

Tableau 18 : Récapitulatif de prédimensionnement

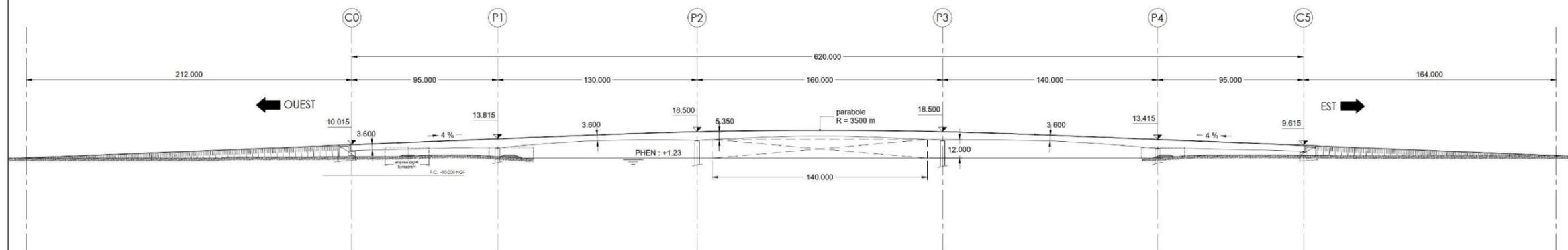
3.1.3.6.5. Plans de la solution en caisson mixte

Les plans (vue en plan, coupes longitudinale et transversale) de la solution caisson mixte à hauteur variable (Profils en long à 4% et 6%) envisagée est mentionnée ci-après :

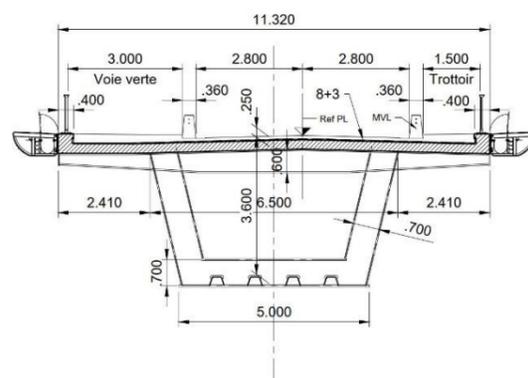
VUE EN PLAN



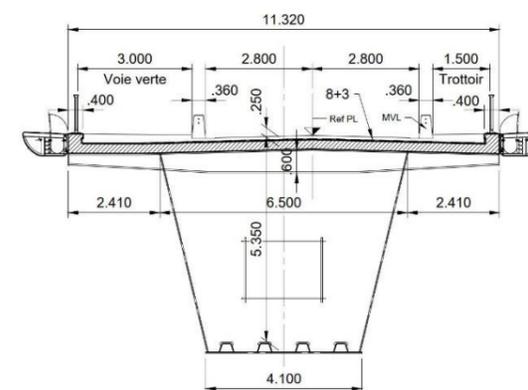
COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE EN TRAVÉE



COUPE TRANSVERSALE SUR APPUIS

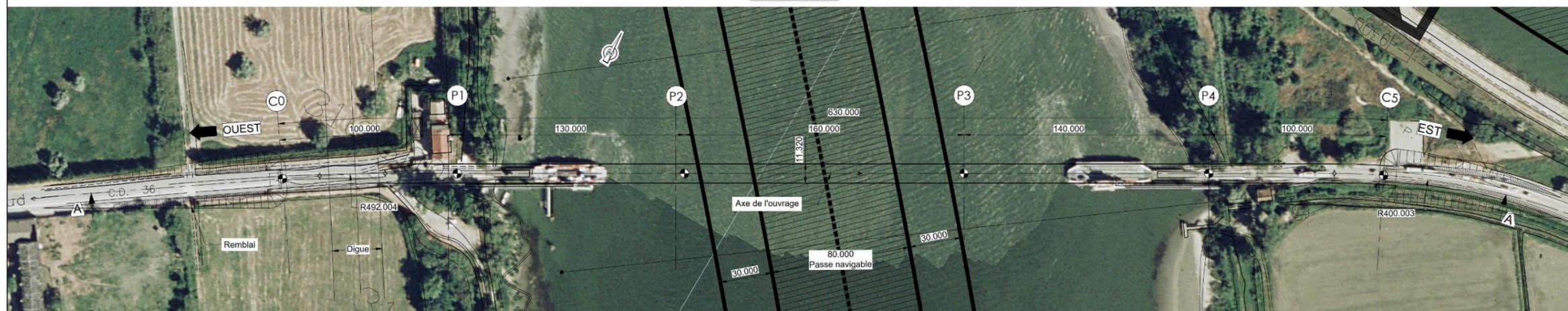


ARTELIA Passion & Solutions	TECHNICIEN			
	EAN			
	INGENIEUR			
	KDA	0	24/02/2020	Première émission
	CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
DCS	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75	

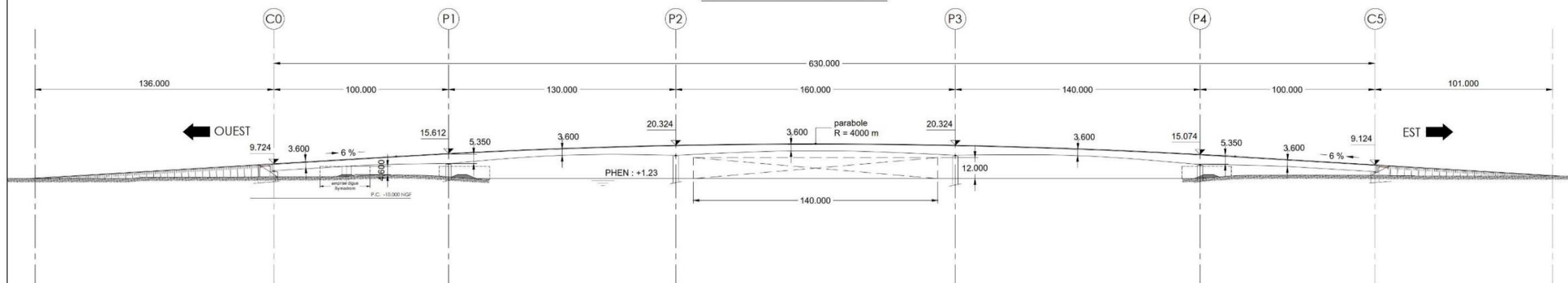
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Variante 4a
Solution caisson mixte hauteur variable
PL: 4% - R: 3500m
Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	
FEVRIER 2020	
PHASE	
E.P.	
PLAN N°	IND.
01	0

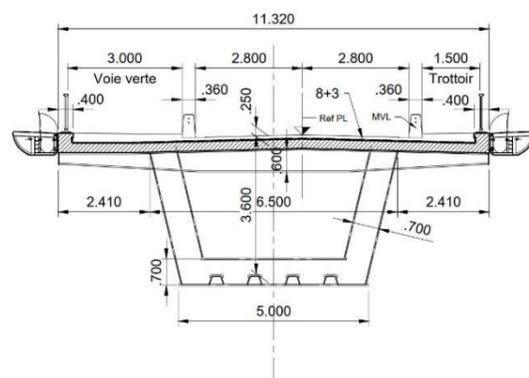
VUE EN PLAN



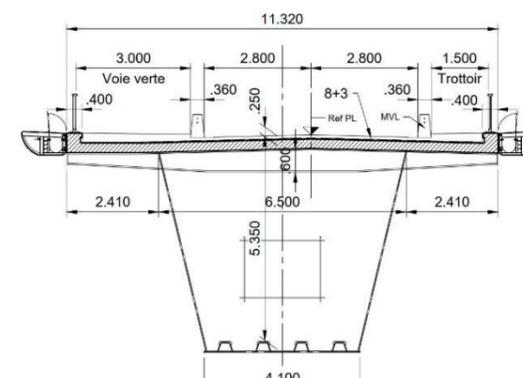
COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE EN TRAVÉE



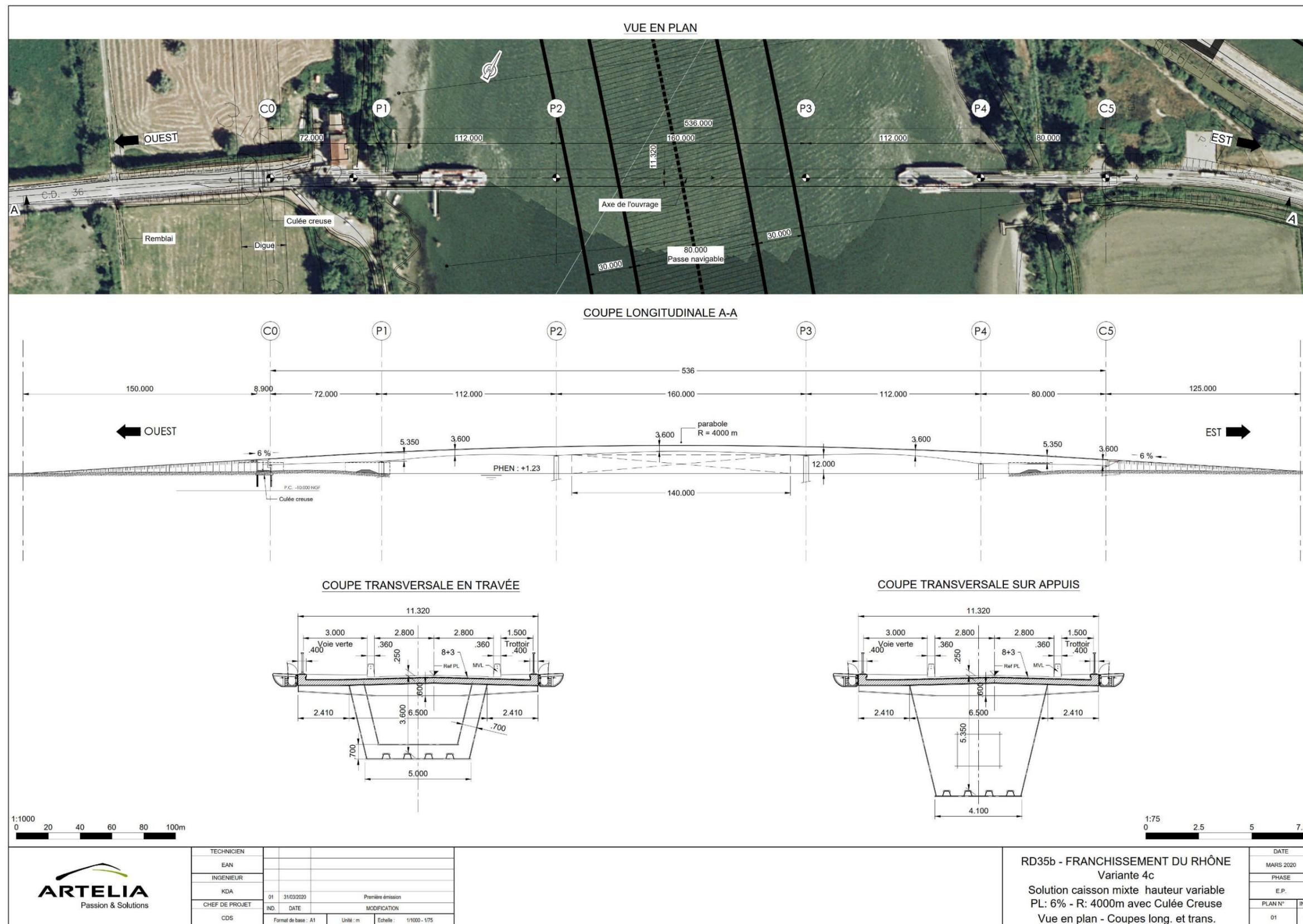
COUPE TRANSVERSALE SUR APPUIS



	TECHNICIEN			
	EAN			
	INGENIEUR			
	KJDKDA	01	20/02/2020	Première émission
	CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
NYK	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75	

RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Variante 4b
Solution caisson mixte hauteur variable
PL: 6% - R: 4000m
Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	FÉVRIER 2020
PHASE	
E.P.	
PLAN N°	IND.
01	1



3.1.3.6.6. Phasage de réalisation

Nous envisageons la réalisation de cette solution par assemblage-lançage de la section en alignement droit franchissant le Grand Rhône et par assemblage-grutage de la section de la première travée en rive droite composée d'un alignement droit de 17.5 m et d'une courbe de 37.5 m.

Pour le lançage, nous envisageons de réaliser une plateforme de lançage de 160 m de longueur et 24 m de largeur (permettant la circulation des gros engins) après la culée C5 dans l'axe de l'ouvrage. Des palées provisoires seront mises en place au niveau de la première travée (entre C0 et P1) pour supporter le caisson en alignement droit en porte-à-faux et le caisson courbe mis en place par grutage. Les deux sections seront clavées par la suite.

Les éléments de structures seront livrés via la RD35b, puis assembler et lancer depuis la rive gauche. Les sections à gruter en rive droite seront acheminées par voie fluviale (utilisation de barge sur le Rhône).

A ce stade de l'étude, nous estimons la longueur de l'avant-bec de lançage à 30 m.

La réalisation du hourdis se fera par préfabrication partielle. Les éléments de dalles en encorbellement seront préfabriqués sur l'aire de chantier puis posés sur la charpente métallique avant lançage compte tenu de la longueur de l'ouvrage. La longueur des éléments de dalle préfabriqués dérive de l'entraxe des pièces de pont de 4,00 m. Les parties entre les semelles supérieures des pièces de pont seront coulées en place sans difficulté avec un bac acier servant de coffrage. Cette méthode est pertinente car :

- La charpente métallique est complexe (caisson à pièces de pont en travée et à diaphragme sur appui),
- Le délai d'exécution est réduit,
- Les conditions d'accès aux sites sont délicates compte tenu de la longueur de l'obstacles à franchir et des enjeux environnementaux (coulure de béton dans le Rhône)

Le béton utilisé pour les parties coulées en place sera d'une bonne viscosité afin d'éviter toute coulure dans le Rhône.

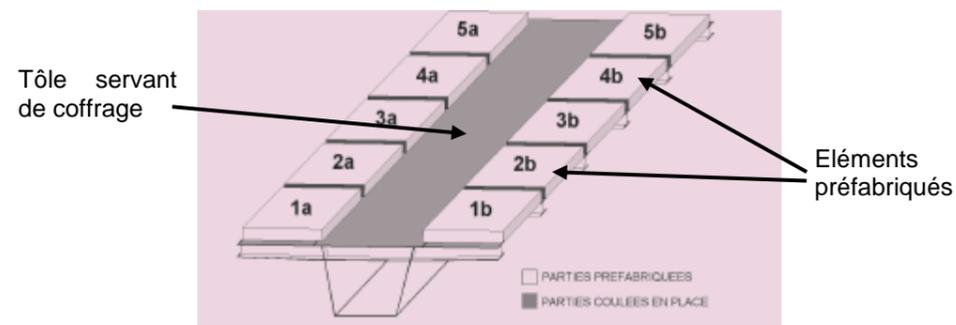


Figure 37 : Méthode 1 de préfabrication partielle

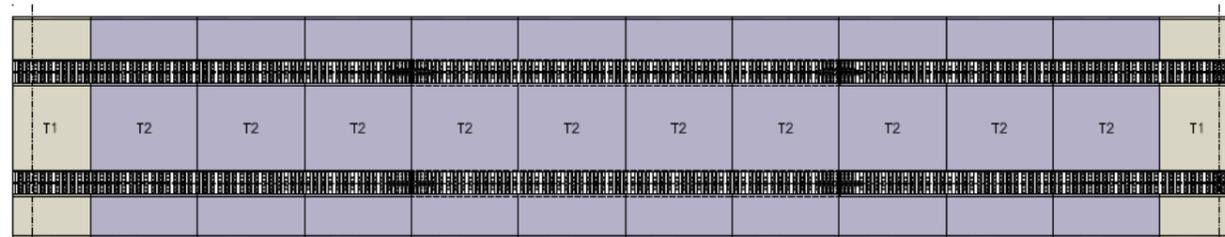


Figure 38 : Méthode 2 de préfabrication partielle

3.1.3.6.7. Cinématique de réalisation

La cinématique de réalisation envisagée est donnée comme suit :

- Réalisation des fondations P2, P3, P4, C5, P1 et C0 ;

- Elévation des appuis P2, P3, P4, C5, P1 et C0 ;
- Préparation de l'aire d'assemblage et de lançage en rive gauche ;
- Réalisation des palées de stabilité provisoires ;
- Assemblage et lançage de la section en alignement droit de l'ouvrage ;
- Assemblage et grutage de la section courbe ;
- Clavage des deux sections
- Réalisation du hourdis ;
- Réalisation des superstructures et équipement ;
- Réalisation des remblais d'accès
- Réalisation des essais de chargement ;
- Mise en service de l'ouvrage.

Le phasage de lançage envisagé est donné selon le schéma suivant :

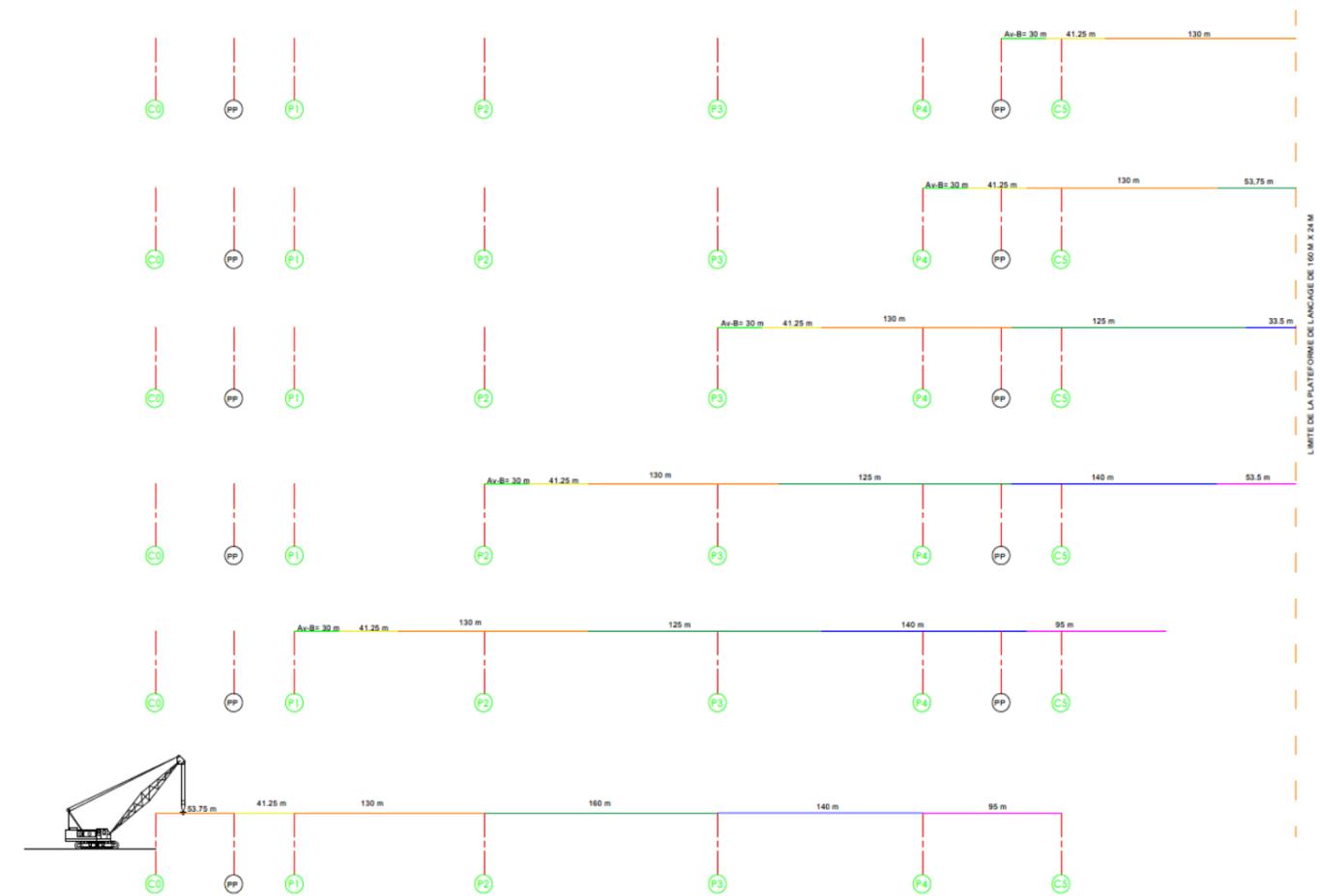


Figure 39 : Phasage de lançage sommaire

La longueur de l'avant-bec est de 30 m

La longueur de l'aire de lançage est estimée à 160 m.

La légende des couleurs est donnée comme suit :

- Barre horizontale verte : Avant-bec de 30 m ;

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 53 sur 88

- **Barre horizontale rouge :** Section courbe de 55 m posée à la grue ;
- **Barre Horizontale Jaune :** section en alignement de la première travée de 40 m ;
- **Barre horizontale orange :** 2e travée de 130 m ;
- **Barre Horizontale vert-foncée :** travée principale de 160 m ;
- **Barre horizontale bleue :** 4e travée de 140 m ;
- **Barre horizontale magenta :** 5e travée de 95 m.

Un principe de réalisation par lançage et grutage est présenté en **Annexe D**.

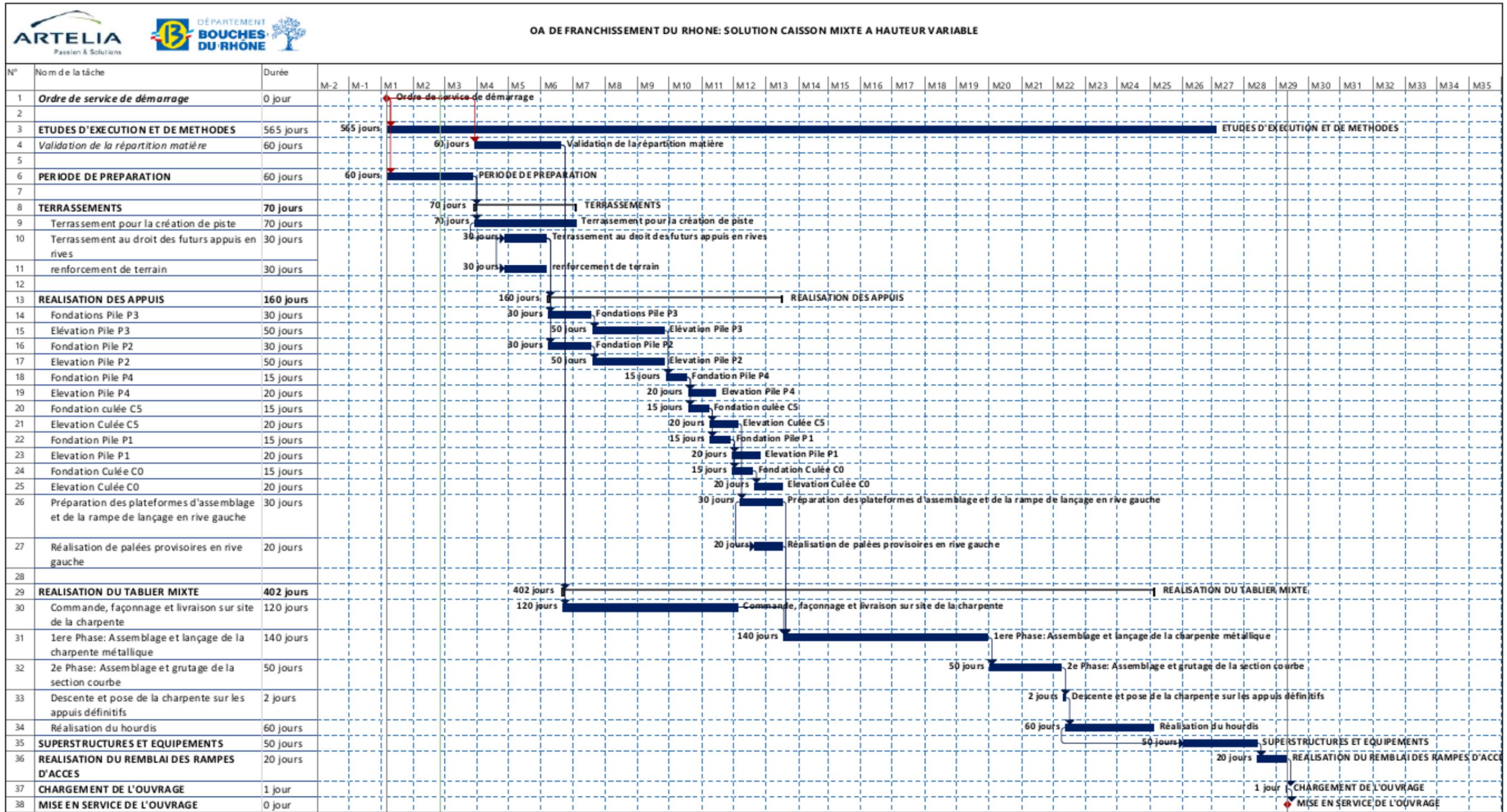
3.1.3.6.8. **Planning travaux**

La durée de réalisation a été estimée comme suit :

- **Période de préparation :** 60 Jours ;
- **Terrassements :** 70 Jours ;
- **Réalisation des appuis :** 160 Jours ;
- **Réalisation du tablier :** 402 Jours ;
- **Superstructures et équipements :** 50 jours ;
- **Réalisation des remblais d'accès :** 20 jours ;
- **Essais de chargement de l'ouvrage :** 1 jour.

La durée de réalisation des travaux est estimée à **29 mois**.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 54 sur 88



3.1.3.6.9. Maintenance et entretien

A. Entretien courant

Cf paragraphe 2.6.2.1.

B. Entretien périodique

Les opérations de maintenance décrites au paragraphe 0 restent valable pour cette solution de franchissement.

3.1.3.6.10. Estimation du cout prévisionnel des travaux

Le récapitulatif de l'estimation du coût prévisionnel des travaux est présenté au **paragraphe 3.3.2.1**. Le détail de l'estimation est fourni en **Annexe C**.

3.1.3.7. VARIANTE 5 : BETON PRECONSTRAINT CONSTRUIT PAR ENCORBELLEMENT

Le mode de construction par encorbellements successifs d'un tablier en caisson en béton précontraint avec voussoirs coulés en place à l'aide d'un équipage mobile consiste à exécuter l'essentiel du tablier du pont sans cintre ni échafaudage au sol, ce qui permet de limiter grandement l'emprise des travaux, en opérant par tronçons successifs dénommés voussoirs.

C'est ainsi, une solution rustique résistant bien aux affres climatiques et dont le renforcement est aisé dans le cas d'une défaillance (due à la corrosion des câbles de précontrainte par exemple). La majeure partie de l'ouvrage sera construite sans contact avec le sol, ce qui permet de franchir la brèche du projet « le Rhône », difficilement accessible.

Une solution à cinq travées s'impose comme la mieux adaptée au site. Une telle structure est bien adaptée pour le franchissement des grandes portées supérieures à 65 m. Au-delà de 65 m voir 70 m, les efforts dans les fléaux deviennent très importants et nécessitent une hauteur sur pile qui se révèle surabondante en travée. Nous considérons ainsi, un ouvrage à hauteur variable économiquement plus intéressant.

La figure ci-dessous illustre le principe de construction par encorbellement successif et le coulage sur cintre.

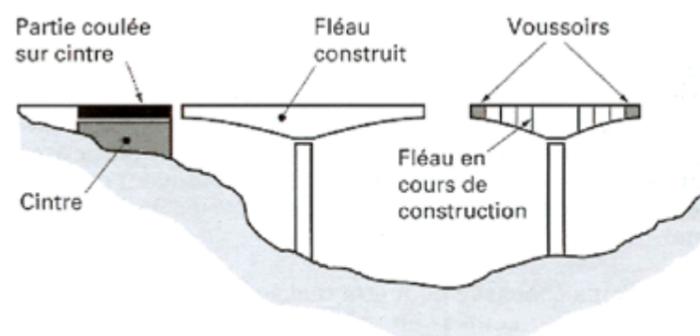


Figure 40 : Principe de construction par encorbellement successif et coulage sur cintre

3.1.3.7.1. Vue en plan

La géométrie en plan de l'ouvrage de l'ouvrage est composée de sections en alignement droit (L=540 m) et en courbe (L=36 m). Les appuis sont disposés droit avec un biais de 100 grades.

La vue en plan de l'ouvrage est donnée au paragraphe 0.

3.1.3.7.2. Profil en long

Le tablier présente une longueur totale de 576 m, se décomposant suivant la travure suivante :

80 m - 128 m - 160 m - 128 m – 80 m.

Cette travure convient à un tablier en béton précontraint construit par encorbellement :

$0.6 < \text{balancement} = 80 \text{ m} / 128 \text{ m} = 0.62 < 0.8 \rightarrow$ **Balancement vérifié**

$0.6 < \text{balancement} = 128 \text{ m} / 160 \text{ m} = 0.8 \leq 0.8 \rightarrow$ **Balancement acceptable**

L'ouvrage repose sur six appuis numérotés de C0 (culée en rive gauche) à C5 (culée en rive droite). Trois types d'appareil d'appuis sont utilisés afin d'adopter un schéma statique garantissant une libération des effets uniforme de la température :

- Appareil d'appui fixe ;
- Appareil d'appui unidirectionnel (déplacement autorisé dans le sens longitudinal ou transversal)
- Appareil d'appui multidirectionnel (déplacement autorisé dans le sens longitudinal et transversal)

Le schéma statique est présenté au paragraphe 3.1.3.7.5. La figure au paragraphe 3.1.3.7.5 montre la coupe longitudinale de l'ouvrage.

3.1.3.7.3. Profil en travers fonctionnel

Le tablier présente une largeur de 11.32 m. La coupe fonctionnelle se décompose comme indiqué dans le § 2.1.3.

3.1.3.7.4. Prédimensionnement

Selon le guide du SETRA « Ponts en béton précontraint construits par encorbellements successifs », une première esquisse de la section transversale de l'ouvrage a été établie. Les caissons en béton précontraint à hauteur variable de 4.80 m à 9.00 m, sont élancés au 1/33^{ème} et 1/18^{ème} respectivement.

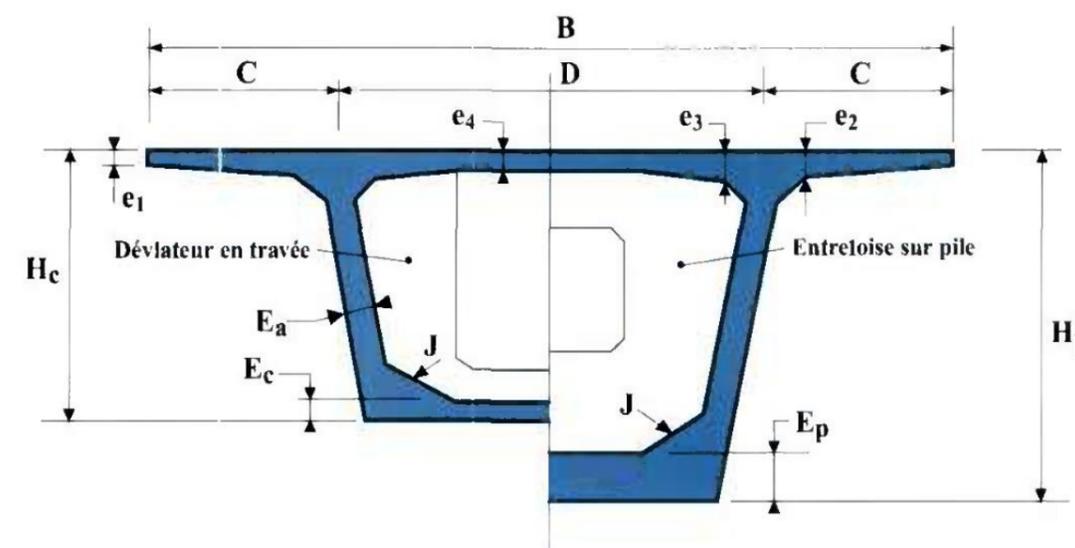


Figure 41 : Coupe transversale type d'un caisson en béton précontraint

Tableau 19 : Prédimensionnement de l'ouvrage

Prédimensionnement		
L: longueur de la plus grande travée (m)	60 à 220 m	115

Hauteur sur pile	$L/18 < H_p \text{ (m)} < L/16$	9.0
Hauteur à la clef	$L/35 < H_c \text{ (m)} < L/30$	4.8
Hourdis supérieur	B (m)	11.32
	$C=B/4 \text{ (m)}$	2.85
	$D=B-2C \sim B/2 \text{ (m)}$	5.62
	e1 (m)	0.24
	$C/8 < e2 \text{ (m)} < C/7$	0.30
	$e_3=0.1+D/25$ $e_3 > e2-0.1$ et $e_3 > 1.5e4$	0.40
	$D/35 < e_4 < D/25$	0.22
Ea: épaisseur des âmes (m)	$L/275 + 1.25B/L - 0.125$	0.59
Inclinaison des âmes	$\alpha \text{ (}^\circ\text{)}$	10
Hourdis inférieur	travée: $E_c \text{ (m)}$	0.22
	Pile: $35 \leq E_p \text{ (m)} \leq 80 \text{ cm}$	0.80

3.1.3.7.5. Schéma statique

L'ouvrage repose sur 6 files d'appui, à savoir les deux culées et quatre piles.

Le tablier repose sur ses appuis par l'intermédiaire d'appareils d'appui à pot glissants.

Le schéma statique se traduit par un blocage longitudinal sur la Pile P3 qui constitue le point fixe, et un blocage transversal sur la file d'appui Sud.

La mise en place d'un unique point fixe permet de libérer les déplacements longitudinaux du tablier lié aux variations uniformes de température qui ne génèrent ainsi pas d'effort dans la structure.

Par ailleurs, en positionnant le point fixe sur P3, on répartit de manière plus équilibrée les « longueurs dilatables » de l'ouvrage ce qui permet de réduire les souffles au niveau des joints de chaussée sur les culées.

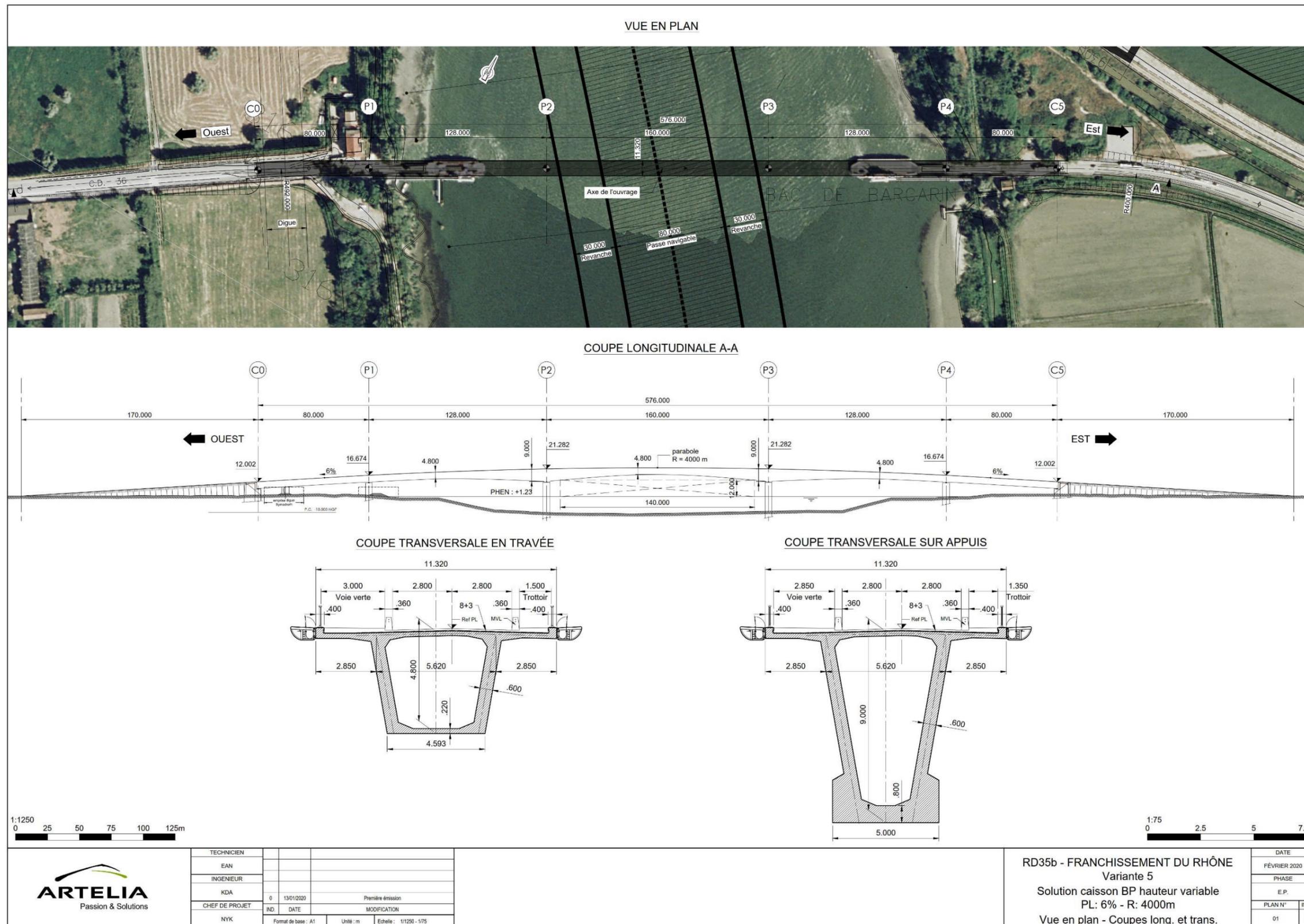


- Pot fixe dans les deux sens
- ⊕ Pot libre dans les deux sens
- ⊖ Pot libre dans un seul sens

Figure 42 : Schéma statique de l'ouvrage

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 57 sur 88

3.1.3.7.6. Plan de la solution



3.1.3.7.7. Phasage de réalisation

Nous décomposons l'ouvrage en deux fléaux (P2 et P3) de longueur constante de 160 m construits à l'aide d'équipages mobiles et deux sections (C0-P1 et C5-P4) construits sur cintres. La construction du tablier s'effectue symétriquement de part et d'autre des piles, de manière à limiter le déséquilibre des appuis de fléaux (la double console constituée de voussoirs).

La construction d'un fléau démarre par le bétonnage du voussoir sur pile ; les voussoirs courants sont ensuite bétonnés dans des équipages mobiles accrochés de chaque côté du fléau. Lorsque le béton a atteint la résistance nécessaire, une ou deux paires de câbles de fléau sont tendus et les équipages sont avancés d'un voussoir, jusqu'à achèvement du fléau. Une fois les fléaux exécutés, ils sont solidarités entre eux et aux parties coulées sur cintre à chaque extrémité (opération de clavage). La continuité mécanique de la structure est obtenue en disposant des câbles éclisses ou de continuité dans les travées.

Afin de stabiliser les fléaux en phase provisoire, avant l'exécution des clavages de continuité, procédera à un clouage des Voussoirs sur Pile (VSP) à l'aide de câbles de précontrainte verticaux afin de les « plaquer » sur leurs appuis. Pendant la construction, le VSP repose sur un ensemble de cales provisoires dédoublant l'appui. Les ancrages supérieurs des câbles de clouage sont placés dans des bossages provisoires posés sur le hourdis supérieur.



Photo 6 : Construction par encorbellements successifs d'un tablier en caisson béton précontraint avec des voussoirs coulés en place à l'aide d'un équipage mobile

Nous citons ainsi, ci-après les grandes lignes de la cinématique de construction du viaduc proposée:

- Réalisation des fondations de l'ouvrage ;
- Elévation des piles et des culées ;
- Construction du fléau sur pile P3 ;
- Construction du fléau sur pile P2 et clavage de la travée 3 ;
- Construction de la partie coulée sur cintre côté rive gauche d'une longueur de 128 m et clavage de la travée 5 ;
- Construction de la partie coulée sur cintre côté rive gauche d'une longueur de 128 m et clavage de la travée 2 ;
- Réalisation des superstructures, équipements ;
- Réalisation des remblais d'accès ;

- Réalisation des essais de chargement ;
- Mise en service de l'ouvrage.

3.1.3.7.8. Planning travaux

La durée de réalisation a été estimée comme suit :

- **Période de préparation :** 60 Jours ;
- **Terrassements :** 70 Jours ;
- **Réalisation des appuis :** 240 Jours ;
- **Réalisation du tablier :** 335 Jours ;
- **Superstructures et équipements :** 60 jours ;
- **Réalisation des remblais d'accès :** 20 jours
- **Essais de chargement de l'ouvrage :** 1 jour.

Le planning proposé ci-dessous sera optimisé en fonction des équipes à mobiliser sur chantier. La durée des travaux estimée est d'environ **28 mois**.

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 59 sur 88

3.1.3.7.9. **Maintenance et entretien**

A. Entretien courants

Cf. paragraphe 2.6.2.1.

B. Entretien périodique

Pour les ouvrages à tablier en béton précontraint, il faut compter une réfection des cachetages d'ancrage d'armatures de précontrainte tous les 30 ans.

Tableau 20 : Récapitulatif des périodes d'entretien fonction des parties d'ouvrage

Partie d'ouvrage		Périodicité
Fondations	Aucune intervention à prévoir	Sans objet
Culées	Aucune intervention à prévoir	Sans objet
Tablier en béton précontraint par encorbellement	Remise en peinture	30 ans
Equipements	Etanchéité - chaussée	20 ans
	Joints de chaussée et trottoir	20 ans compte tenu du trafic faible
	Corniches métalliques	50 ans
	Appareils d'appui	20 ans

Au stade de la réalisation, certains principes doivent être pris en compte pour faciliter les campagnes d'inspections détaillées. En effet, l'intérieur du caisson doit comporter une installation électrique servant d'une part à l'éclairage et d'autre part à alimenter les outils qui peuvent être nécessaires pendant les opérations de maintenance (perceuses, projeteurs, etc....).

Pour l'éclairage, il sera judicieux de de fixés des appliques (tubes néons ou réglettes fluorescentes) au milieu de la sous-face du hourdis supérieur. Vu la longueur totale de l'ouvrage supérieure à 500 m, nous préconisons un éclairage par tronçon de 250 m avec des interrupteurs placés aux deux extrémités du tablier (au niveau des culées).



Photo 7 : Eclairage intérieur de caisson

Il y'a lieu de prévoir au droit de chaque pile un passage permettant la visite du tablier et des têtes de piles. Pour les infiltrations d'eaux au niveau des joints de chaussées et de trottoirs, nous préconisons la mise en place de chéneaux supportés par des équerres en acier galvanisé et centré sous les joints. Afin d'éviter des éclaboussures, il convient de canaliser l'eau par des bavettes verticales en néoprène fermant l'espace entre le joint et le chéneau (d'après le guide de conception des ponts en béton précontraint construits par encorbellement, juin 2003) :

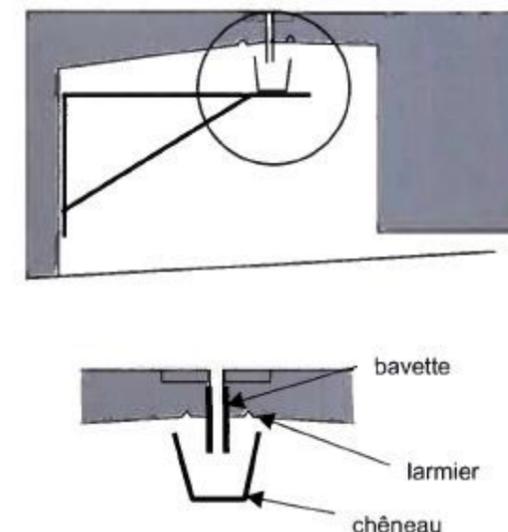


Figure 43 : Principe de fixation des chéneaux sous joints de chaussées

3.1.3.7.10. **Estimation du cout provisionnel des travaux**

Le récapitulatif de l'estimation du coût prévisionnel des travaux est présenté au **paragraphe 3.3.2.1**. Le détail de l'estimation est fourni en **Annexe C**.

3.2. LES PLANS DES SOLUTIONS ENVISAGEES

Les plans des différentes solutions sont présentés en annexe du présent mémoire.

3.3. ANALYSE MULTICRITERES

3.3.1. Critères de comparaison

Ce paragraphe établit un comparatif des 9 variantes étudiées sur la base des critères suivants :

- **Coût** : pertinence de la solution au regard de l'enveloppe financière dédiée à l'ouvrage;
- **Construction** : facilité à la mise en œuvre, volume de travaux à réaliser ;
- **Maintenance** : durabilité, robustesse, facilité de maintenance ;
- **Durée de réalisation** : Pertinence de la solution au regard de la durée des travaux ;
- **Esthétique** : élégance, qualité architecturale de l'ouvrage, capacité de la solution à composer avec la géométrie globale du projet, insertion dans le site ;
- **Enjeux environnementaux** : Incidence de la solution sur l'environnement ;
- **Accessibilité aux PMR** : facilité d'accès aux PMR selon le profil en long.

3.3.2. Comparaison des variantes

Les descriptions qui suivent détaillent par critères la compatibilité des différentes solutions envisagées. Elles sont présentées dans l'ordre de la moins adaptée [**Peu adaptée**] à la mieux adaptée [**très adaptée**]. Le tableau présenté au paragraphe 3.3.3 synthétise l'ensemble de ces comparaisons.

3.3.2.1. COÛT

Les montants de travaux de ces variantes ont été estimés sur la base de métrés d'un niveau proche de celui d'un avant-projet.

A ce stade du projet, nous avons réalisé les estimatifs en prenant en compte une marge de **10% pour les aléas et 10% pour les sommes à valoir**. Cette marge est suffisante pour couvrir les imprévus tels que **le coût de démolition des cales d'accostages si-nécessaires, de l'appontement fixe en béton rive droite, du poste de repli en rive droite, le coût des travaux conservatoires, etc.**

NB : Le chiffrage présenté dans ce paragraphe concerne uniquement l'ouvrage d'art et les rampes d'accès à l'ouvrage. Il ne prend donc pas en compte :

- Les mesures compensatoires,
- Le maintien du fonctionnement du Bac,
- Les coûts de démolition des infrastructures des ouvrages,
- Les acquisitions foncières,
- La réglementation fluviale à mettre en place durant le chantier,
- La réglementation fluviale à mettre en place après la réalisation de l'ouvrage d'art
- Les coûts d'exploitation,

- Les prestations annexes, surveillance et environnementales, CSPS, CT, etc...
- La reprise des accès des riverains,
- L'aménagement des infrastructures existantes connectées à l'ouvrage
- Les coûts des études annexes.

Cette liste n'est pas exhaustive. Nous présentons ci-après la répartition des coûts par poste pour toutes les solutions :

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 62 sur 88

Tableau 21: Coût prévisionnel des travaux d'ouvrages d'art

I	PRIX GENERAUX	Variante 1: Précontrainte Extradossée		Variante 2: Pont à Hauban		Variante 3a: Dalle Orthotrope 4%		Variante 3b: Dalle Orthotrope 6%		Variante 3c: Dalle Orthotrope 6%		Variante 4a: Caisson mixte 4%		Variante 4b: Caisson mixte 6%		Variante 4c: Caisson mixte 6%		Variante 5: Béton Précontraint	
		% du Total	Total HT (€)	% du Total	Total HT (€)	% du Total	Total HT (€)	% du Total	Total HT (€)	% du Total	Total HT (€)	% du Total	Total HT (€)	% du Total	Total HT (€)	% du Total	Total HT (€)	% du Total	Total HT (€)
	Période de préparation	9.19 %	3 583 273	9.33 %	4 236 007	9.29 %	4 090 480	9.29 %	4 142 411	9.29 %	3 751 209	9.28 %	3 983 626	9.28 %	4 072 250	9.29 %	3 691 846	9.18 %	3 286 532
	Phase Travaux	1.63 %	635 553	1.65 %	749 133	1.64 %	722 108	1.64 %	731 276	1.64 %	662 216	1.64 %	704 003	1.64 %	719 665	1.64 %	651 736	1.63 %	583 556
	Période de réception des travaux	0.67 %	261 240	0.68 %	308 734	0.68 %	299 411	0.68 %	303 212	0.68 %	274 577	0.68 %	291 904	0.68 %	298 398	0.68 %	270 232	0.67 %	239 867
II	TRAVAUX	76.60 %	29 867 106	77.72 %	35 286 434	77.41 %	34 084 397	77.38 %	34 503 742	77.49 %	31 289 687	77.35 %	33 204 035	77.37 %	33 951 503	77.45 %	30 778 630	76.51 %	27 391 345
	Travaux préparatoire et méthode	0.85 %	331 424	1.70 %	771 834	0.75 %	330 233	0.74 %	329 966	0.74 %	298 805	0.77 %	330 538	0.75 %	329 115	0.74 %	294 076	0.92 %	329 369
	Dégagements des emprises	1.52 %	592 663	1.75 %	794 535	1.57 %	691 287	1.55 %	691 145	1.55 %	625 875	1.61 %	691 125	1.58 %	693 336	1.55 %	615 970	1.82 %	651 578
	Ouvrages d'art	74.23 %	28 943 019	74.28 %	33 724 606	75.09 %	33 062 878	75.08 %	33 478 172	75.08 %	30 316 553	74.96 %	32 178 079	75.04 %	32 929 053	75.08 %	29 836 792	73.76 %	26 406 818
III	EQUIPEMENTS	4.06 %	1 583 035	2.72 %	1 234 934	3.08 %	1 356 155	3.12 %	1 391 208	2.99 %	1 207 332	3.16 %	1 356 493	3.13 %	1 373 507	3.03 %	1 204 122	4.16 %	1 489 322
	Equipements		1 583 035		1 234 934		1 356 155		1 391 208		1 207 332		1 356 493		1 373 507		1 204 122		1 489 322
IV	ALEAS et travaux complémentaires	7.85 %	3 060 794	7.90 %	3 586 758	7.90 %	3 478 449	7.89 %	3 518 151	7.90 %	3 189 941	7.89 %	3 386 940	7.89 %	3 462 290	7.90 %	3 139 460	7.85 %	2 810 379
	Aléas		3 060 794		3 586 758		3 478 449		3 518 151		3 189 941		3 386 940		3 462 290		3 139 460		2 810 379
	TOTAL GENERAL HT (€)	100.00 %	38 991 000	100.00 %	45 402 000	100.00 %	44 031 000	100.00 %	44 590 000	100.00 %	40 379 000	100.00 %	42 927 000	100.00 %	43 882 000	100.00 %	39 740 000	100.00 %	35 801 000
	TVA (20%) (€)	20.00 %	7 798 200	20.00 %	9 080 400	20.00 %	8 806 200	20.00 %	8 918 000	20.00 %	8 075 800	20.00 %	8 585 400	20.00 %	8 776 400	20.00 %	7 948 000	20.00 %	7 160 200
	TOTAL GENERAL TTC (€)		46 789 200		54 482 400		52 837 200		53 508 000		48 454 800		51 512 400		52 658 400		47 688 000		42 961 200

Du Tableau 21, il ressort que la Variante 5 Béton précontraint est la moins dispendieuse (**42,961 M€ TTC**) et la Variante 2 Hauban, la plus onéreuse (**54,482 M€ TTC**). Ces estimations ont été réalisées sur la base des travaux d'ouvrages d'art uniquement.

Pour une comparaison plus correcte des coûts prévisionnels, nous avons réalisé une estimations globale en prenant en compte le coût de réalisation d'ouvrages d'art et des remblais d'accès. En effet, les longueurs de remblais d'accès diffèrent selon les pentes du profil en en long.

La réalisation des rampes d'accès a été estimée en considérant un ratio au mètre linéaire de **10 000 €/ml** issu de nos retours d'expérience sur des projets récemment achevés ou en cours d'exécution.

Le tableau ci-dessous présente le coût prévisionnel global (ouvrages d'art + rampes d'accès) pour chaque variante ainsi que les ratios au m² de tablier. Il est fourni à titre d'information permet d'effectuer une comparaison correcte des variantes.

Le détails des estimations est mentionné en **Annexe C**.

Tableau 22 : Coût prévisionnel global - Ratio au m² de tablier

SOLUTION	OUVRAGE D'ART					RAMPE		COÛT TOTAL HT
	Pente	Longueur Ouvrage	Largeur Tablier	C0 Ouvrage d'art	Ratio	Longueur	Coût unitaire	
Variante		m	m	€	€/m ²	m	10 000 € / ml	€
Variante 1: Précontrainte extradossée	4%	580	14.40	38 991 000	4 668	418	4 180 000	43 171 000
Variante 2: Haubanée	4%	535	14.32	45 402 000	5 926	497	4 970 000	50 372 000
Variante 3a: Dalle orthotrope	4%	620	11.32	44 031 000	6 274	326	3 260 000	47 291 000
Variante 3b: Dalle orthotrope	6%	640	11.32	44 590 000	6 155	239	2 390 000	46 980 000
Variante 3c: Dalle orthotrope	6%	536	11.32	40 379 000	6 655	218	2 180 000	42 559 000
Variante 4a: Caisson métallique mixte	4%	620	11.32	42 927 000	6 116	376	3 760 000	46 687 000
Variante 4b: Caisson métallique mixte	6%	630	11.32	43 882 000	6 153	237	2 370 000	46 252 000
Variante 4c: Caisson métallique mixte	6%	536	11.32	39 740 000	6 550	275	2 750 000	42 490 000
Variante 5: Béton précontraint par encorbellement	6%	576	11.32	35 801 000	5 491	340	3 400 000	39 201 000

Le Tableau 22 permet de réaliser le classement suivant :

Tableau 23 : Classement des solutions

Classement	Variante	Coût global (OA+ RAMPES) (HT)
1	Variante 5: Béton précontraint par encorbellement	39 201 000
2	Variante 4c: Caisson métallique mixte	42 490 000
3	Variante 3c: Dalle orthotrope	42 559 000
4	Variante 1: Précontrainte extradossée	43 171 000
5	Variante 4b: Caisson métallique mixte	46 252 000
6	Variante 4a: Caisson métallique mixte	46 687 000
7	Variante 3b: Dalle orthotrope	46 980 000
8	Variante 3a: Dalle orthotrope	47 291 000
9	Variante 2: Haubanée	50 372 000

Variante 5: BP [Très adaptée]

Elle présente une largeur de tablier faible de 11.32 m. La pente à 6% du profil en long permet d'obtenir un ouvrage de 576 m ainsi qu'une longueur totale de rampe de 340 m.

Variante 2 : HAU [Peu adaptée]

Elle présente une largeur de tablier faible de 11.32 m et une épaisseur de 1,30 m. Cependant, elle dispose de plusieurs appuis dans le Rhône et d'un pylône de 60 m au-dessus du tablier. Le coût prévisionnel élevé de la solution est dû à la réalisation du pylône et du haubanage.

Variante 1 : EXT [Très adaptée]

Elle présente une largeur de tablier importante de 14,4 m avec une pente longitudinale à 4%. Elle présente une épaisseur de tablier faible 3,60 m et des mâts moins importants 20 m. La longueur de l'ouvrage est de 580 m, d'où le coût prévisionnel moins élevé.

Variante 4c : CM [Très adaptée] ; Variante 3c : ORT [Très adaptée]

La pente à 6% du profil en long permet d'obtenir un ouvrage de 536 m ainsi qu'une longueur totale de rampe de 218 m pour la variante 3c Dalle Orthotrope et 275 m pour la variante 4c Caisson mixte. Ces deux variantes % présentent une longueur moins importante, d'où le coût prévisionnel moins élevé.

3.3.2.2. CONSTRUCTION

Variante 4 : CM [Peu adaptée] ; Variante 3 : ORT [Peu adaptée] → Construction par lançage et grutage

Le lançage d'un tronçon de l'ouvrage pour ces variantes nécessitera la création d'une plateforme de lançage de 170 m de longueur (au minimum) et 24 m de largeur (permettant la circulation des gros engins) dans l'axe de l'ouvrage pour assembler les tronçons successifs de l'ossature. Cependant, l'emprise réellement disponible après la culée Ouest n'est pas très importante. Il serait donc judicieux de réaliser des palées de stabilité provisoires au niveau de la première travée. Les sections courbes de rive seront mises en place par grutage au vu des rayons de raccordement après lançage des sections intermédiaires.

Ces solutions nécessiteront des périodes de préparation importantes pour la mise en place des dispositions spécifiques à la phase travaux. Une fois cette phase terminée, le lançage du tablier sera établi sans aucune difficulté précise.

Variante 5 : BP [Peu adaptée]; Variante 1 : EXT [Adaptée] → Construction par encorbellement

Vu les difficultés d'accès pour l'acheminement d'éléments préfabriqués de poids et encombrement importants, on privilégie la construction du tablier par encorbellement successif avec des voussoirs coulés en place à l'aide d'un équipage mobile avec un approvisionnement du béton à la pompe. Ces pompes seront transportées via la RD35b ou par voie fluviale par le Rhône, on aura ainsi recours à des barges.

La solution Béton précontraint construit par encorbellement présente une épaisseur de tablier importante donc des voussoirs très lourds. Les équipages mobiles à mettre en place seront donc très importantes et de conception plus sophistiquée.

La solution en précontrainte extradossée présente une épaisseur de tablier moins importante. Les équipages mobiles seront donc plus légers par contre des coffrages grimpaient seront nécessaires pour la réalisation du pylône.

Variante 2 : HAU [Très adaptée]

Les structures à haubans nécessitent une technologie et des matériaux de grande qualité. Les haubans doivent répondre à des exigences strictes en termes de résistance mécanique, résistance à la fatigue et durabilité.

Le tablier de cette variante en dalle nervurée est réalisé par encorbellement successif coulé sur place au moyen d'équipages mobiles. Lors de la construction, le poids du béton mou ajouté à celui de l'équipage mobile crée des moments négatifs et des tractions en fibre supérieure au niveau des sections déjà coulées.

Le nombre d'appuis dans le Rhône est plus important. Tout comme les autres solutions, les appuis seront réalisés grâce à des batardeaux. Le pylône en béton sera coulé en place au moyen de coffrage grimpaient. Cette méthode est plus adaptée au vu de la hauteur de sa hauteur.

La technicité dans le cas de cette variante est équivalente celle de la variante 1 solution extradossée.

3.3.2.3. MAINTENANCE

Les ouvrages projetés nécessiteront principalement les interventions suivantes :

- Entretien courants (curage des dispositifs d'assainissement, nettoyage et remise en peinture des équipements de sécurité, réparation des MVL en cas de choc accidentel, etc...)
- Remplacements des joints de chaussées tous les 20 ans ;
- Remplacements des appareils d'appuis en élastomères tous les 30 ans. Ainsi, la variante 2 présentant le nombre le plus important d'appui nécessitera plus d'entretien.
- Les culées des ouvrages (en génie civil) ne demandent pas d'entretien particulier.

Variante 4 : CM ; Variante 5 : BP ; Variante 1 : EXT ; Variante 3 : ORT → Tablier caisson

Tous les volumes intérieurs des ouvrages sont visitables. Les accès aux appuis et aux caissons seront aménagés :

- Trou d'homme dans les diaphragmes
- Porte d'accès à serrure sur culées

Variante 4 : CM [Peu adaptée] ; Variante 3 : ORT [Peu adaptée] → Caisson métallique

Il est nécessaire de prévoir une remise en peinture des charpentes métalliques. Au vu de la longueur de l'ouvrage et de l'obstacle franchi, il se pose une problématique d'accès à l'intrados. L'acier autopatinable Corten peut donc être envisagé. Cependant il est peu souhaitable en termes d'intégration architecturale.

Le nombre d'appui réduit dans le Rhône constitue un avantage non négligeable pour ce qui est de l'entretien des appareils d'appui.

Variante 5 : BP [Très adaptée] ; Variante 1 : EXT [Peu adaptée] ; Variante 2 : HAU [Peu adaptée] → tablier en béton (Caisson et dalle nervurée)

Le recours à des câbles de précontrainte constitue un point de complexification des travaux de maintenance. Pour les ouvrages à tablier en béton précontraint, il faut compter une réfection des cachetages d'ancrage d'armatures de précontrainte tous les 30 ans.

Les haubans et les câbles de précontrainte extradossée des variantes 1 et 2 nécessiteront de même des visites d'inspection et de maintenance. Dans cette perspective, leurs pylônes seront creux avec des escaliers pour accéder aux têtes d'ancrage. Les pylônes étant en béton armé, une différence excessive de tensions dans les câbles opposés entraîne des efforts horizontaux de tractions donc des fissurations si le pylône n'a été convenablement dimensionné (absence de chaînage). Les barrières anticorrosion des câbles doivent faire l'objet de campagnes d'inspections détaillées. La deuxième barrière généralement constituée d'une gaine individuelle ou collective et d'un produit de remplissage peut présenter différents désordres conduisant à des venues d'eau préjudiciables.

Pour toutes les variantes, des coûts d'entretien supplémentaire sont à prévoir en phase d'exploitation. La variante 5 semble être la conception la plus avantageuse en termes de maintenance car les câbles de précontrainte ne sont pas exposés, d'où un entretien limité.

Le coût de la maintenance annuel des travaux est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 24 : Coût annuel des travaux de maintenance sur 100 ans

Classement	Variante	Coût global (OA+ RAMPES) (HT)	Coût d'entretien annuel €/an
1	Variante 5: Béton précontraint par encorbellement	39 201 000	49 300
2	Variante 4c: Caisson métallique mixte	42 490 000	104 300
3	Variante 3c: Dalle orthotrope	42 559 000	101 200
4	Variante 1: Précontrainte extradossée	43 171 000	56 800
5	Variante 4b: Caisson métallique mixte	46 252 000	116 500
6	Variante 4a: Caisson métallique mixte	46 687 000	99 200
7	Variante 3b: Dalle orthotrope	46 980 000	114 000
8	Variante 3a: Dalle orthotrope	47 291 000	111 600
9	Variante 2: Haubanée	50 372 000	42 700

Il ressort de ce tableau que les ouvrages dont les travaux sont les moins onéreux présentent des coûts d'entretien annuel plus élevés, à l'exception de la variante 5. Ces ouvrages en question sont les ouvrages à charpente métallique.

A ce stade du projet, le coût de l'entretien annuel est une estimation basée sur des ratios qui sera affinée par la suite, il permet toutefois une comparaison entre les différentes solutions. Ce chiffrage sera traité plus précisément dans les phases ultérieures.

Les détails de l'estimation des coûts d'entretien annuel sont présentés en **Annexe D**.

3.3.2.4. DUREE DE REALISATION

Le tableau ci-après résume les durées de travaux pour les différentes solutions proposées :

Tableau 25 : Récapitulatif des durées de travaux

Variante	Durée de réalisation (mois)
1 : EXT [adaptée]	31
2 : HAU [adaptée]	31
3 : ORT [adaptée]	27
4 : CM [adaptée]	29
5 : BP [adaptée]	28

Les durées de travaux varient peu. Elles dépendent en grande partie des moyens et équipes à mobiliser sur le chantier. Les durées pour les ouvrages à câbles peuvent être optimisées.

Dans les plannings, il faut tenir compte de la période de migration des aloses présentes dans le Rhône, environ 4 mois où il ne faudra pas d'intervention perturbantes dans le lit (éviter le battage des pieux et mettre en place de batardeaux)

Variante 4 : CM [Très adaptée] ; Variante 5 : BP [Très adaptée] ; Variante 3 : ORT [Très adaptée]

La durée de réalisation des appuis peut être optimisée en fonction du nombre d'atelier à mobiliser pour la réalisation des appuis. Nous avons considéré un atelier pour les travaux de fondations et un autre pour l'élévation des appuis.

La Variante 3 et 4 sont des structures métalliques, elles présentent donc une durée de réalisation des appuis moins importante car la structure est plus légère, les appuis sont alors moins massifs. Par contre, la réalisation du tablier prend 400 jours compte tenu de l'importance des tronçons à assembler et à mettre en place par lancement ou par grutage.

La Variante 5 présente une durée de réalisation des appuis plus importante (environ 240 jours) car les appuis sont massifs. La mobilisation d'équipage mobile pour la réalisation des voussoirs coulés en place réduit considérablement la durée des travaux pour le tablier. Nous avons réalisé le planning en considérant deux paires d'équipage. Le temps de transfert d'un équipage mobile a été estimée à 5 jours.

Les durées de travaux restent convenables pour ces typologies d'ouvrage.

Variante 1 : EXT [adaptée] ; Variante 2 : HAU [adaptée]

Les deux solutions présentent une durée de réalisation des appuis plus importante à cause de présence de pylônes. La Variante 1 présente deux pylônes dont les travaux de réalisation sont estimés à 240 jours. Cependant, le temps de réalisation est réduit du fait de la méthode de construction par encorbellement.

La Variante 2 est composée de plusieurs piles de petites sections dans le Rhône et d'un pylône de 60 m au-dessus du tablier, d'où une durée de réalisation des appuis importante, estimée à 245 jours.

3.3.2.5. IMPACT ENVIRONNEMENTAL

L'analyse sur les impacts environnementaux des solutions est proposée dans le tableau ci-après :

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 65 sur 88

Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux

	V1	V2	V3			V4			V5	V6
	Précontrainte Extradossée	Haubanée	Dalle orthotrope			Caisson mixte			Béton précontraint	Précontrainte Extradossée double mât
			3a	3b	3c	4a	4b	4c		
Emprise dans le Rhône : impact sur l'écoulement du Rhône et la qualité de l'eau										
Nombre de piles dans le Rhône	2 + 1 en bordure (rive gauche)	5	2 + 1 en bordure (rive gauche)	2 + 1 en bordure (rive gauche)	3 + 1 en bordure (rive droite)	2 + 1 en bordure	2 + 1 en bordure	3 + 1 en bordure (rive droite)	2 + 1 en bordure (rive gauche)	2 + 1 en bordure (rive gauche)
Largeur des piles	4,50 m	1 de 6m 4 de 3m	10m au niveau de la plateforme visitable, 3 x 1,50m en dessous			3m			5m	4,90m
Compléments sur constructions	Pas de risque de coulure de béton dans le Rhône compte tenu de la méthode réalisation	Pas de risque de coulure de béton dans le Rhône compte tenu de la méthode réalisation	Pas de risque de coulure de béton dans le Rhône compte tenu de la méthode réalisation			Pas de risque de coulure de béton dans le Rhône compte tenu de la méthode réalisation			Risque de coulure de béton dans le Rhône	Pas de risque de coulure de béton dans le Rhône compte tenu de la méthode réalisation
Obstacles au transit ou à la migration des chiroptères et oiseaux										
Présence de haubans ou assimilés	Oui, 2 ensembles sur 20m de haut, soit 2 800m ²	Oui, un ensemble sur 60m de haut, soit 7 150m ²	Non			Non			Non	Oui, 2 ensembles sur 20m de haut, soit 2 800m ²
Épaisseur du tablier	Tablier fin	Tablier très fin	Tablier assez épais			Tablier variable, épais			Tablier variable très épais	Tablier fin
Hauteur sous tablier maximale (au centre de la passe navigable)	~13,00m	~15,50m	~12,50 m	~16,00 m	~12,50 m	~14,00 m	~16,00 m	~14,00 m	~16,00m	~14,00m
Hauteur sous tablier au droit des ripisylves (mesuré à l'arrière de la digue actuelle en rive droite)	~6,50m	~8,50 m	~6,00m	~9,50m	~6,00m	~6,00m	~7,50m	~6,50m	~9,00m	~7,50m
Impact sur les habitats et les zones humides										
Piles en bord de rive et proximité de la culée => impact sur la ripisylve	1 pile en rive gauche, culées en retrait	1 pile + culée proche du bord en rive gauche	1 pile en rive gauche, culées en retrait	1 pile en rive gauche, culées en retrait	1 pile en rive droite, culées en retrait	1 pile en rive gauche, culées en retrait	1 pile en rive gauche, culées en retrait	1 pile en rive droite, culées en retrait	1 pile en rive gauche, culées en retrait	1 pile en rive gauche, culées en retrait
Emprise au sol	~11 400 m ²	~11 700 m ²	~7 200 m ² (3a)	~5 050 m ² (3b)	~5 100 m ² (3c)	~8 650 m ² (4a)	~5 750 m ² (4b)	~6 850 m ² (4c)	~8 050 m ²	~10 500 m ²

Selon les critères de comparaison, les variantes de pont qui se dégagent sont les variantes V4 a et b (caisson mixte), v3b (Dalle orthotrope) et v6 (précontrainte extradossée double mâts).

Pour plus de détails sur les impacts potentiels des solutions, se référer au Dossier général des Etudes Préliminaires « RD35b_EP_R4_Rapport EP ».

Des mesures compensatoires ou de réductions des impacts du projet (quelle que soit la typologie de l'ouvrage d'art retenue) devront être prises en compte dans un contexte de développement durable.

A ce stade des études, une première estimation des mesures compensatoires envisageables est présentée dans le tableau ci-après :

Tableau 27 : Estimation des coûts liés à la réduction et à la compensation des impacts du projet

MESURES	Estimation en € TTC
Mise en place de panneaux occultants	330 000 €
Plantations pour guider l'avifaune et les chiroptères	120 000 €
Suppression des cales d'accostage, des voies abandonnées et renaturalisation des espaces	845 000 €
Enlèvement de la passerelle métallique en rive gauche et équipement associés	20 000 €
Démontage du poste de repli (ducs d'albe, passerelle de lamanage, réseaux)	20 000 €
Passages à faune	300 000 €
Rétablissement des fossés d'irrigation	60 000 €
Systèmes anti-intrusion vis-à-vis des espèces présentes sur site en phase chantier	36 000 €
Création / Réhabilitation de zones humides (hors coût du foncier)	Entre 720 000 € et 1 800 000 €

Ce chiffrage reste valable pour toutes les solutions d'ouvrage.

Le coût de certaines prestations hors ouvrages est pris en compte dans le chiffrage des travaux de voirie. Il s'agit notamment :

- Des reprises des accès des riverains ;
- De l'aménagement des infrastructures existantes sur lesquelles va se greffer l'ouvrage de franchissement.

3.3.2.6. ESTHETIQUE

Le tableau ci-après résume les épaisseurs du tablier pour les différentes solutions proposées :

Tableau 28 : Récapitulatif des épaisseurs de tablier

Variante	Epaisseur du tablier (m)
1 : EXT [adaptée]	4.00 à 6.00
2 : HAU [Très adaptée]	1.30
3 : ORT [adaptée]	3.80
4 :CM [peu adaptée]	3.60 à 5.35
5 : BP [Peu adaptée]	4.80 à 9.00

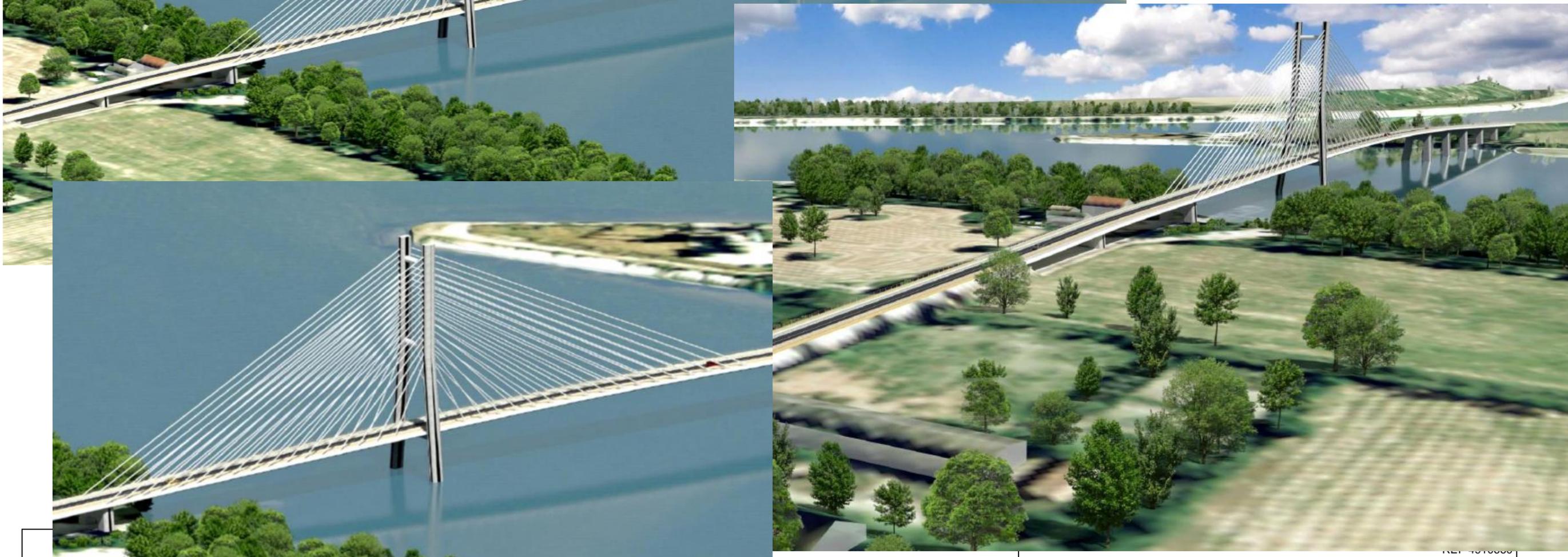
La solution retenue à l'issue de l'analyse multicritères fera l'objet d'aménagement de belvédère sur appuis.

Variante 2 : HAU [Très adaptée]

La conception de la variante 2 est très appréciée. Le tablier résolument fin et souple crée un effet de ligne droite dans l'horizon. La typologie de l'ouvrage convient bien à la topographie plate et monotone du site. Il sera visible de loin.



Figure 44 : Variante 2 : Pont à haubans



Variante 5 : BP [Peu adaptée] ; Variante 1 : EXT [Très adaptée]

Sur le plan esthétique, l'ouvrage construit par encorbellement successifs présente un tablier assez épais. La mise en place d'une précontrainte extradossée à nappe unique axiale (variante 1) permet de résoudre ce problème et d'avoir un ouvrage plus fin. En outre, les pylônes seront visibles de loin.

Par ailleurs, l'ouvrage étant de longueur importante, son découpage en petits éléments et la multiplicité des phases de bétonnage qui en résulte favorisent aussi les différences de teinte entre deux voussoirs successifs.



Figure 46 : Variante 1: Précontrainte extradossée



Figure 45 : Variante 5: Béton précontraint construit par encorbellement

Variante 4 : CM [Peu adaptée] ; Variante 3 : ORT [adaptée]

L'utilisation d'un acier autopatinable CORTEN n'offre pas un beau rendu de l'ouvrage bien qu'il permet de réduire l'entretien de la charpente à savoir la remise en peinture.

L'épaisseur du caisson de la variante 4 sur appui est assez importante. Par contre la solution s'intègre bien dans le paysage. Les belvédères aménagés sur appuis apportent une valeur ajoutée considérable à son architecture.

L'épaisseur de tablier faible et constante de la variante 3 permet une bonne insertion dans le paysage. L'aménagement de belvédères au niveau des appuis permettra d'obtenir un ouvrage très attractif ayant un potentiel élevé en terme de tourisme.



Figure 48 : Variante 4: Caisson mixte à hauteur Variable



Figure 47 : Variante 3: Caisson Orthotrope



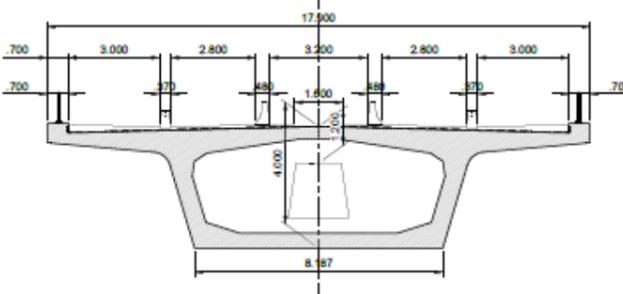
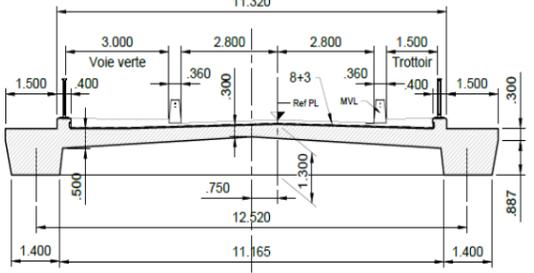
3.3.3. Grille d'analyse

L'analyse des différentes solutions en fonction des critères cités au paragraphe 3.3.1 est résumée dans le tableau ci-après. Des notes ont été attribuées aux solutions en fonction de leur pertinence. La note finale exprime la pertinence globale de la solution.

Echelle de pertinence :

Favorable	+2
Moyennement favorable	+1
Neutre	0
Assez défavorable	-1
Défavorable	-2

Tableau 29 : Analyse Multicritères

Variante	Accès PMR	Coupe transversale	Coût total (OA + rampes d'accès)	Durée des travaux	Construction	Maintenance	Enjeux environnementaux	Esthétique	Pertinence globale
Variante 1 : EXT (PL : 4%)	Oui		43 171 000 € HT	31 Mois	+ Méthode de construction moins encombrante + Construction des pylônes grâce à un coffrage grim pant - Mobilisation d'équipages mobiles plus ou moins importants	+ Ouvrage en béton, meilleure durabilité ; - Câbles de précontrainte exposés aux intempéries et aux actes de vandalisme - Entretien des joints de chaussés ; - Entretien des appareils d'appuis	Cf. Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	+Bonne insertion dans le site ; +Visible de loin.	+5
	+1		+1	0	+1	+1	0	+1	
Variante 2 : HAU (PL : 4%)	Oui		50 372 000 € HT	31 Mois	+ Méthode de construction moins encombrante + Construction du pylône grâce à un coffrage grim pant + Mobilisation d'équipages mobiles moins importants compte tenu de l'épaisseur du tablier	- Entretien des joints de chaussés ; - Coûts d'entretien des appareils d'appuis compte tenu du nombre d'appuis ; - Accès difficile aux appareils d'appuis compte tenu du nombre d'appui dans le Rhône.	Cf. Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	+Bonne insertion dans le site ; +Tablier très fin +Visible de loin.	+3
	+1		-2		+1	+1	0	+2	

Variante	Accès PMR	Coupe transversale	Coût	Durée	Construction	Maintenance	Enjeux environnementaux	Esthétique	Pertinence globale	
Variante 3a : ORT (PL : 4%)	Oui		47 291 000 € HT	30 Mois	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement d'une aire d'assemblage assez importante ; - Lançage et grutage du tablier. - Travail sur une aire en rive de l'ouvrage peu de travaux sur le Rhône 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien des joints de chaussés ; - Entretien des appareils d'appuis ; - Remise en peinture périodique dispendieuse ou mettre en place une charpente en acier autopatinable Corten. 	Cf. Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> +Epaisseur fine de tablier ; -Charpente en acier autopatinable 	+2	
	+1		-1						+2	+2
	Non		46 980 000 € HT						-1	+2
Variante 3b : ORT (PL : 6%)	Non		46 980 000 € HT	29 Mois	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement d'une aire d'assemblage assez importante ; - Lançage et grutage du tablier. - Travail sur une aire en rive de l'ouvrage peu de travaux sur le Rhône 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien des joints de chaussés ; - Entretien des appareils d'appuis ; - Remise en peinture périodique ou mettre en place une charpente en acier autopatinable Corten. 	Cf. Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> -Assez bonne insertion dans le paysage - Charpente en acier autopatinable 	+2	
	0		46 252 000 € HT						0	+2
Variante 3c : ORT (PL : 6%)	Non		42 559 000 € HT	0	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement d'une aire d'assemblage assez importante ; - Lançage et grutage du tablier. - Travail sur une aire en rive de l'ouvrage peu de travaux sur le Rhône 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien des joints de chaussés ; - Entretien des appareils d'appuis ; - Remise en peinture périodique ou mettre en place une charpente en acier autopatinable Corten. 	Cf. Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> -Assez bonne insertion dans le paysage - Charpente en acier autopatinable 	+2	
	0		+1						0	+2
Variante 4a : CM (PL : 4%)	Oui		46 687 000 € HT	29 Mois	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement d'une aire d'assemblage assez importante ; - Lançage et grutage du tablier. - Travail sur une aire en rive de l'ouvrage peu de travaux sur le Rhône 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien des joints de chaussés ; - Entretien des appareils d'appuis ; - Remise en peinture périodique ou mettre en place une charpente en acier autopatinable Corten. 	Cf. Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> -Assez bonne insertion dans le paysage - Charpente en acier autopatinable 	+2	
	+1		0						+2	-2
Variante 4b : CM (PL : 6%)	Non		46 252 000 € HT	28 Mois	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement d'une aire d'assemblage assez importante ; - Lançage et grutage du tablier. - Travail sur une aire en rive de l'ouvrage peu de travaux sur le Rhône 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien des joints de chaussés ; - Entretien des appareils d'appuis ; - Remise en peinture périodique ou mettre en place une charpente en acier autopatinable Corten. 	Cf. Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> -Assez bonne insertion dans le paysage - Charpente en acier autopatinable 	+1	
	0		42 490 000 € HT						+1	+2
Variante 4c : CM (PL : 6%)	Non		42 490 000 € HT	28 Mois	<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement d'une aire d'assemblage assez importante ; - Lançage et grutage du tablier. - Travail sur une aire en rive de l'ouvrage peu de travaux sur le Rhône 	<ul style="list-style-type: none"> - Entretien des joints de chaussés ; - Entretien des appareils d'appuis ; - Remise en peinture périodique ou mettre en place une charpente en acier autopatinable Corten. 	Cf. Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> -Assez bonne insertion dans le paysage - Charpente en acier autopatinable 	+2	
	0		+1						+1	+2
Variante 5 : BP (6%)	Non		39 201 000 € HT	28 Mois	<ul style="list-style-type: none"> + Méthode de construction moins encombrante - Mobilisation d'équipages mobiles très importants compte tenu de l'importance des voussoirs (H=9 m sur pile) 	<ul style="list-style-type: none"> + Ouvrage en béton, meilleure durabilité ; + Câbles de précontrainte de non exposés ; - Entretien des joints de chaussés ; - Entretien des appareils d'appuis ; 	Cf. Tableau 26 : Analyse sur les impacts environnementaux	<ul style="list-style-type: none"> -Tablier massif 	+2	
	0		+2						+1	-1

L'analyse multicritère ci-dessus permet de donner une tendance et un degré de pertinence pour chacune des solutions étudiées, par contre il est à noter que cette analyse compare des solutions qui n'ont pas toutes les mêmes hypothèses initiales (pente longitudinale, longueur des ouvrages, etc...).

Sur la base des critères de ce tableau, la solution la plus pertinente serait la Variante 1 (précontrainte Extradossée)

3.4. RECOMMANDATIONS

A ce stade des études, les solutions qui nous semblent les plus pertinentes sont :

- la Variante 1 (EXT à 4%),
- la Variante 3c (ORT à 6%).
- la Variante 5 (BP à 6%) (la moins onéreuse),

3.4.1. Analyse des variantes 1 et 2

La Variante 1 (EXT) présente plusieurs avantages non négligeables. Cependant, elle présente une largeur de tablier importante de 14.40 m.

La variante 2 (HAU), hormis la hauteur importante du pylône, présente également des avantages non négligeables notamment la largeur et l'épaisseur de tablier faible.

Dans les paragraphes qui suivent, nous proposons une variante 6 qui combine les avantages des deux variantes (EXT) et (HAU) avec une longueur de tablier de 580 m.

3.4.2. Variante 6 : Précontrainte extradossée à double mâts

Cette solution constitue une bonne réponse aux enjeux architecturaux, techniques, environnementaux et économiques, tels qu'ils ressortent de notre analyse du site.

Nous avons choisi d'avoir recours à un ouvrage dit « à précontrainte extradossée double mâts », dont la conception s'apparente plus à celle de la variante 1 et 2, où le mât central est remplacé par deux mâts permettant ainsi une réduction considérable de la largeur du tablier. Une partie de la précontrainte de fléau est remplacée par des câbles de précontrainte plus excentrés, qu'à celle des ponts haubanés de forte technicité. Il est également bien adapté pour franchir des travées de 200 à 300 m.

3.4.2.1. VUE EN PLAN

La géométrie en plan de l'ouvrage de l'ouvrage est similaire à la géométrie en plan de la variante 1, mentionnée au **paragraphe 3.1.3.2.1.**

La vue en plan de l'ouvrage est donnée au **paragraphe 3.4.2.5.**

3.4.2.2. PROFIL EN LONG

Le tablier est décomposé selon la travure suivante :

72 m – 128 m – 180 m – 128 m – 72 m

La pente longitudinale de l'ouvrage est de 4%. La travée centrale de 180 m permet le franchissement de la passe navigable avec un rayon parabolique R=3500 m.

L'épaisseur du tablier, de 2,50 m, est constante sur toute la longueur de l'ouvrage. La précontrainte longitudinale est extradossée à double mâts latéraux. Elle passe sur deux paire de mats déviateurs de 20 m de hauteur. Les câbles de précontrainte extradossée ont un comportement intermédiaire entre celui des câbles de précontrainte extérieure, dont le tracé s'inscrit dans la hauteur du tablier en béton, et celui des haubans qui assurent une suspension quasi-totale du tablier. Contrairement aux haubans, ils sont peu sollicités à la fatigue et nécessite donc moins d'entretien.

Le paragraphe 3.4.2.5 présente la coupe longitudinale de l'ouvrage.

3.4.2.3. PROFIL EN TRAVERS FONCTIONNEL

Cette solution est présente une largeur de tablier plus optimisée. En effet, le tablier est en dalle nervurée de 13,5 m avec des nervures plus ou moins étroites de 2,6 m. L'épaisseur du tablier faible, est de 2,50 m. Cette optimisation est due au dédoublement des mâts déviateurs. Ils sont disposés aux extrémités du tablier transversalement.

La largeur du tablier reste identique sur toute la longueur de l'ouvrage. Au niveau des appuis P2 et P3 (appuis de la travée centrale), les mâts déviateurs sont encastrés aux entretoises qui liaisonnent les deux nervures.

La vérification aux chocs est envisagée compte tenue de la faible distance (< 1.20m) entre les dispositifs de retenue et mâts déviateurs. Cette distance est inférieure aux stipulations du **paragraphe 5.3.2 du guide du SETRA « Barrières de sécurité pour la retenue des poids lourds ».**

Le profil en travers fonctionnel sur ouvrage est composé :

- Une largeur après garde-corps de 1,090
- D'une longrine de garde-corps de 0,40 ;
- D'un espace piéton de 3 m ;
- Dispositif MVL : 0,37 m ;
- D'une chaussée de 2.80 m ;
- D'une chaussée de 2.80 ;
- Dispositif MVL : 0,37 m ;
- D'un espace piéton de 1,50 m ;
- D'une longrine de garde-corps de 0,40 ;
- Une largeur après garde-corps de 1,090

soit une largeur totale de 13,50 m.

Le profil en travers fonctionnel est donné en **paragraphe 3.4.2.5.**

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 73 sur 88

3.4.2.4. SCHEMA STATIQUE

L'ouvrage repose sur 5 files d'appui, à savoir les deux culées et trois piles.

Le tablier repose sur ses appuis par l'intermédiaire d'appareils d'appui à pot glissants.

Le schéma statique se traduit par un blocage longitudinal sur la Pile P2 qui constitue le point fixe, et un blocage transversal sur la file d'appui Sud.

La mise en place d'un unique point fixe permet de libérer les déplacements longitudinaux du tablier liées aux variations uniformes de température qui ne génèrent ainsi pas d'effort dans la structure.

Par ailleurs, en positionnant le point fixe sur P2, on répartit de manière plus équilibrée les « longueurs dilatables » de l'ouvrage ce qui permet de réduire les souffles au niveau des joints de chaussée sur les culées.

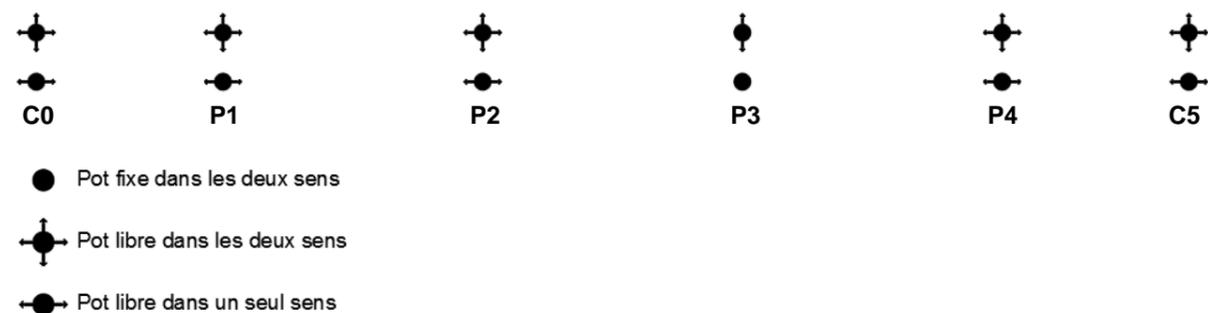


Figure 49 : Schéma statique

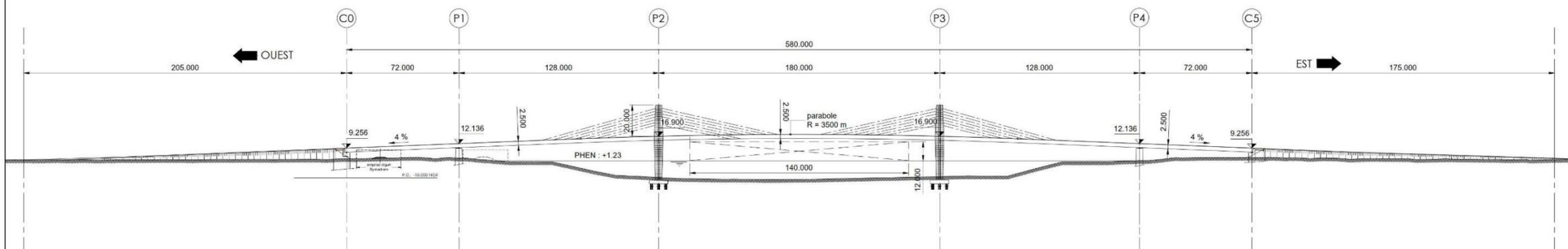
3.4.2.5. PLANS DE L'OUVRAGE

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 74 sur 88

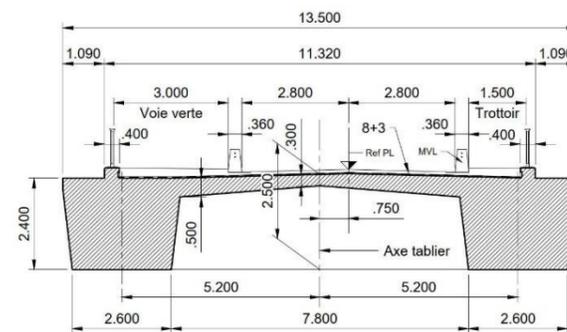
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



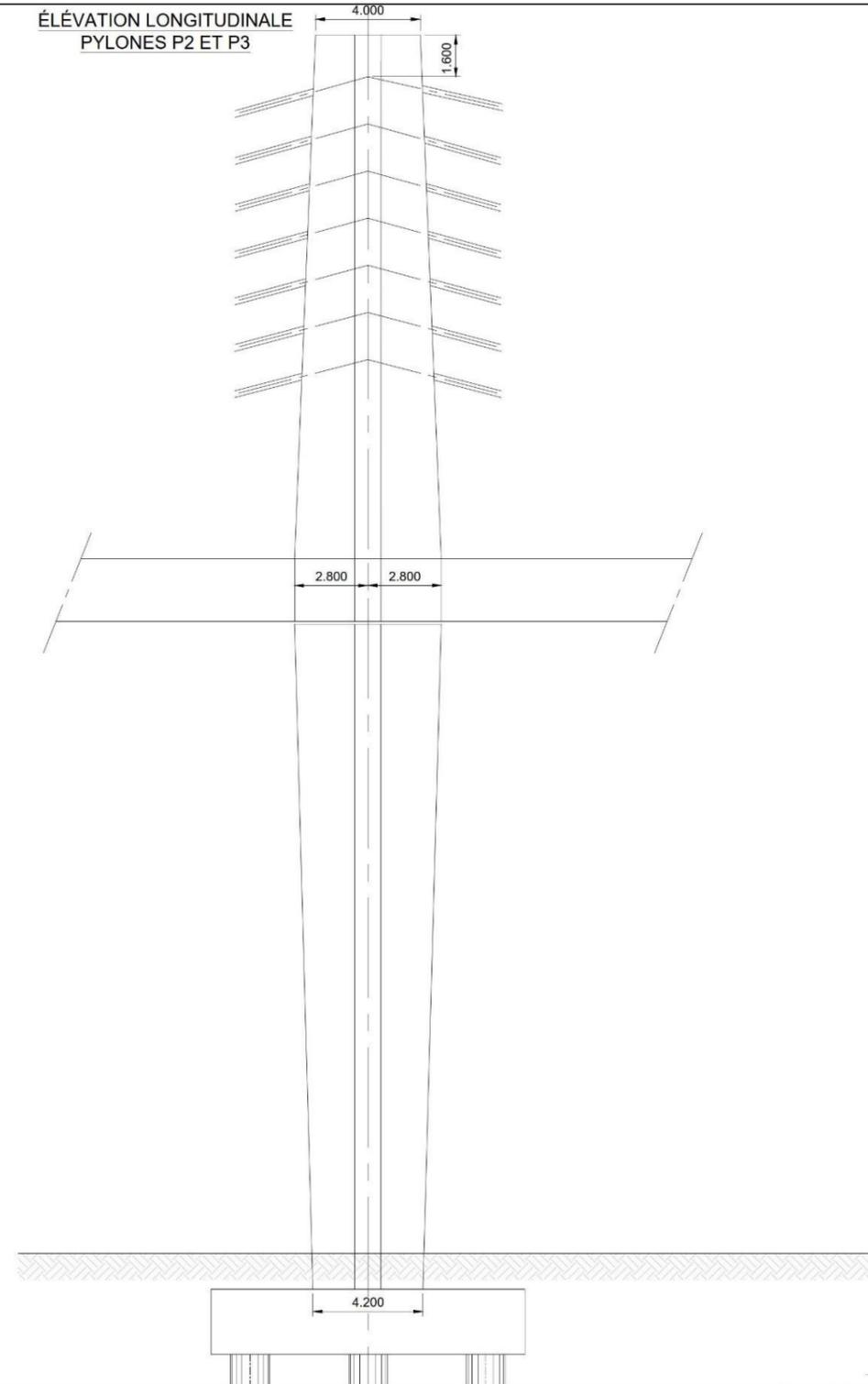
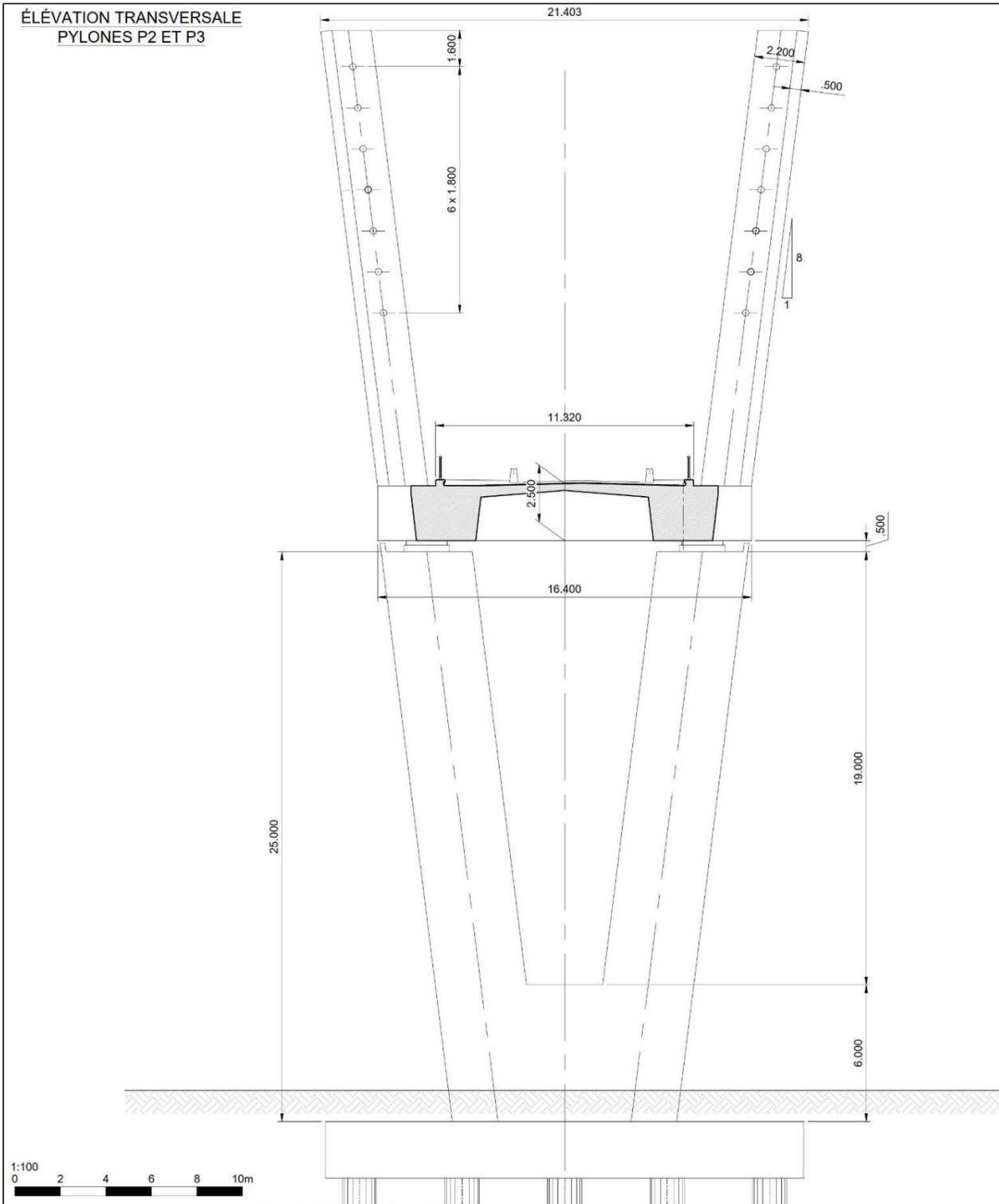
COUPE TRANSVERSALE EN SECTION COURANTE



	TECHNICIEN			
	EAN			
	INGENIEUR			
	JKY/KDA	0	10/03/2020	Première émission
	CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
NYK				
Format de base : A1		Unité : m		Echelle : 1/1000 - 1/75

RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Solution précontrainte extradossée
Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	MARS 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	01



3.4.2.6. ESTHETIQUE DE L'OUVRAGE

L'ouvrage combine les avantages esthétiques des variante 1 et 2. En effet le tablier assez fin crée un effet de ligne droite dans l'horizon. L'ouvrage s'insère très bien dans le site avec des mâts moins élancés que celui de la variante 2.



Vue aérienne de détail,
Pylônes P2 et P3



Vue aérienne de détail,
Piles P1 et P4

3.4.2.9. ESTIMATION DE LA SOLUTION

Nous avons réalisé le coût prévisionnel de la solution sur la base des plans mentionnés au paragraphe 3.4.2.5. Le tableau ci-dessous donne le détail de l'estimation :

Tableau 31 : Détails du chiffrage

Franchissement du Rhône : solution Mixte Hauban-Extradossé					
N°	Postes	m ³	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.51%	PRIX GENERAUX				4 026 608 €
9.21%	Période de préparation		15	15	3 221 286 €
	Installation de chantier	%	7.5	7.5	2 013 303.88 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5	2.5	671 101.29 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625	0.625	167 775.32 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625	0.625	167 775.32 €
	Validation des principes architecturaux : éléments témoins et prototyp	%	0.125	0.125	33 555.06 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625	0.625	167 775.32 €
1.63%	Phase travaux				570 436 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375	0.375	100 665.19 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et extern	%	1.25	1.25	335 550.65 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25	0.25	67 110.13 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25	0.25	67 110.13 €
0.67%	Période de réception des travaux				234 885 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125	0.125	33 555.06 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125	0.125	33 555.06 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625	0.625	167 775.32 €
76.73%	TRAVAUX				26 844 052 €
0.86%	Travaux préparatoire et méthode				300 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
1.57%	Dégagements des emprises				547 670 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m ³	35	6 873	240 541 €
	Blindages provisoires	m ²	200	0	0 €
	Remblais technique	m ³	40	1 572	62 892 €
	Remblais de fouille	m ³	35	5 577	195 181 €
	Béton de propreté	m ²	30	1 469	44 057 €
	Purge	m ³	50	100	5 000 €
74.30%	Ouvrages d'art				25 996 381 €
24%	Fondation				
	Coffrage semelle	m ²	150	1 888	283 236 €
	Béton C35/45	m ³	200	5 301	1 060 177 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	1 447	21 704 €
	Ferrailage (190 kg/m ³)	kg	1.8	1 007 168	1 812 902 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	1 600	3 840 000 €
	Piles				
	Coffrage voile	m ²	180	334	60 142 €
	Béton C35/45	m ³	200	2 080	415 996 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	334	5 012 €
	Ferrailage (230 kg/m ³)	kg	1.8	478 395	861 112 €
50%	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m ²	200	14 581	2 916 200 €
	Béton C50/60	m ³	300	9 831	2 949 300 €
	Traitement des surfaces non coffrées	m ²	15	10 150	152 250 €
	Ferrailage	kg	1.8	1 474 650	2 654 370 €
	Précontrainte	kg	3.2	688 170	2 202 144 €
	Pylone Béton	m ³	300	521	156 203 €
	Coffrage pylone	m ²	200	790	157 976 €
	cable extradossé (tout compris:ancrage, déviateur, etc...)	kg	10	569 342	5 693 422 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m ²	150	469	70 319 €
	Béton C30/37	m ³	200	94	18 752 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	12	184 €
	Ferrailage (200 kg/m ³)	kg	1.8	18 752	33 753 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m ²	150	19	2 880 €
	Béton C30/37	m ³	200	41	8 100 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	135	2 025 €
	Ferrailage (250 kg/m ³)	kg	1.8	10 125	18 225 €
3.90%	EQUIPEMENTS				1 364 057 €
	Equipements				1 364 057 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 160	127 600 €
	Peinture noire	m ²	10	8 117	81 165 €
	Appareil d'appui	u	5000	32	160 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	27	27 000 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de cal	m ²	80	222	17 771 €
	Revêtements architecturaux	m ²	100	500	50 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 160	580 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m ²	40	7 888	315 520 €
7.87%	ALEAS et travaux complémentaires				2 752 608 €
	Aléas			10	
	Divers non détaillé	%	5		1 410 405 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 342 203 €
TOTAL TRAVAUX III					34 987 324 €
SOMMES A VALOIR					% 10%
TOTAL GENERAL HT					38 486 056 €
TVA (20 %)					7 697 211 €
TOTAL GENERAL TTC					46 183 268 €

74.30%	Ouvrages d'art				25 996 381 €
24%	Fondation				
	Coffrage semelle	m ²	150	1 888	283 236 €
	Béton C35/45	m ³	200	5 301	1 060 177 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	1 447	21 704 €
	Ferrailage (190 kg/m ³)	kg	1.8	1 007 168	1 812 902 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	1 600	3 840 000 €
	Piles				
	Coffrage voile	m ²	180	334	60 142 €
	Béton C35/45	m ³	200	2 080	415 996 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	334	5 012 €
	Ferrailage (230 kg/m ³)	kg	1.8	478 395	861 112 €
50%	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m ²	200	14 581	2 916 200 €
	Béton C50/60	m ³	300	9 831	2 949 300 €
	Traitement des surfaces non coffrées	m ²	15	10 150	152 250 €
	Ferrailage	kg	1.8	1 474 650	2 654 370 €
	Précontrainte	kg	3.2	688 170	2 202 144 €
	Pylone Béton	m ³	300	521	156 203 €
	Coffrage pylone	m ²	200	790	157 976 €
	cable extradossé (tout compris:ancrage, déviateur, etc...)	kg	10	569 342	5 693 422 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m ²	150	469	70 319 €
	Béton C30/37	m ³	200	94	18 752 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	12	184 €
	Ferrailage (200 kg/m ³)	kg	1.8	18 752	33 753 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m ²	150	19	2 880 €
	Béton C30/37	m ³	200	41	8 100 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	135	2 025 €
	Ferrailage (250 kg/m ³)	kg	1.8	10 125	18 225 €
3.90%	EQUIPEMENTS				1 364 057 €
	Equipements				1 364 057 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 160	127 600 €
	Peinture noire	m ²	10	8 117	81 165 €
	Appareil d'appui	u	5000	32	160 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	27	27 000 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de cal	m ²	80	222	17 771 €
	Revêtements architecturaux	m ²	100	500	50 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 160	580 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m ²	40	7 888	315 520 €
7.87%	ALEAS et travaux complémentaires				2 752 608 €
	Aléas			10	
	Divers non détaillé	%	5		1 410 405 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 342 203 €
TOTAL TRAVAUX III					34 987 324 €
SOMMES A VALOIR					% 10%
TOTAL GENERAL HT					38 486 056 €
TVA (20 %)					7 697 211 €
TOTAL GENERAL TTC					46 183 268 €

Le coût prévisionnel des travaux pour la variante 6 est de **38,486 M€ HT**.

3.4.2.10. COMPARAISON DU COUT PREVISIONNEL

Dans ce paragraphe, nous réalisons une comparaison du coût prévisionnel global (ouvrages d'art et réalisation des rampes d'accès) de toutes les solutions de franchissement envisagées.

Le tableau ci-après donne le récapitulatif des estimations.

Tableau 32 : Comparaison du coût de réalisation des ouvrages

SOLUTION Variantes	OUVRAGE D'ART				RAMPE		COÛT TOTAL €HT € HT	
	Pente	Longueur ouvrage m	Largeur Tablier m	C0 ouvrage d'art €HT	Ratio €/m ²	Longueur m		Coût unitaire 10 000 €HT/ml
Variante 1 : Précontrainte extradossée	4%	580	14,40	38 991 000 €HT	4 668	418	4 180 000	43 171 000 €HT
Variante 2 : Haubanée	4%	535	14,32	45 402 000 €HT	5 926	497	4 970 000	50 372 000 €HT
Variante 3a : Dalle orthotrope	4%	620	11,32	44 031 000 €HT	6 274	326	3 260 000	47 291 000 €HT
Variante 3b : Dalle orthotrope	6%	640	11,32	44 590 000 €HT	6 155	239	2 390 000	46 980 000 €HT
Variante 3c : Dalle orthotrope	6%	536	11,32	40 379 000 €HT	6 655	218	2 180 000	42 559 000 €HT
Variante 4a : Caisson métallique	4%	620	11,32	42 927 000 €HT	6 116	376	3 760 000	46 687 000 €HT
Variante 4b : Caisson métallique	6%	630	11,32	43 882 000 €HT	6 153	237	2 370 000	46 252 000 €HT
Variante 4c : Caisson métallique	6%	536	11,32	39 740 000 €HT	6 550	275	2 750 000	42 490 000 €HT
Variante 5 : béton précontraint par encorbellement	6%	576	11,32	35 801 000 €HT	5 491	340	3 400 000	39 201 000 €HT
Variante 6 : Précontrainte extradossée doubles mâts	4%	580	13,50	38 486 000 €HT	4 915	380	3 800 000	42 286 000 €HT

La variante 6 (pente à 4%) (42 286 000 € HT) est moins couteuse que **la variante 1 (pente à 4%) (43 171 000 € HT)**, mais plus onéreuse que **la variante 5 (pente à 6%) (39 201 000 € HT)**. **En prenant en compte tous les items** (coûts, technique de construction, durée de réalisation, maintenance, enjeux environnementaux, esthétique) évoqués dans l'analyse multicritères, **la variante 6 est plus avantageuse que les variantes 1 et 5.**

CONCLUSION

Au vu de l'ensemble des contraintes fonctionnelles et des enjeux naturels, environnementaux et architecturaux recensées pour le franchissement du Grand Rhône, cette EPOA propose 6 solutions de franchissement (avec variation de pente de 4% et 6%), soit un total de 10 variantes, dont les conceptions sont guidées par des objectifs communs :

- Proposer des structures performantes adaptées à une portée de 140 m (passe navigable) sans appui intermédiaire ;
- Dégager un gabarit au-dessus du fleuve qui soit à minima de 12 m au-dessus des plus hautes eaux navigables ;
- Proposer des structures robustes et durables, et nécessitant un minimum d'entretien en phase d'exploitation compte tenu des conditions d'accès difficiles.

Au terme d'une analyse comparative, intégrant les critères suivants :

- Coût ;
- Durée de réalisation ;
- Méthode constructive ;
- Maintenance et entretien ;
- Enjeux environnementaux ;
- Esthétique.

L'étude a fait ressortir, dans un premier temps, comme pertinentes les 3 variantes suivantes :

- Variante 1 : Précontrainte extradossée de pente longitudinale 4% ;
- Variante 5 : Tablier en béton précontraint construit par encorbellement, de pente longitudinale 6% ;
- Variante 3c : Tablier métallique à dalle orthotrope de pente longitudinale 6%.

Par la suite, une variante N°6 dite « Précontrainte extradossée double mâts », solution combinant les variantes 1 et 2 a été proposée. Cette solution s'avère intéressante et présente les avantages suivants :

- Coûts de réalisation moins élevé ;
- Durée de réalisation contenu (31 mois) ;
- Méthode de réalisation : Construction par encorbellement successif avec des équipages mobiles moins importants compte tenu de l'épaisseur du tablier ;
- Moindre impact sur l'écoulement du Rhône : nombre et largeur des piles dans le Rhône réduite, pas de risque de coulure de béton dans le Rhône compte tenu de la méthode réalisation ;
- Accès PMR : pente à 4 %
- Maintenance : Ouvrage en béton, meilleure durabilité ;
- Esthétique : bonne insertion dans le site avec un tablier assez fin et des mats déviateurs assez courts.

En conclusion des études préliminaires, il apparaît que la solution qui se distingue parmi celles recensées est la variante 6. En effet, celle-ci constitue, la meilleure réponse aux cahier des charges. En ce sens, elle constitue un optimum technico-économique et combine les avantages structurels et architecturaux des variantes 1 (Précontrainte extradossée) et 2 (Haubanée).

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 81 sur 88

Annexe A. ASSAINISSEMENT DEFINITIF

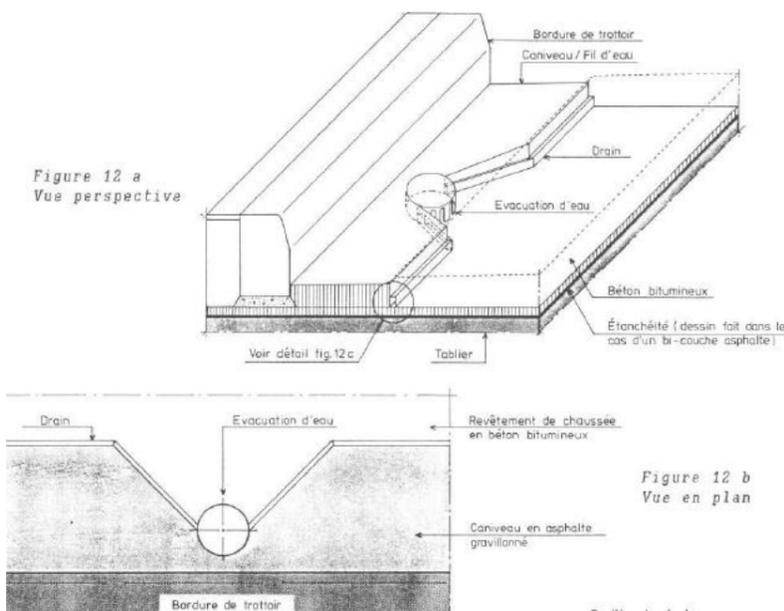


Figure 51 : Principe d'évacuation d'eau de la chaussée

Les caniveaux/fil d'eau à mettre en place seront rectangulaires. L'espacement des avaloirs est fonction des dimensions des caniveaux/fil d'eau. La procédure de vérification est réalisée à l'aide de la méthodologie de calcul énoncée par le guide SETRA « assainissement des ponts routes » :

- Largeur arrosée : 2 x 2,80 m
- Dévers : 2,5% ;
- Pente du profil en long : 4%
- Coefficient de Manning-Strickler : 70 pour l'enrobée ;
- Coefficient de ruissellement : 0,95 pour l'enrobée.

Au vu du profil en toit de la chaussée, la largeur arrosée que nous considérons dans l'estimation de l'espacement des avaloirs est de 2,80 m :

VERIFICATION ESPACEMENT AVALOIRS		
Espacement des avaloirs Caniveau fil d'eau type 1		
Section mouillée (S)	m ²	0.0075
Périmètre mouillé (P)	m	0.3100
Rayon hydraulique (Rh)	m	0.0242
Largeur de la voie m 2.80		
Coef de ruissellement		0.95
Coef de Chezy (c)		37.65
Coef Manning (n)		70
Vitesse d'écoulement	m/s	1.17
	km/h	4.22
Débit max sur le canal l/s 8.8		
Espacement calculé	m	59.4

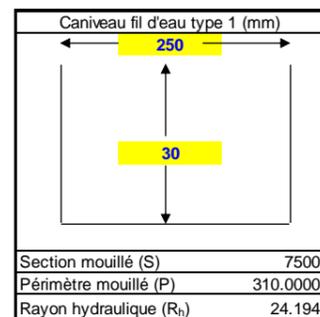


Figure 52: Vérification de l'espacement des avaloirs

L'espacement des avaloirs retenu est de 60 m pour une largeur de caniveau fil d'eau de 0,25 m.

Aux extrémités de l'ouvrage, nous envisageons des corniches caniveaux pour l'évacuation des eaux de la voie verte et du trottoir.

A l'aide de la méthodologie de calcul énoncée par le guide SETRA « assainissement des ponts routes », nous réalisons ci-dessous un calcul de « flaque d'eau ».

Principe du calcul :

- Définition du débit de pluie sur le tablier, au niveau de l'exutoire (au niveau des culées) à partir des paramètres suivants :
 - Largeur arrosée du tablier : 4,5 m ;
 - Longueur moyenne arrosée : 400 m ;
 - Intensité de pluie de référence correspondant à une période de retour T= 10 ans : 200 mm/h (zone III selon le guide SETRA) ;
 - Coefficient de ruissellement : 0,95 pour l'enrobée et le béton ;

Débit de pluie obtenu : $Q_c = 100$ l/s.

CARACTERISTIQUES ZONE A COLLECTER		
Largeur	m	4.50
Longueur	m	400.00
Surface (s)	m ²	1800.0
Pente longitudinale		4.00%
Débit de calcul (Q_c)	l/s	100.000

- Définition de la corniche caniveau, dont le débit capable, calculé selon la formule de Manning-Strickler, permet d'évacuer le débit de pluie défini précédemment :
 - Dévers : 1,5% ;
 - Pente du profil en long : 4%
 - Coefficient de Manning-Strickler : 105 pour la tôle métal.

Les dimensions de la corniche caniveau du côté de la voie verte sont les suivantes :

VERIFICATION DISPOSITIF DE COLLECTE		
Système Corniche-caniveau		
Section mouillée (S)	mm ²	0.0240
Périmètre mouillé (P)	mm	0.4600
Rayon hydraulique (Rh)	mm	0.0522
Coef de Chezy (c)		64.2
Coef Manning (n)		105.000
Vitesse d'écoulement	m/s	2.93
	km/h	10.56
Méthode "temps d'équilibre"		
Débit réel (Q_r)	l/s	70.4
Nombre d'équipements		1
Débit total réel	l/s	70.4
$Q_{calculé}/Q_{réel}$		95%

Section mouillée (S)	24000
Périmètre mouillé (P)	460.00
Rayon hydraulique (Rh)	52.174

Figure 50: Dimensions de la corniche caniveau du côté de la voie verte

Les dimensions de la corniche caniveau du côté du trottoir sont les suivantes :

VERIFICATION DISPOSITIF DE COLLECTE		
Systeme	Corniche-caniveau	
Section mouillée (S)	mm ²	0.0150
Périmètre mouillé (P)	mm	0.3700
Rayon hydraulique (Rh)	mm	0.0405
Coef de Chezy (c)		61.5
Coef Manning (n)		105.000
Vitesse d'écoulement	m/s	2.48
	km/h	8.92
Méthode "temps d'équilibre"		
Débit réel (Q_r)	l/s	37.2
Nombre d'équipements		1
Débit total réel	l/s	37.2
Q_{calculé}/Q_{réel}		90%

Corniche caniveau (mm)	
Section mouillée (S)	15000
Périmètre mouillé (P)	370.00
Rayon hydraulique (R _h)	40.541

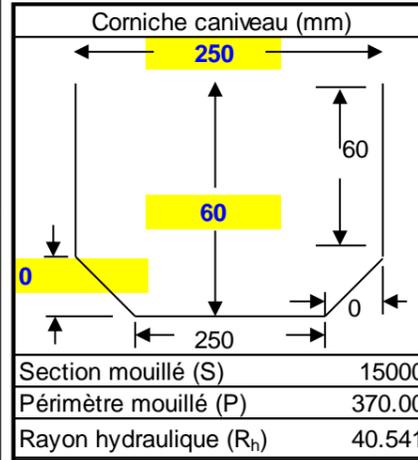


Figure 53: Dimensions de la corniche caniveau du côté du trottoir

Les dimensions de la corniche caniveau du côté de la voie verte sont plus importante que celles de la corniche caniveau du côté du trottoir car la voie verte est plus large

Annexe B. PRINCIPE DE CALCUL DE LA RESISTANCE DES PIEUX

Portance Limite et résistance limite à la traction à partir de la méthode Pressiométrique basée sur l'ANNEXE F DE LA NF P94-262

RESISTANCE DE FROTTEMENT

Pieux non ancrés dans la craie de classe 1 à 7 hords pieux de catégorie 10 et 15 Classe = 1

φ=	1.2	Perimètre de frottement=	3.77 m
		Longueur du pieux=	37.00 m
		Côte du pied de fondation=	-34.35 m
		Frottement à partir de la côte (m)=	98.70 m
		Côte en tête du pieux (m)=	2.65 m
		Côte toit dernière couche=	-33.3 m
		Pi* Max=	10 MPa

Remplir "coupe Géotech & Raideur" si inf à 10 MPa, garder la valeur de 10

REMISE A ZERO

Pour la compréhension du système des côtes, Veuillez prendre connaissance de l'exemple dans l'Avant-Propos

N° couche	Nom de la couche	Côte du toit (m)	Type de sol	Technique de mise en œuvre / Couche	Pi* (Mpa)	Ep couche (m)	Ep Pieux/couche	Reduc Frottement	Courbe	ksol (kpa)	a	qa (kPa)	qi max (Mpa)	Rsol (kN)
1	H1	2.65	Argile Limon sols intermédiaires	foré tubé (virole récupérée)	0.35	6.8	6.8	1	Q1	24	1.3	10.5	90	269.2
2	H2	-4.15	Sols intermédiaires Sable Grave	foré tubé (virole récupérée)	1.13	2.7	2.7	1	Q2	52	1.4	73.5	90	747.8
3	H3	-6.85	Sols intermédiaires Sable Grave	foré tubé (virole récupérée)	0.565	9.5	9.5	1	Q2	32	1.4	44.6	90	1598.1
4	H4	-16.35	Argile Limon sols intermédiaires	foré tubé (virole récupérée)	0.32	16.9	16.9	1	Q1	22	1.25	27.4	90	1747.65
5	H5	-33.25	Marne et Calcaire Marneux	foré tubé (virole récupérée)	2.8	8.51	1.1	1	Q4	102	1.4	143.3	170	594.327
6	-	-41.76	-	-	-	0	-7.41	1	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0
7	-	-	-	-	-	0	-7.41	1	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0
8	-	-	-	-	-	0	-7.41	1	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0
9	-	-	-	-	-	0	-7.41	1	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0
10	-	-	-	-	-	0	-7.41	1	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	0

Frottement Lateral total = 4957.1

Comportement en compression :	Y _{R,d1} x Y _{R,d2} =	1.265	R _k (kN)	3918.66
Comportement en traction :	Y _{R,d1} x Y _{R,d2} =	1.54	R _k (kN)	3218.9

Figure F.5.2.1- Courbes F_{sol} pour la méthode pressiométrique

COUPE GEOTECHNIQUE

RESISTANCE DE POINTE

Largeur de la fondation (m)=	1.2 m
Surface de pointe Ab (m²)=	1.13 m
Contrainte verticale pdi tvc qD (kPa)=	0 kPa

Ancrage h= 1.1 m

NOTE Définitions:
Hauteur de pieu contenu dans la formation rocheuse =
Côte toit formation rocheuse -
côte pieu du pieux

Côte	Pi*
D=	37 m
Z(D)=	-34.35 m
Z(D-h)=	-33.75 m
Z(D-hD)=	-36.15 m
Ple* =	2.8 MPa

$$Ple^* = \frac{1}{b+3a} \int_{D-hD}^{D+3a} Pl^*(z) dz$$

$$D_{ef} = \frac{1}{Ple^*} \int_{D-hD}^D Pl^*(z) dz$$

Pl(z)	Pi* moyen	Ep couche (m)	P _{te}	D _{ef} (m)
Ple(z) (cote D-10B)= cote(D-hD)	0.32 MPa	10.9 m		2.35 m
Pl(z) 2= couche 2				
Pl(z) 3= couche 3				
Pl(z) 4= couche 4				
Pl(z) Couche à la 5(Cote D)= cote(D)	2.8 MPa	1.1 m		

Dernière Couche Argile Limon sols intermédiaires

Kpmax= 1.15 donc Kp # Kpmax 1.0586429

$$q_b = k_p \times Ple^* + q_0 = 2964.2 \text{ KPa}$$

$$R_{b,k} = \frac{A_b \times q_b}{\gamma_{R,d1} \times \gamma_{R,d2}} = 2650 \text{ kN}$$

PORTANCE LIMITE

La fondation est mis en œuvre sans refoulement et la fondation est en compression :

ELS Quasi-Permanent: R_{c,qp} = (0.7 x R_{sk} + 0.5 x R_{sk}) / 1.1 = 3698.30 kN
 ELS Caractéristique: R_{c,car} = (0.7 x R_{sk} + 0.5 x R_{sk}) / 0.9 = 4520.14 kN
 ELU Fondamental: R_{c,d} = (R_{sk} + R_{sk}) / 1.10 = 5971.64 kN
 ELU Accidentel: R_{c,d,acc} = (R_{sk} + R_{sk}) / 1 = 6568.80 kN

$$R_{c,cr,d} = \frac{0.5 \cdot R_s + 0.7 \cdot R_s}{\gamma_{R,d1} \cdot \gamma_{R,d2}} \cdot R_{c,car} \cdot \frac{R_{c,qp}}{R_s}$$

TRACTION

La fondation est mis en œuvre sans refoulement et la fondation est en traction :

ELS Quasi-Permanent: R_{t,qp} = (0.7 x R_{sk}) / 1.5 = 1502.15 kN
 ELS Caractéristique: R_{t,car} = (0.7 x R_{sk}) / 1.1 = 2048.39 kN
 ELU Fondamental: R_{t,d} = (R_{sk}) / 1.15 = 2799.04 kN
 ELU Accidentel: R_{t,d,acc} = (R_{sk}) / 1.05 = 3065.61 kN

VERIFICATION

Efforts sollicitant / COMPRESSION	DEPASSEMENT	Efforts sollicitant / TRACTION	DEPASSEMENT
ELS Quasi-Permanent:	-100.0%	OK !!	
ELS Caractéristique:		OK !!	
ELU Fondamental:	-100.0%	OK !!	
ELU Accidentel:	-100.0%	OK !!	

Annexe C. CHIFFRAGE DES SOLUTIONS

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 85 sur 88

Variante 1 : Pont à précontrainte extradossée

N°	Postes	m ³	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.49%	PRIX GENERAUX				4 072 997 €
9.19%	Période de préparation		15	15	3 258 398 €
	Installation de chantier	%	7.5	7.5	2 036 498.50 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5	2.5	678 832.83 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625	0.625	169 708.21 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625	0.625	169 708.21 €
	Validation des principes architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0.125	0.125	33 941.64 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625	0.625	169 708.21 €
1.63%	Phase travaux				577 008 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375	0.375	101 824.93 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1.25	1.25	339 416.42 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25	0.25	67 883.28 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25	0.25	67 883.28 €
0.67%	Période de réception des travaux				237 591 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125	0.125	33 941.64 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125	0.125	33 941.64 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625	0.625	169 708.21 €
76.60%	TRAVAUX				27 153 313 €
0.85%	Travaux préparatoire et méthode				300 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
1.52%	Dégagements des emprises				538 765 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m ³	35	6 873	240 541 €
	Blindages provisoires	m ²	200	0	0 €
	Remblais technique	m ³	40	1 350	53 986 €
	Remblais de fouille	m ³	35	5 577	195 181 €
	Béton de propreté	m ²	30	1 469	44 057 €
	Purge	m ³	50	100	5 000 €
74.24%	Ouvrages d'art				26 314 548 €
7 740 713 €	Fondation				
	Coffrage semelle	m ²	150	1 888	283 236 €
	Béton C35/45	m ³	200	5 198	1 039 617 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	1 447	21 704 €
	Ferrailage (190 kg/m ³)	kg	1.8	987 636	1 777 744 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	1 600	3 840 000 €
	Piles				
	Coffrage voile	m ²	180	207	37 210 €
	Béton C35/45	m ³	200	1 202	240 424 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	207	3 101 €
	Ferrailage (230 kg/m ³)	kg	1.8	276 488	497 678 €
18 425 772 €	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m ²	200	23 226	4 645 200 €
	Béton C50/60	m ³	300	9 518	2 855 400 €
	Traitement des surfaces non coffrées	m ²	15	8 352	125 280 €
	Ferrailage (150 kg/m ³)	kg	1.8	1 427 700	2 569 860 €
	Précontrainte (70 kg/m ³)	kg	3.2	666 260	2 132 032 €
	Pylone Béton	m ³	300	150	45 000 €
	Coffrage Pylones	m ²	200	408	81 600 €
	Ferrailage	kg	1.8	30 000	54 000 €
	cable extradossé (tout compris:ancrage, déviateur, etc...)	kg	10	531 740	5 317 400 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m ²	150	398	59 670 €
	Béton C30/37	m ³	200	80	15 912 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	12	184 €
	Ferrailage (200 kg/m ³)	kg	1.8	15 912	28 642 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m ²	150	27	4 056 €
	Béton C30/37	m ³	200	58	11 520 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	144	2 160 €
	Ferrailage (250 kg/m ³)	kg	1.8	14 400	25 920 €
4.04%	EQUIPEMENTS				1 433 513 €
	Equipements				1 433 513 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 160	127 600 €
	Peinture noire	m ²	10	7 970	79 697 €
	Appareil d'appui	u	5000	32	160 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	29	28 800 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m ²	80	200	16 016 €
	Revêtements architecturaux	m ²	100	1 000	100 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 160	580 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m ²	40	8 410	336 400 €
7.86%	ALEAS et travaux complémentaires				2 787 007 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 429 341 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 357 666 €
TOTAL TRAVAUX III					35 446 830 €
	SOMMES A VALOIR	%	10%		
TOTAL GENERAL HT					38 991 513 €
TVA (20 %)					7 798 303 €
TOTAL GENERAL TTC					46 789 816 €

Variante 2 : Pont à haubans				EP	
N°	Postes	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.66%	PRIX GENERAUX				4 811 599 €
9.33%	Période de préparation		15		3 849 280 €
	Installation de chantier	%	7.5		2 405 800 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5		801 933 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625		200 483 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625		200 483 €
	Validation des principes architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0.125		40 097 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625		200 483 €
1.65%	Phase travaux				681 643 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375		120 290 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1.25		400 967 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25		80 193 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25		80 193 €
0.68%	Période de réception des travaux				280 677 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125		40 097 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125		40 097 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625		200 483 €
77.72%	TRAVAUX				32 077 330 €
1.70%	Travaux préparatoire et méthode				700 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P3	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P4	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P5	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P6	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P7	ft	100000	1	100 000 €
1.75%	Dégagements des emprises				720 258 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m3	35	10 414	364 483 €
	Blindages provisoires	m2	200	100	20 000 €
	Remblais technique	m3	40	1 818	72 740 €
	Remblais de fouille	m3	35	5 954	208 383 €
	Béton de propreté	m2	30	1 655	49 653 €
	Purge	m3	50	100	5 000 €
74.28%	Ouvrages d'art				30 657 071 €
26.68%	Fondation				
	Coffrage semelle	m2	150	2 561	384 147 €
	Béton C35/45	m3	200	6 442	1 288 341 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	1 664	24 961 €
	Ferrailage	kg	1.8	1 223 924	2 203 063 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	2 640	6 336 000 €
	pires				
	Coffrage voile	m2	250	1 104	276 000 €
	Béton C50/60	m3	300	662	198 720 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	157	2 360 €
	Ferrailage	kg	1.8	165 600	298 080 €
47.34%	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m2	180	10 760	1 936 858 €
	Béton C50/60	m3	300	5 393	1 617 840 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	5 973	89 599 €
	Ferrailage	kg	1.8	754 992	1 358 986 €
	Précontrainte	kg	3.2	431 424	1 380 557 €
	Pylone Béton	m3	300	2 308	692 282 €
	Coffrage pylone	m2	180	288	51 840 €
	Ferrailage	kg	1.8	461 521	830 738 €
	Hauban (tout compris : ancrage, déviateur, etc ...)	kg	20	539 028	10 780 568 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	800000	1	800 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m2	150	256	38 340 €
	Béton C30/37	m3	200	80	15 904 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	11	168 €
	Ferrailage	kg	1.8	15 904	28 627 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m2	150	15	2 237 €
	Béton C30/37	m3	200	30	6 067 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	76	1 138 €
	Ferrailage	kg	1.8	7 584	13 651 €
2.72%	EQUIPEMENTS				1 121 905 €
	Equipements				1 121 905 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 080	118 800 €
	Peinture noire	m2	10	4 968	49 681 €
	Appareil d'appui	u	5000	18	90 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	28	28 440 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m2	80	212	16 997 €
	Revêtements architecturaux	m2	100	500	50 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 080	540 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m2	40	5 575	222 988 €
7.91%	ALEAS et travaux complémentaires				3 263 828 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 659 962 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 603 866 €
TOTAL TRAVAUX III					41 274 663 €
	SOMMES A VALOIR	%	10%		
TOTAL GENERAL HT					45 402 129 €
TVA (20 %)					9 080 426 €
TOTAL GENERAL TTC					54 482 555 €

Variante 3a: Dalle Orthotrope Pente 4%				Premier tablier	
N°	Postes	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.61%	PRIX GENERAUX				4 648 025 €
9.29%	Période de préparation		15		3 718 420 €
	Installation de chantier	%	7.5		2 324 012 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5		774 671 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625		193 668 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625		193 668 €
	Validation des prioncipes architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0.125		38 734 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625		193 668 €
1.64%	Phase travaux				658 470 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375		116 201 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1.25		387 335 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25		77 467 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25		77 467 €
0.68%	Période de réception des travaux				271 135 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125		38 734 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125		38 734 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625		193 668 €
77.41%	TRAVAUX				30 986 832 €
0.75%	Travaux préparatoire et méthode				300 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P3	ft	100000	1	100 000 €
1.57%	Dégagements des emprises				629 830 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m3	35	9 333	326 662 €
	Blindages provisoires	m2	200	100	20 000 €
	Remblais technique	m3	40	1 519	60 776 €
	Remblais de fouille	m3	35	5 217	182 602 €
	Béton de propreté	m2	30	1 160	34 790 €
	Purge	m3	50	100	5 000 €
75.09%	Ouvrages d'art				30 057 002 €
	Fondation				
	Coffrage semelle	m2	150	1 494	224 036 €
	Béton C35/45	m3	200	4 496	899 285 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	1 172	17 580 €
	Ferrailage	kg	1.8	854 321	1 537 777 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	960	2 304 000 €
	pires				
	Coffrage voile	m2	180	1 800	324 000 €
	Béton C35/45	m3	200	2 000	400 000 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	160	2 400 €
	Ferrailage	kg	1.8	460 000	828 000 €
	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m2	200	0	0 €
	Béton C35/45	m3	220	0	0 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	7 018	105 276 €
	Ferrailage	kg	1.8	0	0 €
	Poids charpente	kg	3.5	6 193 379	21 676 825 €
	Peinture	m2	40	12 903	516 138 €
	plus-value traitement métallisation	m2	40	12 903	516 138 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m2	150	254	38 070 €
	Béton C30/37	m3	200	79	15 792 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	11	168 €
	Ferrailage	kg	1.8	15 792	28 426 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m2	150	15	2 237 €
	Béton C30/37	m3	200	30	6 067 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	76	1 138 €
	Ferrailage	kg	1.8	7 584	13 651 €
3.08%	EQUIPEMENTS				1 233 446 €
	Equipements				1 233 446 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 250	137 500 €
	Peinture noire	m2	10	2 051	20 513 €
	Appareil d'appui	u	4000	12	48 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	23	22 640 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m2	80	174	13 897 €
	Revêtements architecturaux	m2	100	1 000	100 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 250	625 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m2	40	6 522	260 896 €
7.90%	ALEAS et travaux complémentaires				3 160 356 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 611 014 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 549 342 €
TOTAL TRAVAUX III					40 028 659 €
	SOMMES A VALOIR	%	10%		
TOTAL GENERAL HT					44 031 525 €
TVA (20 %)					8 806 305 €
TOTAL GENERAL TTC					52 837 830 €

Variante 3b: Dalle Orthotrope Pente 6%				Premier tablier	
N°	Postes	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.61%	PRIX GENERAUX				4 704 868 €
9.29%	Période de préparation		15		3 763 895 €
	Installation de chantier	%	7.5		2 352 434 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5		784 145 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625		196 036 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625		196 036 €
	Validation des prioncipes architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0.125		39 207 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625		196 036 €
1.64%	Phase travaux				666 523 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375		117 622 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1.25		392 072 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25		78 414 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25		78 414 €
0.68%	Période de réception des travaux				274 451 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125		39 207 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125		39 207 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625		196 036 €
77.38%	TRAVAUX				31 365 788 €
0.74%	Travaux préparatoire et méthode				300 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P3	ft	100000	1	100 000 €
1.55%	Dégagements des emprises				629 830 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m3	35	9 333	326 662 €
	Blindages provisoires	m2	200	100	20 000 €
	Remblais technique	m3	40	1 519	60 776 €
	Remblais de fouille	m3	35	5 217	182 602 €
	Béton de propreté	m2	30	1 160	34 790 €
	Purge	m3	50	100	5 000 €
75.08%	Ouvrages d'art				30 435 958 €
	Fondation				
	Coffrage semelle	m2	150	1 494	224 036 €
	Béton C35/45	m3	200	4 496	899 285 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	1 172	17 580 €
	Ferraillage	kg	1.8	854 321	1 537 777 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	960	2 304 000 €
	pires				
	Coffrage voile	m2	180	1 800	324 000 €
	Béton C35/45	m3	200	2 000	400 000 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	160	2 400 €
	Ferraillage	kg	1.8	460 000	828 000 €
	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m2	200	0	0 €
	Béton C35/45	m3	220	0	0 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	7 245	108 672 €
	Ferraillage	kg	1.8	0	0 €
	Poids charpente	kg	3.5	6 291 167	22 019 086 €
	Peinture	m2	40	13 320	532 787 €
	plus-value traitement métallisation	m2	40	13 320	532 787 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m2	150	254	38 070 €
	Béton C30/37	m3	200	79	15 792 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	11	168 €
	Ferraillage	kg	1.8	15 792	28 426 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m2	150	15	2 237 €
	Béton C30/37	m3	200	30	6 067 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	76	1 138 €
	Ferraillage	kg	1.8	7 584	13 651 €
3.12%	EQUIPEMENTS				1 266 262 €
	Equipements				1 266 262 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 290	141 900 €
	Peinture noire	m2	10	2 051	20 513 €
	Appareil d'appui	u	4000	12	48 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	23	22 640 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m2	80	174	13 897 €
	Revêtements architecturaux	m2	100	1 000	100 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 290	645 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m2	40	6 733	269 312 €
7.89%	ALEAS et travaux complémentaires				3 199 892 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 631 603 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 568 289 €
TOTAL TRAVAUX III					40 536 810 €
	SOMMES A VALOIR	%	10%		
TOTAL GENERAL HT					44 590 491 €
TVA (20 %)					8 918 098 €
TOTAL GENERAL TTC					53 508 590 €

Variante 3c: Dalle Orthotrope Pente 6%				Premier tablier	
N°	Postes	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.62%	PRIX GENERAUX				4 267 031 €
9.30%	Période de préparation		15		3 413 625 €
	Installation de chantier	%	7.5		2 133 515 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5		711 172 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625		177 793 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625		177 793 €
	Validation des prioncipes architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0.125		35 559 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625		177 793 €
1.65%	Phase travaux				604 496 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375		106 676 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1.25		355 586 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25		71 117 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25		71 117 €
0.68%	Période de réception des travaux				248 910 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125		35 559 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125		35 559 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625		177 793 €
77.49%	TRAVAUX				28 446 871 €
1.36%	Travaux préparatoire et méthode				500 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P1	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P3	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P4	ft	100000	1	100 000 €
1.72%	Dégagements des emprises				629 830 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m3	35	9 333	326 662 €
	Blindages provisoires	m2	200	100	20 000 €
	Remblais technique	m3	40	1 519	60 776 €
	Remblais de fouille	m3	35	5 217	182 602 €
	Béton de propreté	m2	30	1 160	34 790 €
	Purge	m3	50	100	5 000 €
74.42%	Ouvrages d'art				27 317 042 €
	Culée Creuse pour franchissement digue				
	Pont cadre PICF	u	650000	1	650 000 €
	Fondation				
	Coffrage semelle	m2	150	1 494	224 036 €
	Béton C35/45	m3	200	4 496	899 285 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	1 172	17 580 €
	Ferrailage	kg	1.8	854 321	1 537 777 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	960	2 304 000 €
	pires				
	Coffrage voile	m2	180	1 800	324 000 €
	Béton C35/45	m3	200	2 000	400 000 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	160	2 400 €
	Ferrailage	kg	1.8	460 000	828 000 €
	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m2	200	0	0 €
	Béton C35/45	m3	220	0	0 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	6 068	91 013 €
	Ferrailage	kg	1.8	0	0 €
	Poids charpente	kg	3.5	5 268 853	18 440 984 €
	Peinture	m2	40	11 155	446 209 €
	plus-value traitement métallisation	m2	40	11 155	446 209 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m2	150	254	38 070 €
	Béton C30/37	m3	200	79	15 792 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	11	168 €
	Ferrailage	kg	1.8	15 792	28 426 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m2	150	15	2 237 €
	Béton C30/37	m3	200	30	6 067 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	76	1 138 €
	Ferrailage	kg	1.8	7 584	13 651 €
2.98%	EQUIPEMENTS				1 095 619 €
	Equipements				1 095 619 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 082	119 020 €
	Peinture noire	m2	10	2 051	20 513 €
	Appareil d'appui	u	4000	12	48 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	23	22 640 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m2	80	174	13 897 €
	Revêtements architecturaux	m2	100	1 000	100 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 082	541 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m2	40	5 639	225 549 €
7.90%	ALEAS et travaux complémentaires				2 899 468 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 477 125 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 422 344 €
TOTAL TRAVAUX III					36 708 989 €
SOMMES A VALOIR		%	10%		
TOTAL GENERAL HT					40 379 888 €
TVA (20 %)					8 075 978 €
TOTAL GENERAL TTC					48 455 866 €

Variante 4a: Caisson Métallique Pente 4%				Premier tablier	
N°	Postes	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.60%	PRIX GENERAUX				4 527 590 €
9.28%	Période de préparation		15		3 622 072 €
	Installation de chantier	%	7.5		2 263 795 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5		754 598 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625		188 650 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625		188 650 €
	Validation des prioncipes architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0.125		37 730 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625		188 650 €
1.64%	Phase travaux				641 409 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375		113 190 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1.25		377 299 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25		75 460 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25		75 460 €
0.68%	Période de réception des travaux				264 109 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125		37 730 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125		37 730 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625		188 650 €
77.35%	TRAVAUX				30 183 937 €
0.77%	Travaux préparatoire et méthode				300 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P3	ft	100000	1	100 000 €
1.61%	Dégagements des emprises				629 718 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m3	35	9 333	326 662 €
	Blindages provisoires	m2	200	100	20 000 €
	Remblais technique	m3	40	1 519	60 776 €
	Remblais de fouille	m3	35	5 214	182 490 €
	Béton de propreté	m2	30	1 160	34 790 €
	Purge	m3	50	100	5 000 €
74.96%	Ouvrages d'art				29 254 219 €
	Fondation				
	Coffrage semelle	m2	150	1 494	224 036 €
	Béton C35/45	m3	200	4 496	899 285 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	1 172	17 580 €
	Ferraillage	kg	1.8	854 321	1 537 777 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	960	2 304 000 €
	piles				
	Coffrage voile	m2	180	2 075	373 464 €
	Béton C35/45	m3	200	2 326	465 120 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	163	2 448 €
	Ferraillage	kg	1.8	534 888	962 798 €
	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m2	200	7 390	1 478 080 €
	Béton C35/45	m3	220	2 246	494 095 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	7 018	105 276 €
	Ferraillage	kg	1.8	628 849	1 131 928 €
	Poids charpente	kg	3.5	5 077 607	17 771 625 €
	Peinture	m2	40	9 764	390 579 €
	plus-value traitement métallisation	m2	40	9 764	390 579 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m2	150	254	38 070 €
	Béton C30/37	m3	200	79	15 792 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	11	168 €
	Ferraillage	kg	1.8	15 792	28 426 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m2	150	15	2 237 €
	Béton C30/37	m3	200	30	6 067 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	76	1 138 €
	Ferraillage	kg	1.8	7 584	13 651 €
3.16%	EQUIPEMENTS				1 233 430 €
	Equipements				1 233 430 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 250	137 500 €
	Peinture noire	m2	10	2 050	20 497 €
	Appareil d'appui	u	4000	12	48 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	23	22 640 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m2	80	174	13 897 €
	Revêtements architecturaux	m2	100	1 000	100 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 250	625 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m2	40	6 522	260 896 €
7.89%	ALEAS et travaux complémentaires				3 080 065 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 570 868 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 509 197 €
TOTAL TRAVAUX III					39 025 023 €
	SOMMES A VALOIR	%	10%		
TOTAL GENERAL HT					42 927 525 €
TVA (20 %)					8 585 505 €
TOTAL GENERAL TTC					51 513 030 €

Variante 4b: CAISSON METALLIQUE PENTE 6%				Premier tablier	
N°	Postes	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.61%	PRIX GENERAUX				4 629 727 €
9.28%	Période de préparation		15		3 703 782 €
	Installation de chantier	%	7.5		2 314 864 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5		771 621 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625		192 905 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625		192 905 €
	Validation des prioncipes architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0.125		38 581 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625		192 905 €
1.64%	Phase travaux				655 878 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375		115 743 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1.25		385 811 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25		77 162 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25		77 162 €
0.68%	Période de réception des travaux				270 067 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125		38 581 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125		38 581 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625		192 905 €
77.37%	TRAVAUX				30 864 849 €
0.75%	Travaux préparatoire et méthode				300 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
1.58%	Dégagements des emprises				629 718 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m3	35	9 333	326 662 €
	Blindages provisoires	m2	200	100	20 000 €
	Remblais technique	m3	40	1 519	60 776 €
	Remblais de fouille	m3	35	5 214	182 490 €
	Béton de propreté	m2	30	1 160	34 790 €
	Purge	m3	50	100	5 000 €
75.04%	Ouvrages d'art				29 935 131 €
	Fondation				
	Coffrage semelle	m2	150	1 494	224 036 €
	Béton C35/45	m3	200	4 496	899 285 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	1 172	17 580 €
	Ferraillage	kg	1.8	854 321	1 537 777 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	960	2 304 000 €
	pires				
	Coffrage voile	m2	180	2 075	373 464 €
	Béton C35/45	m3	200	2 326	465 120 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	163	2 448 €
	Ferraillage	kg	1.8	534 888	962 798 €
	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m2	200	7 510	1 501 920 €
	Béton C35/45	m3	220	2 282	502 065 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	7 132	106 974 €
	Ferraillage	kg	1.8	638 991	1 150 184 €
	Poids charpente	kg	3.5	5 159 504	18 058 264 €
	Peinture	m2	40	14 046	561 834 €
	plus-value traitement métallisation	m2	40	14 046	561 834 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m2	150	254	38 070 €
	Béton C30/37	m3	200	79	15 792 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	11	168 €
	Ferraillage	kg	1.8	15 792	28 426 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m2	150	15	2 237 €
	Béton C30/37	m3	200	30	6 067 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	76	1 138 €
	Ferraillage	kg	1.8	7 584	13 651 €
3.13%	EQUIPEMENTS				1 249 838 €
	Equipements				1 249 838 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 270	139 700 €
	Peinture noire	m2	10	2 050	20 497 €
	Appareil d'appui	u	4000	12	48 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	23	22 640 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m2	80	174	13 897 €
	Revêtements architecturaux	m2	100	1 000	100 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 270	635 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m2	40	6 628	265 104 €
7.89%	ALEAS et travaux complémentaires				3 148 977 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 605 734 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 543 242 €
TOTAL TRAVAUX III					39 893 391 €
	SOMMES A VALOIR	%	10%		
TOTAL GENERAL HT					43 882 731 €
TVA (20 %)					8 776 546 €
TOTAL GENERAL TTC					52 659 277 €

Variante 4c: CAISSON METALLIQUE PENTE 6%				Premier tablier	
N°	Postes	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.62%	PRIX GENERAUX				4 197 330 €
9.29%	Période de préparation		15		3 357 864 €
	Installation de chantier	%	7.5		2 098 665 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5		699 555 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625		174 889 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625		174 889 €
	Validation des principes architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0.125		34 978 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625		174 889 €
1.65%	Phase travaux				594 622 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375		104 933 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1.25		349 777 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25		69 955 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25		69 955 €
0.68%	Période de réception des travaux				244 844 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125		34 978 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125		34 978 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625		174 889 €
77.45%	TRAVAUX				27 982 200 €
1.38%	Travaux préparatoire et méthode				500 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P1	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P3	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P4	ft	100000	1	100 000 €
1.74%	Dégagements des emprises				629 718 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m3	35	9 333	326 662 €
	Blindages provisoires	m2	200	100	20 000 €
	Remblais technique	m3	40	1 519	60 776 €
	Remblais de fouille	m3	35	5 214	182 490 €
	Béton de propreté	m2	30	1 160	34 790 €
	Purge	m3	50	100	5 000 €
74.33%	Ouvrages d'art				26 852 482 €
	Culée Creuse pour franchissement digue				
	Pont cadre PICF	u	650000	1	650 000 €
	Fondation				
	Coffrage semelle	m2	150	1 494	224 036 €
	Béton C35/45	m3	200	4 496	899 285 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	1 172	17 580 €
	Ferraillage	kg	1.8	854 321	1 537 777 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	800	1 920 000 €
	pires				
	Coffrage voile	m2	180	2 075	373 464 €
	Béton C35/45	m3	200	2 326	465 120 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	163	2 448 €
	Ferraillage	kg	1.8	534 888	962 798 €
	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m2	200	6 389	1 277 824 €
	Béton C35/45	m3	220	1 942	427 153 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	6 068	91 013 €
	Ferraillage	kg	1.8	543 650	978 570 €
	Poids charpente	kg	3.5	4 389 673	15 363 857 €
	Peinture	m2	40	11 950	478 004 €
	plus-value traitement métallisation	m2	40	11 950	478 004 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m2	150	254	38 070 €
	Béton C30/37	m3	200	79	15 792 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	11	168 €
	Ferraillage	kg	1.8	15 792	28 426 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m2	150	15	2 237 €
	Béton C30/37	m3	200	30	6 067 €
	Traitement des surfaces non coffré	m2	15	76	1 138 €
	Ferraillage	kg	1.8	7 584	13 651 €
3.03%	EQUIPEMENTS				1 095 603 €
	Equipements				1 095 603 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 082	119 020 €
	Peinture noire	m2	10	2 050	20 497 €
	Appareil d'appui	u	4000	12	48 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	23	22 640 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m2	80	174	13 897 €
	Revêtements architecturaux	m2	100	1 000	100 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 082	541 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m2	40	5 639	225 549 €
7.90%	ALEAS et travaux complémentaires				2 853 000 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 453 890 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 399 110 €
TOTAL TRAVAUX III					36 128 133 €
	SOMMES A VALOIR	%	10%		
TOTAL GENERAL HT					39 740 946 €
TVA (20 %)					7 948 189 €
TOTAL GENERAL TTC					47 689 135 €

Variante 5: pont en béton précontraint construit par encorbellement

N°	Postes	m ³	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11.48%	PRIX GENERAUX				3 735 031 €
9.18%	Période de préparation		15	15	2 988 025 €
	Installation de chantier	%	7.5	7.5	1 867 515.74 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2.5	2.5	622 505.25 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0.625	0.625	155 626.31 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0.625	0.625	155 626.31 €
	Validation des principes architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0.125	0.125	31 125.26 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0.625	0.625	155 626.31 €
1.63%	Phase travaux				529 129 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0.375	0.375	93 375.79 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1.25	1.25	311 252.62 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0.25	0.25	62 250.52 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0.25	0.25	62 250.52 €
0.67%	Période de réception des travaux				217 877 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0.125	0.125	31 125.26 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0.125	0.125	31 125.26 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0.625	0.625	155 626.31 €
76.51%	TRAVAUX				24 900 210 €
0.92%	Travaux préparatoire et méthode				300 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
1.82%	Dégagements des emprises				592 716 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m ³	35	6 873	240 541 €
	Remblais technique	m ³	40	2 720	108 788 €
	Remblais de fouille	m ³	35	5 577	195 181 €
	Béton de propreté	m ²	30	1 440	43 207 €
	Purge	m ³	50	100	5 000 €
73.76%	Ouvrages d'art				24 007 494 €
7 988 504 €	Fondation				
	Coffrage semelle	m ²	150	1 712	256 810 €
	Béton C35/45	m ³	200	5 287	1 057 306 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	1 417	21 251 €
	Ferraillage (190 kg/m ³)	kg	1.8	1 004 441	1 807 993 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	1 600	3 840 000 €
	Piles				
	Coffrage voile	m ²	180	164	29 451 €
	Béton C35/45	m ³	200	1 585	317 016 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	164	2 454 €
	Ferraillage (230 kg/m ³)	kg	1.8	364 568	656 223 €
15 818 989 €	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m ²	200	23 452	4 690 400 €
	Béton C50/60	m ³	300	7 761	2 328 300 €
	Traitement des surfaces non coffrées	m ²	15	6 520	97 805 €
	Ferraillage (150 kg/m ³)	kg	1.8	1 164 150	2 095 470 €
	Précontrainte (70 kg/m ³)	kg	3.2	543 270	1 738 464 €
	Pylone Béton	m ³	300	0	0 €
	cable extradossé (tout compris: ancrage, déviateur, etc...)	kg	10	426 855	4 268 550 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m ²	150	662	99 360 €
	Béton C30/37	m ³	200	132	26 496 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	13	192 €
	Ferraillage (200 kg/m ³)	kg	1.8	26 496	47 693 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m ²	150	17	2 488 €
	Béton C30/37	m ³	200	34	6 792 €
	Traitement des surfaces non coffré	m ²	15	113	1 698 €
	Ferraillage (250 kg/m ³)	kg	1.8	8 490	15 282 €
4.16%	EQUIPEMENTS				1 353 452 €
	Equipements				1 353 452 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 152	126 720 €
	Peinture noire	m ²	10	7 957	79 574 €
	Appareil d'appui	u	5000	32	160 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	23	22 640 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m ²	80	255	20 402 €
	Revêtements architecturaux	m ²	100	1 000	100 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 152	576 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m ²	40	6 578	263 117 €
7.86%	ALEAS et travaux complémentaires				2 557 694 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 312 683 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 245 010 €
TOTAL TRAVAUX III					32 546 387 €
SOMMES A VALOIR		%	10%		
TOTAL GENERAL HT					35 801 026 €
TVA (20 %)					7 160 205 €
TOTAL GENERAL TTC					42 961 231 €

Variante 6 : solution Mixte Hauban-Extradossé

N°	Postes	m^3	Prix Unitaire	Quantité	Total HT
11,51%	PRIX GENERAUX				4 026 608 €
9,21%	Période de préparation		15	15	3 221 286 €
	Installation de chantier	%	7,5	7,5	2 013 303,88 €
	Etudes d'exécution des ouvrages définitifs	%	2,5	2,5	671 101,29 €
	Etudes des méthodes et des ouvrages provisoires	%	0,625	0,625	167 775,32 €
	Contrôle externe des études exe et méthodes	%	0,625	0,625	167 775,32 €
	Validation des principecs architecturaux : éléments témoins et prototypes	%	0,125	0,125	33 555,06 €
	Etude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3)	%	0,625	0,625	167 775,32 €
1,63%	Phase travaux				570 436 €
	Assurance qualité et contrôle externe des travaux	%	0,375	0,375	100 665,19 €
	Laboratoire de chantier et organisation des contrôles internes et externes	%	1,25	1,25	335 550,65 €
	Implantation - piquetage - nivellement - suivi topographique	%	0,25	0,25	67 110,13 €
	Organisation de la protection de l'environnement	%	0,25	0,25	67 110,13 €
0,67%	Période de réception des travaux				234 885 €
	Dossier de récolement - documents conforme à l'exécution	%	0,125	0,125	33 555,06 €
	Dossier de gestion et d'entretien de l'ouvrage + maintenance (DIUO)	%	0,125	0,125	33 555,06 €
	Epreuves de l'ouvrage	%	0,625	0,625	167 775,32 €
76,73%	TRAVAUX				26 844 052 €
0,86%	Travaux préparatoire et méthode				300 000 €
	Préparation des pistes et plateforme de chantier	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
	Réalisation d'un batardeau P2	ft	100000	1	100 000 €
1,57%	Dégagements des emprises				547 670 €
	Fouilles pour fondation				
	Déblais de fouilles	m³	35	6 873	240 541 €
	Blindages provisoires	m²	200	0	0 €
	Remblais technique	m³	40	1 572	62 892 €
	Remblais de fouille	m³	35	5 577	195 181 €
	Béton de propreté	m²	30	1 469	44 057 €
	Purge	m³	50	100	5 000 €
74,30%	Ouvrages d'art				25 996 381 €
24%	Fondation				
	Coffrage semelle	m²	150	1 888	283 236 €
	Béton C35/45	m³	200	5 301	1 060 177 €
	Traitement des surfaces non coffré	m²	15	1 447	21 704 €
	Ferrailage (190 kg/m³)	kg	1,8	1 007 168	1 812 902 €
	Pieux				
	Pieux phi 2000	ml	2400	1 600	3 840 000 €
	Piles				
	Coffrage voile	m²	180	334	60 142 €
	Béton C35/45	m³	200	2 080	415 996 €
	Traitement des surfaces non coffré	m²	15	334	5 012 €
	Ferrailage (230 kg/m³)	kg	1,8	478 395	861 112 €
50%	Traverse supérieure				
	Coffrage traverse	m²	200	14 581	2 916 200 €
	Béton C50/60	m³	300	9 831	2 949 300 €
	Traitement des surfaces non coffrées	m²	15	10 150	152 250 €
	Ferrailage	kg	1,8	1 474 650	2 654 370 €
	Précontrainte	kg	3,2	688 170	2 202 144 €
	Pylone Béton	m³	300	521	156 203 €
	Coffrage pylone	m²	200	790	157 976 €
	cable extradossé (tout compris:ancrage, déviateur, etc...)	kg	10	569 342	5 693 422 €
	Forfait lié à la réalisation	ft	600000	1	600 000 €
	Murs en retour				
	Coffrage	m²	150	469	70 319 €
	Béton C30/37	m³	200	94	18 752 €
	Traitement des surfaces non coffré	m²	15	12	184 €
	Ferrailage (200 kg/m³)	kg	1,8	18 752	33 753 €
	Dalle de transition				
	Coffrage	m²	150	19	2 880 €
	Béton C30/37	m³	200	41	8 100 €
	Traitement des surfaces non coffré	m²	15	135	2 025 €
	Ferrailage (250 kg/m³)	kg	1,8	10 125	18 225 €
3,90%	EQUIPEMENTS				1 364 057 €
	Equipements				1 364 057 €
	Garde-corps de service en acier galvanisé	ml	110	1 160	127 600 €
	Peinture noire	m²	10	8 117	81 165 €
	Appareil d'appui	u	5000	32	160 000 €
	Joint de trottoir	ml	750	0	0 €
	Joint de chaussée	ml	1000	27	27 000 €
	Système d'étanchéité (nappe drainante, drain, barbacane, béton de calage)	m²	80	222	17 771 €
	Revêtements architecturaux	m²	100	500	50 000 €
	Repère de nivellement	ft	5000	1	5 000 €
	Corniches architecturales	ml	500	1 160	580 000 €
	Etanchéité de la traverse type épaisse (feuille + asphalte)	m²	40	7 888	315 520 €
7,87%	ALEAS et travaux complémentaires				2 752 608 €
	Aléas		10		
	Divers non détaillé	%	5		1 410 405 €
	Aléas (géotechnique, hydrogéologique, évolution du projet, etc.)	%	5		1 342 203 €
TOTAL TRAVAUX III					34 987 324 €
SOMMES A VALOIR					
					% 10%
TOTAL GENERAL HT					38 486 056 €
TVA (20 %)					7 697 211 €
TOTAL GENERAL TTC					46 183 268 €

Annexe D. COUT D'ENTRETIEN ANNUEL DES OUVRAGES

Le tableau ci-dessous est la synthèse des coûts d'entretien annuels par typologie d'ouvrage de franchissement du Rhône.

Variantes	Coût d'entretien annuel €/an
Variante 1: Précontrainte extradossée	56 800
Variante 2: Haubanée	42 700
Variante 3a: Dalle orthotrope	111 600
Variante 3b: Dalle orthotrope	114 000
Variante 3c: Dalle orthotrope	101 200
Variante 4a: Caisson métallique mixte	99 200
Variante 4b: Caisson métallique mixte	116 500
Variante 4c: Caisson métallique mixte	104 300
Variante 5: Béton précontraint par encorbellement	49 300

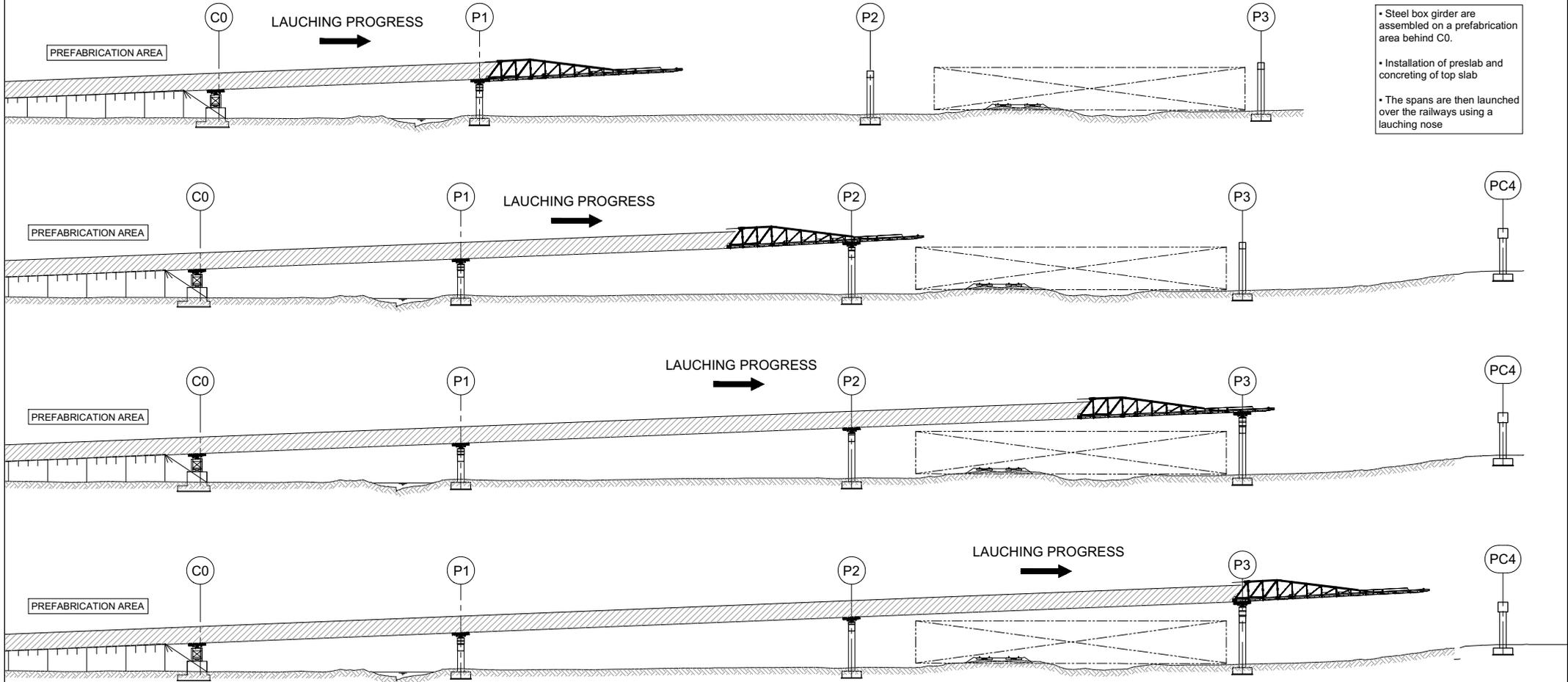
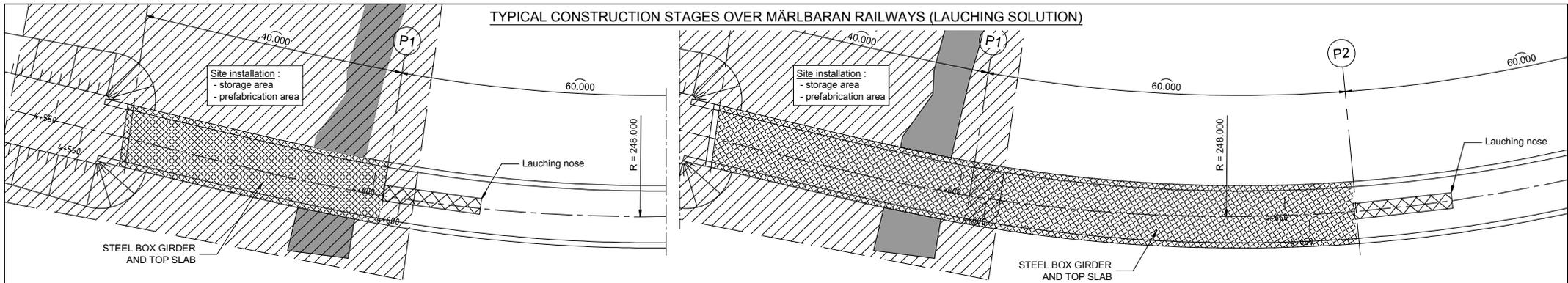
Le détail des estimations des coûts d'entretien est donné dans les tableau présenté ci-après :

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 86 sur 88

Annexe E. PRINCIPE DE LANÇAGE ET GRUTAGE

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 87 sur 88

TYPICAL CONSTRUCTION STAGES OVER MÄRLBARAN RAILWAYS (LAUNCHING SOLUTION)



- Steel box girder are assembled on a prefabrication area behind C0.
- Installation of prelab and concreting of top slab
- The spans are then launched over the railways using a launching nose



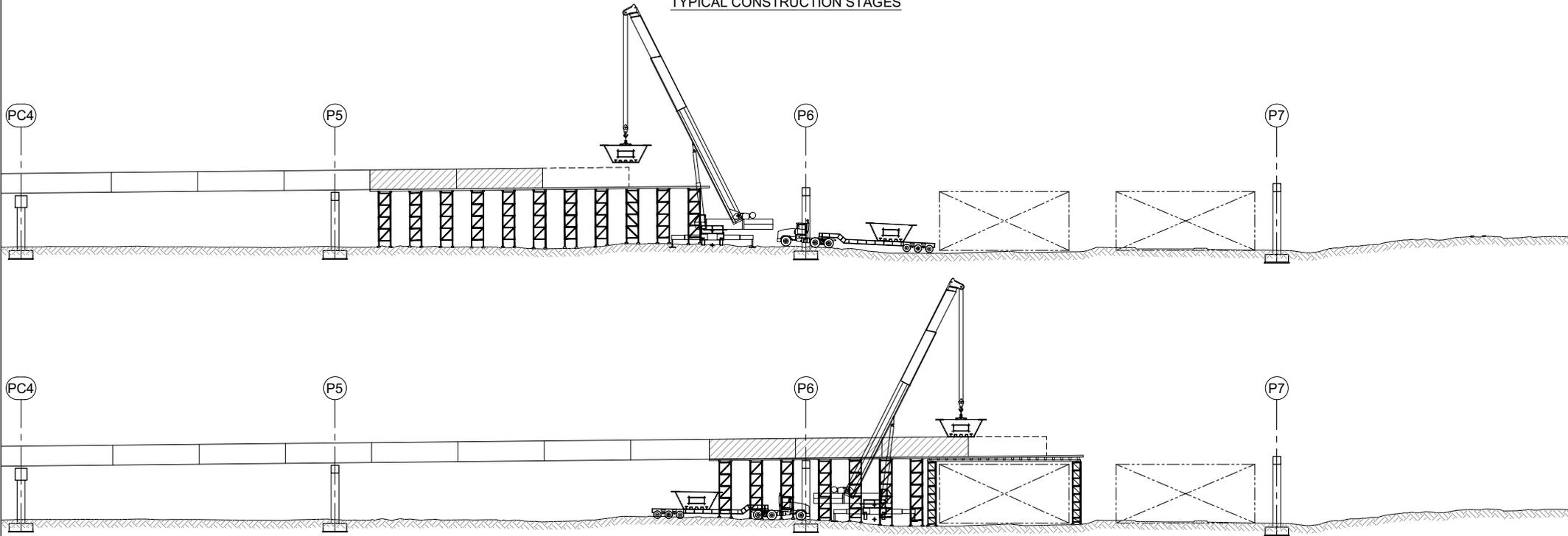
TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
CDS			
CHEF DE PROJET			
IND.	0	2019/10/04	First issue
NYK			
Format de base :	A1	Unité :	m
		Echelle :	1/300



SOLLVALLA VIADUCT
TYPICAL CONSTRUCTION PRINCIPLE

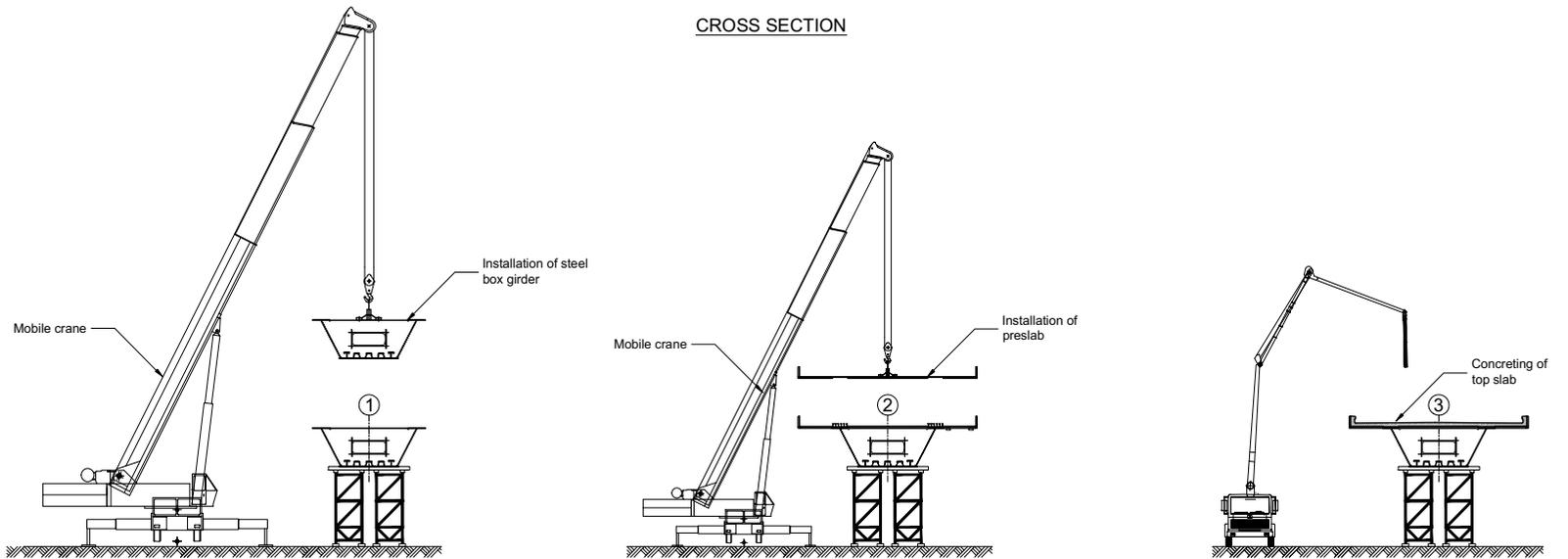
DATE	OCT. 2019
PHASE	Tender
PLAN N°	04
IND.	0

TYPICAL CONSTRUCTION STAGES



CROSS SECTION

- Construction on falsework
- Progress construction
- Construction joint located at point of zero bending moment
- Level variation system on falsework for removing



TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
CDS	0	2019/10/04	First issue
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
NYK	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/250



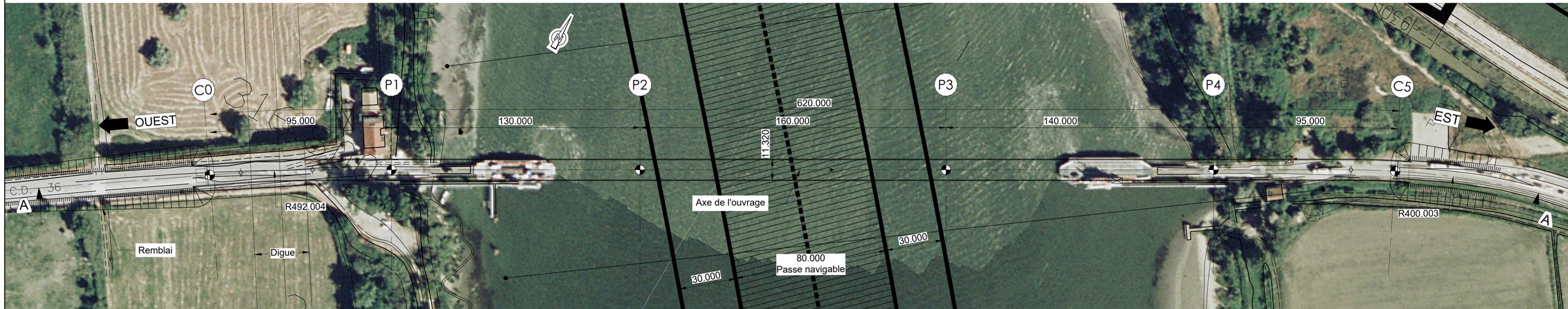
SOLLVALLA VIADUCT
TYPICAL CONSTRUCTION PRINCIPLE

DATE	OCT. 2019
PHASE	Tender
PLAN N°	05
IND.	0

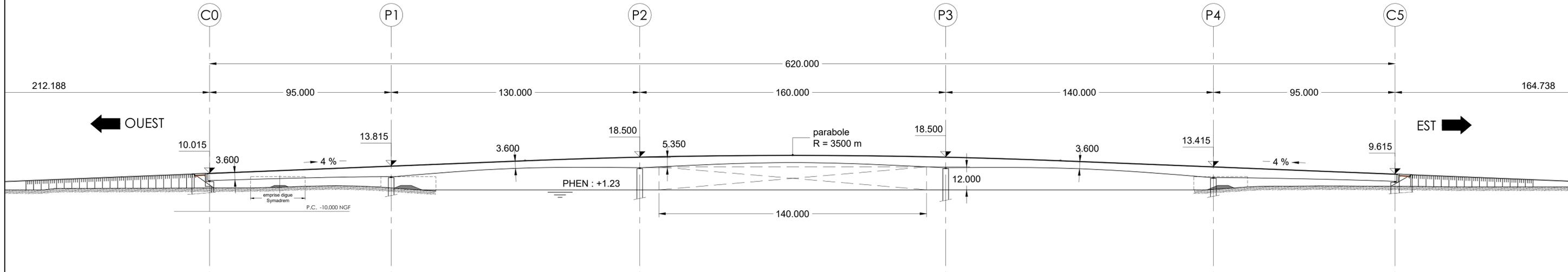
Annexe F. PLANS DES SOLUTIONS

		REF 4910660
4910660_Pont sur le Rhône_ EPOA_Ind A07.docx	02/08/2021	Page 88 sur 88

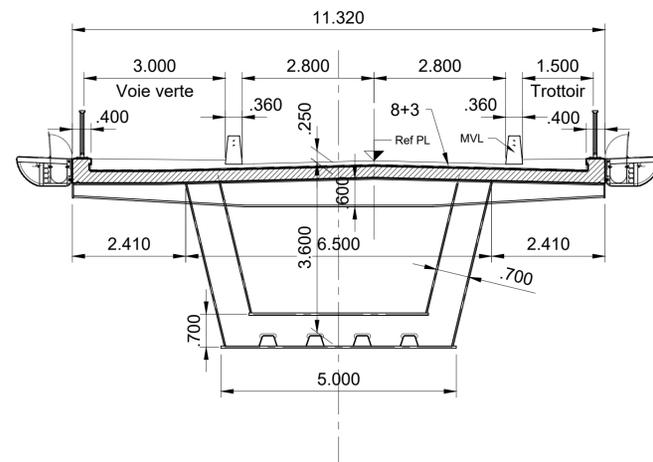
VUE EN PLAN



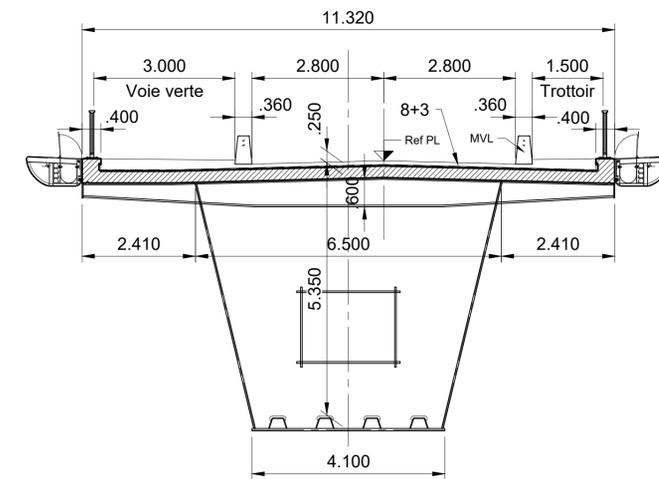
COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE EN TRAVÉE



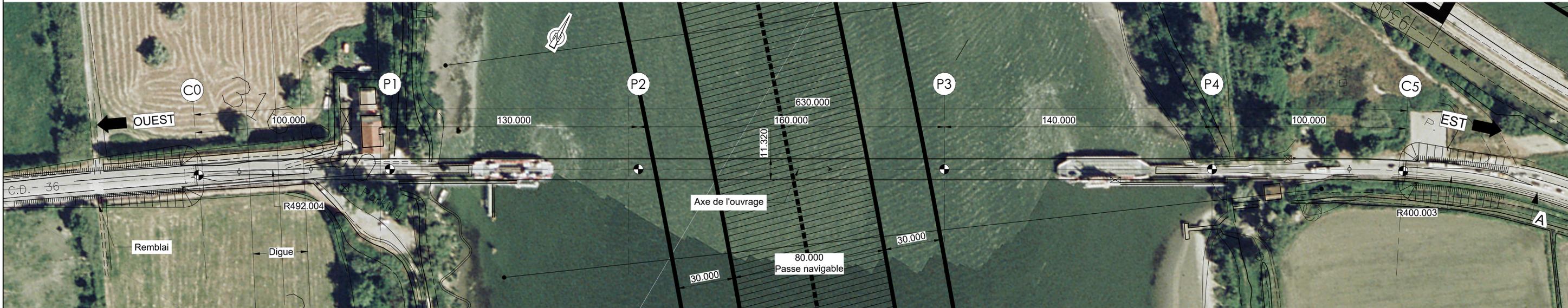
COUPE TRANSVERSALE SUR APPUIS



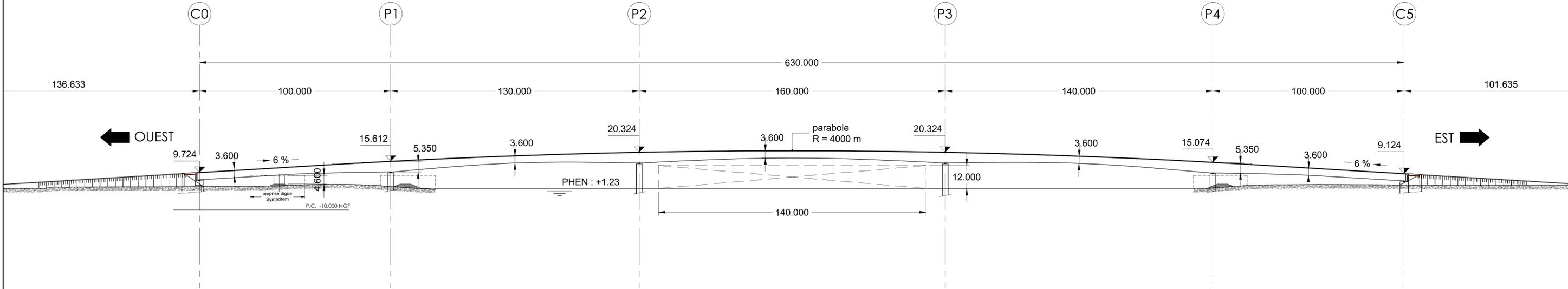
TECHNICIEN	EAN		
INGENIEUR	KDA		
CHEF DE PROJET	0	24/02/2020	Première émission
DCS	IND.	DATE	MODIFICATION
	Format de base : A1		Unité : m
	Echelle : 1/1000 - 1/75		

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	0

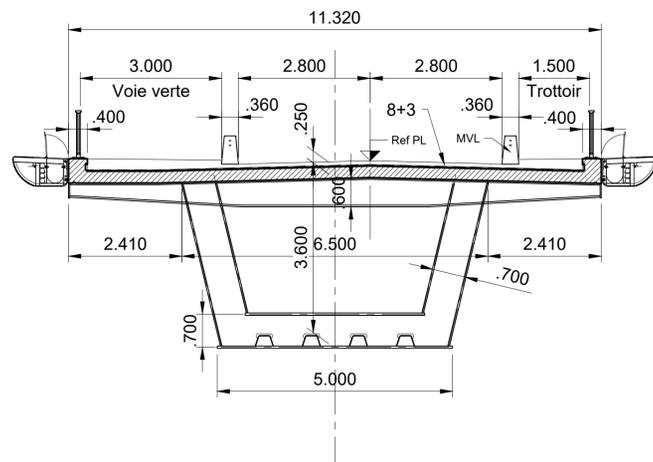
VUE EN PLAN



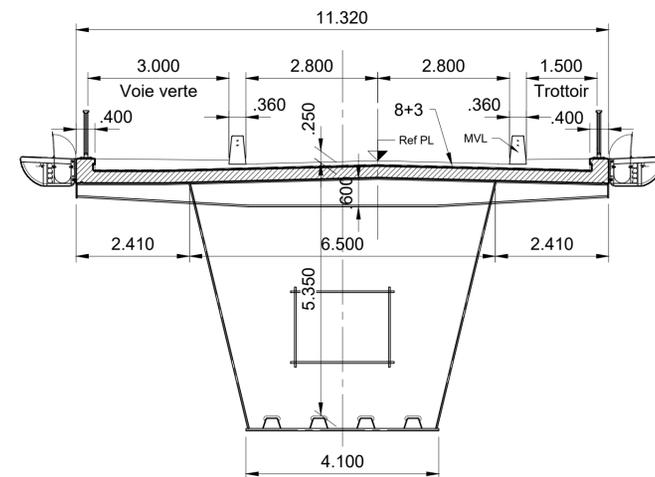
COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE EN TRAVÉE



COUPE TRANSVERSALE SUR APPUIS



TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
KDA	01	20/02/2020	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
DCS	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75

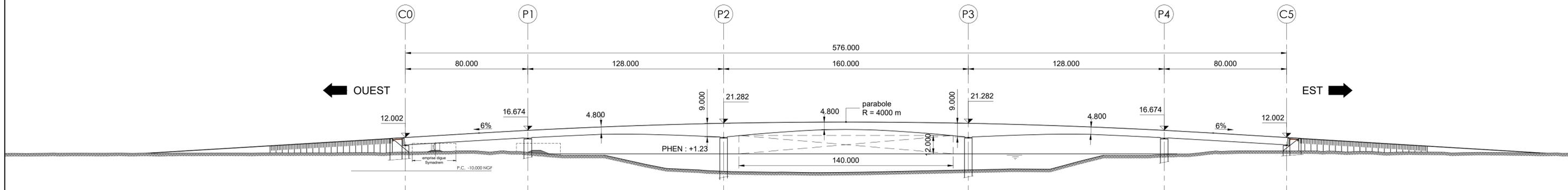
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
 Solution caisson mixte hauteur variable
 PL: 6% - R: 4000m
 Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	FÉVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	1

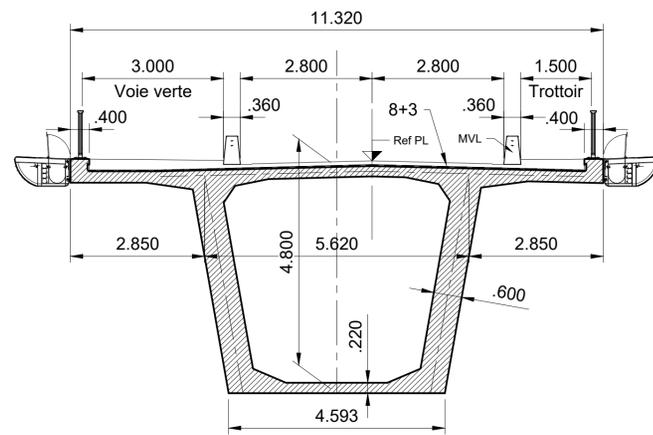
VUE EN PLAN



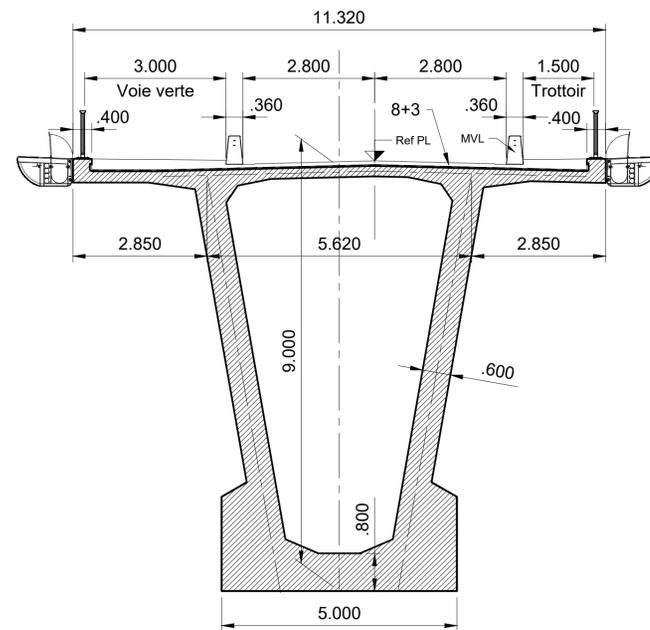
COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE EN TRAVÉE



COUPE TRANSVERSALE SUR APPUIS

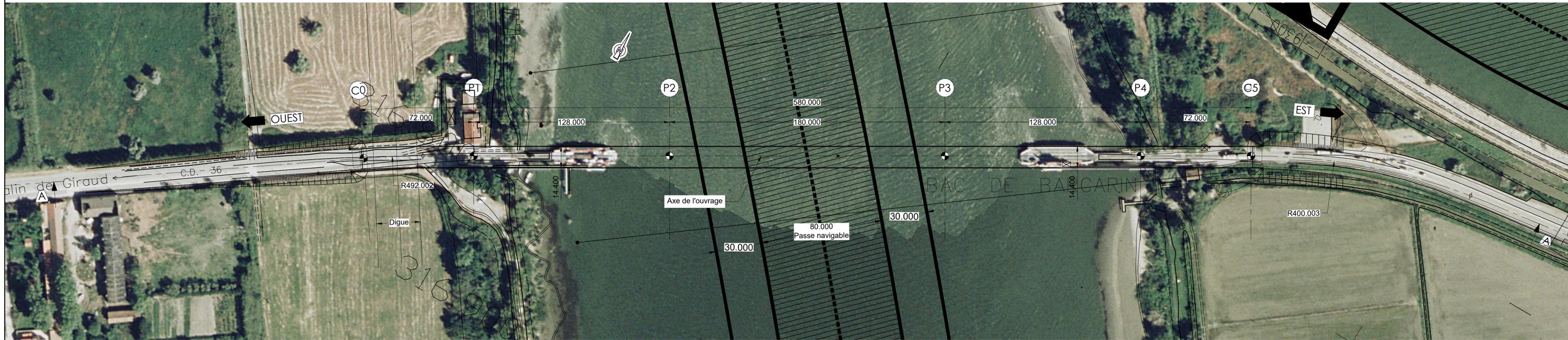


TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
KDA	0	13/01/2020	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
NYK	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1250 - 1/75

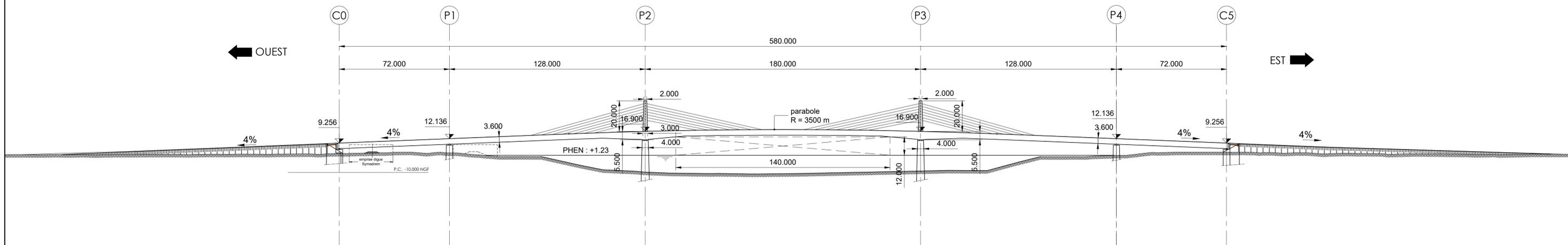
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
 Solution caisson BP hauteur variable
 (PL 6% ; R4000)
 Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	FÉVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	0

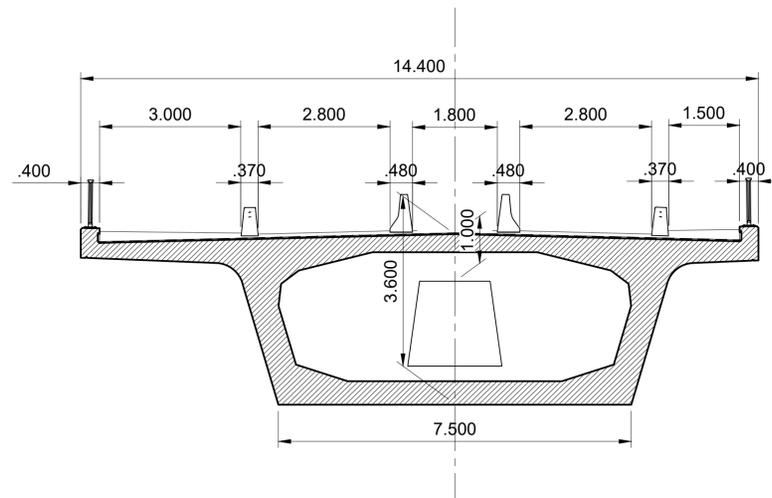
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



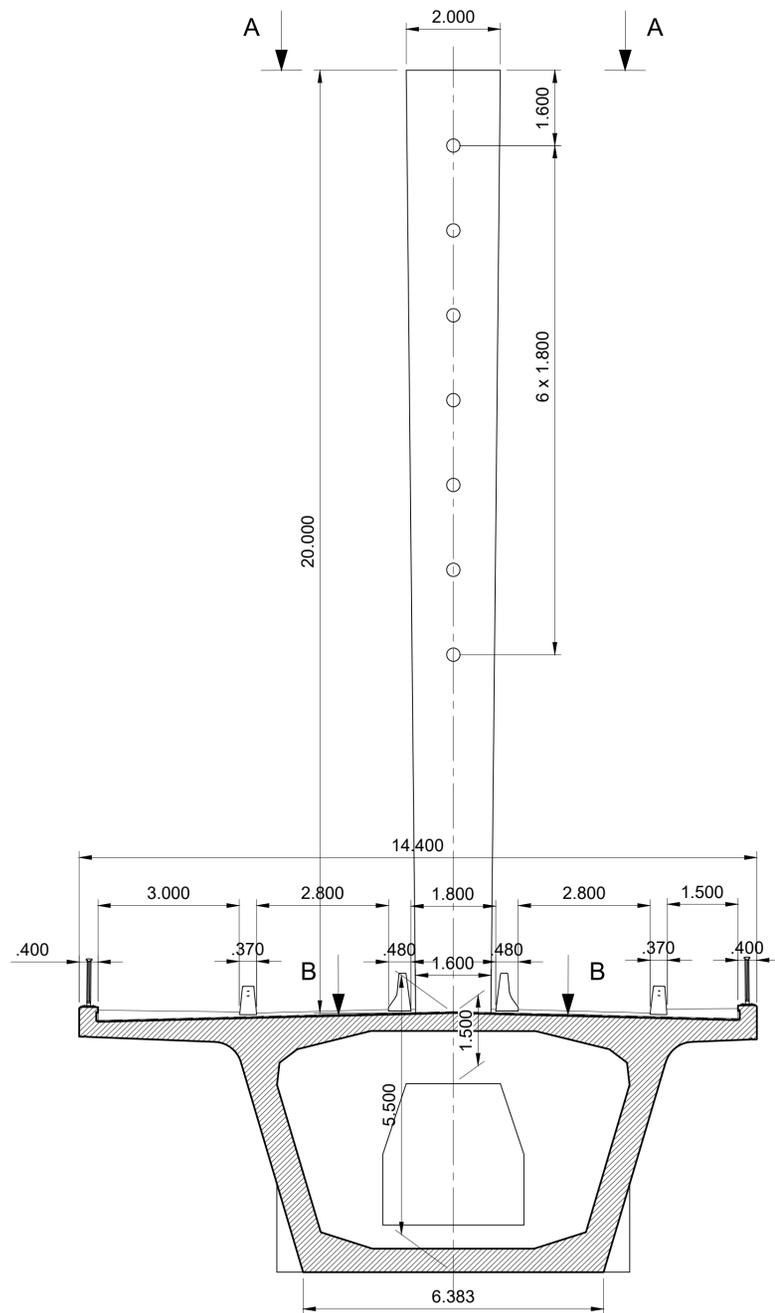
COUPE TRANSVERSALE EN SECTION COURANTE



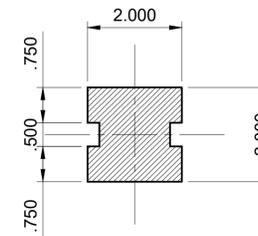
TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
JEY			
CHEF DE PROJET	0	20/02/2020	Première émission
	IND.	DATE	MODIFICATION
CDS	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	01

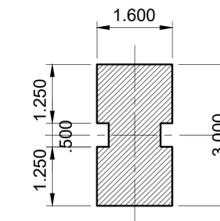
COUPE TRANSVERSALE
SUR APPUIS P2 ET P3



SECTION A-A



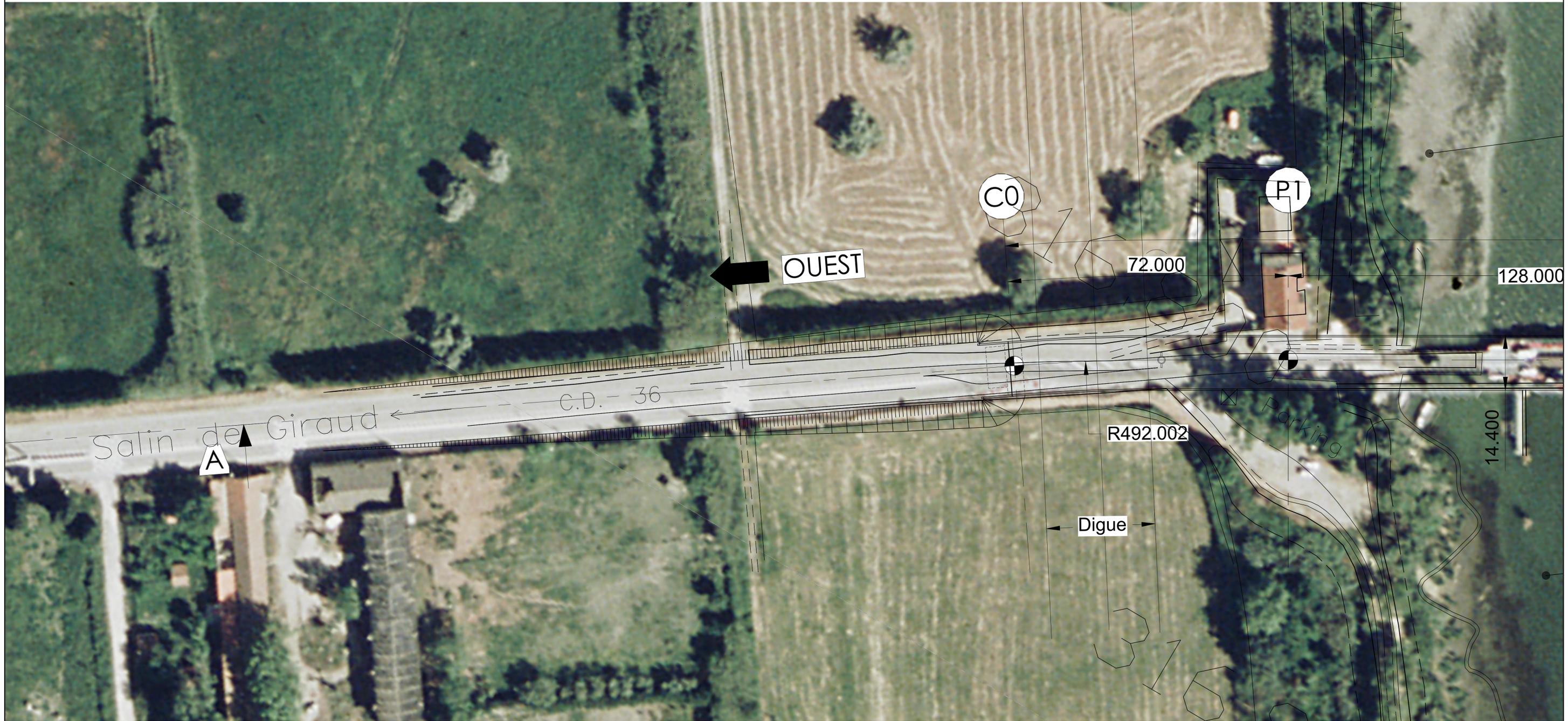
SECTION B-B



TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
JEY			
CHEF DE PROJET	0	20/02/2020	Première émission
	IND.	DATE	MODIFICATION
CDS	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/75

DATE	
FEVRIER 2020	
PHASE	
E.P.	
PLAN N°	IND.
02	01

VUE EN PLAN

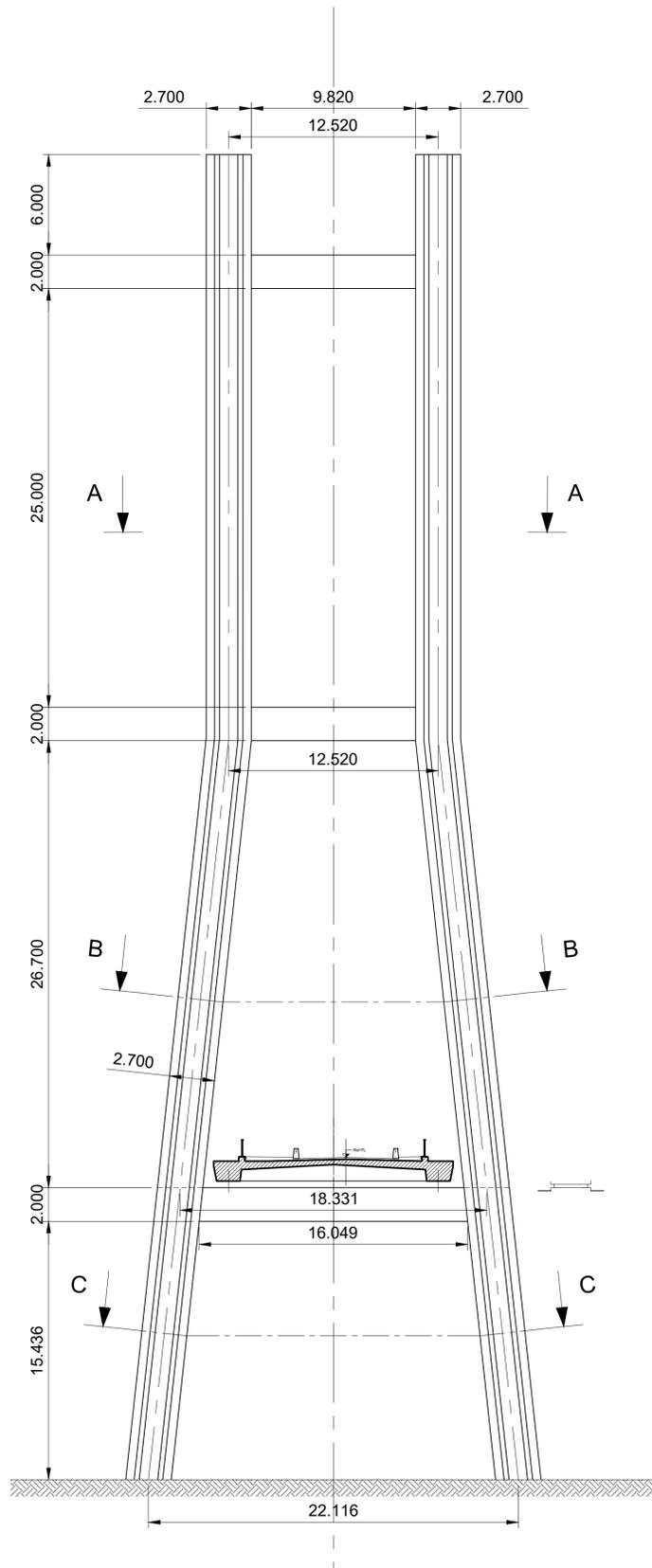


TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
JEY/DKI	01	20/02/2020	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
CDS	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/500

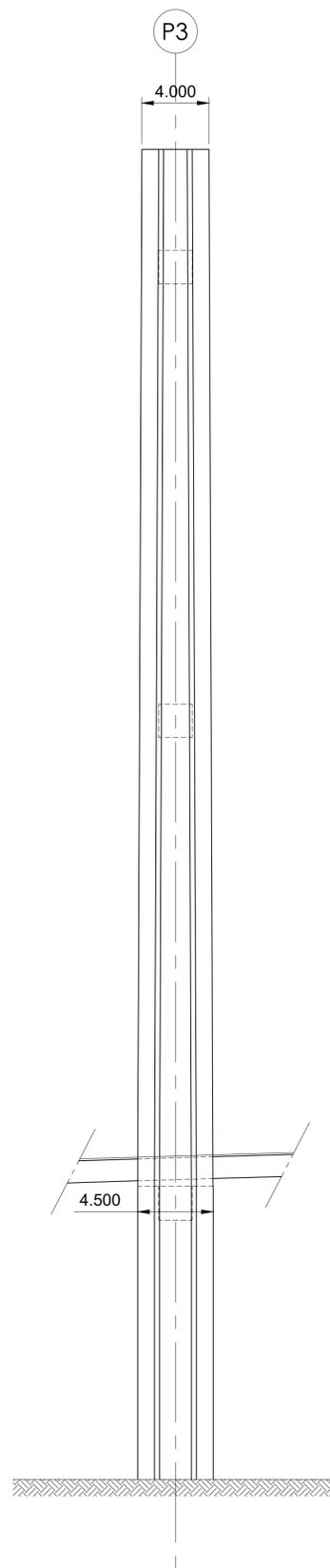
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
 Solution précontrainte extradossée
 Vue en plan - Remblai Ouest

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
03	01

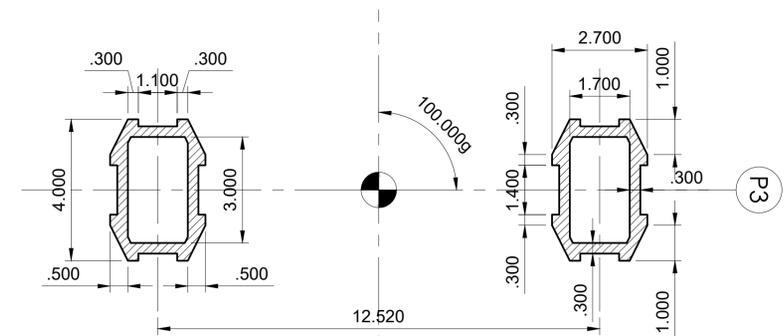
PYLÔNE - VUE DE FACE



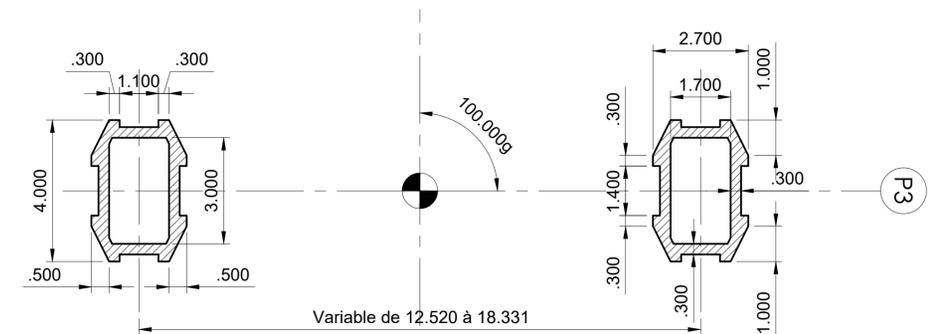
PYLÔNE - VUE LATÉRALE



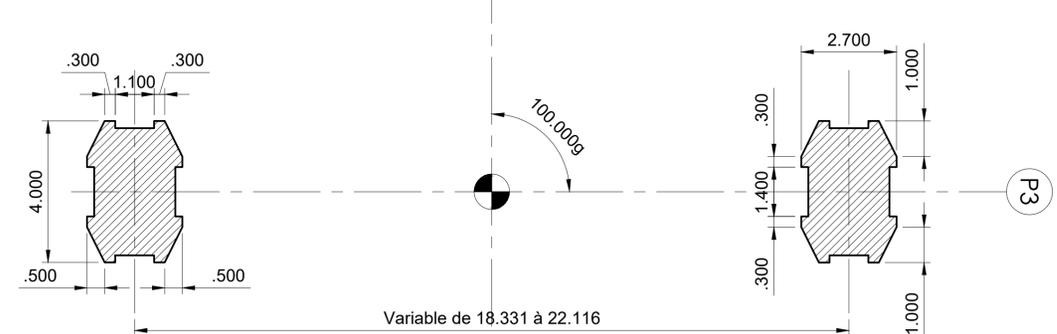
COUPE A-A



COUPE B-B



COUPE C-C

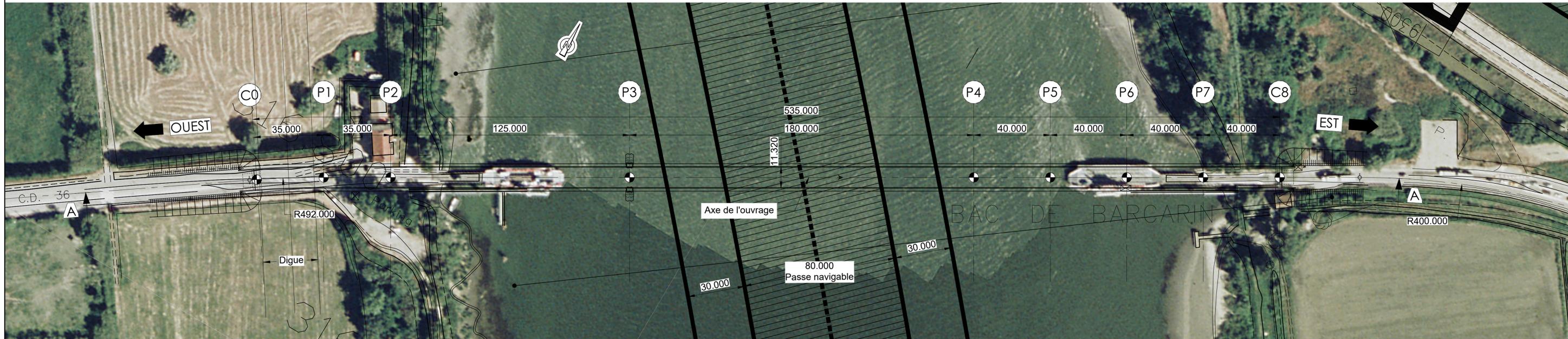


TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
KDA	0	18/02/2020	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
NYK	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/200 - 1/100

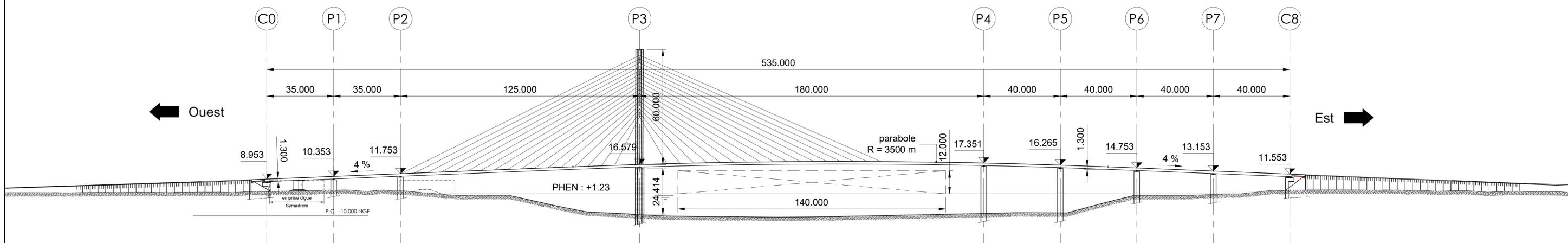
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Solution haubannée
Pylône - Coffrage

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
02	1

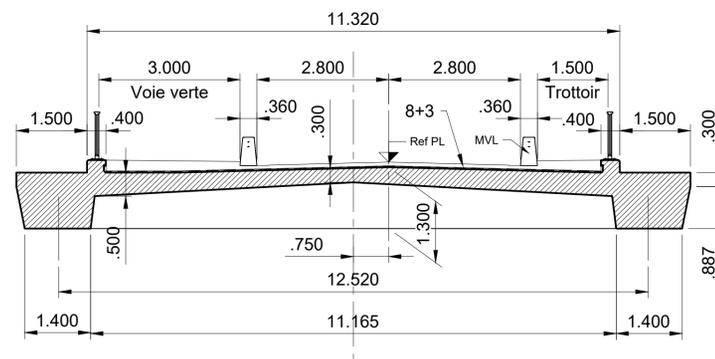
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE EN TRAVÉE



TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
KDA	0	18/02/2020	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
NYK	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75

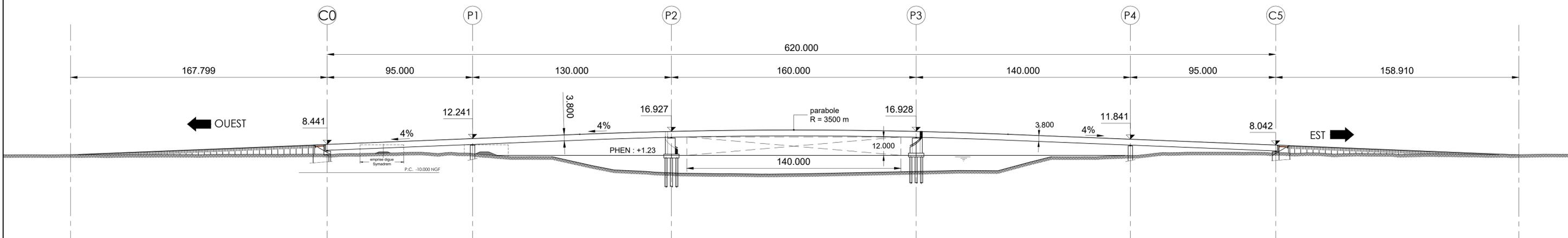
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Solution haubannée
Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	1

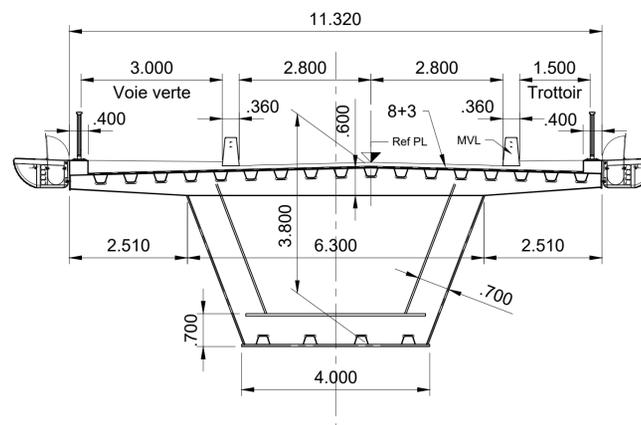
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE



TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
KDA	0	24/02/2020	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
CDS	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75

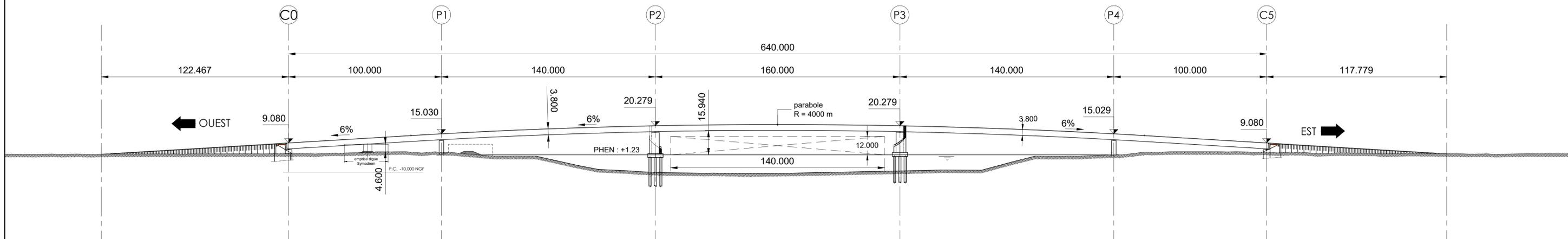
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
 Solution caisson orthotrope
 P= 4% ; R=3500 m
 Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	FEVRIER 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	0

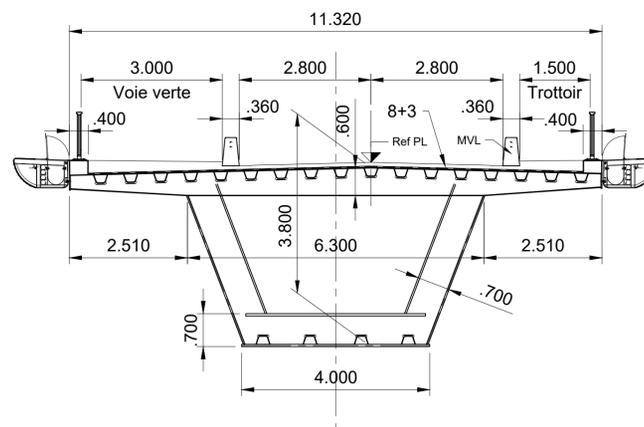
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE

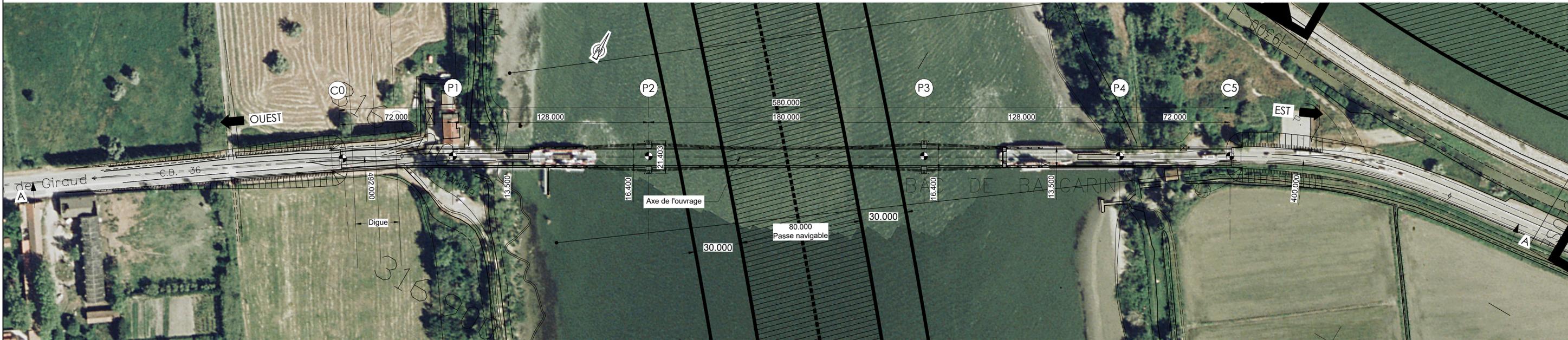


TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
KDA	0	21/11/2019	Première émission
CHEF DE PROJET	IND.	DATE	MODIFICATION
VTY	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75

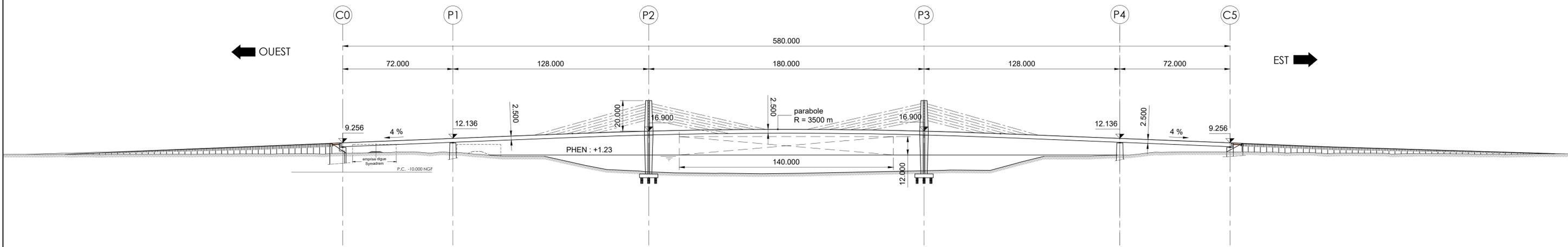
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
 Solution caisson orthotope
 Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	NOVEMBRE 2019
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	0

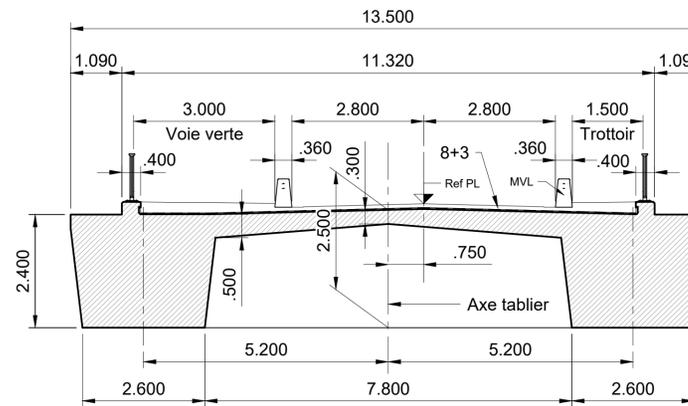
VUE EN PLAN



COUPE LONGITUDINALE A-A



COUPE TRANSVERSALE EN SECTION COURANTE

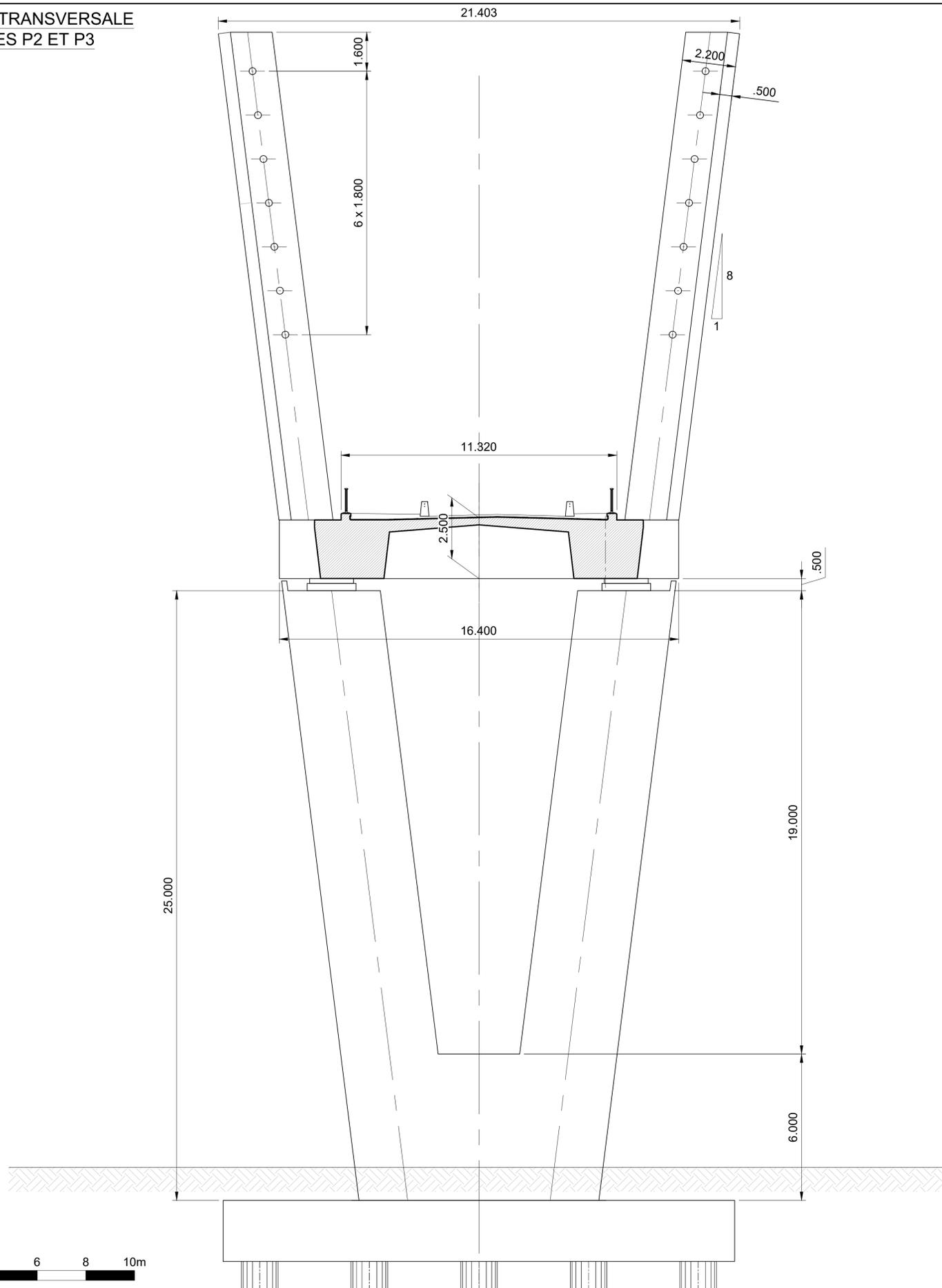


TECHNICIEN			
EAN			
INGENIEUR			
JKY/KDA			
CHEF DE PROJET	0	10/03/2020	Première émission
	IND.	DATE	MODIFICATION
NYK	Format de base : A1	Unité : m	Echelle : 1/1000 - 1/75

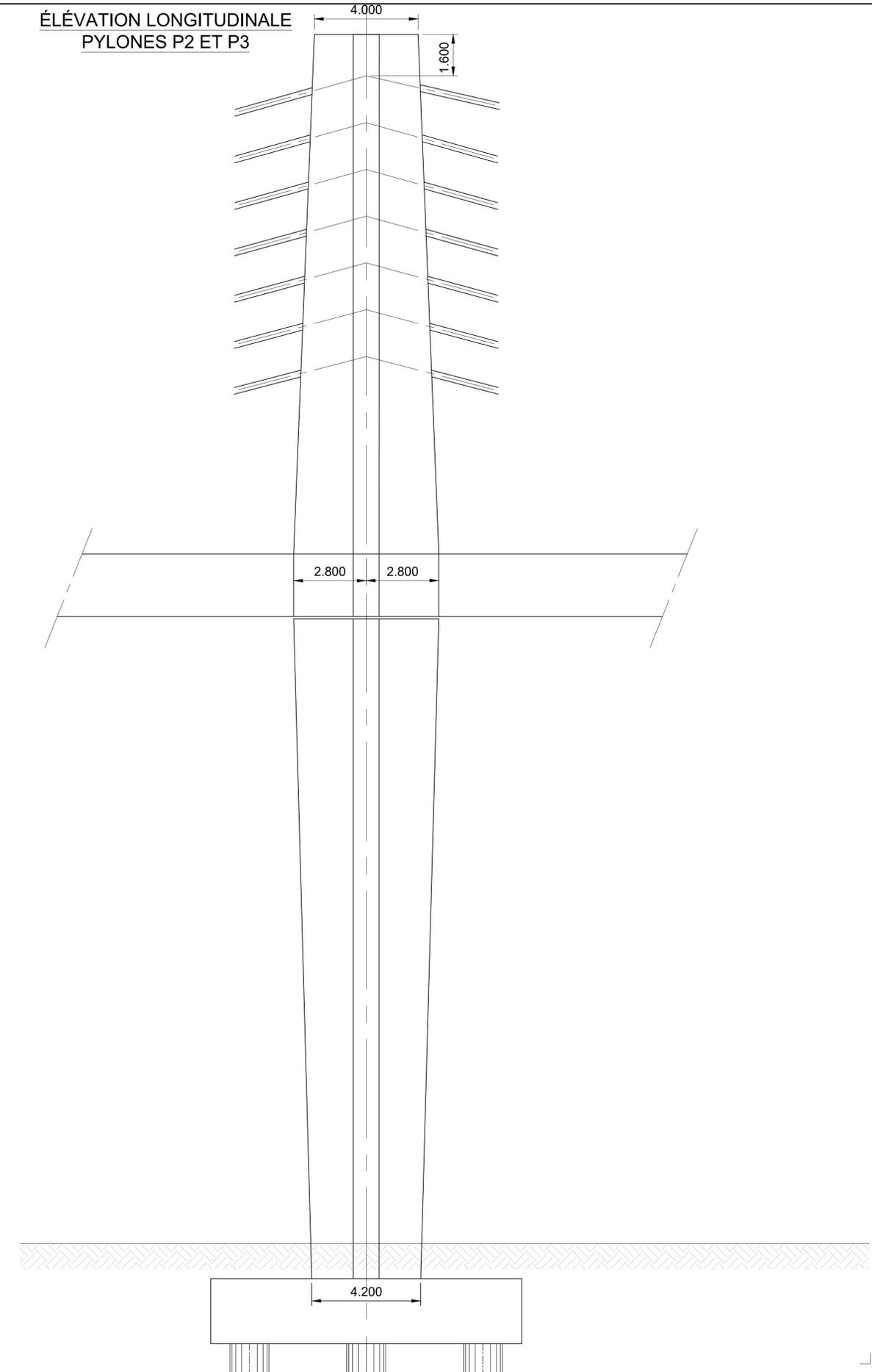
RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
 Solution précontrainte extradossée
 Vue en plan - Coupes long. et trans.

DATE	MARS 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	IND.
01	01

ÉLÉVATION TRANSVERSALE
PYLONES P2 ET P3



ÉLÉVATION LONGITUDINALE
PYLONES P2 ET P3



1:100
0 2 4 6 8 10m



TECHNICIEN	EAN		
INGENIEUR			
CHEF DE PROJET	JKY/KDA	0	10/03/2020
	NYK		
		Format de base : A1	Unité : m
			Echelle : 1/75

RD35b - FRANCHISSEMENT DU RHÔNE
Solution précontrainte extradossée
Coupes transversales sur appuis

DATE	MARS 2020
PHASE	E.P.
PLAN N°	02
IND.	01