



# MC1 - E.P.O.A. RIVIÈRE DES MARSOUINS

## RRTG EST – AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT

20 février 2019

V0.1

Région Réunion

DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS ET DÉPLACEMENTS

Direction des Transports et des Déplacements



LA 2<sup>ÈME</sup> GÉNÉRATION  
DES GRANDS  
CHANTIERS





## Informations relatives au document

### INFORMATIONS GÉNÉRALES

**Auteur(s)** OH-YC-FM-RR-JM-DP-GH-JA  
**Volume du document** MC1 – Etude préliminaire / Mémoire technique  
**Version** V0.1  
**Référence** EVT / VRU 17 0023 – MOe RRTG RN2 St-Benoît  
**Numéro CRM** -  
**Chrono** 0.1

### HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Rédigé par	Visé par	Modifications
V0.1	20-Fev-2019	R. RANCIER	C. OUTTERYCK	Sortie du document

### DESTINATAIRES

Nom	Entité
Nom	xx
Nom	xx
Nom	xx

# SOMMAIRE

<b>1 - PRESENTATION DE L'OPERATION</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1 - Programme et objet de l'opération</b> .....	<b>6</b>
1.1.1 - Contexte et situation géographique.....	6
1.1.2 - Objectifs et enjeux de l'opération.....	6
1.1.3 - Fonctionnalités et Caractéristiques du projet.....	6
1.1.4 - Etudes concernant le RRTG .....	7
<b>2 - DESCRIPTION DU SITE ET DES DONNEES NATURELLES</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1 - Description du site</b> .....	<b>8</b>
2.1.1 - Relief de la brèche.....	8
<b>2.2 - Ouvrage d'art existant de franchissement de la rivière des marsouins par la RN2</b> .....	<b>9</b>
2.2.1 - Description de l'ouvrage.....	9
2.2.2 - Travaux réalisés sur l'ouvrage depuis sa construction .....	10
2.2.3 - Etat de l'ouvrage actuel.....	10
<b>2.3 - Hydraulique</b> .....	<b>11</b>
2.3.1 - Modèle Mathématique de 2010 .....	11
2.3.2 - Modélisation physique : .....	11
<b>2.4 - Géotechnique</b> .....	<b>12</b>
2.4.1 - Campagne de sondages.....	12
2.4.2 - Caractéristiques pressiométriques : .....	12
2.4.3 - Caractéristiques de cisaillement : .....	13
2.4.4 - Données géotechnique complémentaire à réaliser.....	13
<b>2.5 - Sismicité</b> .....	<b>13</b>
<b>2.6 - Climat</b> .....	<b>13</b>
2.6.1 - Pluviométrie .....	14
2.6.2 - Températures.....	15
2.6.3 - Vent.....	15
<b>2.7 - Milieu naturel</b> .....	<b>15</b>
2.7.1 - Patrimoine protégé.....	15
2.7.2 - Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) .....	15
2.7.3 - Enjeux écologiques .....	16
<b>2.8 - Insertion paysagère</b> .....	<b>17</b>
<b>2.9 - Emprises, enjeux foncier</b> .....	<b>17</b>
<b>3 - CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES DU PROJET</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1 - Données de trafic</b> .....	<b>18</b>
3.1.1 - Tout trafic .....	18
3.1.2 - Trafic poids lourds .....	18
3.1.3 - Dernières évolutions du trafic .....	18

<b>3.2 - Caractéristiques de la voie portée</b> .....	<b>19</b>
3.2.1 - Axe en plan .....	19
3.2.2 - Profil en long .....	19
3.2.3 - Profil en travers fonctionnel.....	20
3.2.4 - Dévers.....	21
<b>3.3 - Brèche franchie</b> .....	<b>21</b>
3.3.1 - Contrainte hydraulique .....	21
3.3.2 - Actions du courant sur les piles.....	22
<b>3.4 - Surcharges d'exploitation</b> .....	<b>22</b>
3.4.1 - Surcharges d'exploitation .....	22
3.4.2 - RRTG .....	22
3.4.3 - Surcharges piétonnes .....	24
<b>3.5 - Surcharges de chantier</b> .....	<b>24</b>
<b>3.6 - Equipements</b> .....	<b>24</b>
3.6.1 - Dispositifs de retenue.....	24
3.6.2 - Eclairage .....	24
3.6.3 - Réseaux sur ouvrage.....	24
3.6.4 - Signalisation verticale.....	24
3.6.5 - Etanchéité.....	25
3.6.6 - Assainissement .....	25
<b>4 - ENTRETIEN ET MAINTENANCE</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1 - Durabilité</b> .....	<b>26</b>
4.1.1 - Durée de vie.....	26
4.1.2 - Durabilité des structures en béton.....	26
4.1.3 - Durabilité des parties métalliques .....	26
<b>4.2 - Moyens d'accès pour suivi de l'ouvrage</b> .....	<b>26</b>
<b>4.3 - Points à inspecter</b> .....	<b>26</b>
4.3.1 - Appuis.....	26
4.3.2 - Tablier.....	26
4.3.3 - Superstructures .....	26
<b>4.4 - Dispositifs liés à l'entretien et au suivi de l'ouvrage</b> .....	<b>27</b>
4.4.1 - Dispositions communes à tous les types de tablier .....	27
4.4.2 - Dispositions particulières au tablier de type caisson en béton précontraint : .....	27
4.4.3 - Dispositions particulières aux structures métalliques : .....	27
<b>5 - SOLUTIONS DE FRANCHISSEMENT</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1 - Longueur de l'ouvrage</b> .....	<b>28</b>
<b>5.2 - Choix de la travure</b> .....	<b>28</b>
5.2.1 - Solution à 2 travées .....	29
5.2.2 - Solution à 3 travées .....	29

<b>5.3 - Types de structures écartées :</b> .....	<b>29</b>
5.3.1 - Poutres latérales à deux travées.....	29
5.3.2 - Pont haubané à deux travées .....	29
5.3.3 - Bi-caisson en béton précontraint à trois travées .....	29
<b>5.4 - Structures envisagées.....</b>	<b>29</b>
<b>5.5 - Géométrie des piles .....</b>	<b>30</b>
<b>5.6 - Parti architectural .....</b>	<b>30</b>
<b>5.7 - Contraintes communes à l'ensemble des solutions .....</b>	<b>31</b>
5.7.1 - Accès au lit majeur .....	31
5.7.2 - Activités en exploitation à maintenir pendant les travaux.....	31
5.7.3 - Contraintes hydrauliques générales .....	31
<b>5.8 - Solution 1 : Tablier multi-poutres mixte à deux travées .....</b>	<b>32</b>
5.8.1 - Description de la solution .....	32
5.8.2 - Tablier.....	32
5.8.3 - Contraintes constructives particulières .....	32
5.8.4 - Coût de l'ouvrage.....	32
<b>5.9 - Solution 2 : tablier bi-caissons en béton précontraint à deux travées.....</b>	<b>32</b>
5.9.1 - Description de la solution .....	32
5.9.2 - Tablier.....	33
5.9.3 - Contraintes constructives particulières .....	33
5.9.4 - Coût de l'ouvrage.....	33
<b>5.10 - Solution 3- tablier Bow-String à deux travées .....</b>	<b>33</b>
5.10.1 - Description de la solution .....	33
5.10.2 - Tablier.....	33
5.10.3 - Contraintes constructives particulières .....	34
5.10.4 - Coût de l'ouvrage.....	34
<b>5.11 - Solution 4 – tablier Bi caissons mixte à deux travées .....</b>	<b>34</b>
5.11.1 - Description de la solution .....	34
5.11.2 - Tablier.....	34
5.11.3 - Contraintes constructives particulières .....	34
5.11.4 - Coût de l'ouvrage.....	35
<b>5.12 - Solution 5 – tablier multi-poutres mixtes à trois travées.....</b>	<b>35</b>
5.12.1 - Description de la solution .....	35
5.12.2 - Tablier.....	35
5.12.3 - Contraintes constructives particulières .....	35
5.12.4 - Coût de l'ouvrage.....	35
<b>5.13 - Solution 6 – tablier dalle nervurée à hauteur variable en béton précontraint.....</b>	<b>36</b>
5.13.1 - Description de la solution .....	36
5.13.2 - Tablier.....	36
5.13.3 - Contraintes constructives particulières.....	36

5.13.4 - Coût de l'ouvrage.....	36
<b>6 - ANALYSE MULTI-CRITERES .....</b>	<b>37</b>
6.1.1 - Définition des critères et pondérations.....	37
6.1.2 - Méthodologie d'analyse.....	37
6.1.3 - Evaluation des critères par solution.....	37
6.1.4 - Notation finale .....	39
<b>DOSSIER DE PLANS.....</b>	<b>40</b>

# 1 - PRESENTATION DE L'OPERATION

Le projet d'aménagement de la RN2 sur la commune de Saint-Benoît concerne le linéaire situé entre l'échangeur du Bourbier au Nord et le giratoire des Plaines au Sud. Dans un premier temps, l'opération consiste en la mise à deux fois deux voies de la portion concernée, avec en plus la création de deux voies Transport en Commun en Site Propre (TCSP) ainsi qu'une continuité de la Voie Vélo Régionale (VVR). A plus grande échelle, le projet est de développer sur ce site un Réseau Régional de Transport Guidé (RRTG).

## 1.1 - Programme et objet de l'opération

### 1.1.1 - Contexte et situation géographique

Le contexte de cette opération se situe dans une période de croissance rapide de la démographie et de la mobilité. De plus, l'île connaît des conditions de circulation qui se dégradent rapidement. De ce constat, découle la nécessité de créer un corridor pour les transports en commun. Ce dernier doit être performant et permettre de relier les différentes agglomérations de l'île.

La RN2 est un axe majeur, notamment pour la traversée de Saint-Benoît. Sur cette commune, la route nationale présente un profil en travers de type 2 x 1 voies et constitue un des points noirs du réseau routier régional en terme de congestions quotidiennes. Ces congestions surviennent autant en heures de pointe du matin (HPM) qu'en heures de pointe du soir (HPS). Pour les usagers empruntant cet axe, le temps de parcours en devient allongé, et ce dans les deux sens de circulation.

La portion étudiée pour la réalisation de projet se situe dans la commune de Saint-Benoît, et plus précisément sur le linéaire situé entre l'échangeur du Bourbier et le giratoire des plaines. Ce linéaire comprend également l'échangeur de Beaulieu, du Conardel

Le Schéma d'Aménagement Régional (SAR) fixe les grandes orientations en matière d'aménagement du territoire à La Réunion aux horizons 2020-2030 et comporte un volet important concernant les transports en commun. Il préconise la réalisation d'une infrastructure de type Transport en Commun en Site Propre (TCSP) à court terme, et la réalisation d'un Réseau Régional de Transport Guidé (RRTG) à plus long terme.



PORTION DE LA RN2 CONCERNEE PAR LE PROJET

### 1.1.2 - Objectifs et enjeux de l'opération

Dans l'objectif de limiter l'usage automobile au profit des transports collectifs et des modes doux, l'efficacité de ces derniers doit être améliorée.

A grande échelle, l'objectif est la mise en place d'un Réseau Régional de Transport Guidé (RRTG) entre Saint-Joseph et Saint-Benoît, sur un linéaire de 150 km en passant par Saint-Denis et le littoral Ouest.

Dans le secteur de Saint-Benoît, le tracé du RRTG s'insère le long de la RN2 jusqu'au terminus situé au niveau du giratoire des plaines.

Dans un premier temps, l'opération consiste en la réalisation d'une infrastructure de Transport en Commun en Site Propre (TCSP).

L'objectif de l'opération est la modernisation du réseau routier, la restructuration des axes routiers en faveur des transports en commun et le déploiement de la Voie Vélo Régionale (VVR).

Le réaménagement de la RN2 sur cette section a donc pour objectif :

- De conforter le rôle de la RN2 en tant que contournement du centre-ville de St-Benoit par une mise à 2x2 voies de la section concernée,
- d'aménager deux voies dédiées à la circulation des transports en commun afin de prioriser la circulation des lignes de transport public des réseaux Car Jaune et Estival
- de créer une piste cyclable bidirectionnelle en tant que section de la VVR afin de sécuriser les déplacements cyclistes.

De manière générale, les enjeux principaux sont l'établissement d'une colonne vertébrale des transports collectifs à l'échelle de l'île et l'articulation d'une offre de transport locale autour du RRTG avec la mise en place de pôles d'échange et de rabattement.

### 1.1.3 - Fonctionnalités et Caractéristiques du projet

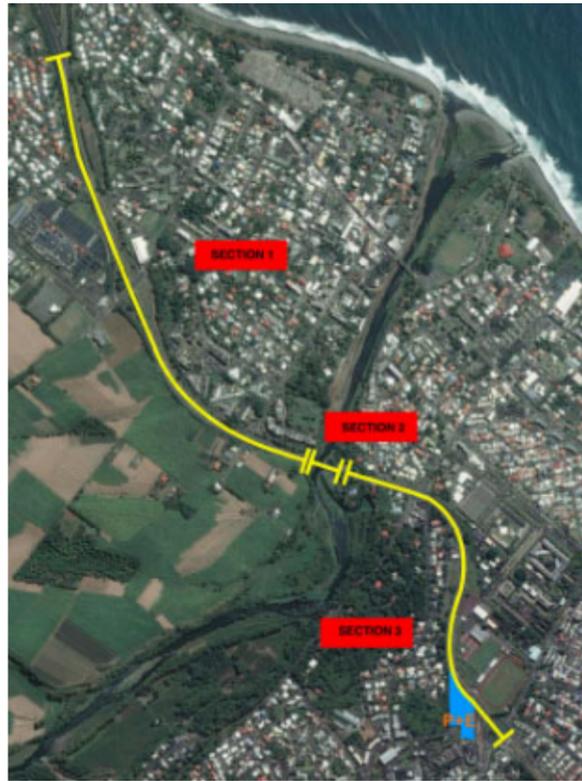
Le périmètre d'intervention du projet s'étend sur la RN2, du giratoire des plaines à l'échangeur du Bourbier. Il comprend :

- La création d'un parking relais au niveau du giratoire des plaines
- La création d'une voie TCSP,
- La création d'un cheminement pour la VVR,
- La réalisation d'un ouvrage d'art sur la rivière des Marsouins pour accueillir deux voies de circulation VL, deux voies TCSP et la VVR (il devra être compatible avec la circulation d'un système de transport guidé léger).

Le périmètre d'étude est divisé en 4 sections :

- De l'échangeur du Bourbier au demi-échangeur Le Conardel,
- Du demi-échangeur Le Conardel au carrefour de Bras Canot,
- De l'échangeur de Bras Canot au giratoire des plaines (carrefour et giratoire compris),
- Pôle d'échanges au niveau du giratoire des plaines

Sur ces portions, le projet vise la mise à 2x2 voies de la RN2, la mise en place d'un TCSP bidirectionnel et de la VVR bidirectionnelle. Ce TCSP va préfigurer le RRTG et devra être dimensionné pour du guidé léger.



**LES SECTIONS DE L'AMENAGEMENT**

C'est la section 2 qui concerne la présente étude Préliminaire d'Ouvrage d'Art de franchissement de la rivière des Marsouins par la RN2.

#### 1.1.4 - Etudes concernant le RRTG

Le projet de RRTG a pour objectif de relier les principales agglomérations de l'île grâce à un transport en commun rapide et fiable. De manière générale, il s'étend sur 150 km entre Saint-Joseph au Sud et Saint-Benoît à l'Est. Son itinéraire dessert Saint-Paul à l'Ouest et Saint-Denis au Nord.

Il s'agira d'un transport attractif avec une facilité d'accès impliquant des pôles d'échange et de rabattement, et avec un service régulier impliquant l'aménagement d'un site propre. Cette attractivité se traduit aussi par l'offre de services en station et une insertion urbaine et paysagère qualitative.

Le RRTG doit également répondre à des exigences en terme de vitesse et de performance d'exploitation. Cet enjeu implique un tracé rectiligne qui limite au maximum les courbes et les dénivelés, une infrastructure protégée, une limitation des intersections et du nombre de stations.

Deux études ont été réalisées. La première, effectuée par Artelia, consiste en la définition du tracé. La seconde, réalisée par Egis, concerne notamment l'étude d'opportunité.

Différents modes de transports guidés ont été étudiés : le monorail, le fer léger et le bus rapide. Ces trois modes et leurs caractéristiques sont détaillés dans l'étude d'opportunité. Afin de sélectionner le mode de transport le plus approprié des études sont également menées concernant la demande, l'impact des travaux, les coûts et l'impact socio-économique.

## 2 - DESCRIPTION DU SITE ET DES DONNEES NATURELLES

### 2.1 - Description du site

#### 2.1.1 - Relief de la brèche

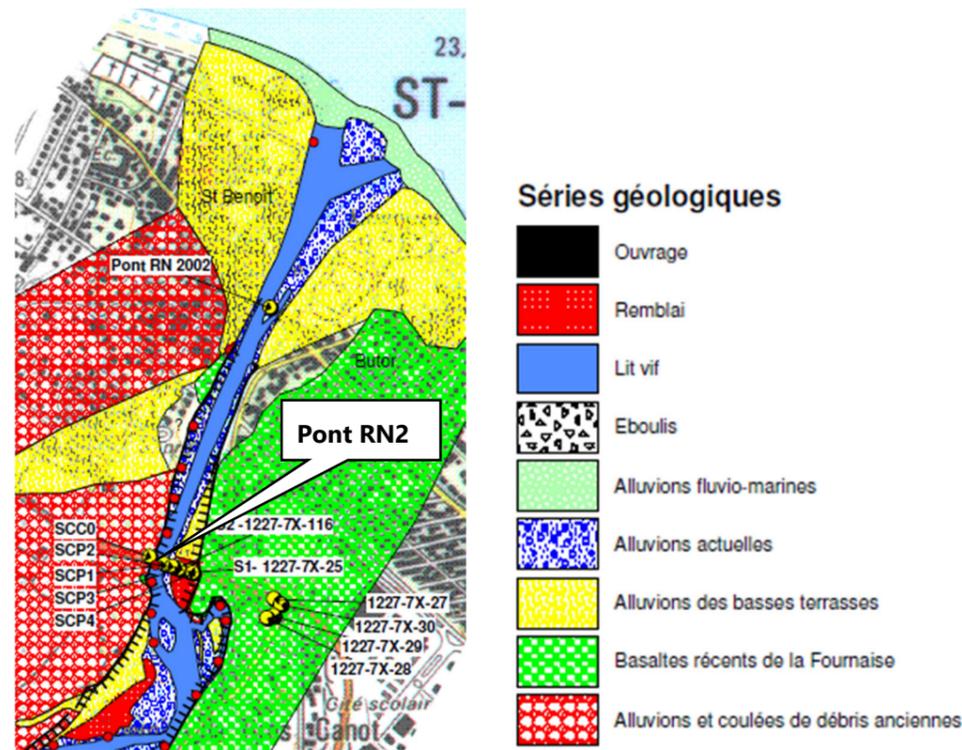
La rivière des Marsouins coule dans un lit majeur bien délimité morphologiquement par les conditions géologiques qui forment les berges. Son encaissement diminue progressivement d'amont en aval. Au droit du franchissement par la RN2 il est à moins de 10 m de profondeur et la largeur du lit majeur est de l'ordre de 100m.

La pente moyenne du lit de la rivière des Marsouins entre Bethléem et la côte est de 1,1 %, valeur faible comparée aux principales grandes rivières de l'île dont la pente est généralement supérieure à 2 %. Cette pente est décroissante vers la côte avec moins de 1 % en aval du pont de la RN 2.

Le lit majeur est caractérisé par la présence de nombreuses terrasses alluvionnaires, boisées, cultivées et parfois habitées, surélevées de quelques mètres par rapport au lit vif, séparées par des débordements qui coulent en période de crue. Ces bras dessinent des tresses dans le lit majeur.

Le tracé du cours aval de la rivière de la Marsouins change plusieurs fois de direction dont le dernier, très marqué (90°) se situe juste à l'amont du pont de la RN2. Ces changements de direction sont hérités d'une histoire géologique complexe. Le tracé de la rivière des Marsouins a été contraint par des coulées de lave du Piton des Neiges qui ont repoussé la rivière vers le Sud-Est dans un premier temps puis dans un deuxième vers le Nord Est par les coulées du Piton de La Fournaise.

Le dernier changement intervient juste en amont du pont de la RN 2. Une plage de dépôt naturelle s'y est constituée, jouant un rôle de régulation du transport solide par rapport à ses variations naturelles. Cette plage de dépôt doit être conservée car elle tamponne érosion et dépôt dans la partie aval. Des ouvrages de déviation du lit pour protéger la falaise ainsi que des extractions de matériaux sont donc déconseillés sauf en cas d'apports solides massifs identifiés.



CARTE GEOMORPHOLOGIQUE AU DROIT DU PONT DE LA RN2

En amont de la R.N.2, la rivière est divisée en deux lits séparés par un îlot fortement végétalisé, le confluent des deux se situant juste en amont du pont. Le débit d'étiage passe essentiellement dans le lit de gauche. Le lit à droite forme un méandre sous une falaise de 10 m de hauteur.

#### 2.1.1.1 - La rive gauche

Les berges sont naturellement hautes avec la présence d'une falaise de part et d'autre du pont de la RN 2.



BERGE RIVE GAUCHE AU DROIT DU FUTUR FRANCHISSEMENT DE LA RIVIERE DES MARSOUINS

Une digue quasi-continue existe en aval, entre la sous-préfecture et l'embouchure sur un linéaire d'environ 1 km avec des hauteurs variables entre 4 à 6 m.

#### 2.1.1.2 - La rive droite

Au droit du pont de la RN2, la rive droite est accessible par une piste côté Aval. La rive droite est constituée de terrasses en remblai.



BERGE RIVE DROITE AU DROIT DU FUTUR FRANCHISSEMENT

Il n'existe pas de digue en continue sur la partie aval de la rive droite, comme en rive gauche. A partir du pont de la rue G. Pompidou vers l'amont sur 400 m environ, il existe un mur maçonné d'environ 3.5 m de hauteur coté berge (1.5 m environ côté rue de Pierre Benoît Dumas). La berge est relativement haute et raide, elle est recouverte d'une végétation très dense. Le mur disparaît plus vers l'amont où la berge naturelle est suffisamment haute.

## 2.2 - Ouvrage d'art existant de franchissement de la rivière des marsouins par la RN2.

### 2.2.1 - Description de l'ouvrage

Il s'agit d'un ouvrage de type VIPP construit en 1972 sur les piles existantes d'une ancienne passerelle CFR (ligne de chemin de fer Réunionnais abandonné en 1975) ce qui a conduit à un ouvrage particulier. Il permet à l'actuelle RN2 de franchir la rivière des Marsouins à l'entrée Nord de St Benoît.

L'ouvrage présente une longueur totale de 120m répartie en 5 travées indépendantes de portées 16.50m -31.60m – 2x 16.50m -31.60m.

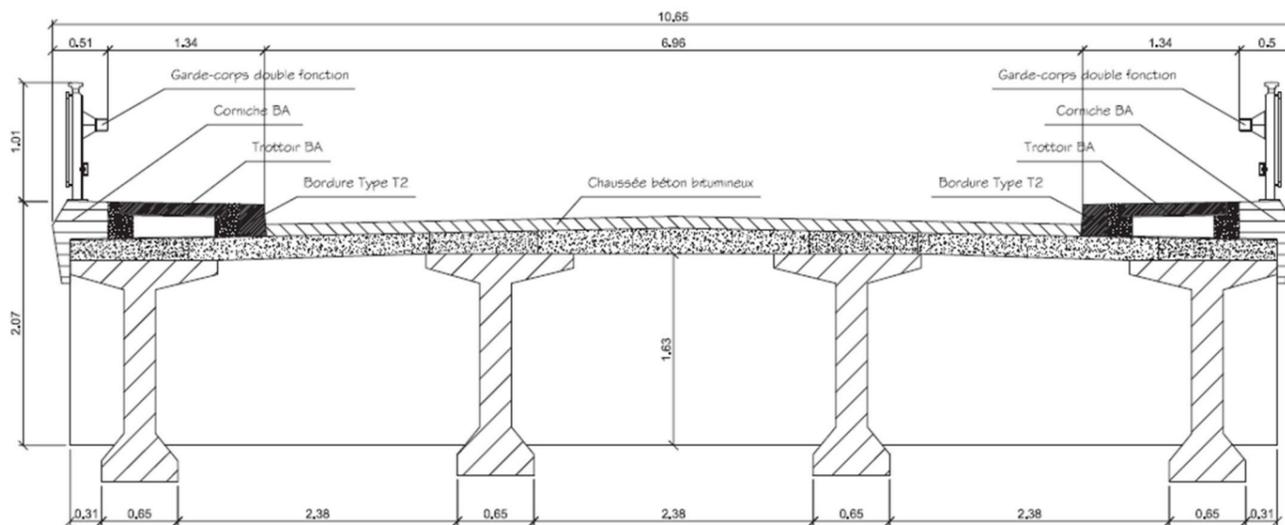
Chaque travée est constituée de poutres sous chaussées sans entretoises excepté sur appui. Longitudinalement les poutres sont indépendantes les unes des autres et le tablier est rendu continu par le hourdis.

L'ouvrage est un pont stratégique du réseau routier de l'île. Il est soumis aux fortes intempéries cycloniques et fait l'objet d'un suivi régulier et notamment de son abaissement du lit qui tend à affouiller les piles de l'ouvrage.

#### 2.2.1.1 - Géométrie des superstructures

Le profil en long sur ouvrage et quasiment horizontal. Les eaux de chaussée ruissellent le long des bordures de trottoirs puis sont évacuées par des gargouilles.

La coupe fonctionnelle de l'ouvrage comporte une chaussée bidirectionnelle de 7.00m et deux trottoirs de ~ 1,35m. L'ouvrage est équipé en rive de corniches béton et de garde-corps double fonction comme dispositif de retenue.



COUPE TRANSVERSALE DE L'OUVRAGE

La largeur hors tout du tablier est de 10,65m et la largeur utile est de ~9.65m.

La chaussée d'environ 7.00m de large est déversée en toit à 2% par rapport à l'axe de la chaussée.

Les trottoirs sont constitués de bordures type T2, d'une contre bordure et d'un passage de réseaux avec dalettes de couverture.

Des candélabres sont fixés sur les corniches de l'ouvrage.

#### 2.2.1.2 - Géométrie du tablier

La section des poutres est la même pour chaque travée, seul le câblage interne change.

D'un point de vue structural, le tablier est constitué de 4 poutres composées de petits éléments préfabriqués et assemblés par précontrainte sur site. La hauteur de poutre est de 1,80m. Chaque élément de poutre comportait des embrèvements verticaux et horizontaux pour assurer le parfait alignement général.

Le hourdis est réalisé à l'aide de dalles préfabriquées de 20 cm d'épaisseur qui sont clavées entre elles au droit des poutres et des entretoises.

Le tablier est précontraint transversalement avec 2 câbles au droit de chaque entretoise sur appuis.

#### 2.2.1.3 - Géométrie des appuis

Les culées se composent d'un chevêtre en béton armé, réalisé sur d'anciennes maçonneries et de dimensions 1,00 x 1,15 x 11,50m.

Les piles sont constituées d'un fût oblong en maçonnerie portant un chevêtre en béton armé.



VUE D'ENSEMBLE D'UNE PILE DE L'OUVRAGE EXISTANT

Les piles P2 et P4 constituent les piles de l'ancienne passerelle qui ont été réutilisées après avoir été arasées.

Les piles P1 et P3 ont été réalisés en 1972 et sont des piles en maçonnerie remplies de béton cyclopéen. Elles travaillent avec des taux de contraintes très bas et sont de ce fait pas ferrillées.

La pile P1 a été fondée initialement sur deux viroles en béton de 3,50m de diamètre et 3,50m de hauteur et remplie de béton cyclopéen qui permettent d'atteindre la couche de Tuff non affouillable, estimée en 1972, à une cote de +3,00m NGR.

Les poutres reposent sur les chevêtres des piles par l'intermédiaire de 8 appareils d'appuis de type néoprènes par pile.

Les chevêtres en béton ont été préfabriqués. Ils sont constitués d'un voile en béton de 5cm d'épaisseur avec tout le ferrailage en attente. Ce n'est qu'une fois en place qu'ils ont été remplis de béton dosé à 350kg/m<sup>3</sup> de ciment. Ils sont liaisonnés aux fûts des piles avec des aciers en attentes. Ils ont une hauteur de 1.00m et présentent une partie en console de 2,60m par rapport aux fûts de piles. Les dimensions des chevêtres sont les suivantes : 11,50 x 2,40m x 1.00m de hauteur. Le niveau supérieur des chevêtres est +15.60m NGR.

## 2.2.2 - Travaux réalisés sur l'ouvrage depuis sa construction

### 2.2.2.1 - Réfection de l'étanchéité

Lors de l'inspection de 1982, il a été constaté que :

- le garde-corps de l'ouvrage était complètement corrodé avec des pertes de sections très importantes par endroit ;
- le revêtement présentait de nombreux flashes formant des pièges à eau
- de nombreuses fissures verticales à semi obliques de 0.2mm à 0.4mm sur le chevêtre de la pile P4 à l'encastrement des parties en console ;
- des ruissellements avaient été observés à la jonction entre les poutres et le hourdis révélant un défaut d'étanchéité.

Suite aux conclusions des inspections détaillées et notamment celle de 1982, il a été envisagé de remplacer l'étanchéité du tablier. Les travaux ont eu lieu en 1985 et ont consisté à :

- La reprise des affouillements au pied des piles par la mise en place d'encrochements libres,
- La réfection de l'étanchéité de la couche de roulement,
- La réfection des joints de chaussées.
- Démolition reconstruction des trottoirs jusqu'à la contre corniche.
- Remplacement du garde-corps

### 2.2.2.2 - Confortement des appuis affouillables

Suite à des événements cycloniques de grande ampleur (GAMEDE) des inspections des appuis immergés ont mis en évidence un abaissement du niveau du lit ainsi que le déchaussement des massifs de fondations de certaines piles de l'ouvrage.

Ces phénomènes ont conduit à la réalisation en 2008 d'un diagnostic relatif à la vulnérabilité des appuis. Ce diagnostic établissait des préconisations de confortement provisoires par encrochements.

A titre conservatoire, la mise en œuvre d'encrochements libres a été effectuée autour des appuis des piles P1 et P2 et partiellement P3 en préparation de la période cyclonique 2008/2009.

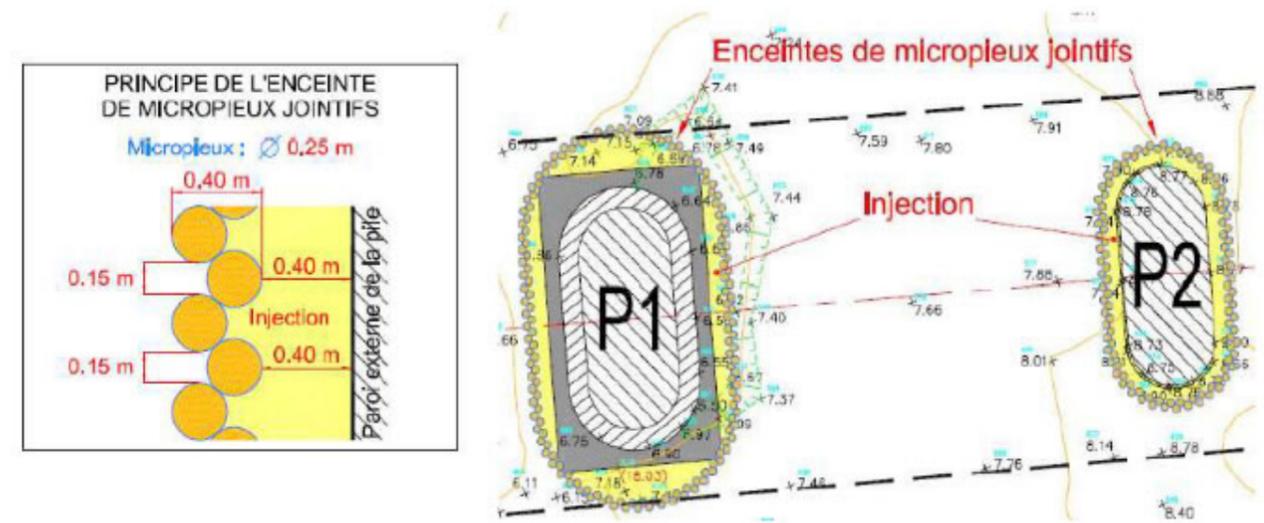
Suite au diagnostic géotechnique de l'ouvrage en 2008, des confortements provisoires par encrochements ont été mis en œuvre autour des appuis les plus menacés. Il est apparu que la mise en sécurité définitive des appuis de l'ouvrage nécessite de transférer les descentes de charges au toit de la coulée boueuse (horizon non affouillable). Les principes de confortement envisageables ont été une première fois analysés lors de l'étude CETE de 2009 dans le cadre d'un avant-projet.

Ces éléments ont conduit en conclusion du rapport de 2009 à la réalisation de confortement pour la mise en sécurité définitive de l'ouvrage.

En 2010, les travaux de protection des appuis affouillables ont consistés à ceinturer chaque pile avec deux rideaux de micropieux ancrés d'un mètre sous la couche d'alluvions dans la coulée boueuse. Ils jouent le rôle de protection physique en cas de crue et permettent une enceinte étanche pour limiter le risque de dispersion du coulis de traitement.

Des forages ont ensuite été réalisés à l'intérieur de l'enceinte créée par les micropieux pour améliorer les caractéristiques du sol d'assise par injection de coulis sous les fondations. Une dalle de couverture a ensuite coulé entre le double écran et la pile.

Le massif de sol supportant la culée C0 en rive gauche était érodé et présentait des cavités importantes dans le lit mineur. Une coque de protection anti-érosion en béton projeté a été réalisée en surface. Dans trois zones, des blocs de gabions ont été disposés en guise de coffrage et un béton de comblement composé d'agents colloïdaux a été injecté.



PRINCIPE DES RENFORCEMENTS DE PILES REALISES EN 2010

### 2.2.3 - Etat de l'ouvrage actuel

Même si l'ouvrage présente quelques défauts, ceux-ci sont mineurs. Compte tenu de l'âge de l'ouvrage (46 ans) et de son environnement plutôt agressif, le Pont de la RN2 sur la Rivière des Marsouins vieilli correctement et est dans un état général satisfaisant.

Cependant, cela ne signifie pas pour autant que l'ouvrage est en capacité de supporter les nouvelles charges d'exploitation engendrées par le projet du RRTG Est- Aménagement de la RN2 entre l'échangeur Bourbier et le giratoire des Plaines à St Benoît.

Sans connaître l'état de la précontrainte dans les poutres, il n'est pas possible de se prononcer sur la capacité résistante de l'ouvrage et sur sa justification vis-à-vis des nouveaux règlements de calculs.

En l'état actuel, l'élargissement du tablier n'est pas envisageable du fait de la géométrie des chevêtres sur piles et de la présence de précontrainte transversale dans les entretoises du tablier. Il serait également peu judicieux de vouloir rallonger sa durée de vie de 100 ans.

S'il est envisagé de réutiliser cet ouvrage, alors il faudra veiller à ne pas solliciter davantage la structure qu'elle ne l'est aujourd'hui.

Pour mémoire, le rapport de l'inspection détaillée de février 2015 préconise :

- La réfection complète de l'étanchéité
- Le remplacement de revêtement de chaussée
- Le remplacement de tous les appareils d'appuis
- Remplacement des supports de fixation des candélabres (7 unités)
- Remplacement des gaines réseau électrique (100ml)
- La mise en place d'une jauge de suivi de ouvertures de fissures sur les chevêtres des piles.

L'ensemble des travaux préconisés sont estimés à :

INSTALLATIONS - ETUDES	:	40 000.00 €
TRAVAUX PREPARATOIRES	:	25 000.00 €
TRAVAUX D'ETANCHEITE	:	110 000.00 €
VERINAGE ET REMPLACEMENT APPAREILS APPUIS	:	100 000.00 €
CHAUSSEE	:	50 000.00 €
EQUIPEMENTS	:	30 000.00 €
<b>TOTAL HT</b>		<b>355 000.00 €</b>
	soit ~	280 €/m <sup>2</sup>

## 2.3 - Hydraulique

Le pont de la RN 2 se situe sur la commune de Saint-Benoît et franchi la rivière des Marsouins dans sa partie aval à environ un kilomètre de son débouché dans l'Océan Indien.

Le bassin versant de la rivière des Marsouins a une superficie de 114 km<sup>2</sup> à son exutoire vers l'Océan Indien. Le haut de son bassin versant, appuyé sur les hauts reliefs qui constituent la ligne de partage des eaux avec la Plaine des Cafres, le cirque de Cilaos et le cirque de Salazie, présente des pentes et des altitudes élevées (supérieure à 2 200 m). C'est un bassin très arrosé avec des précipitations annuelles supérieures à 4 m de par son exposition face « au vent » et il connaît des précipitations journalières maximales exceptionnelles. La rivière des Marsouins constitue un des rares cours d'eau pérennes de l'île avec un débit d'étiage dépassant 4 m<sup>3</sup>/s.

La partie aval est caractérisée par divers aménagements anthropiques destinés à permettre son franchissement par la voirie (ponts de la RN 2 et Pont G. Pompidou = ancienne RN 2), et à contenir les divagations du lit lors des crues (enrochements linéaires) et enfin à permettre la pêche des bichiques (canaux près de l'embouchure).

Des phénomènes localisés d'érosion sont manifestes, notamment au pied des murs- digues de protection contre les crues et de certains appuis de ponts (objet du renforcement de 2010 des appuis du pont de la RN2).

Dans le cadre des aménagements hydrauliques prévus au STPC (Schéma Technique de Protection contre les Crues) de Saint Benoit, la commune a lancé une opération pour les études d'aménagement en vue de réaliser les travaux dans différents secteurs de la rivière des Marsouins, afin de résorber les risques d'inondation encourus par les habitants.

Dans ce contexte, la rivière des Marsouins a fait l'objet d'une Étude de Faisabilité pour la définition des aménagements de lutte contre les inondations et la protection des lieux habités par rapport à une crue centennale de ce cours d'eau (groupement BRL-CNR en 2006).

L'étude de dangers a été menée à l'issue de la phase Projet relative à la protection contre les crues de la Rivière des Marsouins en Phases Études préliminaires et Avant-Projet en 2010 où une étude hydraulique de dimensionnement et d'impacts a été réalisée.

Une étude hydraulique mesurant l'impact des piles du nouveau pont sur le niveau d'eau sous l'ouvrage sera réalisée lors de la prochaine phase d'étude.

### 2.3.1 - Modèle Mathématique de 2010

Afin d'estimer au mieux les débits fréquentiels, un modèle pluie – débits de type SCS a été calé en 2010 sur plusieurs événements récents pour lesquels des données pluviographiques et limnigraphiques étaient disponibles. Le débit et le volume des crues fréquentielles ont pu être estimés à l'aide du modèle.

- Q(T=10ans) = 1355 m<sup>3</sup>/s
- Q(T=20ans) = 1630 m<sup>3</sup>/s
- Q(T=50ans) = 2053 m<sup>3</sup>/s
- Q(T=100ans) = 2610 m<sup>3</sup>/s

Des débordements sont observés avant la crue centennale dans le méandre situé en amont du pont de la RN2 en rive droite. Les profils P307 et P 308 correspondent respectivement aux profils amont et aval du pont de la RN 2.

	Nœud (Profils amont/aval)	Cote fond(mNGF)	Z (m NGR)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	Fr
Q10 à l'état actuel	P307	3.93	10.67	1319	5.09	0.75
	P308	3.93	10.66	1319	5.10	0.75
Q20 à l'état actuel	P307	3.93	11.31	1543	5.25	0.73
	P308	3.93	11.29	1543	5.27	0.73
Q50 à l'état actuel	P307	3.93	12.24	1854	5.36	0.69
	P308	3.93	12.20	1854	5.39	0.70
Q100 à l'état actuel	P307	3.93	13.37	2221	5.40	0.65
	P308	3.93	13.24	2221	5.50	0.66

### 2.3.2 - Modélisation physique :

Un modèle physique a été mis en œuvre au laboratoire de la CNR au 1/80ème. Contrairement au modèle mathématique, le modèle physique est en fond mobile et permet de tenir compte du phénomène de transport solide. Les données topographiques et hydrologiques utilisées pour le modèle physique sont les mêmes que pour le modèle mathématique.

Une vingtaine d'essais ont été effectués qui ont permis de finaliser les projets d'aménagements analysés dans un premier temps sur le modèle mathématique. Ils ont permis d'obtenir des résultats plus précis notamment au niveau des singularités complexes notamment le pont de la RN 2.

Des débordements sont également observés à partir de la crue centennale dans le méandre situé en amont du pont de la RN2 en rive droite. Pour des débits plus élevés, on observe même un écoulement par-dessus la route nationale et le long de la rue Pierre Benoît Dumas. **Le pont de la RN2 est pratiquement en charge pour un débit de 3 600 m<sup>3</sup>/s.**

Les vitesses de l'écoulement juste en aval du pont de la RN2 sont très élevées (jusqu'à 8 m/s) et provoquent localement des érosions importantes au niveau des fondations du pont de la RN2. C'est pourquoi les appuis du pont ont fait l'objet d'un renforcement en 2010.

Le pied de la falaise situé à l'intérieur du méandre en rive droite en amont du pont de la RN2 est également très sensible aux érosions (fosses d'érosions pouvant atteindre 4 à 5 m pendant les plus fortes crues se comblant à la décrue).

## 2.4 - Géotechnique

L'ouvrage de la RN2 sur la rivière des Marsouins à St Benoît a fait l'objet d'un confortement de ses appuis dans le lit majeur en 2010. En absence d'archives explicites lors des travaux, une campagne géotechnique par sondages carottés a été réalisée par Forintech en 2008 afin de définir :

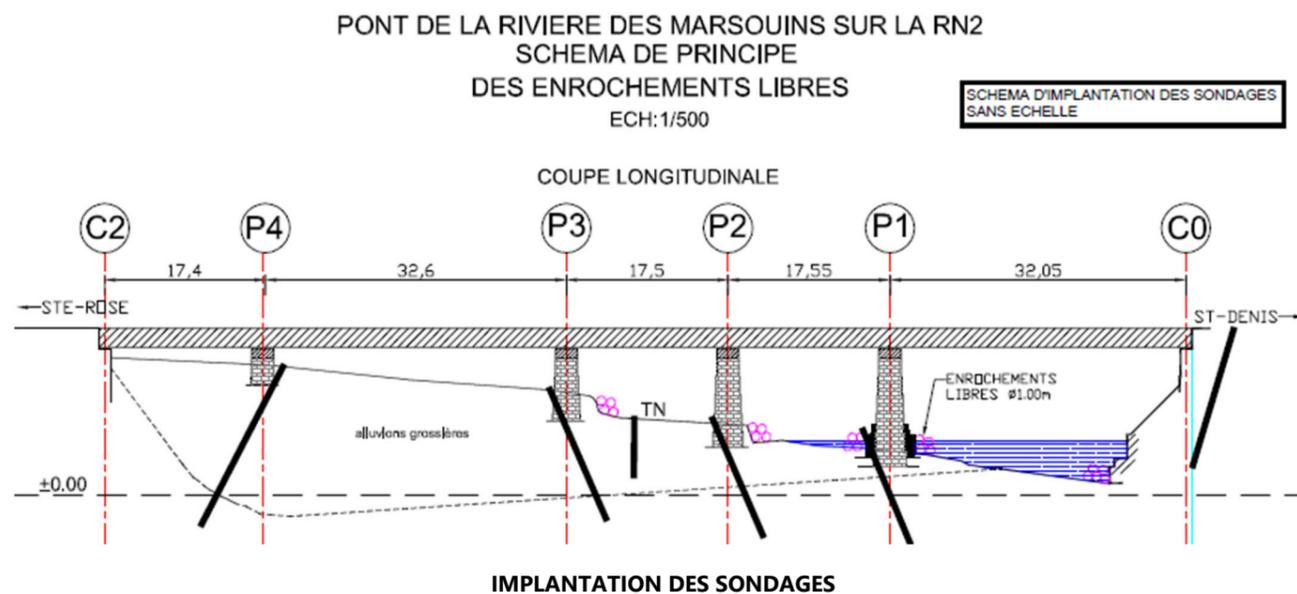
- les cotes des massifs de fondation,
- la nature et la granulométrie des alluvions sous les massifs,
- la nature et la cote du substratum non affouillable au droit de chaque pile.

Sur chaque appui, des sondages carottés et inclinés ont donc été réalisés, franchissant le massif de fondation (donnant la cote de fondation), traversant les alluvions et pénétrant de 5 mètres dans le substratum non affouillable.

### 2.4.1 - Campagne de sondages

La prestation consistait en la réalisation de :

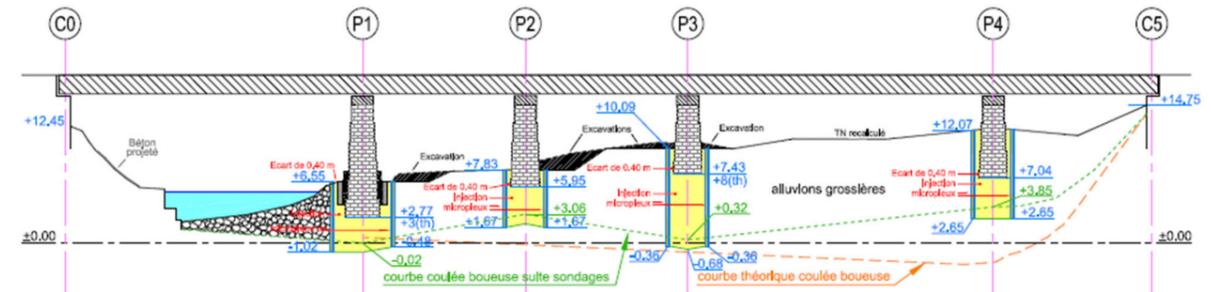
- 4 sondages carottés de 7 à 14m de profondeur, inclinés à 15° (par-rapport à la verticale) au droit des appuis P1, P2, P3 et P4 ;
- 1 sondage carotté de 6m de profondeur, inclinés à 7° (par-rapport à la verticale) au droit de l'appui C0 ;
- 1 sondage carotté à 5m de profondeur, vertical, dans la coulée boueuse affleurante.



Les sondages réalisés ont mis en évidence les formations suivantes :

- des formations alluvionnaires grossières constituant le niveau de fondation des piles P1, P2, P3 et P4. Ces alluvions sont constituées de blocs de basalte (pouvant atteindre des diamètres de l'ordre du mètre), de graviers et de sables. Ces alluvions sont donc grossières, relativement crues, constituées principalement de gros blocs ce qui fait craindre des problèmes de stabilité de forage (imposant un tubage à l'avancement) et des pertes de fluide de foration.
- Une coulée boueuse cimentée constituée de limons marrons enchaissant des blocs, des graviers et du sable. Cette coulée boueuse a été recalée suite aux sondages 2008. Le profil en long montre qu'elle est présente au droit des deux culées et qu'elle est marquée par un surcreusement entre les piles P1 et P4.

Ce travail a permis la constitution d'un profil géotechnique au droit de l'ouvrage.



COUPE GEOLOGIQUE APRES TRAVAUX DE RENFORCEMENT DES PILES

Sondage	SCC0	SCP1	SCP2	SCP3	SCP4	SCCB
Inclinaison	7°	15°	15°	15°	15°	0
Cote NGR	17,955	7,12	7,80	10,75	11,58	7,85
Appuis	C0	P1	P2	P3	P4	Fond de lit entre P2/P3
Cote base massif (NGR)*	13,68 (12)	2,77 (3,0)	5,96 (1)	7,43 (8)	7,04 (1)	/
Encastrement dans les alluvions (m)	0	4,35 m	1,26 m	3,32 m	4,54 m	/
Cote substratum non affouillable	13,68	0,00	3,07	0,32	3,85	/
Épaisseur alluvions sous fondation (m)	0,0 m	2,77 m	2,89 m	7,11 m	2,19 m	5 m

COUPE DE SONNAGES PAR APPUI

### 2.4.2 - Caractéristiques pressiométriques :

Il n'y a pas eu de sondages pressiométriques, les caractéristiques ont à l'époque, été évaluées sur la base d'expériences similaires dans l'étude du confortement réalisée par le CETE Méditerranée de 2009.

Le tableau suivant donne les différentes valeurs retenues pour les modules pressiométriques  $E_m$  et les pressions limites  $P_l$  de chaque couche. Il fournit également les valeurs du coefficient rhéologique  $\alpha$  (défini en page 92 du Fascicule 62 Titre V), le frottement latéral  $q_s$  (évalué à l'aide des abaques Clouterre, scellement par injection haute pression sélective et répétitive à faible débit).

	Module pressiométrique Em (MPa)	Pression limite P1 (MPa)	Coeff. rhéologique $\alpha$	Frottement latéral qs (kPa)
Alluvions moyennement compactes	30	2	0,33	Négligé car affouillable
Alluvions compactes	100	4	0,33	Négligé car affouillable
Coulée boueuse altérée (limitée à 0,5m supérieurs)	80	4	0,66	Courbe Q6 : 265 kPa
Coulées boueuse	250	8	0,5	Courbe Q6 : 400 kPa

#### EVALUATION DES CARACTERISTIQUES PRESSIOMETRIQUES PAR COUCHE- ETUDE DU CETE DE 2009

#### 2.4.3 - Caractéristiques de cisaillement :

Les paramètres géotechniques sont également évalués sur la base d'expériences similaires. Les paramètres suivant ont été proposés dans l'étude réalisée par le CETE Méditerranée en 2009.

	Poids Volumique (kN/m <sup>3</sup> )	Cohésion (KPa)	Angle de frottement (°)	Coeff. de poussée Ka
Alluvions moyennement compactes	21	0	35	0,247
Alluvions compactes	21,5	0	37	0,224
Coulée boueuse altérée (limitée à 0,50m supérieurs)	22	100	40	0,202
Coulée boueuse	23	200	40	0,202

#### EVALUATION DES PARAMETRES DE CISAILLEMENT PAR COUCHE – ETUDE CETE 2009

#### 2.4.4 - Données géotechnique complémentaire à réaliser

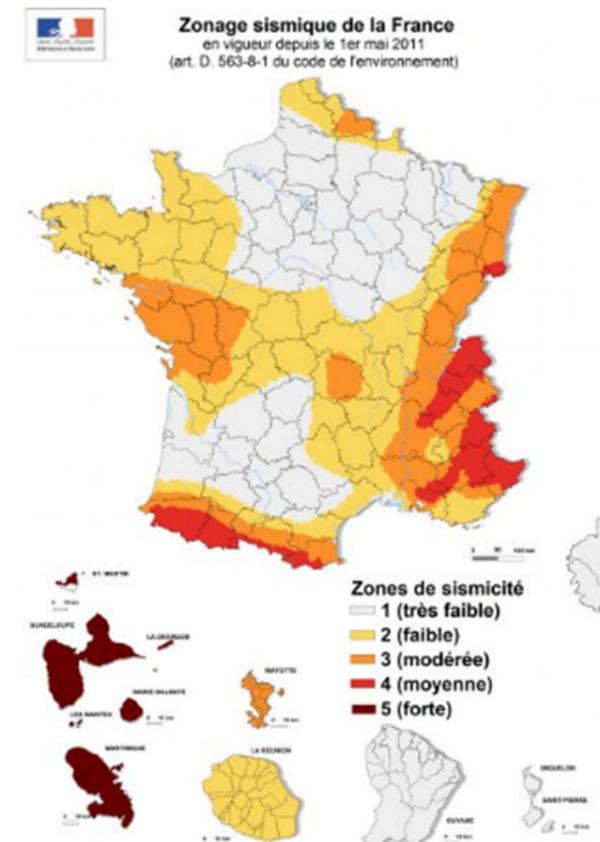
Les données géotechniques disponibles sont insuffisantes pour dimensionner les fondations du nouvel ouvrage. Une campagne de sondages complémentaires (carottages pour déterminer l'épaisseur de la couche non affouillable, des essais pressiométriques au droit de chaque appui de la solution retenue, des essais de dureté et d'abrasivité, résistance en compression...) complété par une étude géotechnique de type G2 est nécessaire à la suite des études.

Elle devra également permettre de déterminer les classes de sol à prendre en considération dans l'analyse sismique et les raideurs des couches de sols.

#### 2.5 - Sismicité

L'ouvrage est de catégorie d'importance III selon l'arrêté du 26 octobre 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux ponts de la classe dite « à risque normal ». Il se situe en zone sismique

faible suivant le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones. L'accélération maximale de référence au niveau d'un sol de type rocheux est donc égale à  $a_{gr} = 0.7 \text{ m.s}^{-2}$  et un coefficient d'importance de 1.2 devra être pris en compte.



La classe de sol devra être déterminée sous l'ouvrage suivant la norme NF EN 1998-1 avant le démarrage de la phase AVP grâce à une campagne spécifique (essais cross hole) afin de déterminer le paramètre de sol S qui caractérise le spectre de réponse élastique. Le risque de liquéfaction des sols sous séisme devra également être apprécié lors de cette campagne.

#### 2.6 - Climat

L'ouvrage de franchissement de la rivière des Marsouins se situe sur la commune de St Benoît situé sur la côte Est de l'île de la Réunion.

Le climat de La Réunion est tropical humide mais il se singularise surtout par de grandes variabilités liées à la géographie de l'île. L'influence du relief est tout aussi fondamentale que les effets de l'insularité.

Il existe deux saisons marquées à La Réunion :

- la saison "des pluies" qui peut être définie entre janvier et mars
- la saison "sèche", plus longue, qui débute au mois de mai pour s'achever au mois de novembre.

Même en saison sèche, les précipitations restent importantes sur la partie Est de l'île et notamment sur les flancs du Volcan.

Avril et décembre sont des mois de transition, parfois très pluvieux mais pouvant également être parfois très secs.

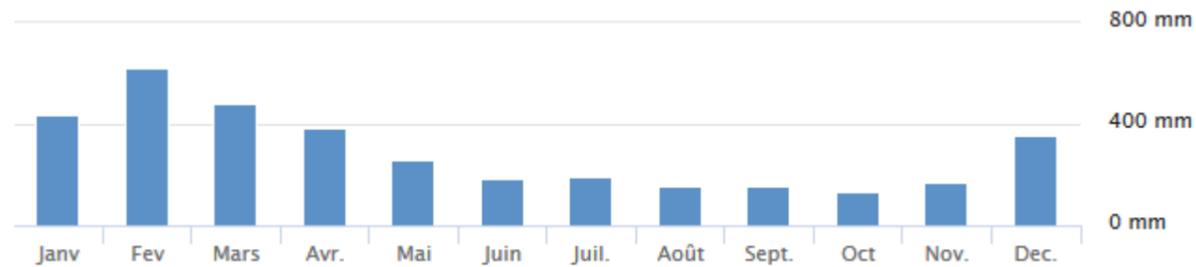


ILLUSTRATION DES SAISONS SECHES ET HUMIDE SUR 2018 – DONNEES METEO FRANCE

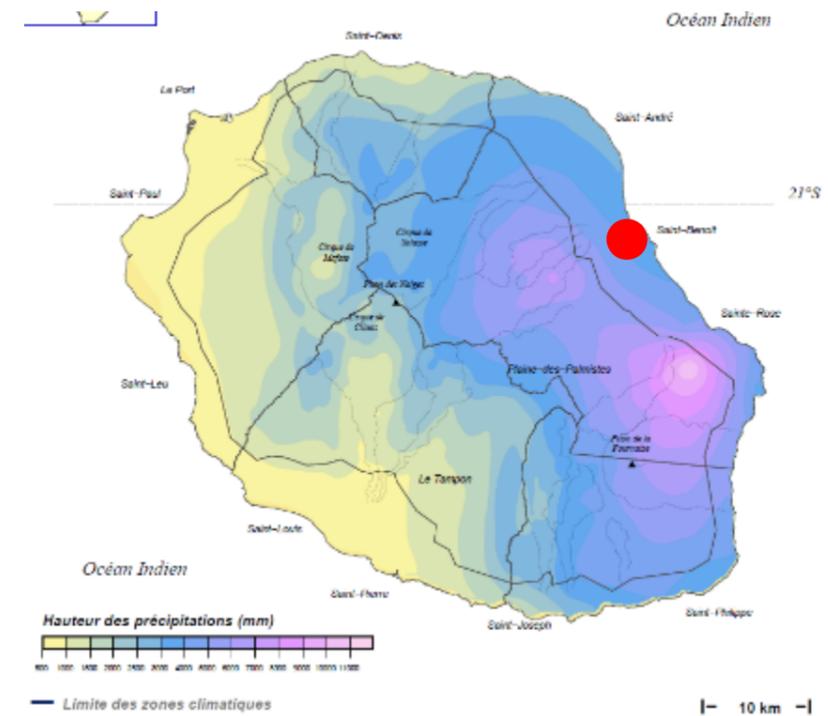
### 2.6.1 - Pluviométrie

La pluviométrie moyenne annuelle montre une grande dissymétrie entre l'Est et l'Ouest de l'île.

A l'ouest, les précipitations sont peu abondantes. En revanche, plus on se décale vers l'est, plus les cumuls de pluie augmentent, jusqu'à atteindre des valeurs dépassant 10 mètres par an, ce qui est tout à fait exceptionnel à l'échelle mondiale.

Les hauts reliefs de l'île, massifs du Piton des Neiges et du Piton de la Fournaise, sont la cause de cette dissymétrie Est/Ouest. Les précipitations tendent à se concentrer sur les régions directement exposées à l'humidité océane apportée par les alizés de secteur est. On parle de région " au vent ". A l'inverse, les régions " sous le vent ", qui bénéficient de l'abri du relief, sont beaucoup plus sèches et les régimes de brise y sont prédominants. Pour un secteur donné, quand on s'élève du littoral au sommet de l'île, les foyers de précipitations les plus intenses se rencontrent aux altitudes intermédiaires, entre 1000 et 2000 m.

Les précipitations sont le phénomène météorologique le plus remarquable de La Réunion. Elles présentent une très grande variabilité spatio-temporelle. Ainsi, sur un mois, plusieurs mètres d'eau peuvent tomber sur la côte Est, alors que pas une goutte ne tombera sur la côte Ouest. Par ailleurs, pour un lieu donné, la pluie peut être absente pendant plusieurs mois et tomber ensuite en abondance sur une courte période à la suite du passage d'une dépression ou d'un cyclone.

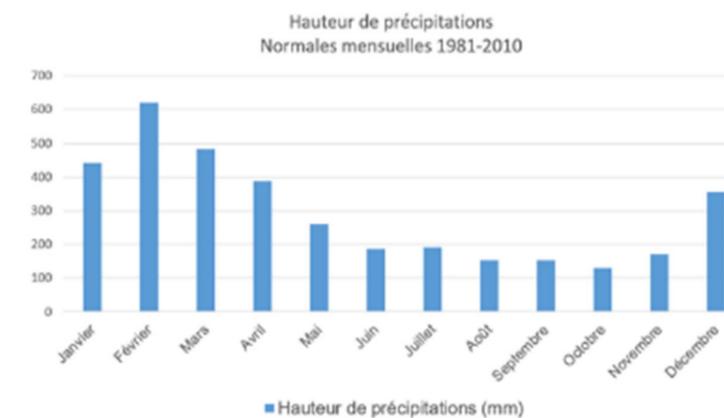


MOYENNE ANNUELLE DES CUMULS PLUVIOMETRIQUES (SOURCE : [HTTP://PLUIESEXTRMES.METEO.FR](http://PLUIESEXTRMES.METEO.FR))

L'île possède tous les records mondiaux de pluie pour les périodes comprises entre 12 heures et quinze jours.

		Hauteur de précipitations		Nombre de jours avec précipitations	
2019	Total annuel	336,3 mm		11,0 j	
	Hauteur quotidienne la plus élevée	148,0 mm	7 janvier 2019		
Normales	Total annuel moyen	3531,5 mm		195,76 j	
Records	Total annuel le plus bas	2108,0 mm	1992	108,0 j	1954
	Total annuel le plus élevé	6114,6 mm	1993	240,0 j	2004

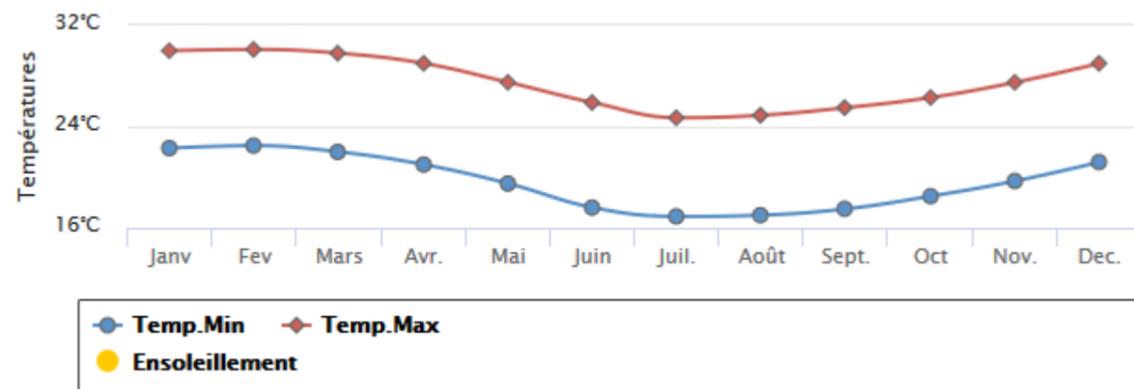
La figure suivante présente les normales de précipitations entre 1981 et 2010 enregistrées par la station de Saint-Benoît. Février est le mois le plus humide (620,8 mm) et octobre le mois le plus sec (130,4 mm).



## 2.6.2 - Températures

Les températures demeurent douces, même pendant l'hiver austral, de mai à octobre. Pendant la saison " chaude " en été austral, de novembre à avril, il fait plus chaud et l'humidité est plus forte. C'est aussi la période où se forme la plupart des dépressions tropicales.

2019 - St-Benoit					
		Température minimale		Température maximale	
2019	Moyenne annuelle	23,0 °C		31,1 °C	
	Valeur quotidienne la plus basse	22,3 °C	3 janvier 2019	28,8 °C	7 janvier 2019
	Valeur quotidienne la plus élevée	24,6 °C	13 janvier 2019	31,9 °C	20 janvier 2019
Normales 1981 - 2010	Moyenne annuelle	19,6 °C		27,5 °C	
Records	Moyenne annuelle la plus basse	18,99 °C	1999	26,5 °C	1996
	Moyenne annuelle la plus élevée	20,46 °C	2017	29,13 °C	2009
	Valeur quotidienne la plus basse	10,5 °C	15 juillet 1991	19,7 °C	17 août 1995
	Valeur quotidienne la plus basse	26,1 °C	05 février 2004	34,1 °C	06 février 2004
	Valeur quotidienne la plus élevée				



## 2.6.3 - Vent

L'île de la Réunion se trouve dans une zone subissant des événements cycloniques principalement de janvier à mars. La vitesse de référence du vent est celle de la zone 5 prise égale à  $v_{b,0}=34$  m/s, conformément à l'annexe nationale de l'EN1991-1-4. Le viaduc se trouve en catégorie de terrain 0 (bord de mer).

Cette contrainte aura un impact sur le dimensionnement des appuis et aussi en phase travaux : stabilité des fléaux en béton, lancement ou mise en place de la charpente métallique. Elle fera l'objet d'études spécifiques au stade de la phase PRO.

Dans le bassin sud-ouest de l'Océan Indien, en moyenne, une douzaine de systèmes dépressionnaires tropicaux sont observés annuellement, neuf atteignent le stade de « tempête tropicale modérée » et quatre le stade de « cyclone tropical ».

Durant la période allant de janvier à mars, Saint-Benoit peut être soumise à des cyclones qui peuvent engendrer d'importants dégâts.

Le tableau suivant, issu de Météofrance, répertorie les plus fortes rafales enregistrées à la Réunion.

Lieu	Date	Evènement	Direction	Vitesse
Piton Maito	22/01/2002	DINA	230°	277 km/h
Gros Piton ste-Rose	11/02/1994	HOLLANDA	220°	234 km/h
Gillot-Aéroport	28/02/1962	JENNY	160°	223 km/h
Plaine des Cafres	22/01/2002	DINA	70°	220 km/h
St-Pierre	29/01/1989	FIRINGA	100°	216 km/h
Gite de Bellecombe	22/01/2002	DINA	60°	209 km/h
Plaine des Palmistes	19/01/1993	COLINA	40°	205 km/h
Petite-France	23/01/2002	DINA	80°	191 km/h
St-Louis	22/01/2002	DINA	140°	187 km/h
St-Benoit	29/01/1989	FIRINGA	200°	184 km/h
Le Port	22/01/2002	DINA	80°	180 km/h

Plus récemment, en janvier 2018, la tempête Berguita a frappé La Réunion (surtout le sud) entraînant de nombreux dégâts matériels.

## 2.7 - Milieu naturel

### 2.7.1 - Patrimoine protégé

Au sein de la zone d'étude, il n'existe qu'un seul type d'espace naturel protégé : le Parc Naturel National (PNN) de La Réunion. La rivière des Marsouins est comprise dans l'aire d'adhésion de ce parc.

### 2.7.2 - Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF)

La notion de **Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF)** est définie par la circulaire n° 91-71 du 14 mai 1991. Les ZNIEFF sont des zones choisies pour l'équilibre et la richesse de leur écosystème ou pour la présence d'espèces rares et menacées. L'existence d'une ZNIEFF n'entraîne pas l'application d'une réglementation spécifique. L'objectif est la connaissance aussi exhaustive que possible de ces milieux.

Les ZNIEFF peuvent être de deux types :

- zone de type I : secteurs de superficie en général limitée, caractérisés par leur intérêt biologique remarquable ;
- zone de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés ou qui offrent des potentialités biologiques importantes.

La zone d'étude est concernée par une ZNIEFF de type I et une ZNIEFF de type II, présentées dans le tableau suivant.

**FIGURE 1 : ZNIEFF CONCERNANT LA ZONE D'ETUDE (BIOTOPE)**

INTITULE	LOCALISATION	INTERETS ECOLOGIQUES CONNUS
<b>ZNIEFF de type I « 0001-0194 Cours de la rivière des Marsouins »</b>	La ZNIEFF est située au niveau du lit mineur de la rivière des Marsouins, entre la confluence avec le Bras Sec jusqu'à l'embouchure.	La rivière des Marsouins présente une forte potentialité biologique au travers de sa faune piscicole et carcinologique (crustacés). La population de bichiques, espèce d'intérêt économique, y est importante, ainsi que son exploitation. (Source internet : DEAL Réunion, 2018) Des oiseaux d'eau fréquentent également la zone (Poule d'eau, Héron strié).
<b>ZNIEFF de type II « 0089 Bras et mi-pentes de l'Est »</b>	La ZNIEFF comprend la Rivière des Roches, la rivière des Marsouins ainsi que quelques ravines.	Les rivières et ravines sont des couloirs utilisés par les oiseaux marins afin de regagner les nids situés en altitude (Pétrels). Cette ZNIEFF est constituée par l'une des formations de forêt de montagne au vent des plus vastes et mieux conservées ainsi qu'une forêt humide de moyenne altitude au vent. Ces forêts accueillent la quasi-totalité des oiseaux forestiers indigènes de l'île. On y observe aussi un milieu spécifique à l'est de l'île et observable seulement sur des surfaces réduites : les fourrés humides à Pandanus. La zone connaît également un envahissement important par le lamprose et le Goyavier. (Source : DEAL Réunion, SREPEN, 2009)

Concernant les zonages du milieu naturel, la zone d'étude est concernée par une ZNIEFF de type I et une ZNIEFF de type II. La zone d'étude est également localisée dans l'aire d'adhésion du PNN de La Réunion. **L'enjeu est faible.**

### 2.7.3 - Enjeux écologiques

En vue de préciser les enjeux écologiques de la zone d'étude, des inventaires ont été réalisés par le bureau d'étude Biotope en janvier et février 2018. Ils ont porté sur les habitats, la faune et la flore (tous groupes).

Des campagnes complémentaires ont été réalisées par le bureau d'étude Cyathea entre septembre et décembre 2018 et ont porté sur :

- la nidification du Héron afin de confirmer la reproduction de cette espèce sur le site et ses effectifs ;
- l'inventaire de l'entomofaune.

#### 2.7.3.1 - Habitats naturels

Les aires d'études immédiates et rapprochées présentent une majorité d'habitats anthropiques (zones urbanisées et rudérales), fortement envahis par des espèces exotiques, sans intérêt phytocœnotique. Les seules zones de végétations spontanées sont caractérisées par une flore exotique commune et envahissante au sein des fourrés secondaires ou des zones rudérales. On y retrouve principalement quelques fourrés secondaires à Faux poivrier, fortement dégradés.

Le lit de la rivière des Marsouins constitue l'habitat présentant les enjeux les plus forts du fait de l'avifaune et de la faune aquatique indigène.

#### 2.7.3.2 - Flore

Seules 26 espèces indigènes ou assimilées indigènes communes ont été recensées parmi les 136 espèces floristiques relevées. Le cortège floristique de l'aire d'étude est ainsi très largement dominé par les espèces exotiques (77 % de la flore recensée), dont une bonne partie sont considérées comme envahissantes à La Réunion.

Les enjeux floristiques sont donc globalement faibles avec néanmoins deux espèces présentant un enjeu patrimonial moyen : la figue marron (*Ficus mauritiana*) et *Persicaria senegalensis*. Aucune espèce protégée de flore n'a été recensée sur l'aire d'étude rapprochée.

#### 2.7.3.3 - Faune

La faune est caractéristique des milieux secondaires fortement anthropisés d'une part et des milieux humides/aquatiques d'autre part au droit de la rivière des Marsouins et de la ravine Bourbier. Les milieux secondaires offrent ainsi des habitats d'espèces dégradés, propices au développement d'espèces exotiques et peu favorables aux espèces indigènes alors que la zone humide offre un contexte plus favorable à une faune indigène remarquable, en particuliers les libellules, les oiseaux d'eau et la faune dulçaquicole.

**Les insectes constituent des enjeux faibles à modérés** de par la présence d'une espèce de papillon à enjeu faible : *Henotesia narcissus borbonica* et une espèce d'odonate à enjeu modéré : *Pseudagrion punctum*.

Un **reptile** protégé et très commun est présent dans les fourrés secondaires en de fortes abondances : **le Caméléon panthère. Elle présente un enjeu de conservation moyen.**

Les enjeux relatifs aux **oiseaux**, se concentrent sur :

- une espèce protégée inféodée aux zones humides : **le Héron strié**, qui fréquente la rivière des Marsouins au niveau de l'aire rapprochée et peut probablement s'y reproduire. **L'enjeu de conservation associée à cette espèce est fort ;**
- la nidification possible d'oiseaux forestiers protégés : **Oiseau-lunette gris, Tourterelle malgache et Tourterelle peinte**, nicheurs possibles et présentant des **enjeux moyens ;**
- la présence en vol (alimentation) de la **Salangane des Mascareignes** et de **l'Hirondelle de bourbon**, représentant des **enjeux faibles ;**
- le **Busard de Maillard** présente des **enjeux de conservation moyens** sur l'aire d'étude rapprochée qu'il utilise pour se déplacer et chasser ;
- les oiseaux marins, avec des enjeux de conservation **moyen pour le Puffin de Baillon** et **faible pour le Pétrel de Barau et le Phaéon à bec jaune (Paille-en-queue)**, au regard du corridor de déplacement entre leurs sites d'alimentation (océan) et de reproduction (hauts de l'île et ravines).

Les **mammifères terrestres** sont représentés par deux espèces de chiroptères : le Petit molosse et le Taphien de Maurice, en alimentation et transit sur l'aire d'étude rapprochée et avec deux gîtes recensés pour le premier, traduisant des **enjeux moyens pour le Taphien de Maurice** et **forts pour le Petit molosse.**

**Les enjeux pour la faune dulçaquicole sont globalement forts au droit du franchissement de la rivière des Marsouins** par le pont de la RN2 avec une faune assez diversifiée et deux espèces de poissons ressortant avec un **enjeu fort : la Locheet le Cabot noir**. Par ailleurs, six autres espèces de poissons et trois espèces de macrocrustacés présentent un enjeu moyen de conservation au niveau de la rivière des Marsouins.

Une synthèse des enjeux écologiques et des contraintes vis-à-vis des aménagements est proposée dans le tableau et la carte ci-après.

Groupe biologique	Contrainte écologique vis-à-vis du projet	Enjeux	Contrainte réglementaire	Contrainte réglementaire vis-à-vis du projet
Habitats naturels	Enjeu faible au sein de l'aire d'étude immédiate à moyen au niveau de l'aire d'étude rapprochée, et localement fort au niveau de la rivière des Marsouins : - Habitats marécageux (Végétation hélophytique à <i>Persicaria senegalensis</i> et <i>Colocasia esculenta</i> ) et Lits de ravines	Faible à moyen (Localement fort au niveau de la rivière des Marsouins)	Contrainte réglementaire liée à la présence d'une rivière	Oui si travaux en cours d'eau (demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques et demande d'Arrêté d'occupation temporaire du DPF)
Flore	Enjeu globalement faible au sein de l'aire d'étude rapprochée avec la présence de deux espèces à enjeux moyen : <i>Figue marron (Ficus mauritiana)</i> et <i>Persicaria senegalensis</i>	Faible (localement moyen)	Aucune contrainte réglementaire	Non
Insectes	Enjeux faible liés à la présence d' <i>Henotesia narcissus b.</i> , espèces endémique, complémentaires de ZNIEFF et très commune.	Faible	Aucune contrainte réglementaire	Non
Reptiles	Présence d'une espèce protégée mais très commune à l'échelle de l'île : le Caméléon panthère ( <i>Furcifer pardalis</i> )	Moyen	Contrainte réglementaire liée à la présence d'une espèce protégée	Potentielle (si destruction d'espèce protégée)
Oiseaux marins	Enjeux de conservation moyens liés à la présence d'un corridor de déplacement d'importance régionale mais faiblement fréquenté du Puffin de Baillon ( <i>Puffinus lherminieri</i> ) principalement, et du Pétrel de Barau ( <i>Pterodroma barau</i> ), et du Phaéton à bec jaune ( <i>Phaethon lepturus</i> ).	Moyen	Contrainte réglementaire liée au risque d'échouage en cas d'éclairage nocturnes	Potentielle (si échouages en cas d'éclairages nocturnes)

Groupe biologique	Contrainte écologique vis-à-vis du projet	Enjeux	Contrainte réglementaire	Contrainte réglementaire vis-à-vis du projet
Oiseaux terrestres	Enjeux globalement faible avec la présence de deux espèces d'oiseaux forestiers (nicheurs possibles) : Oiseau-lunette gris ( <i>Zosterops b. borbonicus</i> ) et Tourterelle malgache ( <i>Nesoenas picturata</i> ) Utilisation de la zone d'étude par le Busard de Maillard, la Salangane des Mascareignes et l'Hirondelle de Bourbon pour chasser et s'alimenter.	Faible	Contrainte réglementaire liée à la présence d'espèces protégées	Potentielle (si destruction d'individus, nids, œufs)
Oiseaux d'eau	Enjeux fort sur l'aire d'étude immédiate et rapprochée : Héron strié (plusieurs individus dont des juvéniles) utilisent la zone possiblement pour se reproduire.	Fort (au niveau de la rivière des Marsouins)	Contrainte réglementaire liée à la présence d'espèces protégées	Potentielle (si destruction d'individus, nids, œufs)
Chiroptères	Présence de deux espèces protégées sur la zone (Petit Molosse et Taphien de Maurice), en phase de chasse ou de transit et de 2 gîtes de Petit molosse dont un dans l'aire d'étude immédiate.	Moyen (Taphien de Maurice) à Fort (Petit Molosse)	Contrainte réglementaire liée à la présence d'espèces protégées	Potentielle (si destruction d'individus, nids, œufs)
Faune dulçaquicole	Enjeux moyen (ravine du Bourbier) à fort (rivière des Marsouins) sur l'aire d'étude immédiate et rapprochée. Rivière des Marsouins : 11 espèces de poissons et 6 de macrocrustacés. Notons particulièrement deux espèces de poissons en Danger Critique d'extinction d'après l'IUCN : la Loche ( <i>Awaous commersoni</i> ) et le Cabot noir ( <i>Electris mauritanus</i> ).	Moyen (ravine du Bourbier) à Fort (rivière des Marsouins)	Aucune contrainte réglementaire	Non

## 2.8 - Insertion paysagère

Le nouvel ouvrage de franchissement de la rivière des Marsouins au niveau de la RN2 sera relativement peu perçu par les observateurs extérieurs. Seule le côté aval de l'ouvrage pourra être mis en évidence si le pont existant est conservé.

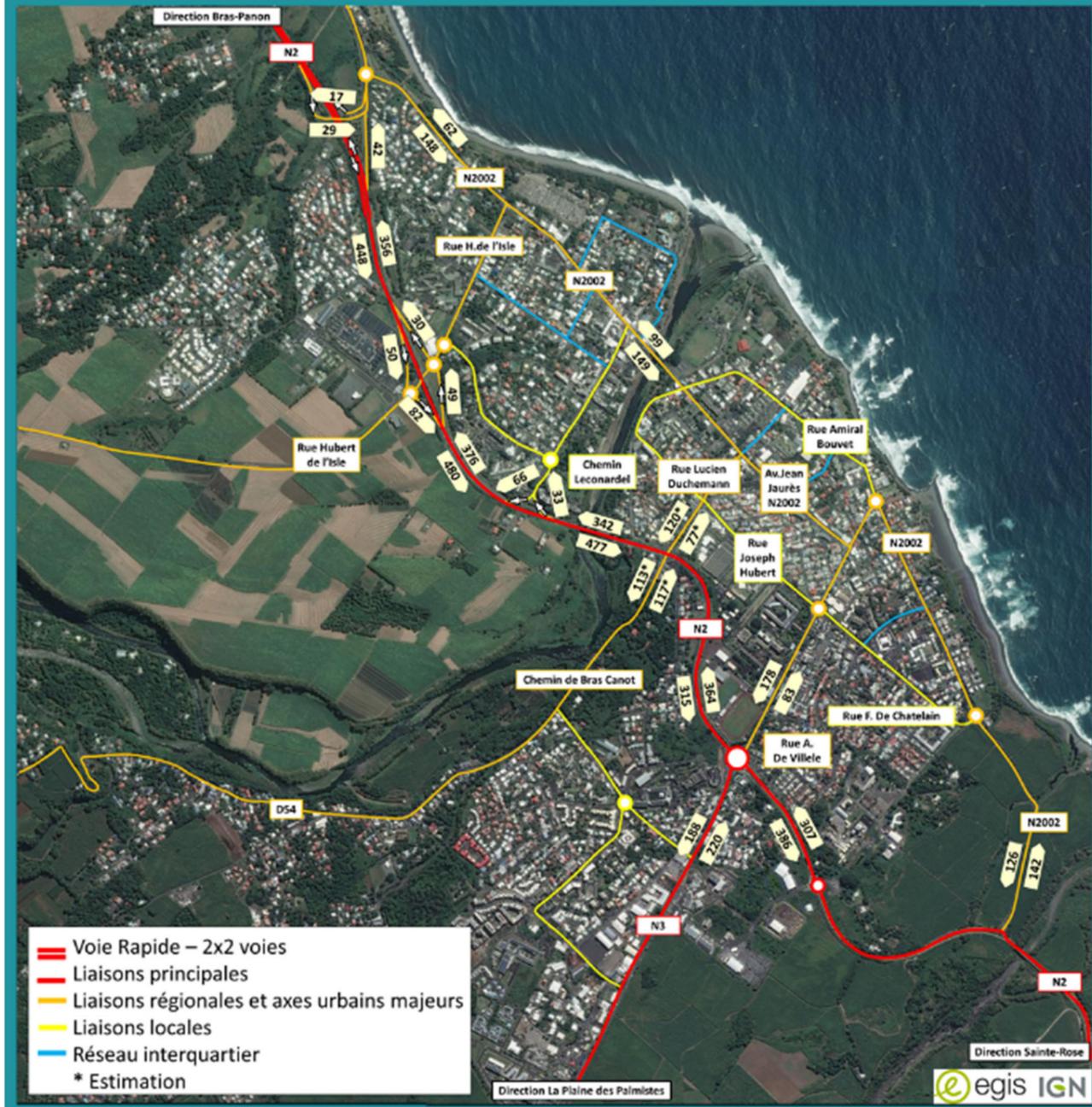
L'éventuel point de vue depuis le pont de l'ancienne RN2002 avenue Georges Pompidou situé plus en aval est éloigné. Concernant les points de vue rapprochés, les digues et les berges fortement végétalisées constituent un obstacle et un masque opaque continu le long du lit majeur.

## 2.9 - Emprises, enjeux foncier

La réalisation d'un nouvel ouvrage de franchissement de la rivière des Marsouins nécessitera l'acquisition de parcelles côté Mer pour permettre le passage de la plateforme.



## TRAFIC MOYEN JOURNALIER - POIDS LOURDS – JOURS OUVRABLES



### 3.2 - Caractéristiques de la voie portée

Le projet au droit du franchissement de la rivière des Marsouins est considéré comme une artère urbaine et est établi selon les prescriptions des voies structurantes d'agglomération (VSA). La vitesse maximum autorisée est de 70 km/h.

#### 3.2.1 - Axe en plan

Le tracé en plan au droit du futur ouvrage de franchissement est en alignement droit sur toute sa longueur, et suit un axe Nord-Ouest → Sud-Est. Il présente un biais d'environ 100gr par rapport au lit mineur actuel de la rivière des Marsouins.

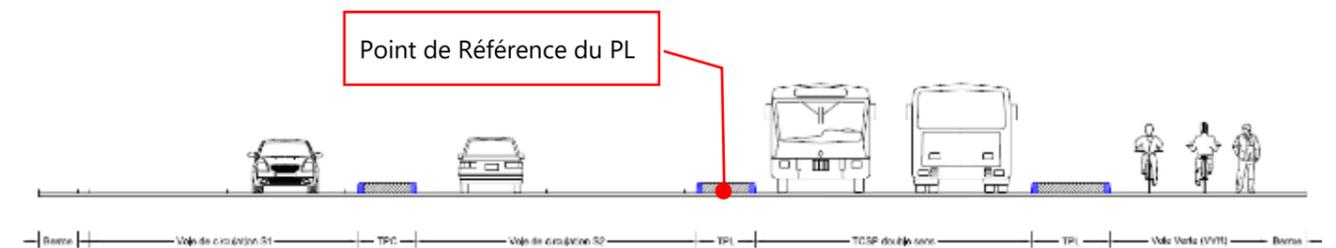
#### 3.2.2 - Profil en long

Sur l'ouvrage existant le profil en long est quasi horizontal sur la longueur du tablier. Les altitudes relevées à l'axe de la chaussée varient de 17.85m NGR côté rive gauche à 17.94m NGR côté rive droite ce qui représente une pente de l'ordre de 0.08%.

En conservant les mêmes caractéristiques que sur l'ouvrage existant, le profil en long du futur ouvrage serait quasi horizontal même si pour le bon écoulement des eaux de surface il serait préférable de pouvoir donner une pente longitudinale de 1%.

Le point de référence est défini à l'intersection du niveau fini de la chaussée à l'axe du TPL entre la voie VL+PL et la voie TCSP.

Idéalement pour la suite des études, un profil en long en parabole centré sur le nouvel ouvrage avec une pente ~1% favoriserait l'écoulement des eaux pluviales longitudinalement.



#### 3.2.2.1 - Possibilité de relever le profil en long sur le nouvel ouvrage

La différence de niveau entre le profil en long actuel autour de ~17.85m NGR et la cote sous poutre de 15.60m NGR ne laisse que 2.25m de hauteur libre pour placer un tablier et le dévers géométrique très préjudiciable compte tenu de la largeur de la plateforme.

Le fait de relever le profil en long par rapport à celui de l'ouvrage actuel libèrerait une hauteur plus importante pour le tablier et permettrait d'envisager une solution de franchissement à deux travées à structure dite par-dessous la plateforme.

Le terrain existant le permet car de part et d'autre de l'ouvrage le profil en long actuel remonte doucement :

- vers la bretelle de l'échangeur Leconardel la côte de ~18.10m NGR.
- Vers le carrefour de Bras Canot la côte de ~18.50m NGR

Cependant le reprofilage est contraint par des points durs de part et d'autre de l'ouvrage.

■ Raccordement en rive gauche côté échangeur Leconardel :

De ce côté, l'élargissement de la plateforme est réalisé côté Mer où la route actuelle est en déblais. Le fait de remonter le PL de la nouvelle plateforme permettrait entre autre :

- De minimiser la hauteur des déblais et de soutènement au droit des habitations entre la bretelle de l'échangeur.
- D'adoucir la pente de la bretelle vers l'échangeur de Leconardel sans pour autant diminuer le gabarit sous le passage supérieur de l'échangeur (côté sous OA ~ 19.70m NGR).

De ce côté il n'y a pas d'entrée de parcelle ou d'accès imposant un seuil minimum au relevage du PL.

Le profil en long pourrait se raccorder à l'existant au niveau du PS de l'échangeur de Conardel tout en veillant à conserver une pente longitudinale de 0.5% minimum.

■ Raccordement en rive droite côté carrefour Bras Canot :

L'élargissement de la plateforme étant côté Mer, il n'y a pas d'entrée de parcelle ou d'accès imposant un seuil minimum au relevage du PL.

Cependant, le rehaussement du profil en long au droit du nouveau franchissement de la rivière des Marsouins n'est pas réalisable sans problèmes. En effet, la surélévation envisageable de la cote chaussée du nouvel ouvrage par rapport à l'existant est plafonnée à 50 cm maximum, pour des raisons de contraintes géométriques des chaussées et autres ouvrages de l'Aménagement Urbain de part et d'autre du pont :

- Respect d'une pente longitudinale minimum de 0,5%,
- Contraintes de passage sous le PSI-DA de la rue Leconardel (circulation générale, TCSP, futur Tramway Express),
- Passage souterrain du carrefour Bras Canot,
- Drainage pluvial des plates-formes [pas de points bas envisageables etc ...],
- Dénivelés entre voies.

Nous conviendrons dans cette étude préliminaire de retenir un rehaussement maximum de 50 cm du profil en long du nouvel ouvrage par rapport au profil en long de l'ouvrage existant soit une cote de ~18.35m NGR sur ouvrage.

### 3.2.3 - Profil en travers fonctionnel

#### 3.2.3.1 - Définition de la plateforme

La plateforme en section courante doit permettre le positionnement de :

- 2 voies VL+PL de largeur minimum 6.80m
- 1 voie TCSP de largeur minimum 7.00m, élargissable à 7.40m pour le RRTG (6.80+2x0.70m) dans la position latérale et axiale ou 2x1 voie TCSP de 3.80m élargissable à 4.60m pour le RRTG (dans le cas de positionnement en bi-latéral)
- 1 voie VVR de 4.00m pour les cycles et piétons
- Un terre-plein latéral de 2.00m entre la voie VVR et la voie TCSP pour permettre la mise en place de dispositif de retenue et des candélabres,
- Un terre-plein central de 2.10 m (1,80m avec la solution TCSP axiale) entre la voie VL+PL et la voie TCSP pour permettre l'élargissement de la voie pour le RRTG,
- Des sur largeurs pour les dispositifs de retenue sur les rives d'ouvrage. La longrine côté OA existant devra être suffisante pour que la déflexion dynamique du dispositif de retenue soit compatible avec l'implantation d'un candélabre.

### Implantation des voies

Trois positionnements du TCSP sont étudiés :

- Variante 1 : Positionnement du TCSP en latéral côté Mer,
- Variante 2 : Positionnement du TCSP en axial
- Variante3 : Positionnement du TCSP en bi latéral.

Quelle que soit la position du TCSP retenue, la VVR sera toujours placée côté Mer, côté correspondant aux habitations et aux infrastructures pour les piétons de part et d'autre de l'ouvrage de franchissement.

Les variantes 1 et 2 ont la même largeur de plateforme et n'ont pas d'incidence sur la conception du nouvel ouvrage de franchissement. Une seule solution technique OA sera alors étudiée pour ces deux variantes.

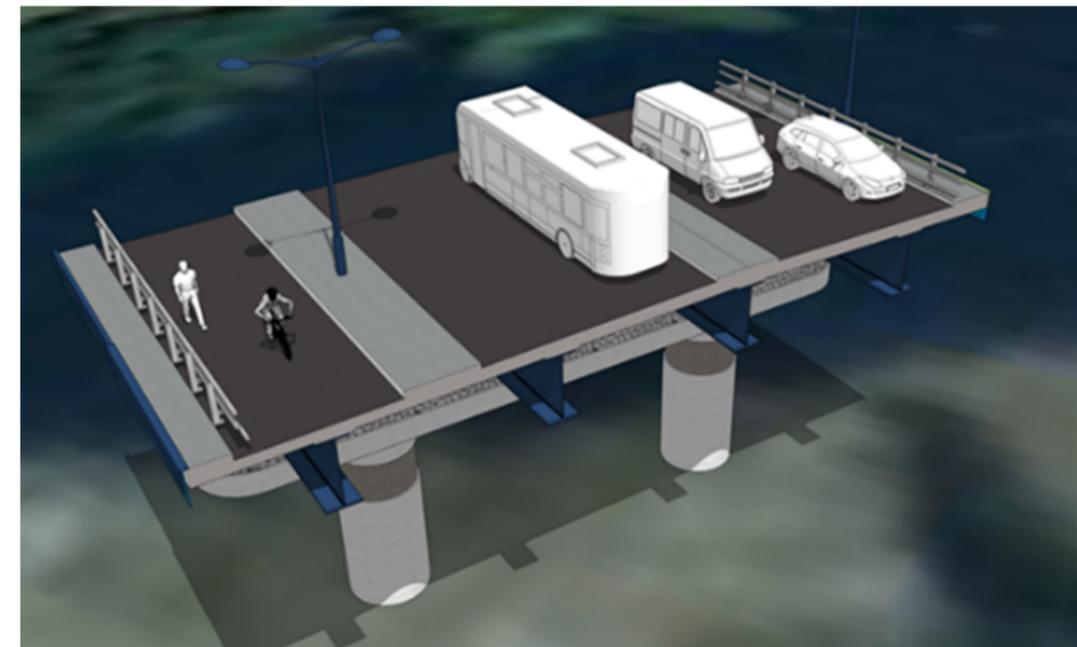
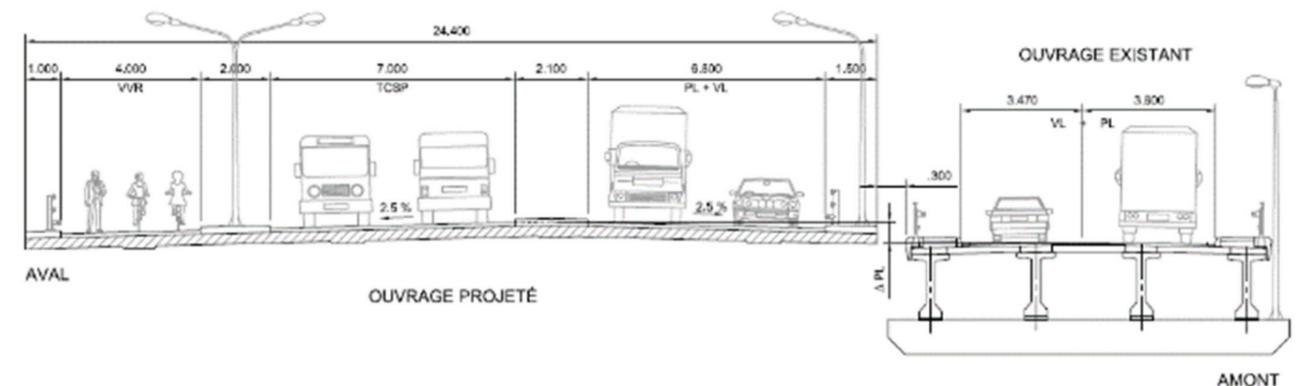
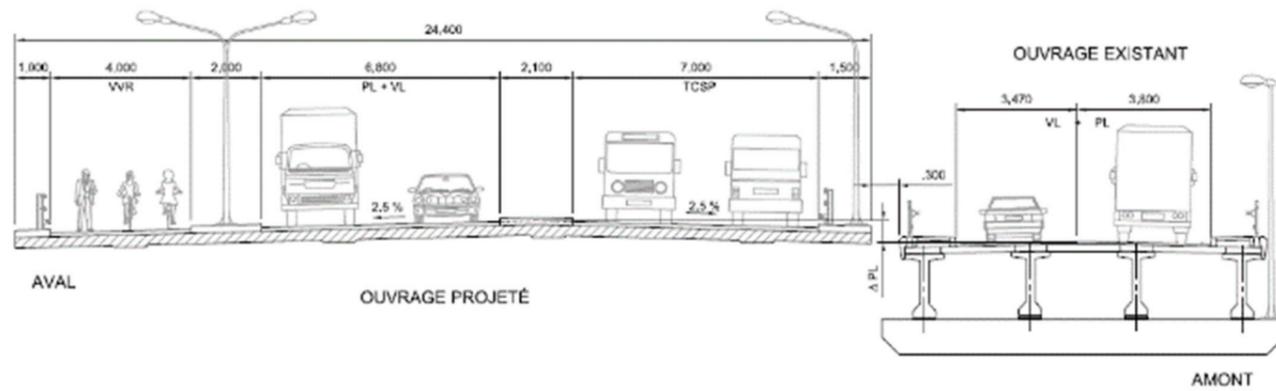


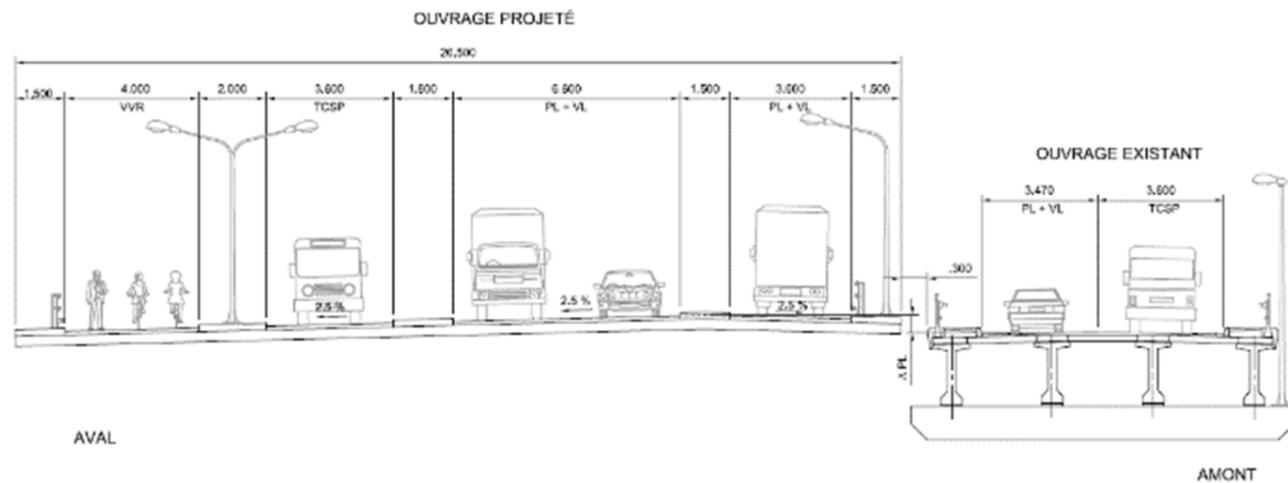
ILLUSTRATION 3D DE LA COUPE FONCTIONNELLE AVEC TCSP EN POSITION LATÉRALE



VARIANTE 1 – TCSP EN POSITION LATÉRALE



VARIANTE 2 - TCSP EN POSITION AXIALE



VARIANTE 3 - TCSP EN POSITION BI-LATERALE

Dans la variante 3 où une voie du TCSP (et par conséquent du futur RRTG) passe sur l'ouvrage existant, il faudra envisager la déconstruction - reconstructions du tablier et le confortement des piles existantes. En effet, selon les conclusions données au §2.2.3 - , le tablier et les chevêtres des piles de l'ouvrage existant n'ont jamais été dimensionnés pour supporter des charges aussi importantes que celles du RRTG (poids propre des voies + surcharges).

Compte tenu du type de tablier et de l'environnement de l'ouvrage, le coût de déconstruction est évalué par retour d'expériences similaires à 300 K€. L'implantation des appuis de l'ouvrage reconstruit sera toujours dictée par le réemploi des piles existantes et les thématiques abordées (choix de la travure, élancement et type de tablier et ratio €/m<sup>2</sup>) sont identiques à celles étudiées dans les deux autres variantes.

En ajoutant à la déconstruction le coût du nouveau tablier et du confortement des piles existantes cette solution n'est pertinente ni techniquement ni économiquement et ne sera pas approfondie.

### 3.2.3.2 - Circulation sur l'ouvrage existant

Au droit du franchissement de la rivière des Marsouins, la plateforme prévue en section courante sera scindée en deux plateformes ; une partie passera sur l'ouvrage existant et l'autre sur le nouvel ouvrage.

D'après le diagnostic de l'ouvrage existant, le franchissement de la rivière des Marsouins par la plateforme en section courante sur cet ouvrage, ne peut être envisagé qu'en conservant la circulation des véhicules légers et des Poids Lourds pour ne pas dégrader son fonctionnement actuel.

La solution de faire circuler le TCSP sur l'ouvrage existant n'est envisagé qu'en position bilatérale avec une voie TCSP côté Amont. Cette solution n'est pas pertinente car :

- le raccordement et la traversée du TCSP pour rejoindre la gare routière au niveau du demi échangeur de Conardel est impossible,
- cela impose une refonte des superstructures avec démolition d'une partie des trottoirs,
- la position de la voie TCSP est excentrée latéralement par rapport à l'existant ce qui est incompatible avec l'encorbellement des chevêtres sur piles sans un renforcement préalable,
- le remplacement de la voie TCSP par le passage du RRTG générera des charges bien supérieures à celles qui ont servies au dimensionnement de l'ouvrage existant.

### 3.2.4 - Dévers

L'axe de basculement des dévers sur le nouvel ouvrage de franchissement est situé dans le Terre-Plein Latéral de la chaussée entre la voie VL+PL et la voie TCSP.

Transversalement l'écoulement des eaux se fera suivant le dévers mais sera limité par tronçon de voies du fait de la présence d'un Terre-Plein Central et d'un Terre-Plein Latéral.

Le tablier du nouvel ouvrage étant très large, limiter le dévers transversal à 2% permet de gagner jusqu'à 7cm de hauteur de hauteur libre.

## 3.3 - Brèche franchie

### 3.3.1 - Contrainte hydraulique

Le pont existant de la RN 2 présente les caractéristiques suivantes :

- Ouverture totale : 115 m, environ 106 m hors piles
- Piles : 4 piles hémicylindriques en maçonnerie de 2.4 à 3.2 m de largeur
- Sous poutre : 15.56 m NGR
- Fond du lit : 3.93 m NGR

Le niveau de crue projet est retenu avec le débit Q100 et le fond du lit mobile (avec érosion) ce qui correspond à un débit de crue de 2610m<sup>3</sup>/s. Le niveau NPHE pour un Q100 est de l'ordre de 14.60m NGR ce qui en considérant un tirant d'air minimum d'un mètre donne un niveau sous poutre de 15.60m NGR. Dans tous les cas la cote sous poutre minimum à respecter ne devra pas être plus basse que celle du pont existant, soit 15.60m NGR.

Les principes à adopter pour l'étude du nouveau franchissement :

- Ne pas diminuer le tirant d'air centennal de l'ouvrage existant (1m),
- Diminuer le nombre de travées par rapport à l'existant en passant de 5 travées actuellement à 2 ou 3 travées,
- Eviter la mise en place de piles dans la partie la plus active de la rivière,
- Préférer des piles rondes à des piles voiles
- L'implantation des appuis du nouvel ouvrage se fera dans l'alignement des piles du pont existant pour ne pas perturber la section hydraulique de la rivière au droit du franchissement et ne pas augmenter le NPHE en cas de crue Q100.

L'impact des nouvelles piles dans le lit de la rivière devra être évalué par un modèle mathématique lors des phases d'études ultérieures en fonction de la solution de franchissement retenue.

### 3.3.2 - Actions du courant sur les piles

#### 3.3.2.1 - Affouillement

La rivière des Marsouins se caractérise par des crues torrentielles et des vitesses d'écoulement élevées. Les épisodes de crues sont fréquents en saison cyclonique, ils sont caractérisés par le charriage de gros galets et blocs et surtout par des phénomènes cumulatifs d'abaissement régulier du lit.

L'ouvrage se situe dans le lit majeur de la rivière dont les fonds sableux sont soumis aux courants. Dans ce contexte, les piles sont exposées à des phénomènes d'affouillement.

Les terrains au droit des appuis sont constitués d'alluvions grossières peu compactes sur des épaisseurs variables entre 3 et 5m.

Au vu de cette incertitude et étant donné la gravité du phénomène s'il arrivait, il est nécessaire d'annuler le risque par la mise en œuvre de fondations semi-profondes allant chercher les couches de terrain non affouillable.

#### 3.3.2.2 - Action hydrodynamique

A défaut d'une étude hydraulique précise avec l'impact des nouvelles piles dans la rivière, l'action hydrodynamique sera évaluée conformément à l'EN 1991-1-6 §4.9 :

$$F_{wa} = \frac{1}{2} k \rho_{wa} h b v_{wa}^2 \quad \dots (4.1)$$

où :

- $v_{wa}$  est la vitesse moyenne de l'eau rapportée à sa profondeur, exprimée en m/s ;
- $\rho_{wa}$  est la masse volumique de l'eau, exprimée en kg/m<sup>3</sup> ;
- $h$  est la profondeur de l'eau, sans prendre en compte la profondeur d'affouillement local, exprimée en mètres ;
- $b$  est la largeur de l'obstacle, exprimée en m ;
- $k$  est le coefficient de forme où
  - $k = 1,44$  pour un obstacle de section carrée ou rectangulaire en plan ; et
  - $k = 0,70$  pour un obstacle de section circulaire en plan.

## 3.4 - Surcharges d'exploitation

### 3.4.1 - Surcharges d'exploitation

Les règlements utilisés sont les Eurocodes.

Il n'y a pas sur la RN2 de demande d'autorisations particulières en faveur de convois exceptionnels ou de véhicules militaires. Le nouvel ouvrage de franchissement pourrait donc être conçu pour supporter les seules charges des modèles LM1/LM2 de l'Eurocode 1, le trafic routier à considérer étant de classe 2.

Cependant, pour être cohérent avec la conception d'autres ouvrages de l'île (ouvrages de la NRL par exemple), le passage du convoi C2 (120t) est envisagé dans le dimensionnement de l'ouvrage. Le convoi C2 ne circule que sur un sens de circulation, avec interruption de trafic sur ce sens de circulation. L'autre sens de circulation est circulaire librement, y compris pour les convois de type TS.

Pour l'aménagement à terme qui comporte la plateforme ferroviaire type tramway pour un transport régional guidé, les règlements Eurocodes seront complétés par l'un des référentiels techniques suivants :

- Référentiel technique Infrastructures, IN 3128 (EF1C), Version 0.10.1 du 07/09/2007 – Conception des infrastructures pour la circulation des matériels de type mode ferroviaire léger,
- Instruction technique pour le tramway – RATP.

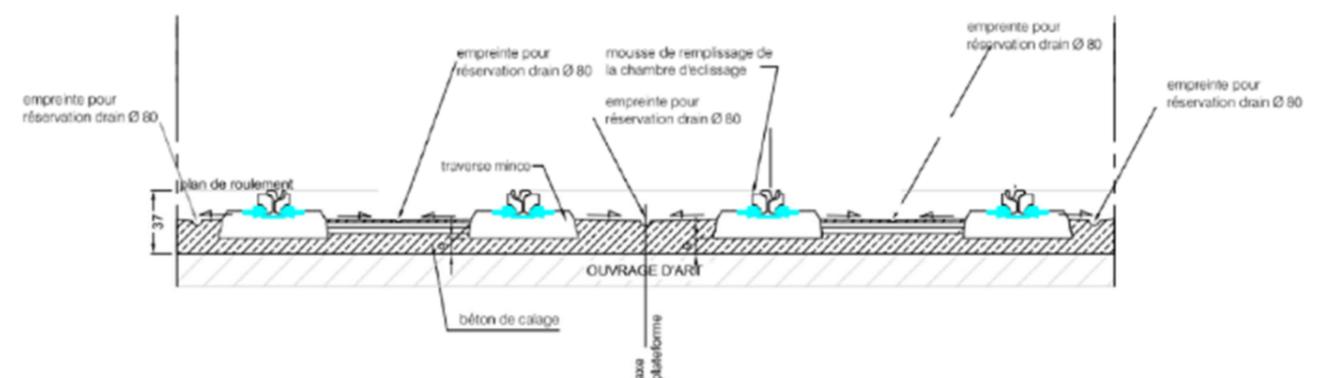
### 3.4.2 - RRTG

Le matériel roulant pour la circulation de tram-trains à l'emplacement des voies de TCSP, deux types de convois sont considérés afin de retenir celui qui produira l'effet le plus défavorable pour le dimensionnement de la structure du nouveau pont.

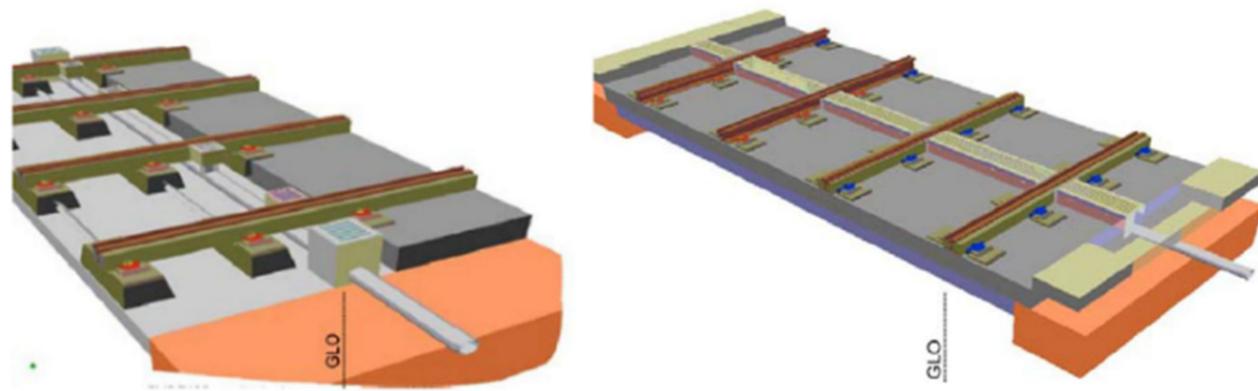
Il sera également considéré les charges permanentes des superstructures de voies sur ouvrage. Les différentes poses de voies envisageables sur l'ouvrage sont les suivantes :

- La pose de voie classique avec des rails à gorge fixés sur des traverses noyées dans du béton.

L'épaisseur totale est de 37cm et le béton de calage sous la traverse est de 9 cm minimum.

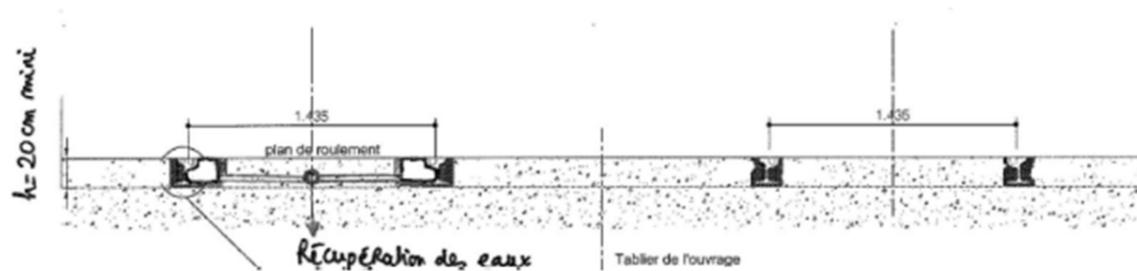


L'assainissement du rail est réalisé tous les 5m, dans les cas courants, par l'intermédiaire de boîtes de drainage.

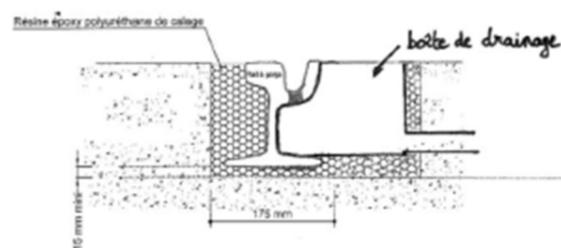


■ La pose de voie continue noyée avec des rails à gorge noyés dans le béton.

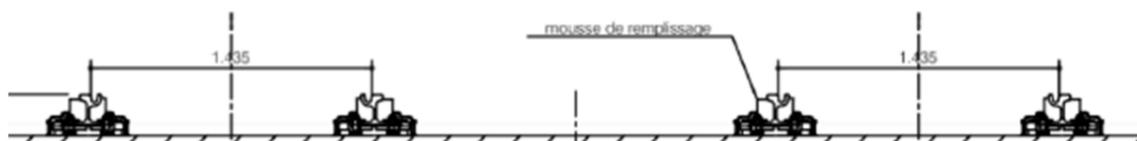
L'épaisseur totale minimale est de 20cm et le rail est calé dans la réservation béton à l'aide de résine époxy polyuréthane.



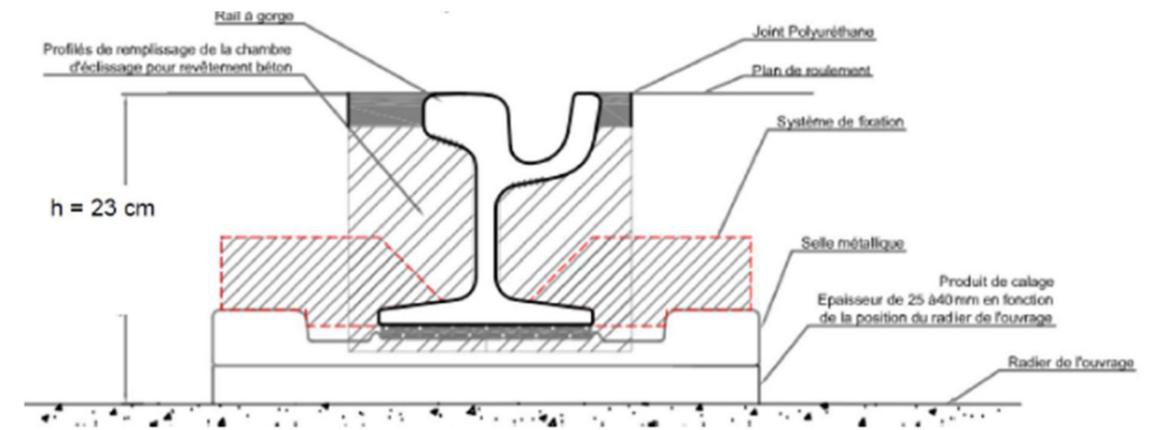
L'assainissement du rail est réalisé par l'intermédiaire de boîtes de drainage.



■ La pose de voie directe collée avec des rails à gorges fixés sur des selles métalliques en contact avec le tablier.



La hauteur totale de la structure est de 23cm.

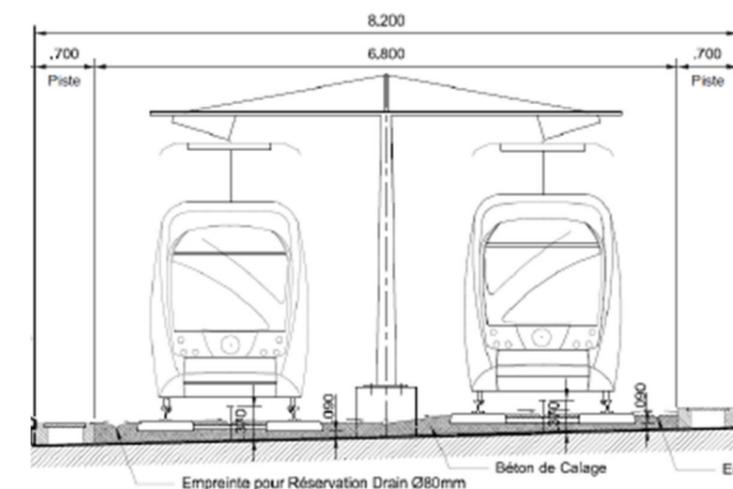


Le choix de la structure de voie doit être réalisé en fonction de la faisabilité de l'assainissement transversal des eaux venant de la chaussée routière.

La pose de voie collée n'est pas retenue puisqu'elle crée un obstacle continu de 23 cm de hauteur sans possibilité de mise en place de collecteur.

Les autres poses de voie peuvent être envisagées moyennant des adaptations afin de permettre l'incorporation dans la structure de collecteur transversaux sous les rails et afin de limiter la charge permanente de superstructure.

Pour la pose de voie classique, le principe de l'assainissement de la plateforme peut être utilisé comme collecteur des eaux de la chaussée, mais l'espacement doit être réduit à environ 3 m. Le problème de rigidité longitudinale de la superstructure béton, interrompue tous les 3 m au lieu de 200 m devra faire l'objet d'une étude particulière lors du passage à un aménagement de transport guidé.



Pour la pose de voie continue noyée, il est nécessaire d'augmenter l'épaisseur de béton afin de pouvoir disposer les collecteurs transversaux sous les rails. Le poids de la superstructure devient alors important.

### 3.4.2.1 - Convoi de type 1 « convoi réel » (hypothèses RATP, tramway des Maréchaux)

Afin de modéliser la circulation de tram-trains « légers » correspondant aux convois qui traverseront l'ouvrage, le dimensionnement de l'ouvrage sera réalisé dans un premier temps avec un convoi « réel », à savoir le tramway Alstom Citadis.

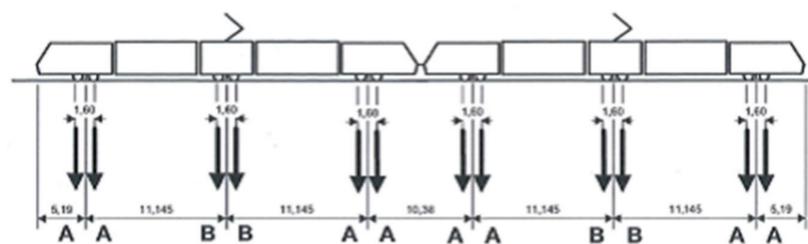


Figure 8 : Rame tramway à deux éléments « Citadis 302 »

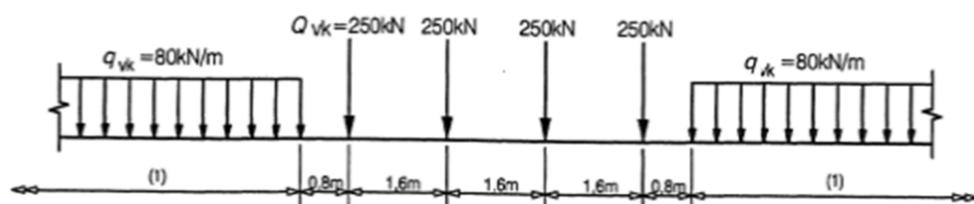
Pour modéliser la circulation de convois réels, on suppose qu'un seul convoi peut se trouver sur une voie sur ouvrage (soit environ 120m de long). On peut donc avoir 2 convois simultanément en cas de croisement sur l'ouvrage. Les charges d'essieu A valent 107 kN, celles d'essieu B 115,1 kN.

Ces charges seront majorées par un coefficient 1,2 afin de tenir compte de l'incertitude sur le type de matériel roulant effectivement utilisé lors de l'installation du tram-train sur le viaduc.

### 3.4.2.2 - Convoi de type 2, dimensionnement selon l'IN3128

Aussi, selon l'IN3128 (EF1C), les ouvrages supportant un trafic de tram-train doivent être dimensionnés avec le modèle de charges LM71 (équivalent au UIC71) affecté d'un coefficient  $\alpha < 1$ .

Le modèle de charges LM71 est donc composé de charges ponctuelles d'essieux de 81 kN et de charges réparties de 26 kN/m. Ce modèle de charge est composé de charges d'essieux moins importantes que le modèle de charge du tram Alstom Citadis. Cependant, étant donné la longueur des travées courantes de l'ouvrage étudié, le LM71 peut se révéler dimensionnant pour la flexion longitudinale.



CHARGE LM71 SANS COEFFICIENT MINORATEUR A

### 3.4.2.3 - Coefficient dynamique

D'après l'EN 1991-2, article 6.4.5, le coefficient dynamique  $\Phi$  par lequel on doit multiplier les charges ferroviaires est égal à :  $\Phi = \Phi_2$  pour une voie soigneusement entretenue.

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82$$

Avec  $L_\Phi$ , la longueur déterminante définie au tableau 6.2.

### 3.4.2.4 - Excentrement des charges ferroviaires

Il convient de tenir compte de l'excentrement des charges ferroviaires. L'excentrement maximal observé vaut  $r/18$ , avec  $r$  l'écartement des voies, soit, dans notre cas 1,474m. Cette excentrement correspond à un rapport maximal entre charges de roues de 1,25 : 1,00.

Les charges verticales peuvent donc être modélisées par :

- une charge verticale centrée sur le milieu de la voie
- un moment transversal associé à la charge verticale qui vaut  $\pm (r / 18)$  multiplié par la valeur de la charge verticale.

### 3.4.3 - Surcharges piétonnes

Les charges de piétons sont prises en compte dans les calculs, on adopte un chargement de  $5 \text{ kN/m}^2$  pour étudier les effets locaux (flexion transversale et dimensionnement de la passerelle) et de  $3 \text{ kN/m}^2$  pour les études en flexion longitudinale.

### 3.5 - Surcharges de chantier

A ce stade des études, les surcharges de chantier ne sont pas été étudiées en détail. Elles seront précisées en phase PRO, en fonction de l'organisation générale du chantier de la plateforme. A priori, compte tenu du phasage longitudinal du projet global, il n'y a pas de passage d'engins de terrassement à prévoir.

### 3.6 - Equipements

#### 3.6.1 - Dispositifs de retenue

Les dispositifs de sécurité en rives de tablier seront constitués par des barrières marquées C.E. et offrant le niveau de retenue H2, l'indice de danger étant de 24.23 (selon la méthode proposée par le SETRA dans le guide technique « Choix d'un dispositif de retenue » de février 2002. Le niveau de largeur de fonctionnement du dispositif de retenue sera W3 pour permettre un plus large choix de dispositifs. Ce critère nécessite une bande d'implantation de 1.00 m en rive d'ouvrage pour être confortable.

#### 3.6.2 - Eclairage

L'ouvrage se situe dans un milieu urbain, des candélabres seront positionnés sur ouvrage dans les terre-plein et sur la rive de l'ouvrage côté Amont. Leur position transversale en rive d'ouvrage devra être compatible avec la déflexion dynamique des dispositifs de retenue.

#### 3.6.3 - Réseaux sur ouvrage

A ce stade de l'étude, les réseaux à placer sur le tablier du nouvel ouvrage ne sont pas encore tous identifiés, mais nous pouvons d'ores et déjà prévoir l'emplacement de fourreaux pour :

- L'éclairage
- La fibre optique

D'autres réseaux pourront être ajoutés si nécessaire dans les phases ultérieures d'études.

En plus des fourreaux disponibles sur le tablier existant, les réseaux pourront transiter sur l'ouvrage neuf via les corniches, dans les terre-plein et en sous face du hourdis. Des chambres de tirages seront positionnées à chaque extrémité du nouveau tablier.

#### 3.6.4 - Signalisation verticale

Il n'est pas prévu d'emplacement pour la signalisation verticale de type mâts ou potence sur ouvrage

### 3.6.5 - Etanchéité

La dalle de roulement supportant les véhicules sera étanchée par système épais (3 cm), et revêtue d'enrobé (8 cm). L'étanchéité sera relevée sur ses bords contre la longrine d'ancrage du dispositif de retenue.

### 3.6.6 - Assainissement

Si le profil en long est quasi plat tout au long de l'ouvrage, les eaux de chaussée seront récupérées dans un collecteur positionné sous le hourdis du tablier par l'intermédiaire d'avaloirs espacés régulièrement.

Le fait de placer le collecteur en sous face du tablier permettra le réglage d'une pente longitudinale minimum de 1% nécessaire au bon écoulement de l'eau. Il sera connecté au dispositif d'assainissement hors ouvrage.

Le dispositif d'assainissement du tablier de l'ouvrage pourra être dimensionné pour une occurrence de pluie de 2 ans et d'une durée de 2 heures ce qui permet de récupérer les substances polluantes de la chaussée et de les traiter avant rejet dans le milieu naturel.

Durée	6 min	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h
Date	16/01/2008	04/02/1998	04/02/1998	04/02/1998	04/02/1998	04/02/1998	04/02/1998	04/02/1998
Pluie	30 mm	56 mm	88 mm	168 mm	318 mm	422 mm	690 mm	1041 mm
Poste	BELOUVE_SAPC	SALAZIE-VILLAGE_SAPC	SALAZIE-VILLAGE_SAPC	MARE A VIEILLE PLACE	SALAZIE-VILLAGE_SAPC			

**DONNEES ISSUES SUR LE SITE DE METEO FRANCE**

## 4 - ENTRETIEN ET MAINTENANCE

### 4.1 - Durabilité

#### 4.1.1 - Durée de vie

La durée de vie retenue pour le nouvel ouvrage est de 100 ans

#### 4.1.2 - Durabilité des structures en béton

Les dalles en béton et hourdis des ouvrages mixtes ne nécessitent aucun entretien si le béton a été correctement spécifié et si les enrobages des aciers ont été adaptés aux classes d'exposition définies dans les Eurocodes.

Le projet sera conçu pour répondre aux classes d'exposition suivantes de la norme NF EN 206 :

- Le niveau de prévention vis-à-vis des risques liés à l'alcali-réaction requis par le maître d'ouvrage est le niveau C des recommandations. Il convient néanmoins de vérifier l'existence de centrale à Béton Prêt à l'Emploi au voisinage immédiat des ouvrages disposant de granulats correspondant à ce niveau de prévention.
- Le niveau de prévention de la RSI (réaction sulfatique interne) est celui applicable aux ouvrages de catégorie 3 des « recommandations pour la prévention des désordres dus à la réaction sulfatique interne » du LCPC.

Du point de vue de la corrosion induite par carbonatation, l'ouvrage est en classe XC3 pour la face supérieure du béton (sous la chape d'étanchéité) ou à l'intérieur des caissons, et en classe XC4 pour le reste du tablier. Les fondations (barrettes et semelles) sont en classe XC1. Les parties immergées des piles sont en classe XC2. Les parties émergées des piles sont en classe XC4.

Du point de vue de la corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer, l'ensemble du tablier et les piles est en classe XS1. Les fondations pourront être en classe XS2.

Les piles dans le lit mineur seront pourvues d'une couche d'usure d'environ 10cm contre les chocs de solides (blocs et galets).

#### 4.1.3 - Durabilité des parties métalliques

La charpente métallique sera justifiée à la tenue en fatigue par prise en compte du modèle de convoi de fatigue FLM3. Ce convoi est celui le plus souvent retenu pour la justification des ponts-routes mixtes acier-béton.

Les dispositions constructives exposées en particulier dans le guide SETRA/SNCF « Résistance à la fatigue – guide de conception et de justifications » seront respectées.

La classe d'exécution des assemblages de la charpente métallique au sens de la norme NF EN 1090-2 sera la classe EXC4.

La protection contre la corrosion sera assurée par un complexe de classe de corrosivité C5M.

Un ouvrage mixte ne nécessite en général qu'un renouvellement régulier de sa protection anticorrosion. Les opérations de remise en peinture ne sont en principe nécessaires que tous les vingt à trente ans. Il s'agit de travaux assez lourds qui nécessitent des précautions importantes, le respect de l'environnement imposant notamment d'éviter tout rejet de peinture dans la nature.

### 4.2 - Moyens d'accès pour suivi de l'ouvrage

La maintenance d'un ouvrage d'art consiste en des visites d'inspection effectuée tous les cinq ans. Etant donné la situation de l'île dans une zone cyclonique, des contrôles plus fréquents seront nécessaires, soit tous les trois ans.

L'inspection de l'affouillement des piles devra également être réalisé après un évènement cyclonique.

L'inspection des faces extérieures du tablier ne pourra pas s'effectuer intégralement par l'intermédiaire d'une nacelle ou d'une passerelle négative. Côté amont, l'espace entre le nouvel ouvrage et l'ouvrage existant ne permettra pas le passage de la machine. Le déploiement de la passerelle négative devra alors se faire côté Aval et la partie VVR du tablier devra être dimensionnée pour recevoir cette surcharge.

L'inspection de l'intrados du tablier pourra être effectuée à l'aide d'une passerelle négative type MBI 140 ou 180 permettant d'aller jusqu'à 14-18m sous l'ouvrage depuis le côté Aval. L'accès à la rive amont du nouvel ouvrage pourra se faire soit par le même type de passerelle depuis le côté Amont de l'ouvrage existant soit par l'installation d'un chemin de visite entre poutres, nervures ou caisson.

Les visites et l'inspection des faces extérieures des piles peuvent être réalisées à partir de la nacelle négative pour le chevêtre et depuis le sol pour les piles.

### 4.3 - Points à inspecter

Pour le suivi de l'ouvrage, les points suivants seront notamment à inspecter :

#### 4.3.1 - Appuis

- Examen visuel des parements béton, des appareils d'appui ;
- Examen par plongeurs des fondations des piles dans le lit de la rivière pour détecter la création de fosses d'affouillement ;
- Nivellement et contrôle de la verticalité des fûts afin de détecter d'éventuelles évolutions des conditions de fondations.

#### 4.3.2 - Tablier

- Examen visuel des parements béton en intrados ;
- Intégrité de la précontrainte extérieure (solution caisson BP) ;
- Examen visuel des parements intérieurs béton (solution caisson BP) ;
- État de la protection anticorrosion et de l'intégrité des cordons de soudure (solution OM).

#### 4.3.3 - Superstructures

- Équipements linéaire (dispositifs de retenue, corniches) : visserie, corrosion, dispositifs de dilatation ;
- Recueil et évacuation des eaux : fonctionnement des drains, caniveaux, dispositifs de transit et d'évacuation des eaux, recherche de fuites, de débordements ;
- Joints de chaussée : intégrité, ouverture, étanchéité ;
- Étanchéité : recherche de traces d'humidité (éventuellement de calcite) en intrados.

## 4.4 - Dispositifs liés à l'entretien et au suivi de l'ouvrage

### 4.4.1 - Dispositions communes à tous les types de tablier

Les dispositions à prévoir pour l'entretien et le suivi seront les suivantes :

- Implantation de bornes et repères de nivellement (rivets, médaillons, cibles, mini-prismes) sur le tablier et les appuis pour contrôler régulièrement la géométrie de l'ouvrage ;
- Aménagement d'escaliers le long des murs en retour pour accéder aux chevêtres des culées ;
- Pour l'accès aux têtes de pile, des nacelles à déport négatif ou des échelles pourront être utilisées ;
- Un espace libre suffisant sera laissé entre les structures porteuses et les sommiers d'appui pour examiner les appareils d'appui ;
- un espace vide de 0,80 m de large est réservé entre l'about du tablier et le garde-grève des culées afin de pouvoir repeindre les abouts (structures métalliques) et de pouvoir intervenir sur les différents équipements du joint de chaussée ;
- Les appareils d'appui seront visibles et accessibles et pour leur remplacement des dés de vérinage seront prévus ;
- Pour leur entretien, les collecteurs en sous face du tablier devront être démontables et nettoyables à la lance sous pression ;
- Les joints de chaussée choisis seront étanches, complétés par un dispositif de recueil des eaux sous joints pour éviter la dégradation des bétons de garde-grève et de sommier ;

### 4.4.2 - Dispositions particulières au tablier de type caisson en béton précontraint :

- Un accès sera réalisé pour accéder à l'intérieur du caisson avec l'aménagement de trappe de visite au droit des piles,
- La précontrainte extérieure de la solution BP sera prévue démontable, des réservations et gaines vides seront prévues pour compléter si nécessaire la précontrainte au cours de la vie de l'ouvrage ;
- L'intérieur de la solution BP sera éclairé pour l'inspection et la maintenance et des prises de courant pourront également être installées ;
- Un dispositif anti-intrusion interdira l'accès à l'intérieur du caisson

### 4.4.3 - Dispositions particulières aux structures métalliques :

- Un dispositif anti-intrusion constitué par des tôles avec herse soudées à la semelle inférieure et à l'âme sera prévu, dans le but d'interdire le cheminement sur les semelles inférieures des poutres ;
- Une remise en peinture tous les 20 à 30 ans sera à prévoir.

## 5 - SOLUTIONS DE FRANCHISSEMENT

### 5.1 - Longueur de l'ouvrage

La longueur totale du nouvel ouvrage est contrainte par la position des deux culées de part et d'autre de la rivière des Marsouins.

En rive gauche, d'après les sondages de reconnaissances effectués lors des travaux de 2010, la nature géologique du massif de fondation de la culée C0 doit permettre l'implantation d'une culée en tête de talus en veillant toutefois à ne pas l'approcher trop près de la crête. Ce massif est abrupt et soumis à l'érosion + affouillement de ce côté du lit. Compte tenu de la morphologie du TN au droit du nouvel ouvrage la nouvelle culée sera reculée de 5m environ par rapport à celle de l'ouvrage existant. L'altitude de la berge à cet endroit est de l'ordre de 17.75m NGR.

En rive droite, la future culée sera positionnée globalement dans la continuité de la culée C5 de l'ouvrage existant pour ne pas créer de réduction trop importante dans la section hydraulique sous l'ouvrage existant. L'altitude du TN au droit de la nouvelle culée se situerait à une cote approximative de 16.50m NGR.

### 5.2 - Choix de la travure

L'ouvrage existant présente 5 travées irrégulières du fait du réemploi des piles de l'ancienne passerelle Chemin de Fer Réunionnais.

Les objectifs à considérer pour le choix des travées du nouveau franchissement sont :

- Optimiser le coût,
- Minimiser l'obstacle à l'écoulement en implantant les nouveaux appuis au droit des piles existantes uniquement,
- Minimiser le nombre de piles dans le lit mineur pour des questions environnementales, de délais et de coût de construction.
- Ecarter la première pile (P1) de la zone fortement affouillable.
- Structurer la plus simple possible à mettre en place en évitant l'emploi de cintres, ou des techniques et compétences spécifiques.

La longueur totale de la brèche est dictée par la position des culées et l'implantation des appuis intermédiaire est imposée au droit des piles existantes. Aussi la longueur minimale de la travée C0 – P1 au-dessus du lit mineur est imposée et seules 2 travures restent alors pertinentes à étudier :

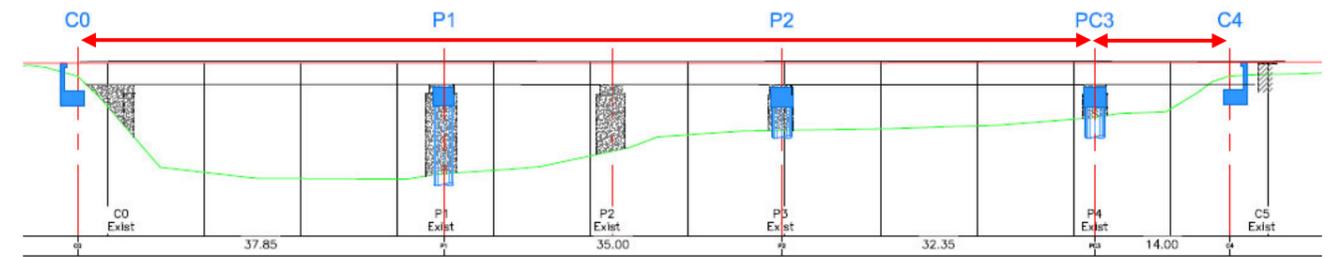
- Un ouvrage à deux travées de l'ordre de 60-65m de portée maximum s'appuyant sur une seule pile intermédiaire dans le lit majeur, au niveau de l'actuelle pile P2 existante (zone moins soumise aux affouillements)
- Un ouvrage à trois travées de l'ordre de 45-50m de portée maximum avec deux piles intermédiaires, une dans le lit mineur au niveau de l'actuelle pile P1 (secteur affouillable) et une autre dans le lit majeur au niveau de P3 existante.

Une solution d'ouvrage isostatique (une seule travée de 120m sans appui dans la rivière) impose une structure par-dessus la chaussée de type bow-string ou en arc unique, avec un rendu visuel inapproprié en comparaison de l'ouvrage existant. Cette solution plutôt « architecturale » est bien plus onéreuse et pas en adéquation avec le budget global de l'opération.

Une solution à 4 travées en conservant des appuis au droit des piles existantes est écartée même si elle est compatible avec la hauteur libre disponible entre le NPHE+1.00m et le profil en long de la chaussée existante. Cette

travure ne diminue pas la portée entre C0 et P1, amène peu d'optimisation de hauteur de tablier possible et nécessite la création d'une pile supplémentaire pour deux petites travées.

De plus, la petite portée de la dernière travée occasionnera des soulèvements d'appuis sur la culée. C'est pourquoi une travée indépendante est préconisée avec un joint de chaussée. Il s'agit en réalité d'un ouvrage à 3 travées + 1 travée indépendante.



**SOLUTION 3 TRAVEES + 1 TRAVEE INDEPENDANTE**

La travure est la suivante : 38.00m – 35.00m – 32.35m + 14.00m et conduit à une hauteur de poutre de l'ordre de 1.50m dans le cas d'un tablier multi-poutres et un rehaussement du profil en long existant d'une dizaine de centimètres.

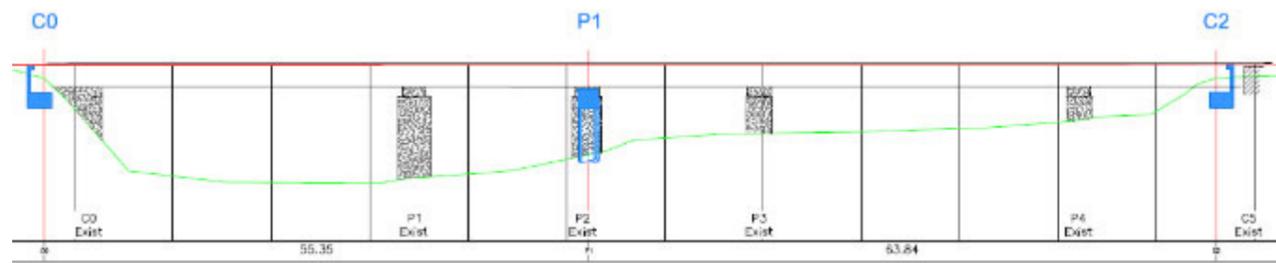
Portée principale (m)	type tablier	ép tablier + chaussée	Z/s poutre mini	Z PL fini	Z PL existant	Δ PL
38.00 m	multi-poutres	2.24 m	15.70 m	17.94 m	17.85 m	0.09 m

Cette travure présente moins d'avantages par rapport à la solution 3 travées et ne sera pas étudiée plus en détail car elle nécessite :

- la réalisation d'une pile supplémentaire aux coût disproportionné (fondation profonde) par rapport à sa hauteur,
- tout de même un rehaussement du profil en long (~10cm) par rapport à celui de l'ouvrage existant.
- La création d'une structure indépendante (plus d'appareils d'appui, joints de chaussée, etc...)

En résumé, la considération de toutes les contraintes listées précédemment conduit à concevoir un pont de ~120m de long entre axes des culées avec un ou deux appuis dans le lit de la rivière alignés sur les piles existantes pour limiter les perturbations hydrauliques sous l'ouvrage.

### 5.2.1 - Solution à 2 travées



SOLUTION DE FRANCHISSEMENT 2 TRAVEES

Toutes les solutions à deux travées avec **une structure par dessous** ne sont pas compatibles avec la hauteur libre disponible. Une remontée du profil en long est nécessaire dans ce cas (valeur ΔPL).

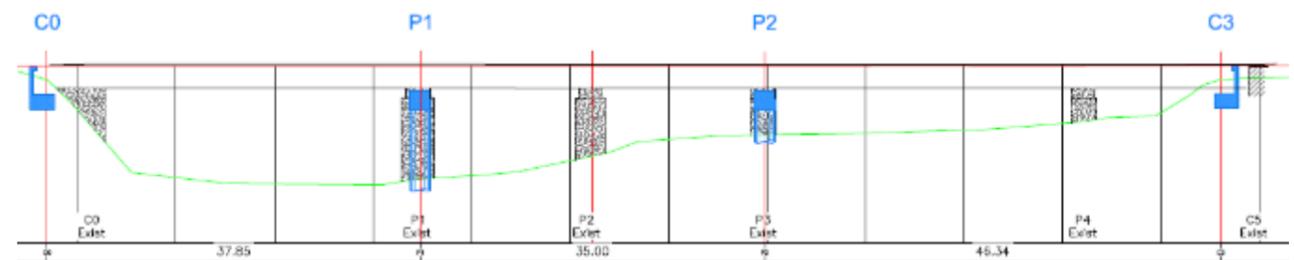
#### Solutions multi-poutre à 2 travées

Portée principale (m)	type tablier	ép tablier + chaussée	Z /s poutre mini	Z PL fini	Z PL existant	Δ PL
50.00 m	multi-poutres	2.74 m	15.70 m	18.44 m	17.85 m	0.59 m
<b>55.00 m</b>	multi-poutres	2.94 m	15.70 m	18.64 m	17.85 m	0.79 m
64.00 m	multi-poutres	3.34 m	15.70 m	19.04 m	17.85 m	1.19 m
50.00 m	bi-caisson BP	2.61 m	15.70 m	18.31 m	17.85 m	0.46 m
<b>55.00 m</b>	bi-caisson BP	2.81 m	15.70 m	18.51 m	17.85 m	0.66 m
64.00 m	bi-caisson BP	3.31 m	15.70 m	19.01 m	17.85 m	1.16 m
64.00 m	bi-caisson Mixte	2.74 m	15.70 m	18.44 m	17.85 m	0.59 m

Le tableau ci-dessus montre qu'un rehaussement du profil en long est nécessaire pour l'ensemble des solutions de franchissement à deux travées et qu'il faudrait une portée maximum de 50m pour proposer une solution compatible avec un rehaussement maximum de 0.50m. Comme la pile intermédiaire ne peut être située qu'au niveau de P2 existant ou P3 existant, la portée minimale est de 55m.

La solution d'un franchissement à deux travées avec un ouvrage à structure « par-dessous » est proposée dans l'analyse multicritère au cas où le projet global d'aménagement du boulevard urbain autorise un rehaussement du profil en long supérieur à 0.50m.

### 5.2.2 - Solution à 3 travées



SOLUTION DE FRANCHISSEMENT A 3 TRAVEES

Portée principale (m)	type tablier	ép tablier + chaussée	Z /s poutre mini	Z PL fini	Z PL existant	Δ PL
47.00 m	multi-poutres	2.64 m	15.70 m	18.34 m	17.85 m	0.49 m
47.00 m	dalle nervurée	2.69 m	15.70 m	18.39 m	17.85 m	0.54 m

Avec une solution de franchissement à 3 travées, la hauteur libre est suffisante pour placer le tablier avec un rehaussement du profil en long de 50cm environ.

### 5.3 - Types de structures écartées :

#### 5.3.1 - Poutres latérales à deux travées

Compte tenu de la faible hauteur libre disponible pour placer le tablier entre le profil en long de l'existant et la cote sous poutre, des solutions à structure « par-dessous » peuvent être envisagées.

Avec un élanement au 1/10 de la portée une solution de tablier à poutres latérales nécessite des poutres longitudinales de 6.40m de hauteur manifestement hors d'échelle, inesthétique dans le site et qui offrent une surface au vent conséquentes. De plus la largeur du tablier étant de l'ordre de 25m, les poutres transversales devront être robustes de l'ordre de 2m de hauteur. In fine la structure sera trop lourde et trop onéreuse.

**Cette solution est écartée. On préfère à cette solution l'étude d'un tablier de type « bow-string ».**

#### 5.3.2 - Pont haubané à deux travées

Ce type d'ouvrage particulièrement bien adapté aux grandes et très grandes portées ne sera pas retenu pour le franchissement de la rivière des Marsouins car son coût prohibitif n'est pas à l'échelle du projet et la technique de réalisation n'est pas courante sur l'île.

Le tablier comporte un pylône au niveau de l'actuelle pile P2 et est constitué de deux mâts avec des haubans placés au niveau des deux TPC de la plateforme où sont déjà positionnés des équipements (dispositifs de retenue, candélabres...). L'implantation des mâts dans les TPC nécessite d'élargir les TPC et de placer des dispositifs de sécurité en protection des haubans et par conséquent élargir encore le tablier.

**Cette solution est également écartée.**

#### 5.3.3 - Bi-caisson en béton précontraint à trois travées

La faible hauteur libre disponible pour faire passer le tablier de l'ouvrage nécessite la réalisation de deux petits caissons en béton précontraint. Du fait du fort élanement imposé par la hauteur libre disponible, la réalisation de deux petits caissons en béton précontraint aboutit à une hauteur faible les rendant difficilement visitables et pas optimum pour le dimensionnement de la précontrainte.

Pour minimiser l'impact sur la rivière et les aléas de crues durant la construction, les caissons ne pourront pas être coulés sur cintre. Le tablier sera alors construit sur une berge puis sera poussé à l'aide de palées provisoires dans le lit.

**Cette solution est écartée. Un pont dalle nervurée est plutôt envisagé.**

### 5.4 - Structures envisagées

- Ouvrage à deux travées :

Les tabliers ci-dessous comportent un choix de structure dite « par-dessous » ou « par-dessus » adaptés aux portées et offrant des techniques de construction et matériaux différents :

- Solution 1 : Tablier multi-poutres mixte à deux travées, (structure dite « par-dessous »)
- Solution 2 : Tablier bi-caissons en béton précontraint, (structure dite « par-dessous »)
- Solution 3 : Tablier bow-String à deux travées, (structure dite « par-dessus »)
- Solution 4 : Tablier bi-caissons mixte, (structure dite « par-dessous »)

■ Ouvrage à trois travées :

Les types de tabliers proposés ci-dessous sont tous compatibles avec des portées modérées et de ce fait ne concerne que des structures « par-dessous » la plateforme. Différentes techniques de construction et type de matériaux sont également représentés :

- Solution 5 : Tablier multi-poutres mixte à trois travées,
- Solution 6 : Tablier dalle nervurée large à hauteur variable

### 5.5 - Géométrie des piles

La largeur importante du tablier et la faible hauteur des piles ne permet pas d'envisager une pile avec un simple fût vertical. Afin de minimiser les actions hydrodynamiques en cas de crue ou de séisme, les piles sont constituées d'un chevêtre reposant sur deux colonnes massives en béton armé de forme circulaires.

La largeur du chevêtre est déterminée en fonction de la disposition des appareils d'appui, des plots de vérinage pour entretien ultérieur, et de manière à laisser suffisamment d'espace pour équiper provisoirement la tête de pile pour la construction du tablier. Toutefois pour limiter l'impact des nouveau appuis sur la section hydraulique, la largeur hors tout ne devra pas dépasser celle des piles existantes.

Le tablier reposera sur des appareils d'appuis en élastomère fretté ou appuis à pots suivant les descentes de charges à reprendre. Un point fixe sera nécessaire sur l'un des appuis en prévision du passage du RRTG sur ouvrage. L'appui le supportant sera dimensionné en conséquence dès la construction de l'ouvrage.

Les fondations de l'ouvrage sont un point spécifique de la conception du nouvel ouvrage.

Plusieurs impératifs s'imposent :

- Réduire la largeur des appuis et des fondations pour optimiser l'obstacle créé aux écoulements torrentiels et réduire les efforts hydrodynamiques et hauteurs d'affouillements ;
- Privilégier les formes circulaires plus adaptées aux contraintes hydrauliques,
- Ancrer les fondations au-delà du niveau maximum d'abaissement du fond du lit majoré de la hauteur des éventuels affouillements localisés,
- Assurer la résistance en flexion des piles et du système de fondation notamment en cas de point fixe du tablier sur pile.

Compte tenu de la nature des sols au droit de la future pile, il sera envisagé des fondations profondes type barrettes pour aller chercher la couche de sol non affouillable située entre la cote  $z = 0.00\text{m}$  et  $+3.00\text{m}$  NGR.

Cette technique est largement répandue sur l'île et limitera les terrassements à proximité des piles existantes. L'excavation des terrains (pouvant être très hétérogènes et avec présence de gros blocs de basalte) peut nécessiter le recours au trépanage et à une pré-fracturation préalable pour encastrer les barrettes.

Les barrettes seront sécantes en forme de H pour offrir une rigidité suffisante nécessaire à la résistance après abaissement du fond du lit et minimiser la taille de la semelle de couverture. Elles permettront de fonder et ancrer les appuis dans la couche de sol non affouillable sans réaliser un volume de fouilles trop importantes dans le lit mineur. Les caractéristiques mécaniques de cette couche étant bonnes, les fondations travailleront uniquement en effort de pointe. Le frottement et la raideur de sol dans les alluvions grossières seront négligés pour leur dimensionnement.

### 5.6 - Parti architectural

Le parti architectural vise à intégrer l'ouvrage dans son environnement, au travers de couleurs sobres et de matrices évocatrices du milieu environnant (galets, végétations) ;

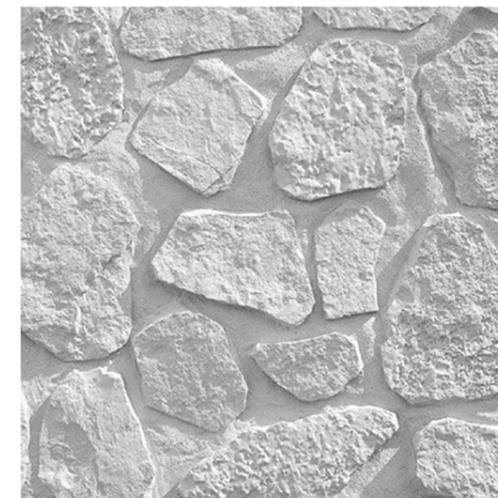
La constitution d'éléments architecturés en bandes de couleurs ou de textures différentes apporte une fragmentation visuelle des éléments de l'ouvrage (piles, poutres, rives du tablier), en éléments perçus d'épaisseur moindre.

La teinte des éléments métalliques est liée au RAL ACQPA :

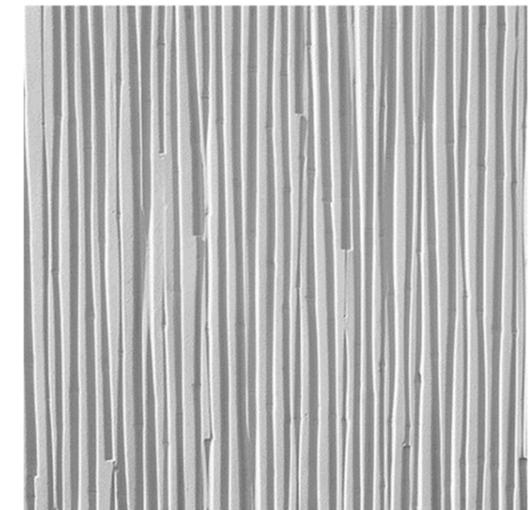
- Ton bleu foncé pour la charpente (RAL 5003)
- Ton Bleu foncé partie supérieure de la corniche (RAL5003)
- Ton Bleu moyen partie inférieure de la corniche (RAL5009)
- Glissière de sécurité : Acier galvanisé gris
- Mat d'éclairage bleu foncé (RAL 5003)

Le traitement des bétons consiste en :

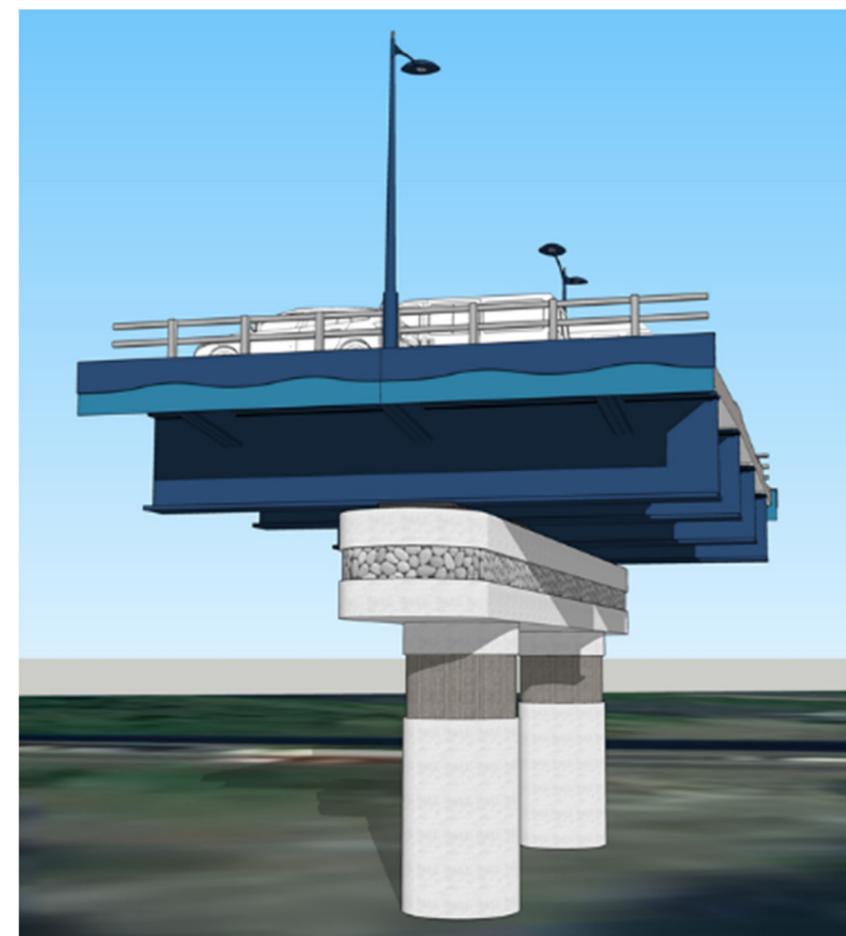
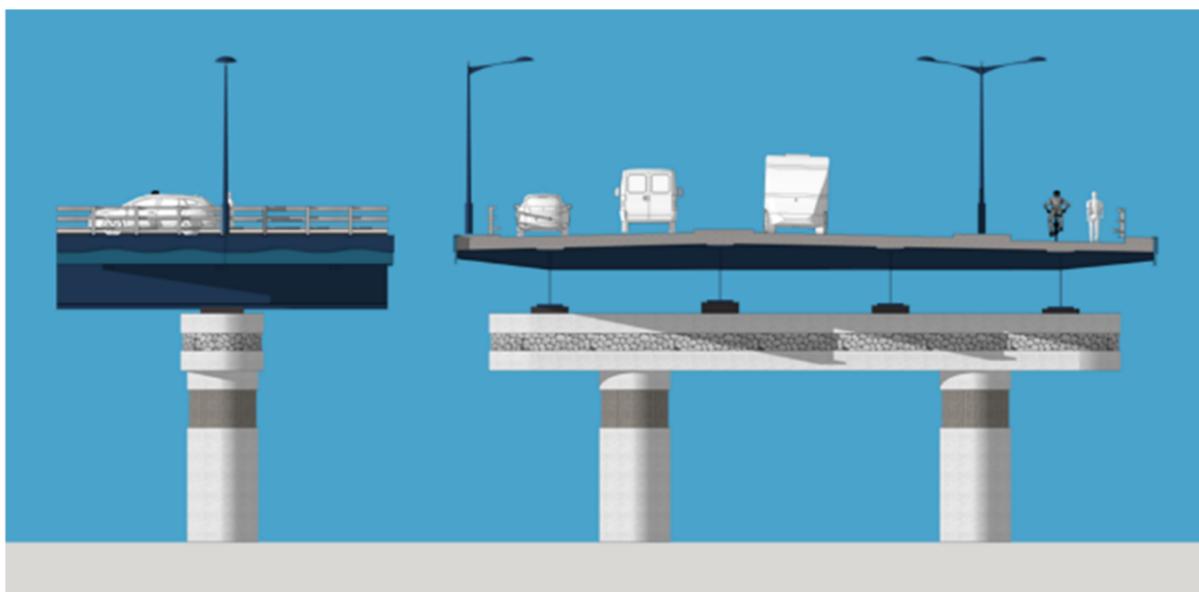
- Béton lisse : béton gris clair aspect lisse – finition soigné
- Béton matricé béton gris + lasure gris foncé
- Matrice poutre de type galet : Reckli La Réunion ou similaire
- Matrice fûts de type végétal : Reckli Inn ou similaire



MATRICE TYPE GALET RECKLI LA REUNION



MATRICE RECKLI INN



## 5.7 - Contraintes communes à l'ensemble des solutions

### 5.7.1 - Accès au lit majeur

Les travaux de fondations et de construction des piles intermédiaires nécessiteront la création d'un accès dans le lit majeur de la rivière comme déjà réalisé lors des travaux de confortements des piles du pont existant en 2010. Compte tenu de la topographie du site et de la position du lit mineur en rive gauche, l'accès au lit majeur pour la réalisation des appuis se fera de fait depuis la rampe d'accès existante en rive droite.

### 5.7.2 - Activités en exploitation à maintenir pendant les travaux

Les travaux de construction de l'ouvrage auront très peu d'impact sur le trafic actuel. La circulation sera maintenue sur l'ouvrage existant le temps des travaux de construction du nouvel ouvrage.

Une fois terminé, la circulation sera basculée provisoirement sur le nouvel ouvrage (2x 1 voie) pour réaliser les travaux d'entretien du pont existant (étanchéité, remplacement des appareils d'appuis).

### 5.7.3 - Contraintes hydrauliques générales

Quelle que soit la solution retenue, la construction d'un ouvrage occasionnera la réalisation d'un chemin d'accès dans le lit majeur de la rivière pour la réalisation de la pile et de ses fondations. Les travaux seront réalisés de préférence pendant les saisons sèches pour s'affranchir du risque de crue.

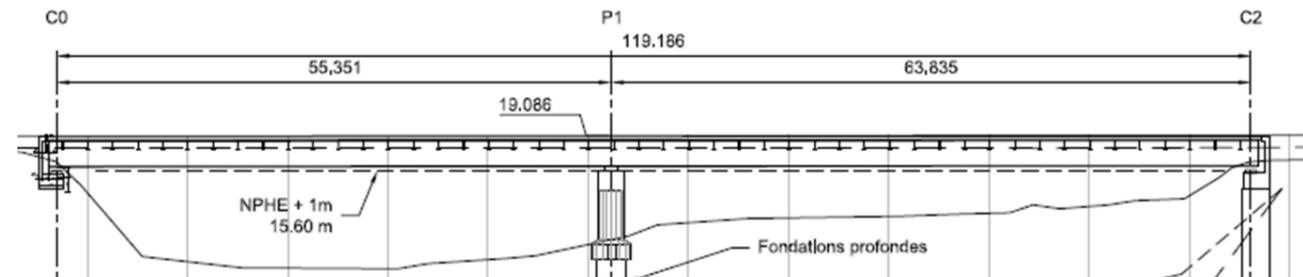
Des précautions seront également à prendre pour empêcher la pollution de la rivière en phase travaux.

## 5.8 - Solution 1 : Tablier multi-poutres mixte à deux travées

### 5.8.1 - Description de la solution

Le tablier du nouvel ouvrage supportera un sens de circulation VL+PL, la voie TCSP en position unilatérale ou axiale et la VVR. L'autre sens de circulation VL+PL est maintenu sur l'ouvrage existant. Transversalement l'implantation des voies peut être totalement modulable et convient à la configuration TCSP axial et latéral.

La répartition des travées de cette solution est : 56 m – 64 m, soit une longueur totale de 120 m.



La pile intermédiaire est construite dans le prolongement de la pile P2 de l'ouvrage existant. La culée C2 est légèrement avancée par rapport à la culée rive droite existante pour diminuer la plus grande portée de l'ouvrage (portée dimensionnante).

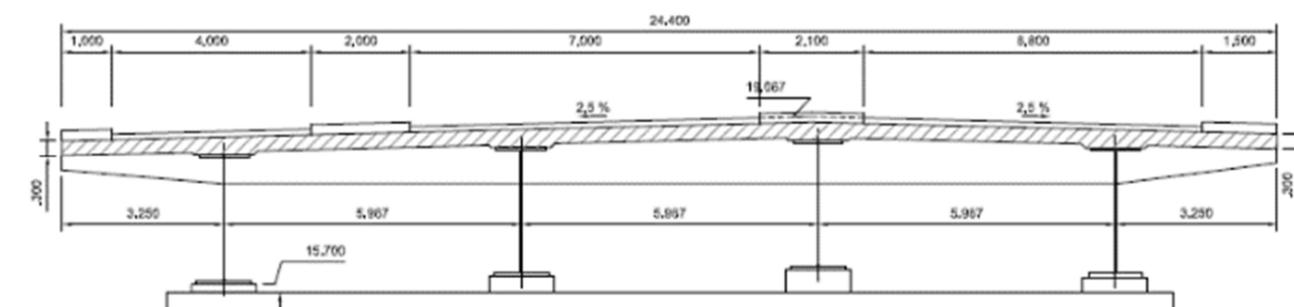
Cette solution présente l'avantage de minimiser le nombre d'appuis dans la rivière et tous les inconvénients que cela comporte (impact hydraulique, terrassements, barrettes...). En revanche elle est plus consommatrice d'acier de charpente et les descentes de charges verticales sont plus importantes par appuis.

### 5.8.2 - Tablier

Le tablier est un quadri-poutres mixte acier-béton, avec poutres en forme de I, de hauteur constante égale à 2,60 m (élanement 1/30ème). La voie VVR est également supportée par le tablier.

Compte tenu de la hauteur des poutres et du dévers, cette solution nécessite de relever le profil en long d'un mètre par rapport à celui de l'ouvrage existant, ce qui n'est à priori pas compatible avec les contraintes géométriques de demi échangeur de Leconardel et de l'aménagement du carrefour de Bras canot.

Transversalement, le hourdis béton est appuyé sur des pièces de pont espacées tous les 4.00 m environ. Il mesure 25 cm d'épaisseur au minimum et 35cm au droit des poutres.



Pour mémoire cette solution n'est pas compatible avec le profil en long de l'ouvrage actuel et nécessite un rehaussement du profil en long supérieur à un mètre.

### 5.8.3 - Contraintes constructives particulières

L'ossature métallique du tablier pourra être assemblée en rive gauche sur une plateforme de montage pour ensuite être lancée à l'aide d'un avant bec ou posée à la grue par tronçon. La plateforme sert de couche de fondation au rehaussement du profil en long. Par conséquent, les travaux du nouvel ouvrage sont réalisés avant la plateforme routière à proximité.

Une pose à la grue sur palées provisoires pour la grande travée est également envisageable dans le lit majeur.

Le hourdis peut être coulé en place ou préfabriqué en partie ou complètement. L'emploi de prédalle est particulièrement adapté et on évite la réalisation d'un coffrage au-dessus du lit de la rivière. La largeur du tablier complique le bétonnage avec un équipement mobile.

Cette solution ne nécessite pas l'usage de cintre dans le lit de la rivière ce qui est favorable d'un point de vue hydraulique.

Le fait de pouvoir lancer la structure ou de la poser à la grue limite les interventions dans le lit de la rivière. Ses techniques courantes sont réalisables sans palées provisoires intermédiaires dans le lit.

### 5.8.4 - Coût de l'ouvrage

Par retour d'expériences et en tenant compte du contexte sur l'île, le prix par mètre carré de tablier d'un multi poutres mixte est estimé à ~4500€/m<sup>2</sup>.

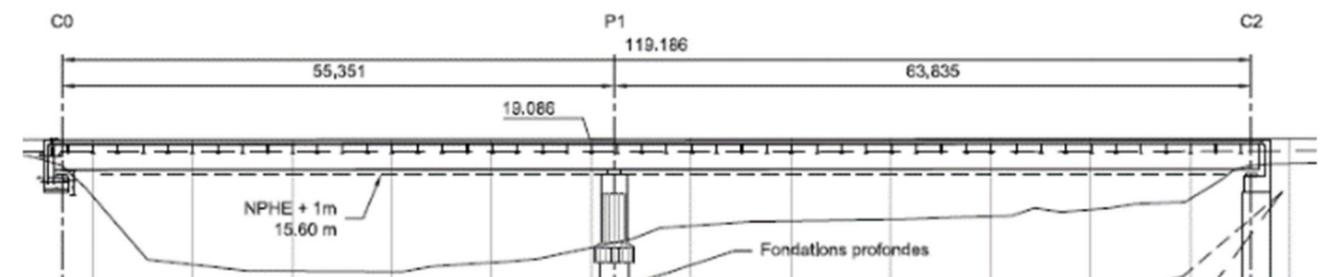
Le tablier ayant une surface de 120m x 24,40m ~ 2930 m<sup>2</sup> le prix de l'ouvrage est de l'ordre de 13 200 000 € HT

## 5.9 - Solution 2 : tablier bi-caissons en béton précontraint à deux travées

### 5.9.1 - Description de la solution

Le tablier du nouvel ouvrage supportera un sens de circulation VL+PL, la voie TCSP en position unilatérale ou axiale et la VVR. Transversalement l'implantation des voies peut être totalement modulable et convient à la configuration TCSP axial et latéral. L'autre sens de circulation VL+PL étant maintenu sur l'ouvrage existant.

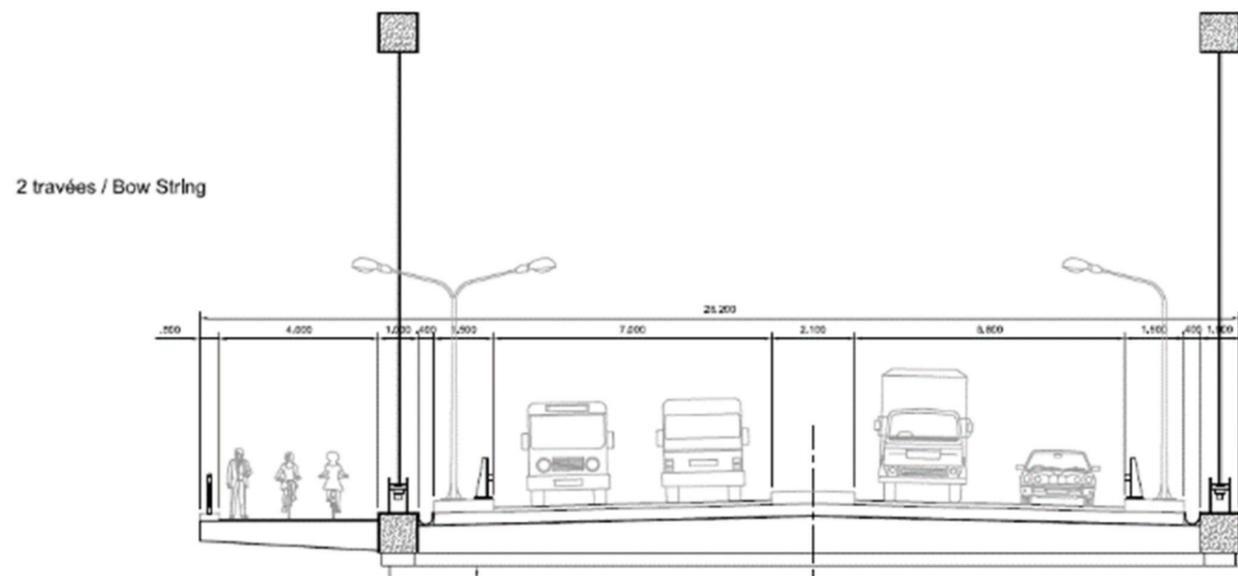
La répartition des travées de cette solution est : 56 m – 64 m, soit une longueur totale de 120 m.



La pile intermédiaire est construite dans le prolongement de la pile P2 de l'ouvrage existant. La culée C2 est légèrement avancée par rapport à la culée rive droite existante pour diminuer la plus grande portée de l'ouvrage (portée dimensionnante).

Compte tenu de la hauteur du tablier et du dévers, cette solution nécessite également de relever le profil en long de plus d'un mètre par rapport à celui de l'ouvrage existant, ce qui n'est à priori pas compatible avec les contraintes géométriques de demi échangeur de Leconardel et de l'aménagement du carrefour de Bras canot.





Pour limiter la largeur du tablier, la voie VVR sera accolée au tablier à l'aide d'une passerelle en console. La largeur du tablier hors tout est de 26,20m, décomposée en 21,70m pour les voies TCSP et VL+PL et 4,50m de voie VVR. Cette solution est plus large que les solutions déjà présentées du fait du positionnement de la plateforme entre les suspentes du bow-string et de leur protection contre les chocs de véhicules.

Ce profil en travers est plus symétrique et permet d'écouler les eaux de chaussée vers des corniches caniveau placées entre le hourdis et les suspentes.

### 5.10.3 - Contraintes constructives particulières

L'ouvrage est construit en deux parties distinctes (une par travée) sur une rive puis est lancé sur les appuis définitifs avec l'aide d'un avant bec. Des palées provisoires seront nécessaires pour la travée la plus importante au-dessus du lit majeur (en rive droite).

Les premières couches de peinture seront réalisées en usine et seule une couche de finition sera appliquée sur chantier une fois la structure en position sur ces appuis définitifs.

### 5.10.4 - Coût de l'ouvrage

Par retour d'expériences et en tenant compte du contexte de prix sur l'île, le prix au mètre carré de tablier d'un bow string est estimé à ~8 000€/m<sup>2</sup>.

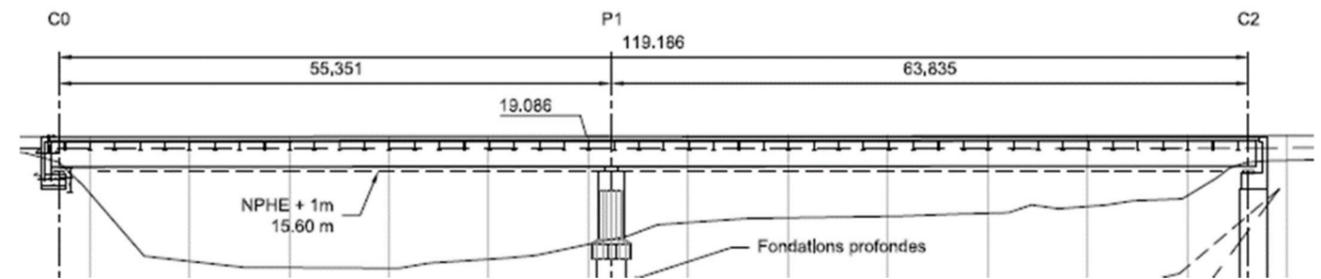
Le tablier ayant une surface de 120m x 26,20m ~ 3145 m<sup>2</sup> le prix de l'ouvrage est estimé à 25 200 000 € HT.

## 5.11 - Solution 4 – tablier Bi caissons mixte à deux travées

### 5.11.1 - Description de la solution

Cette solution est quasi identique à la solution 2 (bi caisson en béton précontraint) mais permet de proposer une variante mixte acier –béton avec un meilleur élanement et plus rapide à mettre en œuvre. La charpente peut être lancée sans le hourdis.

L'ouvrage est à deux travées avec une répartition de : 56 m –64 m, soit une longueur totale de 120 m.

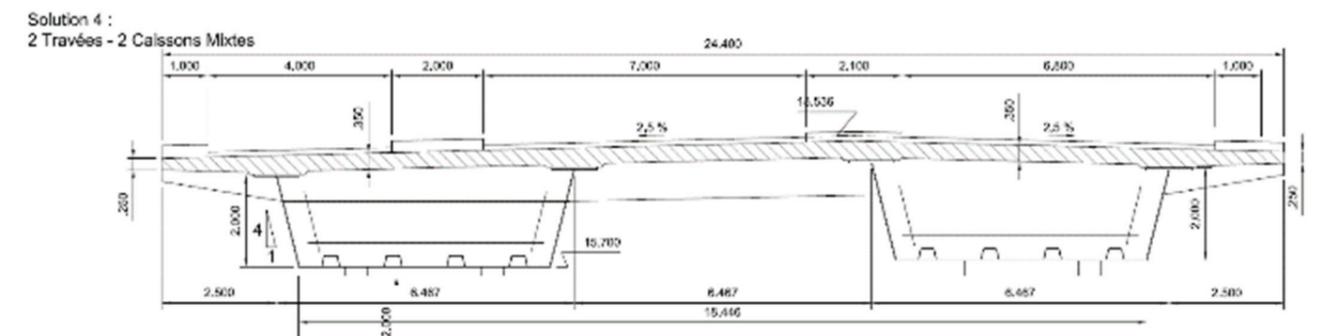


### 5.11.2 - Tablier

Le tablier est un bi-caisson mixte de hauteur constante avec des pièces de pont et des consoles. La hauteur des âmes est de 2.00m minimum ce qui correspond à un élanement au 1/32<sup>ème</sup>.

Les pièces de pont sont disposées selon un entraxe voisin de 4 m et sont couplées. Elles se prolongent sous les parties en encorbellement de la dalle par des consoles de hauteur variable.

La dalle présente les mêmes caractéristiques et modalités d'exécution que la dalle des multi-poutres à pièces de pont. Il s'agit donc d'une dalle mince d'épaisseur constante.



Pour mémoire cette solution n'est pas compatible avec le profil en long de l'ouvrage actuel et nécessite un rehaussement du PL de l'ordre de 60cm.

### 5.11.3 - Contraintes constructives particulières

L'ossature métallique du tablier est assemblée en rive gauche sur une plateforme de montage pour ensuite être lancée à l'aide d'un avant bec ou posée à la grue par tronçon. La plateforme servira de couche de fondation au rehaussement du profil en long. Par conséquent, les travaux du nouvel ouvrage sont réalisés avant la plateforme routière à proximité. Une pose à la grue sur palées provisoires pour la grande travée est également envisageable dans le lit majeur.

Le hourdis supérieur peut être coulé en place ou préfabriqué en partie ou complètement. Cependant, l'emploi de prédalle est particulièrement adapté avec des pièces de pont et on évite la réalisation d'un coffrage au-dessus du lit de la rivière. La largeur du tablier complique le bétonnage avec équipement mobile.

Cette solution ne nécessite pas l'usage de cintre dans le lit de la rivière ce qui est favorable d'un point de vue hydraulique. Le fait de pouvoir lancer la structure limite les interventions dans le lit de la rivière. Ses techniques courantes ne nécessitent pas de palées intermédiaires dans le lit.

Dans le cas où une palée provisoire serait utilisée pour la mise en place de la charpente, l'opération de lancement ne dure qu'un laps de temps réduit ce qui serait sans grande incidence sur la section hydraulique.

### 5.11.4 - Coût de l'ouvrage

Par retour d'expériences et en tenant compte du contexte de prix sur l'île, le prix au mètre carré de tablier est estimé à ~6 000€/m<sup>2</sup>.

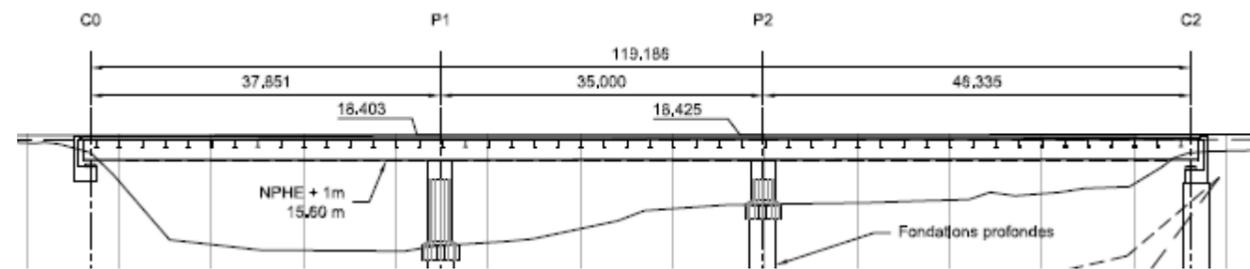
Le tablier ayant une surface de 120m x 24,400m ~ 2930 m<sup>2</sup> le prix de l'ouvrage est de l'ordre de 17 580 000 € HT

## 5.12 - Solution 5 – tablier multi-poutres mixtes à trois travées

### 5.12.1 - Description de la solution

Le tablier du nouvel ouvrage supportera un sens de circulation VL+PL, la voie TCSP en position unilatérale ou axiale et la VVR. L'autre sens de circulation VL+PL est maintenu sur l'ouvrage existant. Transversalement l'implantation des voies peut être totalement modulable et convient à la configuration TCSP axial et latéral.

La répartition des travées de cette solution est : 38 m – 35 m – 46m, soit une longueur totale de 120 m environ.



Les piles intermédiaires sont construites dans le prolongement des piles P1 et P3 de l'ouvrage existant. La culée C2 est légèrement avancée par rapport à la culée rive droite existante pour diminuer la plus grande portée de l'ouvrage (portée dimensionnante).

La pile P1 est positionnée dans le lit mineur là où les affouillements sont les plus importants. La hauteur hors sol de la pile P2 est plus petite que la pile P1 donc plus raide. En revanche ses fondations seront plus conséquentes car la couche de sol non affouillable est plus profonde.

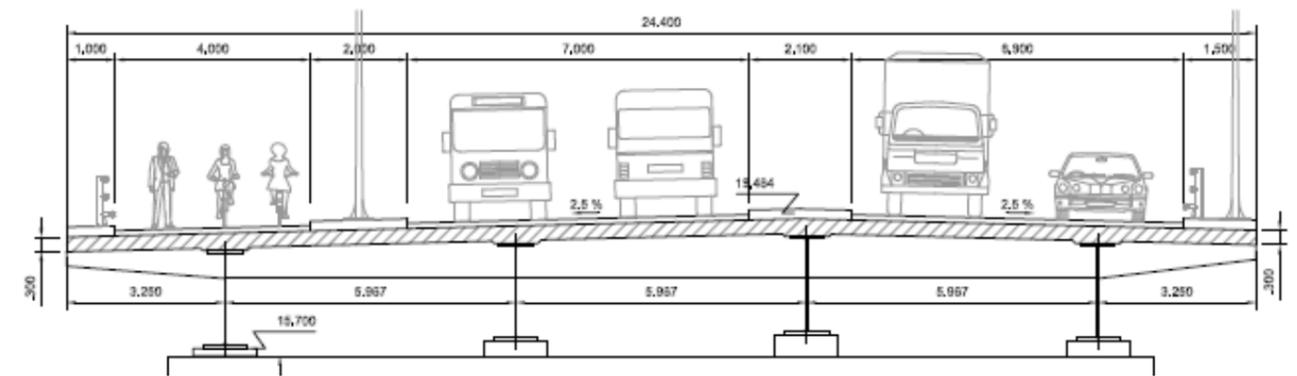
Cette solution présente un appui de plus dans le lit de la rivière avec les inconvénients que cela comporte (impact hydraulique, terrassements...). En revanche les portées sont diminuées et la répartition de charpente est plus optimum qu'avec un ouvrage à 2 travées. Les descentes de charges verticales sont moins importantes par appuis.

### 5.12.2 - Tablier

Le tablier est un quadri-poutres mixte, avec poutres en forme de I, de hauteur constante égale à 2,00 m (élanement 1/30ème). La voie VVR circule sur le hourdis du tablier.

Compte tenu de la hauteur des poutres et du dévers, cette solution nécessite de relever le profil en long de 50cm par rapport à celui de l'ouvrage existant, ce qui reste compatible avec les contraintes géométriques du demi échangeur de Leconardel et de l'aménagement du carrefour de Bras canot.

Transversalement, le hourdis supérieur béton est appuyé sur des pièces de pont espacées tous les 4.00 m environ. Il mesure 25 cm d'épaisseur au minimum et 35cm au droit des poutres.



Pour mémoire cette solution n'est pas compatible avec la hauteur libre disponible si le profil en long de l'ouvrage actuel est conservé comme référence et nécessite un rehaussement du PL de 50cm environ.

### 5.12.3 - Contraintes constructives particulières

Pour permettre la réalisation des barrettes de la pile P1 (appui proche du lit mineur), une plateforme en remblai est avancée dans le lit mineur et fait office de digue pour la réalisation de la base de la pile (semelle + base du fût). Toutes les dispositions nécessaires pour éviter le risque de pollution du cours d'eau seront prises en compte.

L'ossature métallique du tablier est assemblée en rive gauche sur une plateforme de montage pour ensuite être lancée à l'aide d'un avant bec ou posée à la grue par tronçon. La plateforme sert de couche de fondation au rehaussement du profil en long. Par conséquent, les travaux du nouvel ouvrage sont être réalisés avant la plateforme routière à proximité.

Le hourdis peut être coulé en place ou préfabriqué en partie ou complètement. Cependant, l'emploi de pièces de ponts autorise la réalisation de prédalle pour le bétonnage du hourdis et dispense d'un coffrage au-dessus du lit de la rivière. La largeur importante du tablier complique le bétonnage du hourdis avec équipement mobile.

Cette solution ne nécessite pas l'usage de cintre dans le lit de la rivière ce qui est favorable d'un point de vue hydraulique.

Le fait de pouvoir lancer la structure à l'aide d'un avant bec, ou de poser à la grue limite les interventions dans le lit de la rivière. Ses techniques courantes ne nécessitent pas de palées intermédiaires dans le lit.

Dans le cas où une palée provisoire serait utilisée pour la mise en place de la charpente, l'opération de lancement ne dure qu'un laps de temps réduit ce qui serait sans grande incidence sur la section hydraulique.

### 5.12.4 - Coût de l'ouvrage

Par retour d'expériences et en tenant compte du contexte de prix sur l'île, le prix au mètre carré de tablier d'un multi poutres mixte est estimé à ~4500€/m<sup>2</sup>. A ce stade, le prix est identique à la solution multi-poutres à 2 travées, le gain sur le poids de charpente étant absorbé par la construction d'une pile supplémentaire avec fondations profondes.

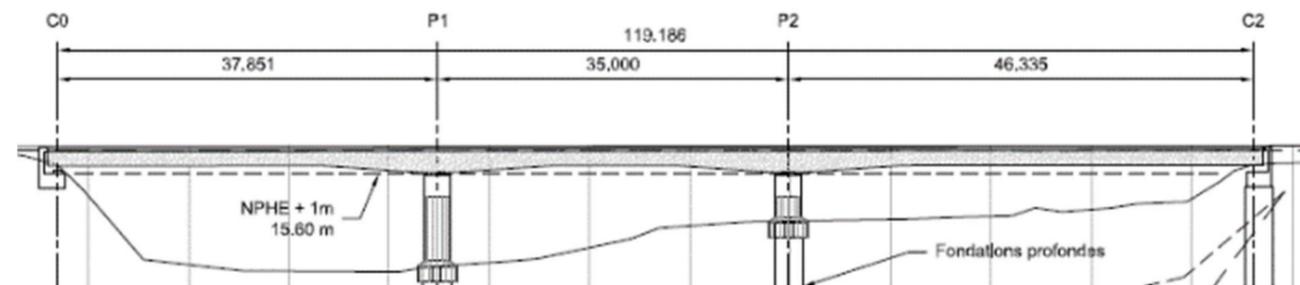
Le tablier ayant une surface de 120m x 24,40m ~ 2930 m<sup>2</sup> le prix de l'ouvrage est de l'ordre de 13 200 000 € HT

## 5.13 - Solution 6 – tablier dalle nervurée à hauteur variable en béton précontraint

### 5.13.1 - Description de la solution

Le tablier du nouvel ouvrage supportera un sens de circulation VL+PL, la voie TCSP en position unilatérale ou axiale et la VVR. L'autre sens de circulation VL+PL est maintenu sur l'ouvrage existant. Transversalement l'implantation des voies peut être totalement modulable et convient à la configuration TCSP axial et latéral.

La répartition des travées de cette solution est : 38 m – 35 m – 46m, soit une longueur totale de 120 m environ.

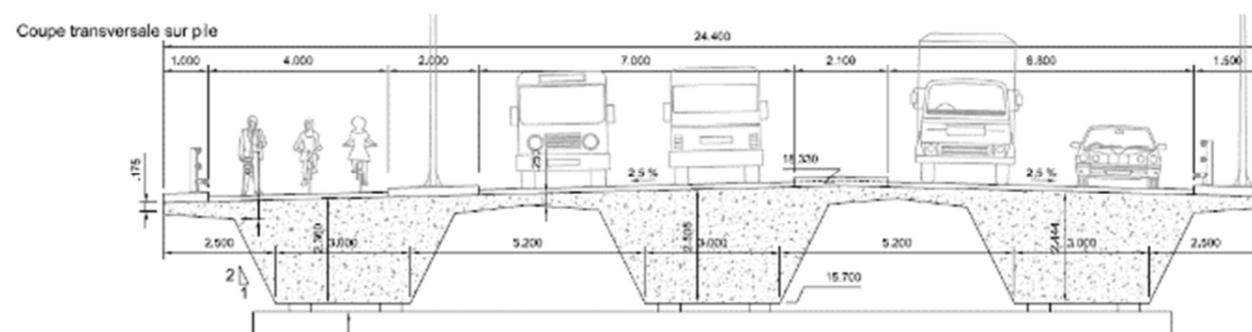


Les piles intermédiaires sont construites dans le prolongement de la pile P1 et P3 de l'ouvrage existant. La culée C2 est légèrement avancée par rapport à la culée rive droite existante pour diminuer la plus grande portée de l'ouvrage (portée dimensionnante). La pile P1 est positionnée dans le lit mineur là où les affouillements sont les plus importants. La hauteur hors sol de la pile P2 plus petite que la pile P1 donc plus raide. En revanche ses fondations sont plus conséquentes (couche de sol non affouillable plus profonde).

Cette solution présente un appui de plus dans le lit de la rivière avec les inconvénients que cela comporte (impact hydraulique, terrassements...).

### 5.13.2 - Tablier

Le tablier est une dalle nervurée de hauteur variable avec des nervures larges. L'épaisseur minimum du tablier est de 1.60m à mi travée et de 2.30m sur appui ce qui correspond à un élancement au 1/30<sup>ème</sup> en travée et 1/20<sup>ème</sup> sur appuis intermédiaires.



Pour mémoire cette solution n'est pas compatible avec le profil en long de l'ouvrage actuel et nécessite un rehaussement du PL de l'ordre de 60cm.

### 5.13.3 - Contraintes constructives particulières

Pour permettre la réalisation des barrettes de la pile P1 (appui le plus avancé dans le lit mineur), une plateforme en remblai est avancée dans le lit mineur et qui fit office de digue pour la réalisation de la base de la pile (semelle + base du fût). Toutes les dispositions nécessaires pour éviter le risque de pollution du cours d'eau seront prises en compte.

Ce type de tablier est construit sur un cintre général dans le lit de la rivière des Marsouins le temps de la réalisation du tablier (plusieurs mois). Le cintre de la travée de rive gauche sera particulièrement complexe à réaliser du fait de la présence du lit mineur. Avec cette solution, l'impact sur la section hydraulique est important.

La réalisation des travaux sera imposée pendant la saison sèche pour minimiser les risques de crues.

### 5.13.4 - Coût de l'ouvrage

Par retour d'expériences et en tenant compte du contexte de prix sur l'île, le prix au mètre carré de tablier d'un pont en béton précontraint à dalle nervurée de hauteur variable coulé sur cintre est estimé à ~4000€/m<sup>2</sup>.

Le tablier ayant une surface de 120m x 24,40m ~ 2930 m<sup>2</sup> le prix de l'ouvrage est de l'ordre de 11 720 000 € HT

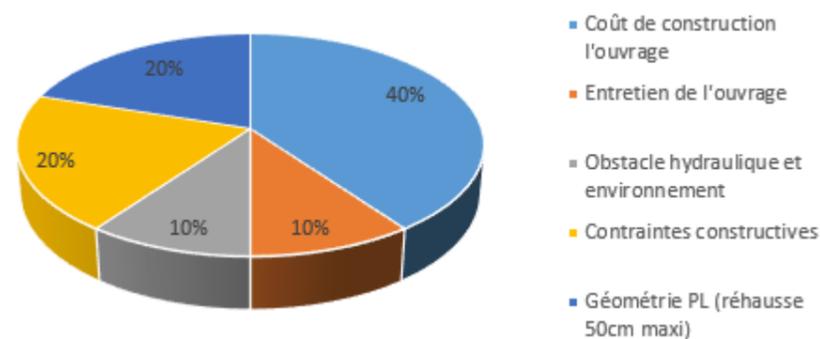
## 6 - ANALYSE MULTI-CRITERES

### 6.1.1 - Définition des critères et pondérations

Les critères retenus pour l'analyse sont les suivants :

- Le coût de construction de l'ouvrage,
- L'entretien de l'ouvrage (coût et facilité de visite),
- L'impact hydraulique et environnemental des appuis dans le lit de la rivière à long terme (après la construction),
- Les contraintes de construction du tablier et des appuis (évaluation à court terme),
- L'épaisseur du tablier et l'impact sur le profil en long de la plateforme.

Une pondération est affectée aux critères en fonction de leur importance dans le choix de la meilleure solution. Le poids attribué à chaque critère est proposé comme suit :



Les deux critères économiques du coût de construction de l'ouvrage (court terme) et de son entretien (long terme) présentent une pondération à hauteur de 50%. Le coût de l'ouvrage reste un critère primordial pour respecter l'enveloppe financière d'autant plus qu'avec une surface de tablier de l'ordre de 3000m<sup>2</sup>, le nouvel ouvrage de franchissement présente une part importante du budget global de l'opération. La pondération de ce critère incite à retenir une structure simple à réaliser et sobre architecturalement.

Les autres critères concernent la technique et la géométrie intrinsèque à l'ouvrage. Ils sont pondérés par ordre d'importance comme suit :

- La compatibilité de l'épaisseur du tablier avec la hauteur libre disponible et le rehaussement du profil en long du nouveau franchissement qui est fortement contraint par le demi échangeur de Conardel en rive gauche et l'aménagement du carrefour de Bras Canot en rive droite,
- Les contraintes constructives pour mettre en évidence les solutions de constructions couramment employées et l'impact sur le lit de la rivière et la section hydraulique à court terme pendant la durée des travaux,
- La présence d'obstacles hydrauliques et perturbation environnementale sur le long terme (supérieur à la durée de construction) est un facteur important pour les inondations. Même si ce critère est un enjeu majeur de l'opération, sa pondération est minimisée car les solutions proposées ont toutes moins d'appuis que l'ouvrage existant et ont sensiblement le même impact environnemental.

En conclusion, la pondération retenue affecte au critères économiques autant d'importance qu'aux critères techniques afin de mettre en évidence les meilleures solutions technico-économiques.

### 6.1.2 - Méthodologie d'analyse

Ces cinq critères donnent lieu à des évaluations pour chaque solution avec le principe suivant :

- Pour chacun des cinq critères, selon l'importance de l'effet attendu, les points alloués à chacune des solutions vont de 0 à 1 par pas de 0,25. La note 0 représente l'effet minimum et 1 l'effet maximum.
- Les produits de ces cotations par les pondérations allouées aux critères correspondants donnent des notes par critère dont l'addition permet de comparer les solutions, celle ayant le score total le plus élevé étant réputée être celle ayant l'effet global le meilleur.

### 6.1.3 - Evaluation des critères par solution

#### 6.1.3.1 - Cout de l'ouvrage :

Pour comparer les solutions entre elles, on évalue à 75% de ce critère le prix du tablier et 25% l'incidence financière d'une pile supplémentaire pour les solutions à 3 travées.

	Coût de l'ouvrage		
	tablier Note max = 0.75	Pile suppl. Note max = 0.25	Note totale
<b>Solution 1</b> : Multi-poutres mixte	0.5	0.25	<b>0.75</b>
<b>Solution 2</b> : Bi-caisson béton précontraint	0.25	0.25	<b>0.5</b>
<b>Solution 3</b> : Bow-string	0	0.25	<b>0.25</b>
<b>Solution 4</b> : Bi-caisson mixte	0.25	0.25	<b>0.5</b>
<b>Solution 5</b> : Multi-poutres mixte	0.75	0	<b>0.75</b>
<b>Solution 6</b> : Dalle nervurée hauteur variable	0.5	0	<b>0.5</b>

Les structures multi-poutres mixtes ont l'avantage d'être rapide à construire et lançable depuis les rives ce qui en fait des solutions économiques. Dans des gammes de portée de 60-70m sans difficulté de mise en place particulière, les ponts en béton précontraint sont presque toujours plus chers que des ouvrages mixtes.

La longueur de l'ouvrage ne justifie pas la préfabrication de caissons en béton précontraint pour un regain de compétitivité.

Une structure mixte à trois travées se rapprochera de l'optimum économique en poids de charpente et donc en coût de tablier par rapport à une solution à 2 travées (épaississement des tôles pour minimiser la flèche vis-à-vis du RRTG...).

Un tablier bi-caissons mixte permet de proposer un meilleur élancement mais sa fabrication et sa mise en place plus complexe lui confère un coût sensiblement plus élevé que le multi-poutres.

La structure de type bow-string est de par sa géométrie plus complexe à réaliser et par conséquent beaucoup plus onéreuse.

Les tabliers à dalle nervurée en béton précontraint restent compétitifs en coût de construction pour cette gamme de portée mais un cintre général doit être utilisé sur une longue durée ce qui pénalise financièrement la solution.

### 6.1.3.2 - Entretien de l'ouvrage

L'entretien de l'ouvrage est évalué selon 2 thèmes.

Le premier concerne la technique et la compatibilité de réaliser des inspections détaillées avec le type de structure (hauteur intérieur de caisson...). La notation maximum n'est que de 0.25 car d'autres techniques de substitution pourront être envisagées (nacelles positives dans le lit majeur, cordistes, drones, téléobjectif...).

Le second thème traite de la durabilité des matériaux et du coût d'entretien du tablier.

	Entretien de l'ouvrage		
	Visite Note max= 0.25	Entretien Note max =0.75	Note totale
<b>Solution 1</b> : Multi-poutres mixte	0.25	0.25	<b>0.5</b>
<b>Solution 2</b> : Bi-caisson béton précontraint	0.25	0.75	<b>1</b>
<b>Solution 3</b> : Bow-string	0	0.25	<b>0.25</b>
<b>Solution 4</b> : Bi-caisson mixte	0.25	0.5	<b>0.75</b>
<b>Solution 5</b> : Multi-poutres mixte	0.25	0.25	<b>0.5</b>
<b>Solution 6</b> : Dalle nervurée hauteur variable	0.25	0.75	<b>1</b>

Pour les visites d'ouvrages, le type de structure différencie peu le coût des inspections. Seule la solution de type bow-string est un peu plus problématique car les suspentes empêchent le déploiement d'une passerelle négative, machine la plus adaptée à l'inspection de l'intrados des tabliers larges. De plus la voie VVR en encorbellement est incompatible avec l'usage d'une nacelle négative.

Concernant l'entretien, le coût de remplacement des superstructures (joints de chaussée, réfection d'étanchéité, remplacement d'appareils d'appuis...) est identique pour chaque solution et par conséquent n'entre pas dans l'analyse.

En revanche, les solutions avec une charpente métallique nécessitent une remise en peinture tous les 30 ans environ. Cette opération est d'autant plus délicate que l'ouvrage franchit une rivière (échafaudage d'accès et de protection du cours d'eau). La solution bi-caissons mixte nécessite moins de surface de remise en peinture que la solution multi-poutres.

De manière générale, un tablier en béton sera moins onéreux en entretien.

### 6.1.3.3 - Présence d'obstacle et impact hydraulique et environnemental :

Le troisième critère concerne l'impact hydraulique et environnemental du nouvel ouvrage sur la rivière des Marsouins sur le long terme (après travaux). L'hydraulique notamment est une contrainte naturelle majeure du projet (Il est fait abstraction du problème de hauteur libre disponible qui fait l'objet d'un critère spécifique).

	Obstacle hydraulique et environnement		
	Environnement Note max=0.25	hydraulique Note max=0.75	Note totale
<b>Solution 1</b> : Multi-poutres mixte	0.25	0.75	<b>1</b>
<b>Solution 2</b> : Bi-caisson béton précontraint	0.25	0.75	<b>1</b>
<b>Solution 3</b> : Bow-string	0	0.75	<b>0.75</b>
<b>Solution 4</b> : Bi-caisson mixte	0.25	0.75	<b>1</b>
<b>Solution 5</b> : Multi-poutres mixte	0.25	0.5	<b>0.75</b>
<b>Solution 6</b> : Dalle nervurée hauteur variable	0.25	0.5	<b>0.75</b>

Il n'y a pas de contrainte écologique forte recensée qui pourrait différencier les solutions à l'exception du tablier « Bow string » qui peut représenter une gêne dans le corridor de déplacement des oiseaux marins entre leurs sites d'alimentation (océan) et de reproduction (hauts de l'île et ravines).

Hydrauliquement, les solutions à 2 travées sont mieux notées que les solutions à 3 travées qui auront une pile supplémentaire dans le lit de la rivière.

### 6.1.3.4 - Contraintes constructives :

Les contraintes constructives évaluent à la fois les méthodes de construction employées (aire de fabrication, plateforme de lancement, appuis provisoires et fondations dans le lit...), l'emploi de matériaux ou de techniques couramment utilisées et l'impact sur l'hydraulique durant les travaux.

De fait ce critère pénalisera :

- les structures innovantes, nécessitant des moyens exceptionnels et un savoir-faire spécifique non disponible sur l'île.
- Les constructions qui engageront la section hydraulique durant les travaux (cintres, palés provisoires...)

	Contraintes constructives		
	Réalisation Note max = 0.50	Impact lit travaux Note max = 0.50	Note totale
( Evaluation à court terme )			
<b>Solution 1</b> : Multi-poutres mixte	0.5	0.5	<b>1</b>
<b>Solution 2</b> : Bi-caisson béton précontraint	0.25	0.25	<b>0.5</b>
<b>Solution 3</b> : Bow-string	0	0.5	<b>0.5</b>
<b>Solution 4</b> : Bi-caisson mixte	0.25	0.5	<b>0.75</b>
<b>Solution 5</b> : Multi-poutres mixte	0.5	0.5	<b>1</b>
<b>Solution 6</b> : Dalle nervurée hauteur variable	0.25	0	<b>0.25</b>

Les structures multi poutres mixte sont des techniques de construction courantes et rapides à mettre en œuvre et avec une incidence mineure sur la section hydraulique à court terme du fait qu'elles peuvent être lancées depuis la rive avec la charpente seule.

Le tablier en caissons béton précontraint sera certainement coulé sur cintre sur une rive puis mis en tension avant d'être poussé sur appui. Sa construction un peu plus technique qu'une structure mixte nécessitera, en plus du coffrage, des palées provisoires dans le lit majeur pour le poussage (opération de courte durée à l'échelle des travaux) et un taux de précontrainte plus élevé pour le poussage.

Le tablier Bow string est de plus complexe à réaliser. Il sera construit en deux ouvrages (un par travée) et sa mise sur appui n'impactera pas ou peu la section hydraulique (une palée provisoire peut être nécessaire dans le lit majeur = la plus grande travée).

Le bi-caisson mixte sera lancé comme la solution multi-poutre mais occasionnera plus de soudure sur chantier et notamment les soudures longitudinales représentent une opération délicate sur chantier.

Le tablier à dalle nervurée à hauteur variable nécessite un soin particulier pour la mise en place de la précontrainte. Etant à hauteur variable, il sera coulé sur un cintre fondé dans le lit de la rivière qui engagera la section hydraulique pour une durée importante comparativement à la durée des travaux.

### 6.1.3.5 - Impact sur le profil en long :

Ce critère permet de considérer la contrainte de gabarit pour positionner la structure du tablier et de tenir compte des contraintes altimétriques imposées de part et d'autre de l'ouvrage par le demi échangeur de Conardel et le carrefour de Bras Canot.

Géométrie PL (réhausse 50cm maxi)	
Note totale	
<b>Solution 1</b> : Multi-poutres mixte	0
<b>Solution 2</b> : Bi-caisson béton précontraint	0
<b>Solution 3</b> : Bow-string	1
<b>Solution 4</b> : Bi-caisson mixte	0.5
<b>Solution 5</b> : Multi-poutres mixte	0.75
<b>Solution 6</b> : Dalle nervurée hauteur variable	0.5

Les solution 1 et 2 nécessitent de relever le profil en long de plus de 100 cm et les solutions 4 et 6 de presque 60cm. La solution 5 est compatible avec un rehaussement de 50 cm et seule la solution 3 est envisageables en conservant quasiment le profil en long existant.

### 6.1.4 - Notation finale

Après application des notes pondérées par critère, la solution obtenant la note la plus élevée correspond à la solution technique qui satisfait le plus de critères.

**Solution 1** : Multi-poutres mixte

**Solution 2** : Bi-caisson béton précontraint

**Solution 3** : Bow-string

**Solution 4** : Bi-caisson mixte

**Solution 5** : Multi-poutres mixte

**Solution 6** : Dalle nervurée hauteur variable

n°	Critères	pond. (%)	2 travées				3 travées	
			Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4	Solution 5	Solution 6
1	Coût de construction l'ouvrage	40	0.75	0.5	0.25	0.25	0.75	0.5
2	Entretien de l'ouvrage	10	0.5	1	0.25	0.75	0.5	1
3	Obstacle hydraulique et environnement	10	1	1	0.75	1	0.75	0.75
4	Contraintes constructives	20	1	0.5	0.5	0.75	1	0.25
5	Géométrie PL (réhausse 50cm maxi)	20	0	0	1	0.5	0.75	0.5
		100	65	50	50	52.5	77.5	52.5

Avec la pondération proposée, la solution 5 : ouvrage à trois travées avec un tablier multi-poutres mixtes est celle qui répond le mieux à l'ensemble des critères même si elle nécessite la réalisation d'une pile dans la zone de fort affouillement et le rehaussement du profil en long existant.

## DOSSIER DE PLANS



Ouvrage de la RN2 sur la rivière des Marsouins

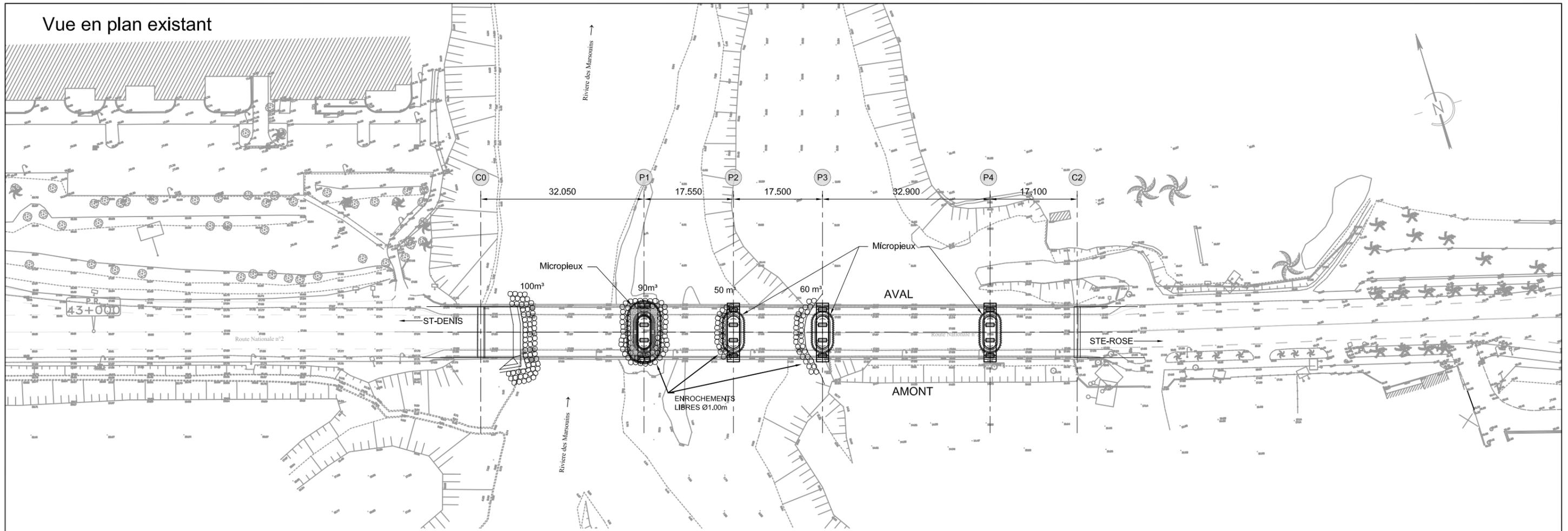
S:\ESEM\DOSSIERS\0640\_RN2\_Saint-Benoît\_Reunion\PRODUCTION\PEPA\VP - Situation.dwg 11/02/2019 10:50:11 C.MERIGLIER

VERSIONS :						
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ	
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU	

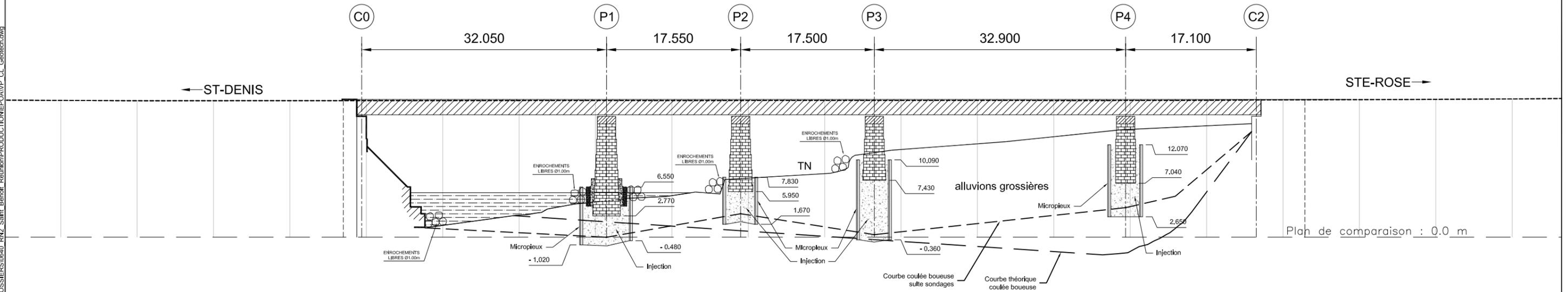
Région Réunion  
 DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS ET DÉPLACEMENTS  
 Direction des Transports et des Déplacements

AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOÎT		
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART		
PLAN DE SITUATION		
FORMAT : A3	ECHELLE : 1/10.000	REV
PAGE : 01/11		

Vue en plan existant



Profil en long existant



VERSIONS :					
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU

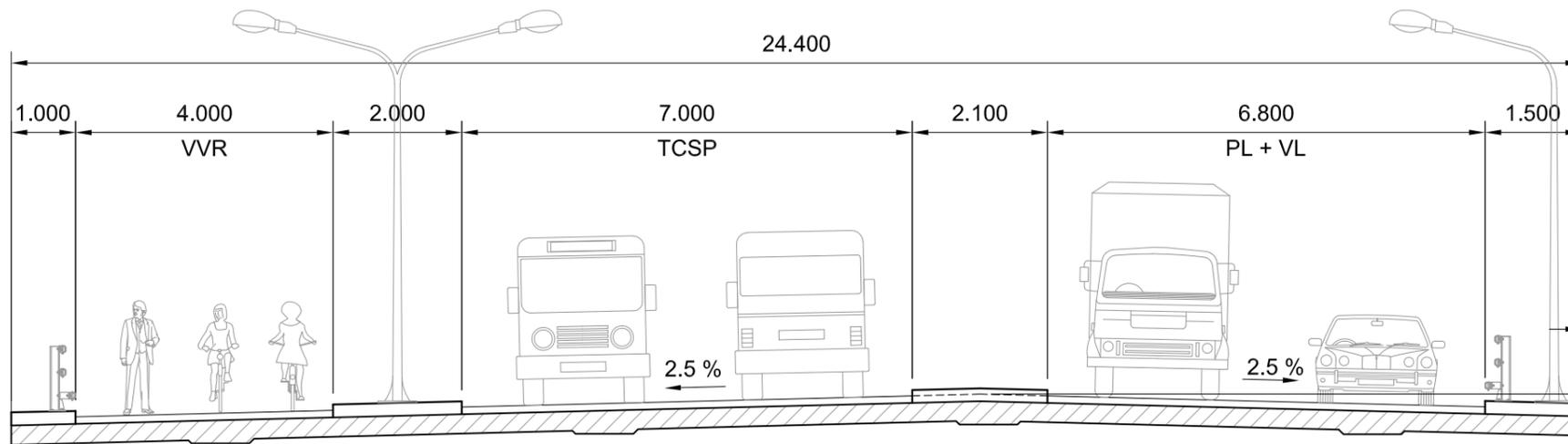


 Région Réunion  
 DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS  
 ET DÉPLACEMENTS  
 Direction des Transports et des Déplacements



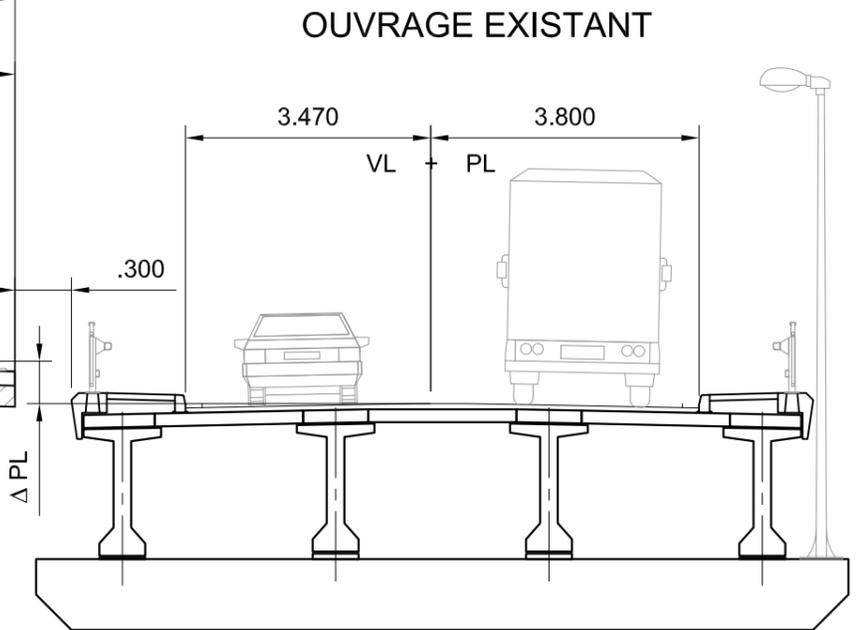
AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT		
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART		
ETAT ACTUEL		
VUE EN PLAN		
PROFIL EN LONG		
FORMAT : A3	ECHELLE : 1/750 - 1/500	REV
PAGE : 02/11		

S:\ESE\IM\DOSSIERS\0640 RN2 - Saint-Benoit - Réunion\PRODUCTION\PE\PA\WP\_CL\_Geotech.dwg  
 11/02/2019 10:50:11 C.MERIGLIER

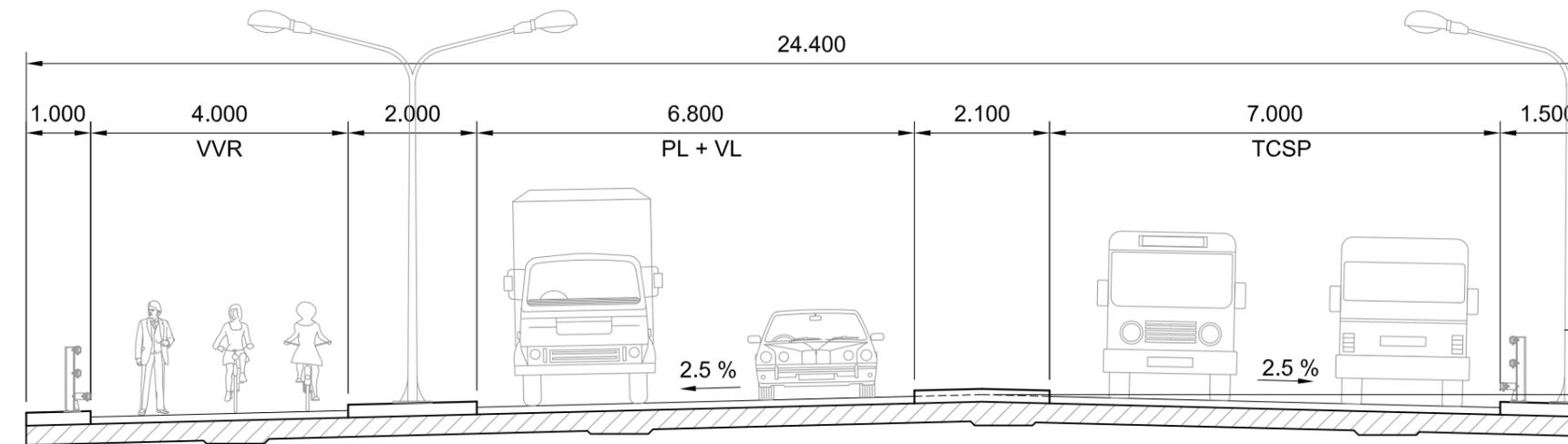


AVAL

OUVRAGE PROJETÉ - TCSP LATÉRAL

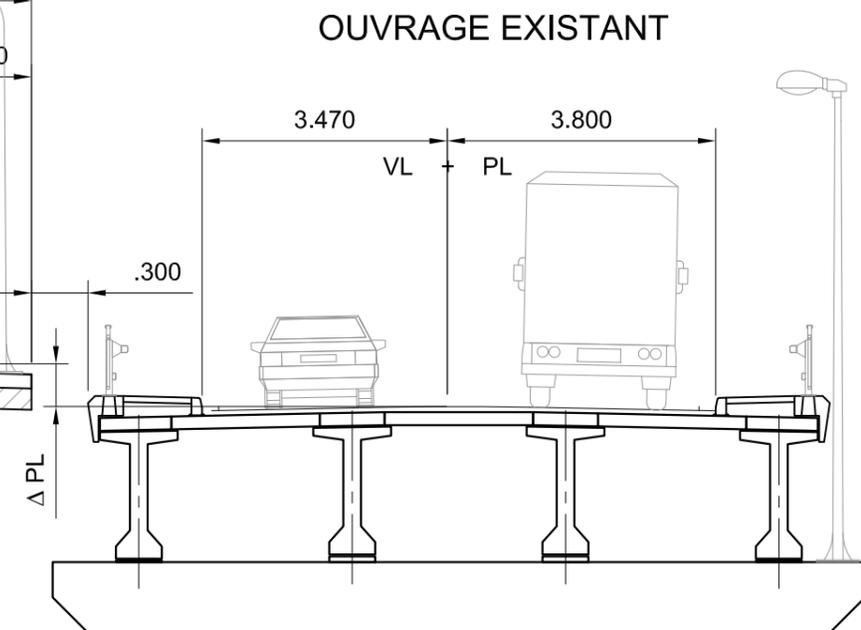


AMONT



AVAL

OUVRAGE PROJETÉ - TCSP AXIAL



AMONT

VERSIONS :					
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU



Région Réunion  
DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS  
ET DÉPLACEMENTS  
Direction des Transports et des Déplacements

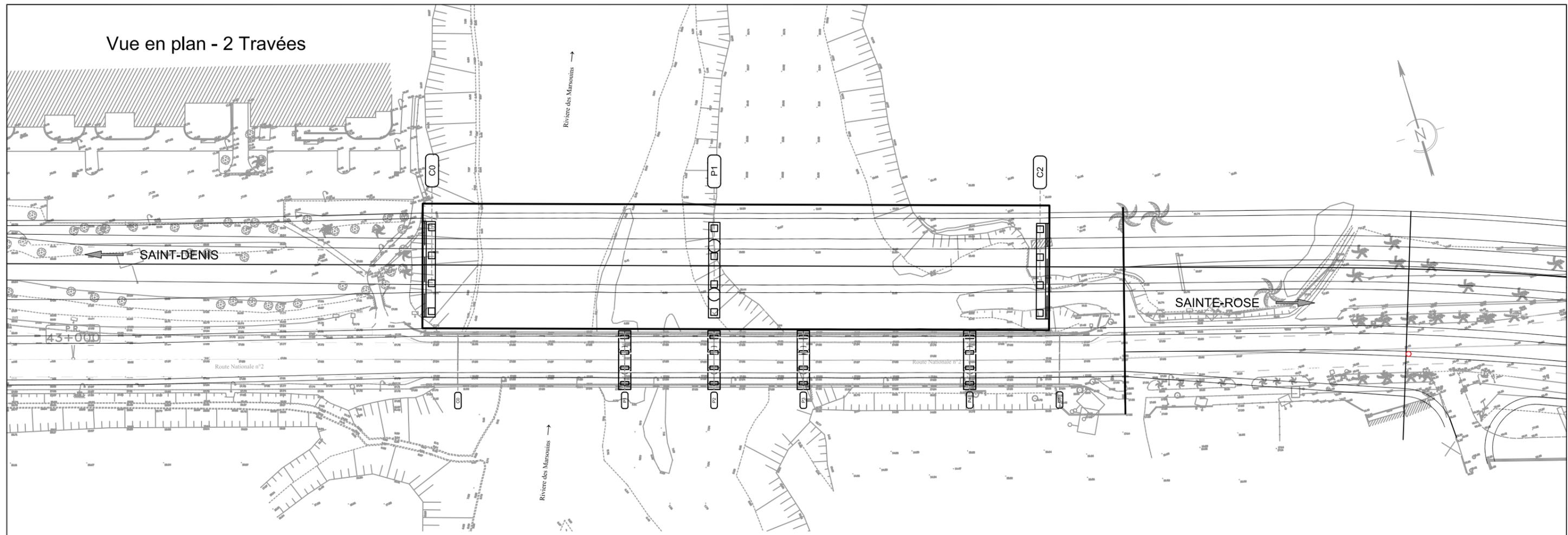


AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE  
L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT

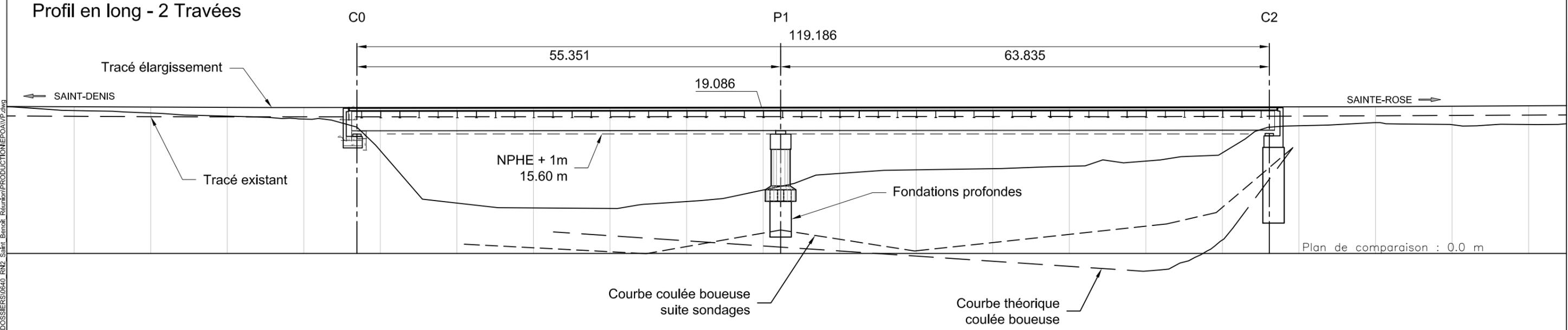
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART  
TOUTES SOLUTIONS  
COUPES FONCTIONNELLES

FORMAT : A3  
PAGE : 03/11  
ECHELLE : 1/100  
REV

# Vue en plan - 2 Travées



# Profil en long - 2 Travées



VERSIONS :					
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU

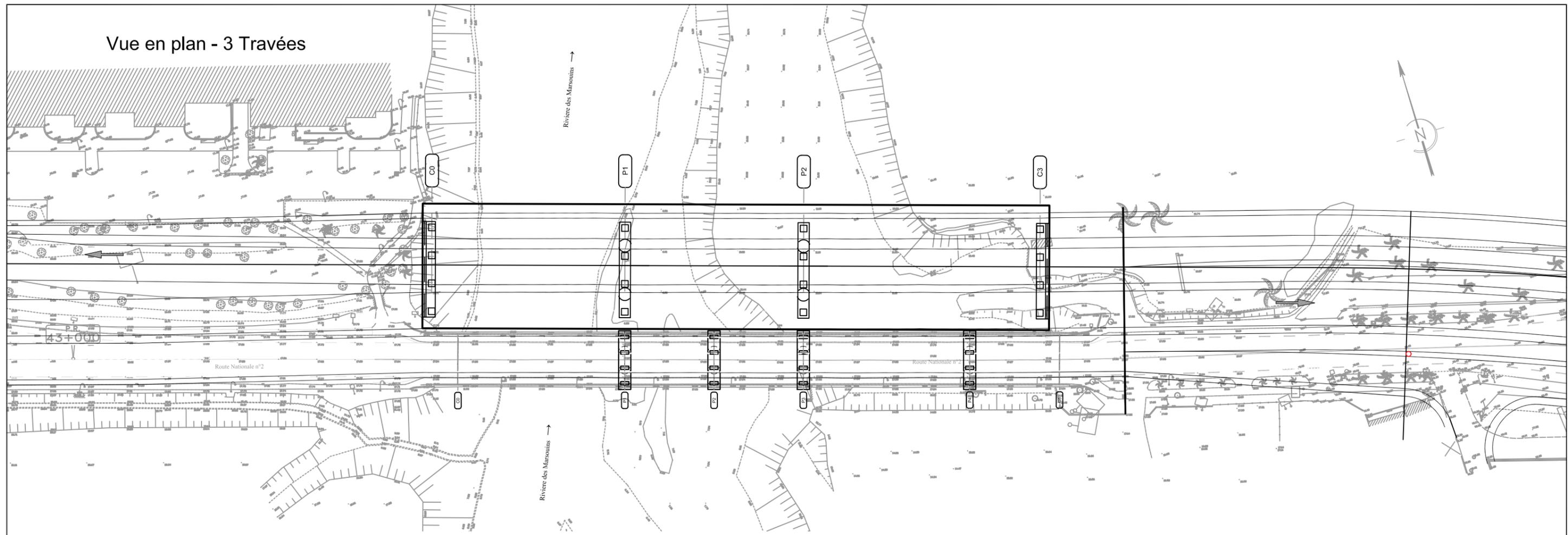
--	--	--	--	--	--

Région Réunion  
 DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS  
 ET DÉPLACEMENTS  
 Direction des Transports et des Déplacements

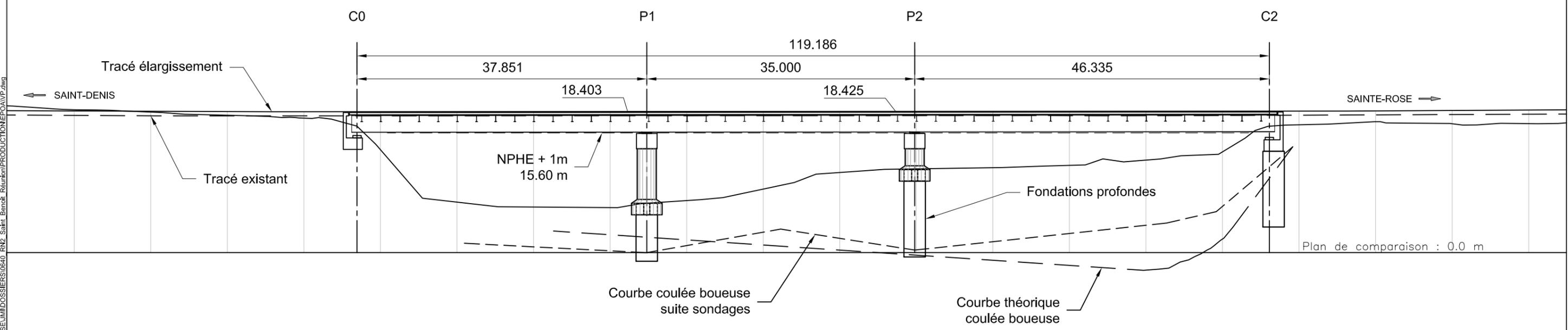
AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT		
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART SOLUTION 1 - MULTIPOUTRES 2 TRAVÉES		
VUE EN PLAN PROFIL EN LONG		
FORMAT : A3	ECHELLE : 1/750 - 1/500	REV
PAGE : 04/11		

S:\ESEM\DOSSIERS\0640\_RN2\_Saint-Benoit\_Reunion\PRODUCTION\MEP\CA\VP.dwg 11/02/2019 10:50:11 C.MERIGLIER

# Vue en plan - 3 Travées



# Profil en long - 3 Travées



VERSIONS :					
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU

--	--	--	--	--	--

Région Réunion  
 DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS  
 ET DÉPLACEMENTS  
 Direction des Transports et des Déplacements

AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE  
 L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART  
 SOLUTION 5 - MULTIPOUTRES 3 TRAVÉES  
 VUE EN PLAN  
 PROFIL EN LONG

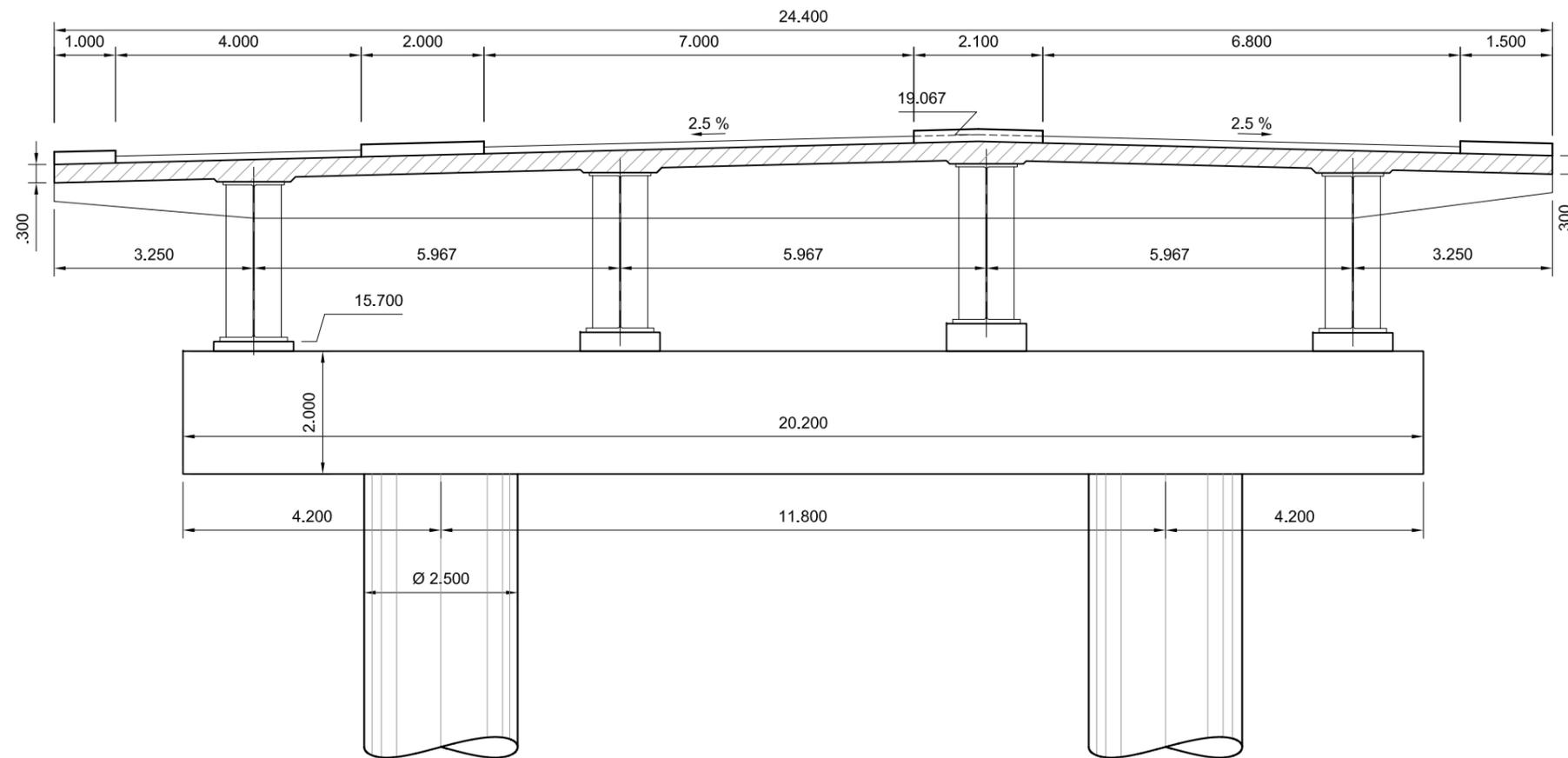
FORMAT : A3  
 PAGE : 05/11

ECHELLE : 1/750 - 1/500

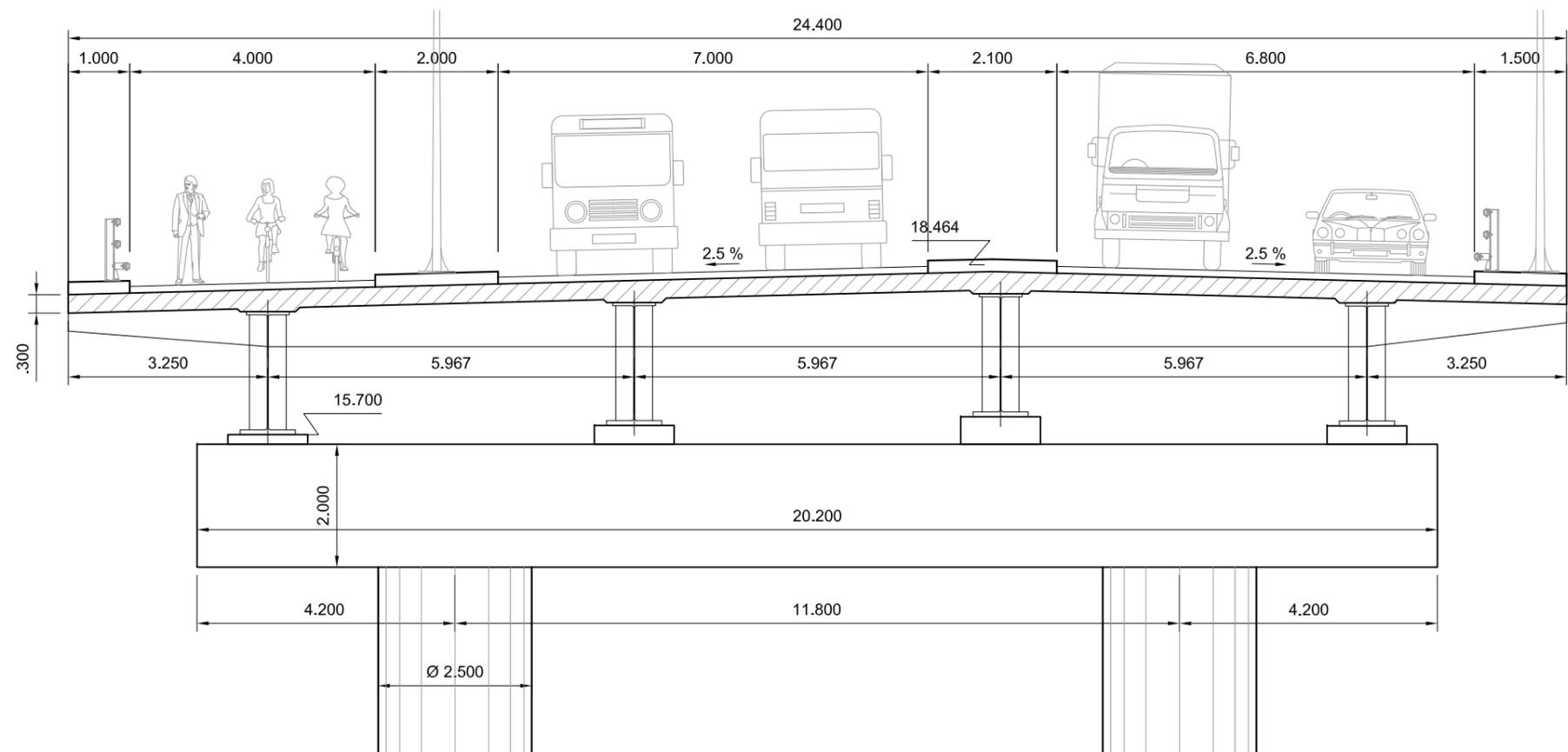
REV

S:\ESE\IM\DOSSIERS\0640 RN2 - Saint-Benoit - Réunion\PRODUCTION\PE\CA\WP.dwg 11/02/2019 10:50:11 C.MERIGLIER

2 travées  
4 poutres - Hp=2.600m



3 travées  
4 poutres - Hp=2.000m



VERSIONS :					
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU

Région Réunion  
DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS  
ET DÉPLACEMENTS  
Direction des Transports et des Déplacements

AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE  
L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART  
SOLUTIONS 1 & 5 - COUPES TRANSVERSALES  
2 TRAVÉES - 4 POUTRES Hp = 2.600 m  
3 TRAVÉES - 4 POUTRES Hp = 2.000 m

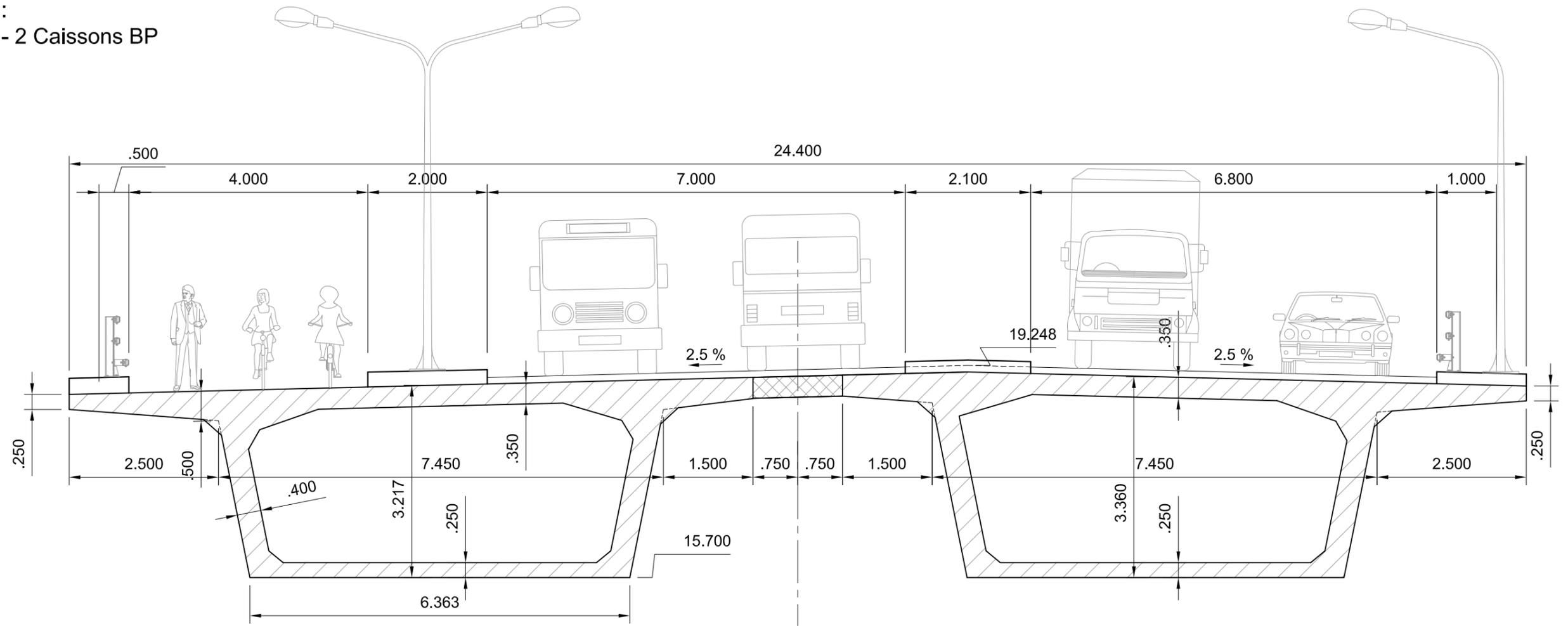
FORMAT : A3  
PAGE : 06/11

ECHELLE : 1/100

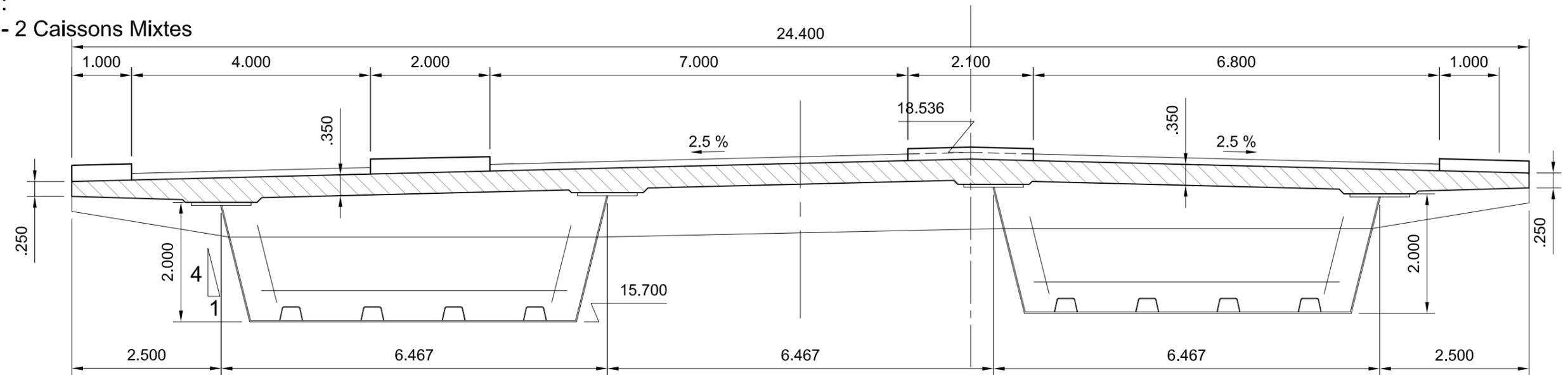
REV

S:\ESE\UM\DOSSIERS\0640\_RN2\_Saint-Benoit\_Reunion\PRODUCTION\EP\Plans\VP.dwg 11/02/2019 10:50:11 C.MERIGLIER

**Solution 2 :  
2 Travées - 2 Caissons BP**



**Solution 4 :  
2 Travées - 2 Caissons Mixtes**



VERSIONS :					
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU



**Région Réunion**  
**DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS ET DÉPLACEMENTS**  
 Direction des Transports et des Déplacements



AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE  
 L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT □

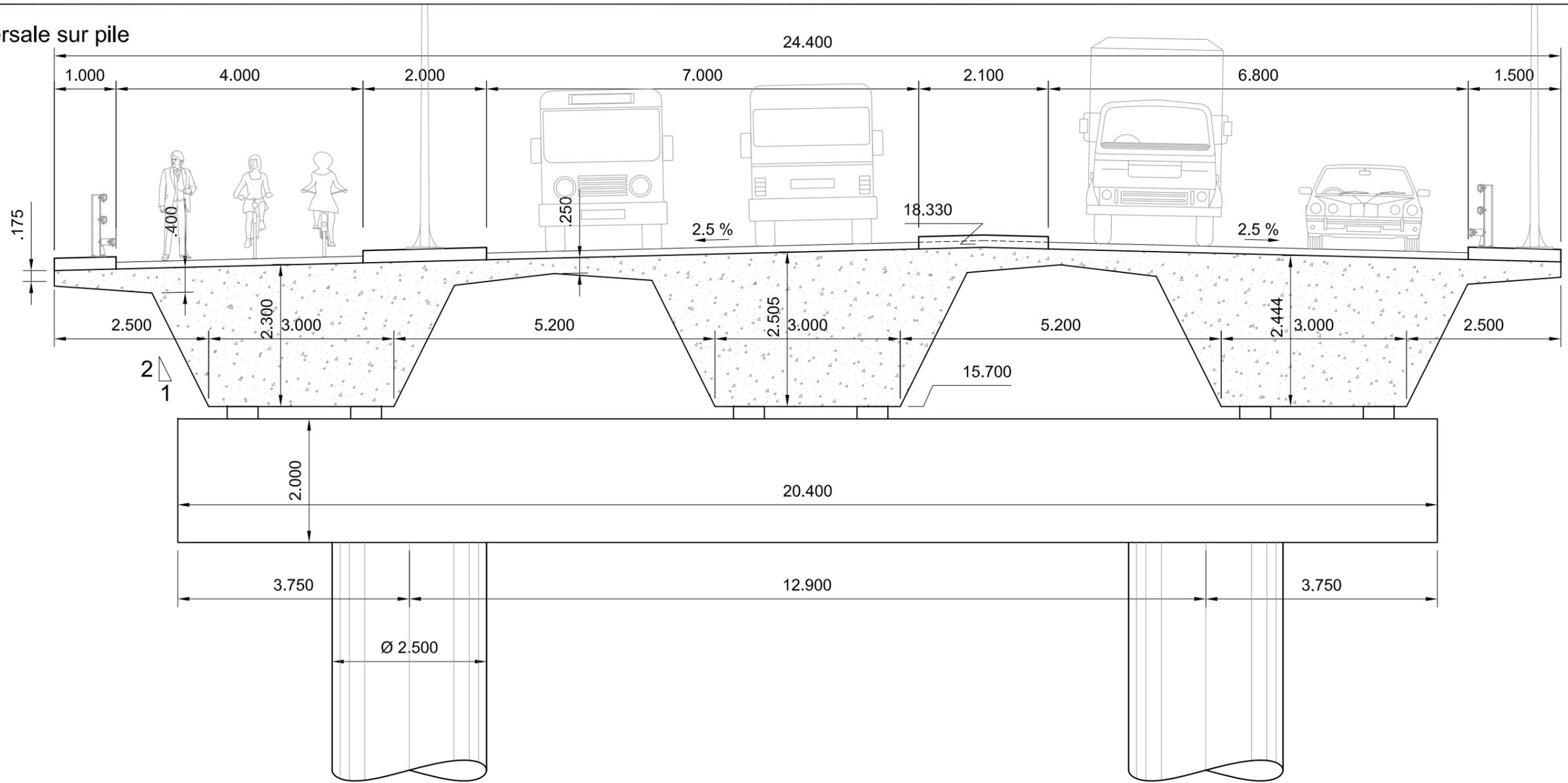
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART  
 SOLUTIONS 2 & 4 - COUPES TRANSVERSALES  
 2 TRAVÉES - 2 CAISSONS BÉTON PRÉCONTRAINT  
 2 TRAVÉES - 2 CAISSONS MIXTE

FORMAT : A3  
 PAGE : 07/11

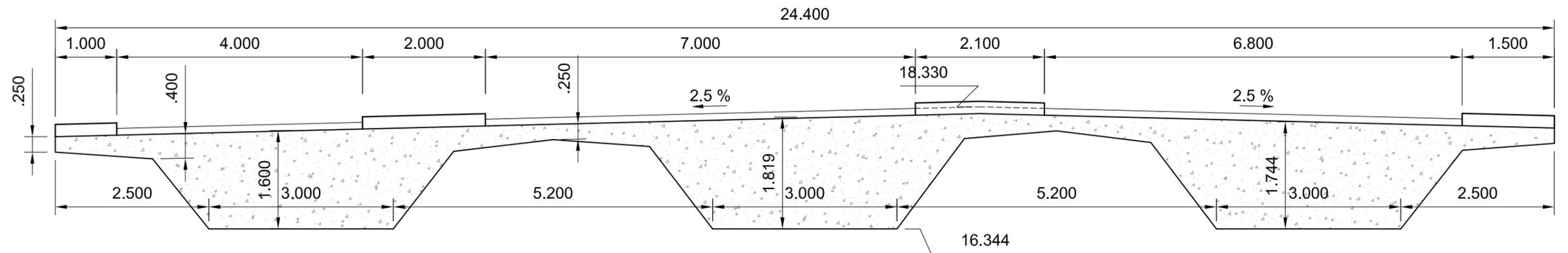
ECHELLE : 1/100  
 REV

S:\ESE\UM\DOSSIERS\0640\_RN2\_Saint-Benoit\_Réunion\PRODUCTION\EP\Plans\VP.dwg 11/02/2019 10:50:11 C.MERIGLIER

### Coupe transversale sur pile



### Coupe transversale à mi-travée



VERSIONS :

IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU



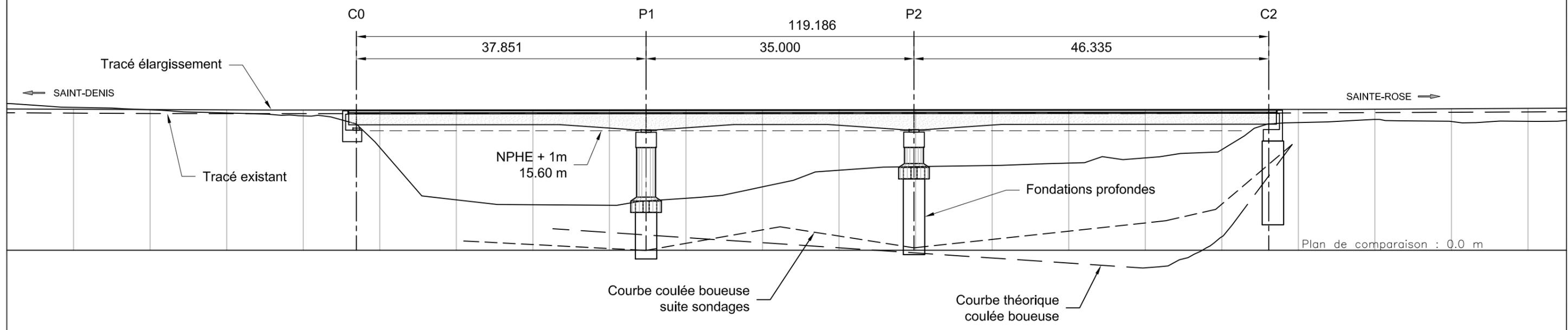
LA 1<sup>ère</sup> Région Réunion  
DES GRANDS  
CHANTIERS

Région Réunion  
DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS  
ET DÉPLACEMENTS  
Direction des Transports et des Déplacements



AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT □		
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART		
SOLUTIONS 6 - COUPES TRANSVERSALES		
3 TRAVÉES - DALLE NERVURÉE		
HAUTEUR VARIABLE		
FORMAT : A3	ECHELLE : 1/75	REV
PAGE : 08/11		

# PROFIL EN LONG - DALLE NERVURÉE - 3 TRAVÉES



S:\ESE\JM\DOSSIERS\0640\_RN2\_Saint-Benoit\_Réunion\PRODUCTION\EP0A\VP.dwg 11/02/2019 10:50:11 C.MERIGLIER

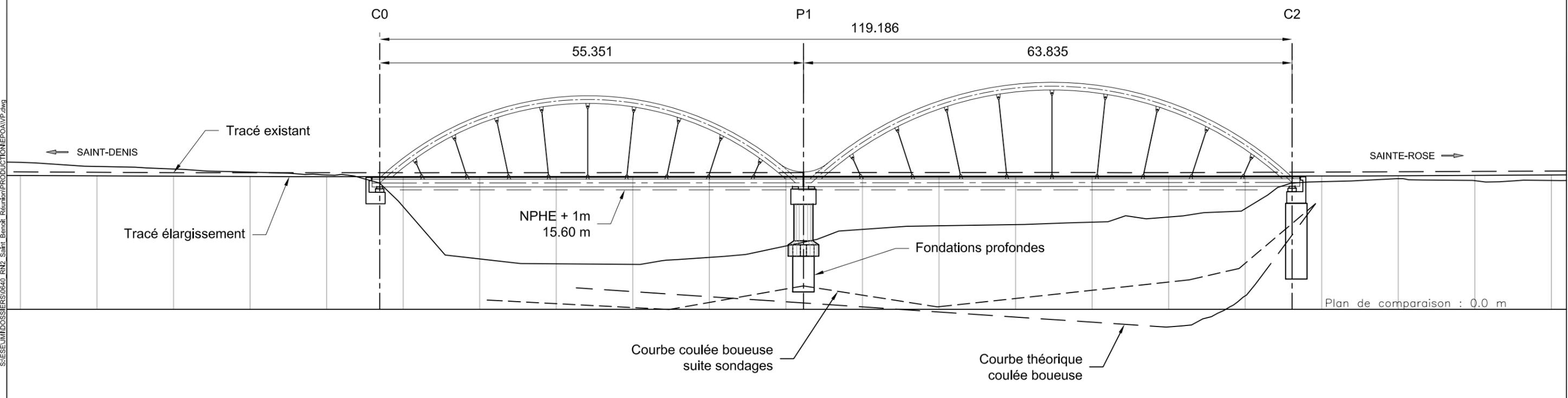
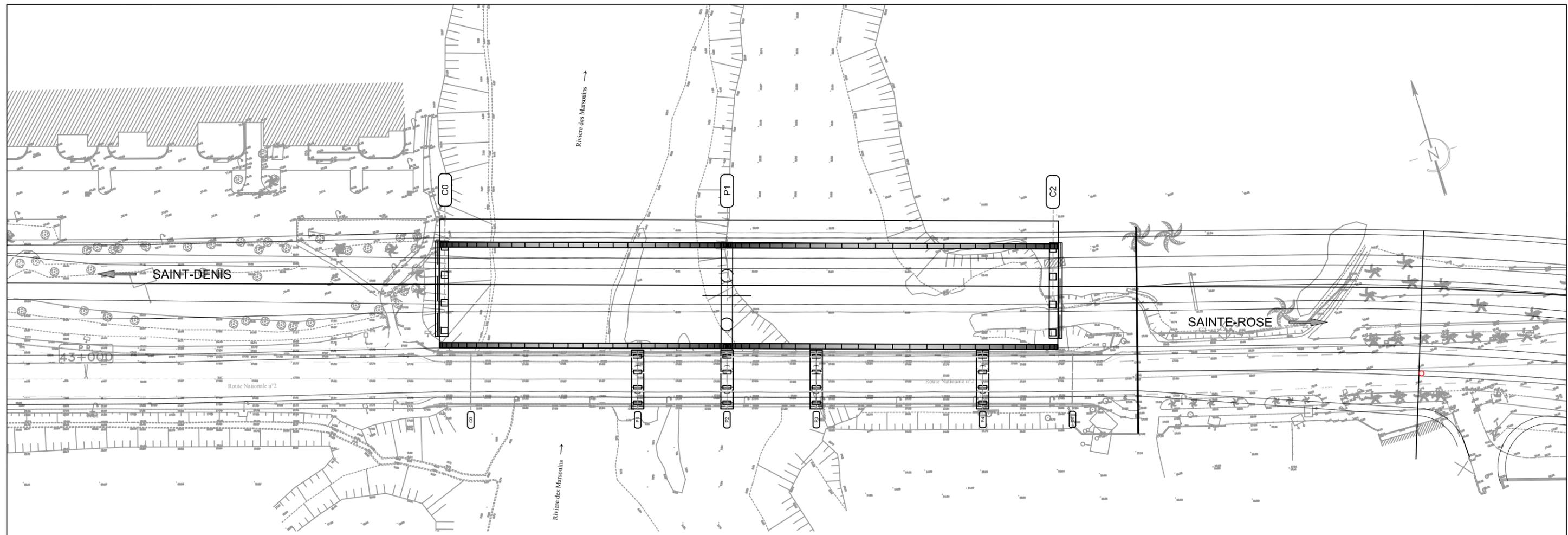
VERSIONS :					
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU




**Région Réunion**  
**DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS ET DÉPLACEMENTS**  
 Direction des Transports et des Déplacements



AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT		
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART		
SOLUTION 6 - DALLE NERVURÉE		
PROFIL EN LONG		
FORMAT : A3	ECHELLE : 1/750 - 1/500	REV
PAGE : 09/11		



VERSIONS :

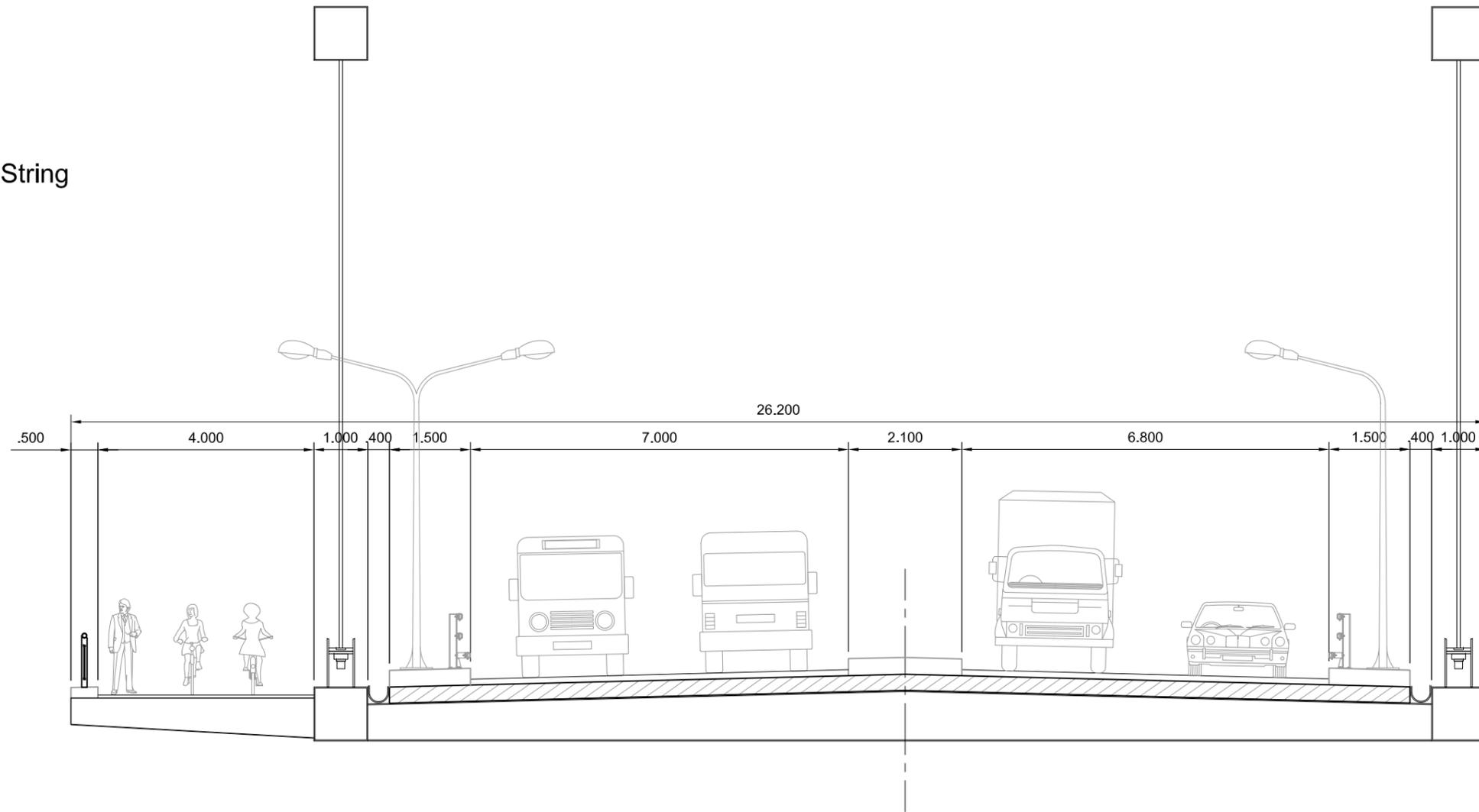
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU

Région Réunion DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS ET DÉPLACEMENTS Direction des Transports et des Déplacements					

AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT		
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART SOLUTIONS 3 - BOW STRING - 2 TRAVÉES VUE EN PLAN PROFIL EN LONG		
FORMAT : A3	ECHELLE : 1/75	REV
PAGE : 10/11		

S:\ESE\JM\DOSSIERS\0640\_RN2\_Saint-Benoit\_Reunion\PRODUCTION\PEO\A1VP.dwg 11/02/2019 10:50:11 C.MERIGLIER

2 travées / Bow String



VERSIONS :					
IND	DATE	COMMENTAIRES	PRODUIT	VÉRIFIÉ	APPROUVÉ
0	20/02/19	Première édition	CME	RRA	COU




Région Réunion  
 DGA GRANDS CHANTIERS TRANSPORTS  
 ET DÉPLACEMENTS  
 Direction des Transports et des Déplacements



AMÉNAGEMENT DE LA RN2 ENTRE  
 L'ÉCHANGEUR BOURBIER ET LE GIRATOIRE DES PLAINES A SAINT-BENOIT □

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE OUVRAGE D'ART  
 SOLUTIONS 3 - BOW STRING - 2 TRAVÉES  
 COUPE TRANSVERSALE

FORMAT : A3	ECHELLE : 1/75	REV
PAGE : 11/11		

S:\ESE\UM\DOSSIERS\0640\_RN2\_Saint-Benoit\_Reunion\PRODUCTION\EP\Plans\VP.dwg  
 11/02/2019 10:50:11 C.MERIGLIER