



SYSTRA



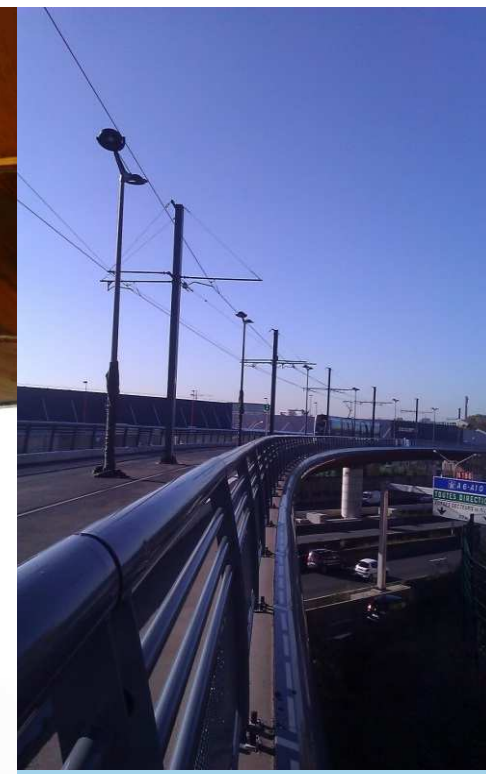
GC'2015

Paris, les 18 et 19
mars

**Le Génie Civil en transition :
Innovation et progrès dans le domaine des matériaux**

**Construire avec de l'acier autopatinable : Impact environnemental et économique – OA2
du tramway RATP T7**

**Auteurs : Loïc MICHEL/ Éric GOGNY (SYSTRA - Direction Technique –
Département Viaducs Ponts et Passerelles)**



Sommaire

2

1. Introduction / But de l'exposé (page 3)
2. Description sommaire OA2 (page 4)
3. Historique de la phase conception (page 9)
4. Solution retenue pour structure franchissement A86/RN186, (page 16)
5. Détails spécifiques retenus liés à l'utilisation de l'acier autopatenable, (p18)
6. Avantages solution retenue, (page 26)
7. Retour d'expérience travaux et court terme (page 27)

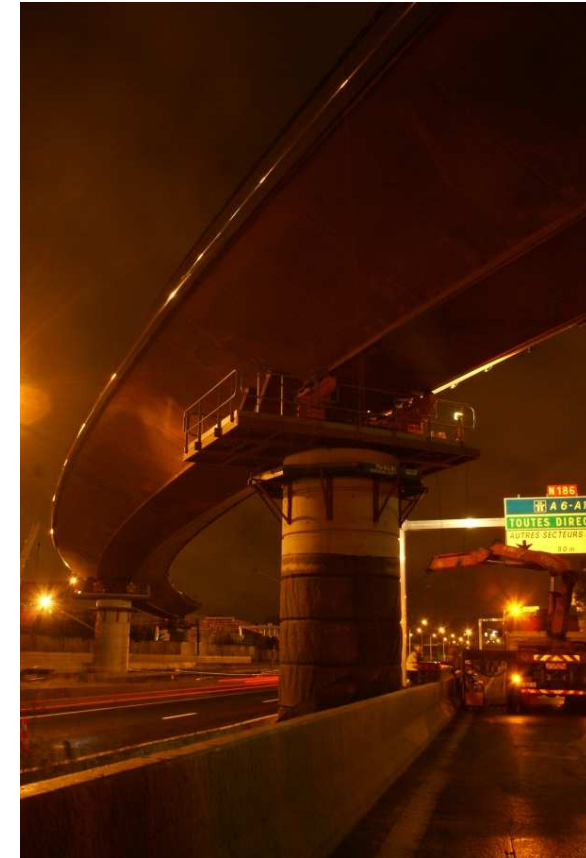


SYSTRA



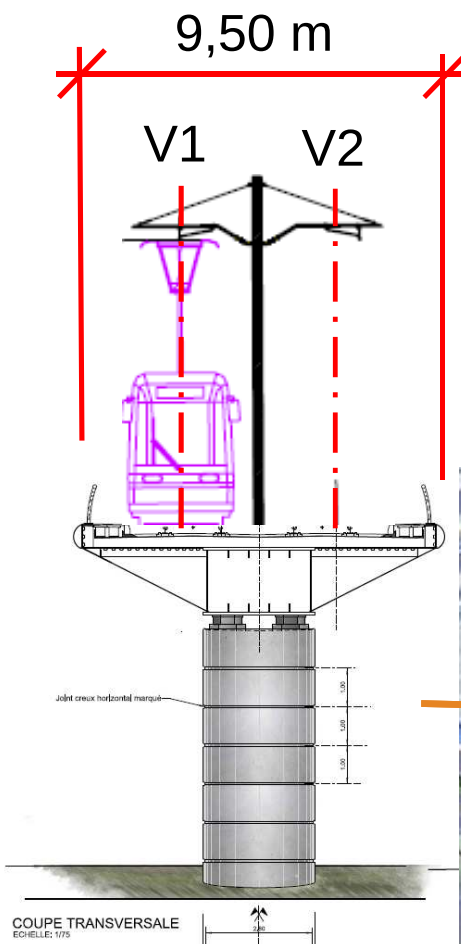
1. Introduction

But de cet exposé : Montrer à travers un exemple concret, l'intérêt d'utiliser de l'acier autopatinable dans un contexte particulier, contraint (exploitation routière A86/RN186) afin de limiter l'impact environnemental d'un ouvrage d'Art dans un cycle de vie global (notamment pour les phases travaux et maintenance future).



2. Description sommaire OA2

Ouvrage d'art OA2 : Franchissement T7 des 8 voies A86/RN186

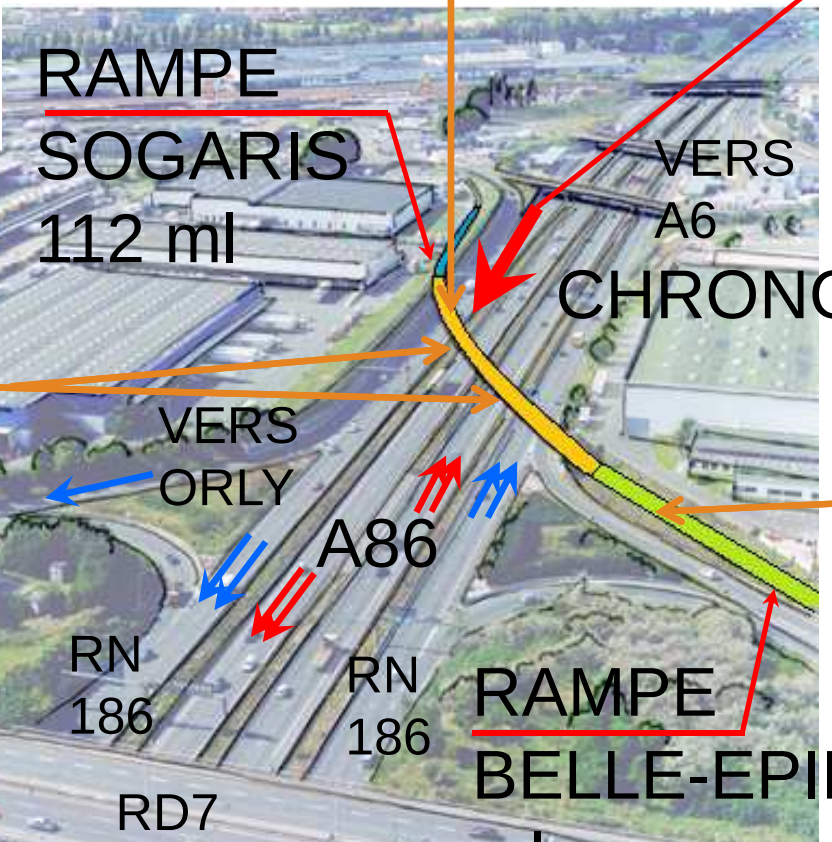


9,50 m

V1 V2

COUPE TRANSVERSALE
Echelle: 1/75





RAMPE SOGARIS 112 ml

VERS A6 CHRONOPOST

VERS ORLY

A86

RN 186

RD7

RAMPE BELLE-EPINE 160 ml



PONT MIXTE
163 ml avec acier
autopatenable

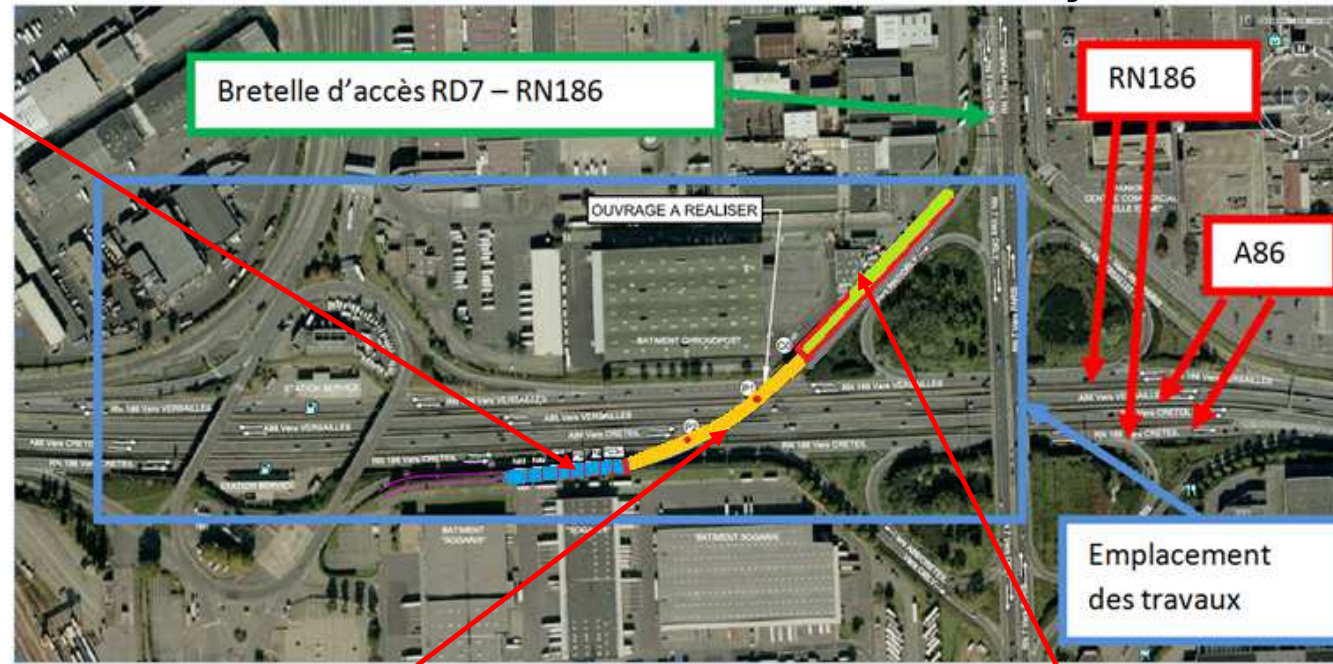


2. Description sommaire OA2

OS démarrage :
15/11/2010
Travaux entre avril
2011 et juin 2013

5

**RAMPE SOGARIS =
PONT DALLE BETON
ARME 8 travées
L = 112 ml
S tablier= 1064 m²
Travaux entre octobre
2011 et juin 2013**



**OA FRANCHISSEMENT A86/RN186 =
PONT MIXTE 3 travées 44 ml + 55 ml + 64
ml = 163 ml, R = 241,7 m
S tablier= 1 549 m²
Travaux atelier CM : à partir de
septembre 2011, lançage CM entre mars
et septembre 2012
chantier entre avril 2011 et juin 2013**

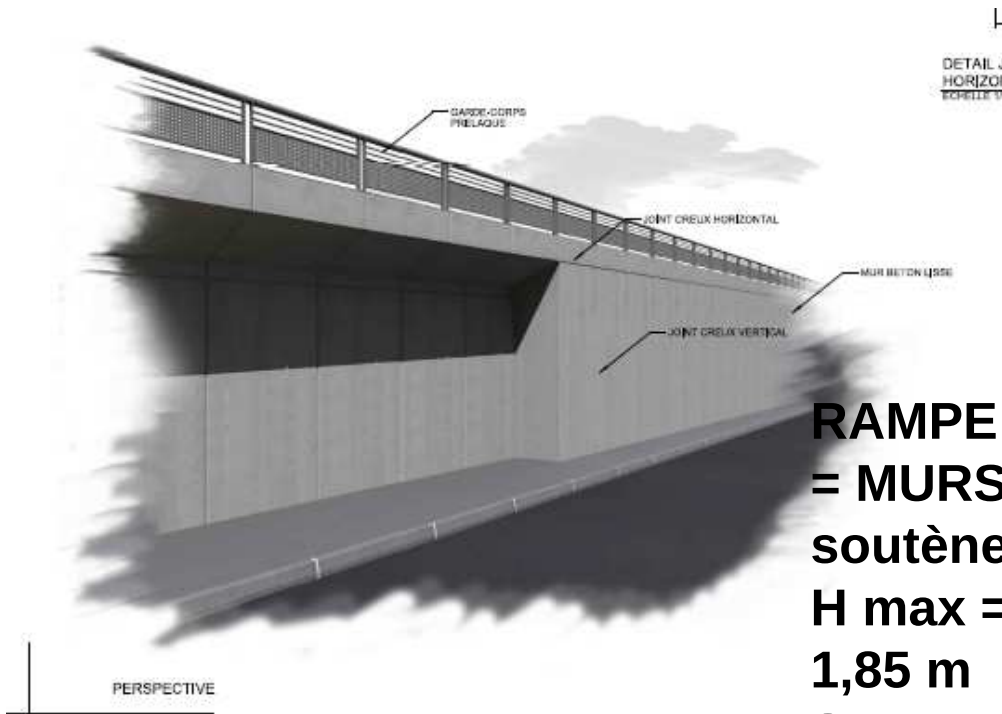
Vue précise de l'emplacement des travaux

**RAMPE BELLE-EPINE = MURS de
soutènement, L= 160 ml
H max = 10 m, H min = 1,85 m
S murs (=S soutènement) = 1245 m²
Travaux entre avril 2011 et décembre
2012 (après fin opérations lançage et
finalisation C0, bloc technique et
remblai phase 2)**

2. Description sommaire OA2

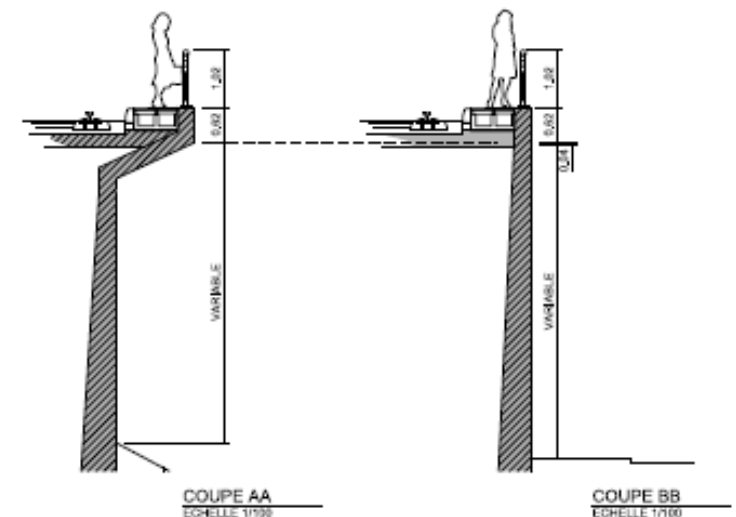
SYSTRA

6



**RAMPE BELLE-EPINE
= MURS de
soutènement
H max = 10 m, H min =
1,85 m
S murs (=S
soutènement) = 1245
m²**

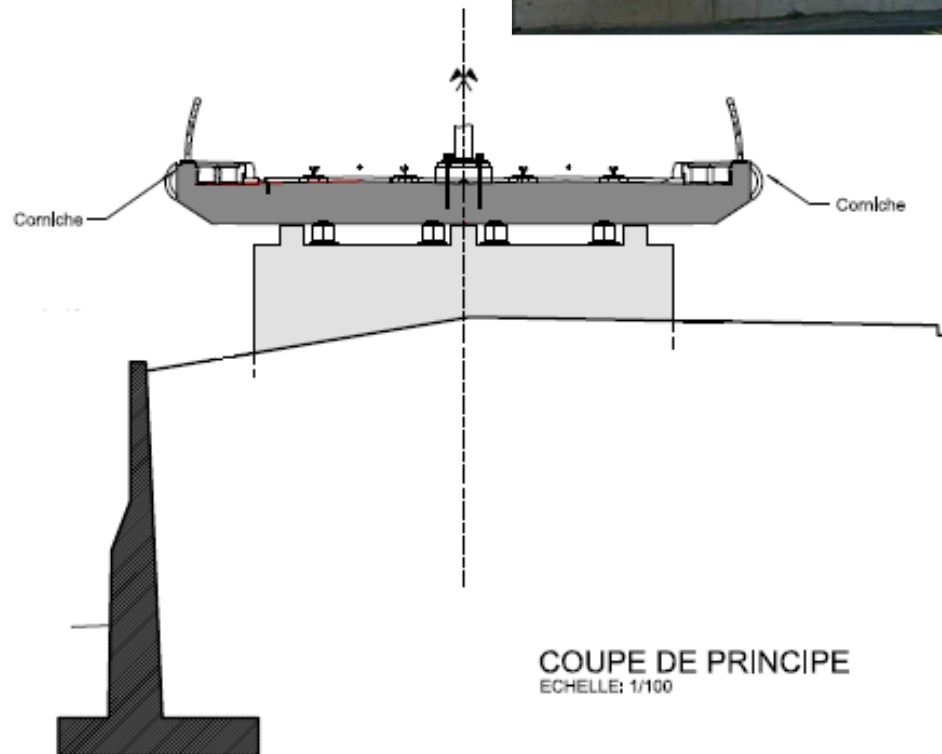
**Travaux entre avril
2011 et décembre 2012
(après fin opérations
lançage et finalisation
C0, bloc technique et
remblai phase 2)**



2. Description sommaire OA2

SYSTRA

7

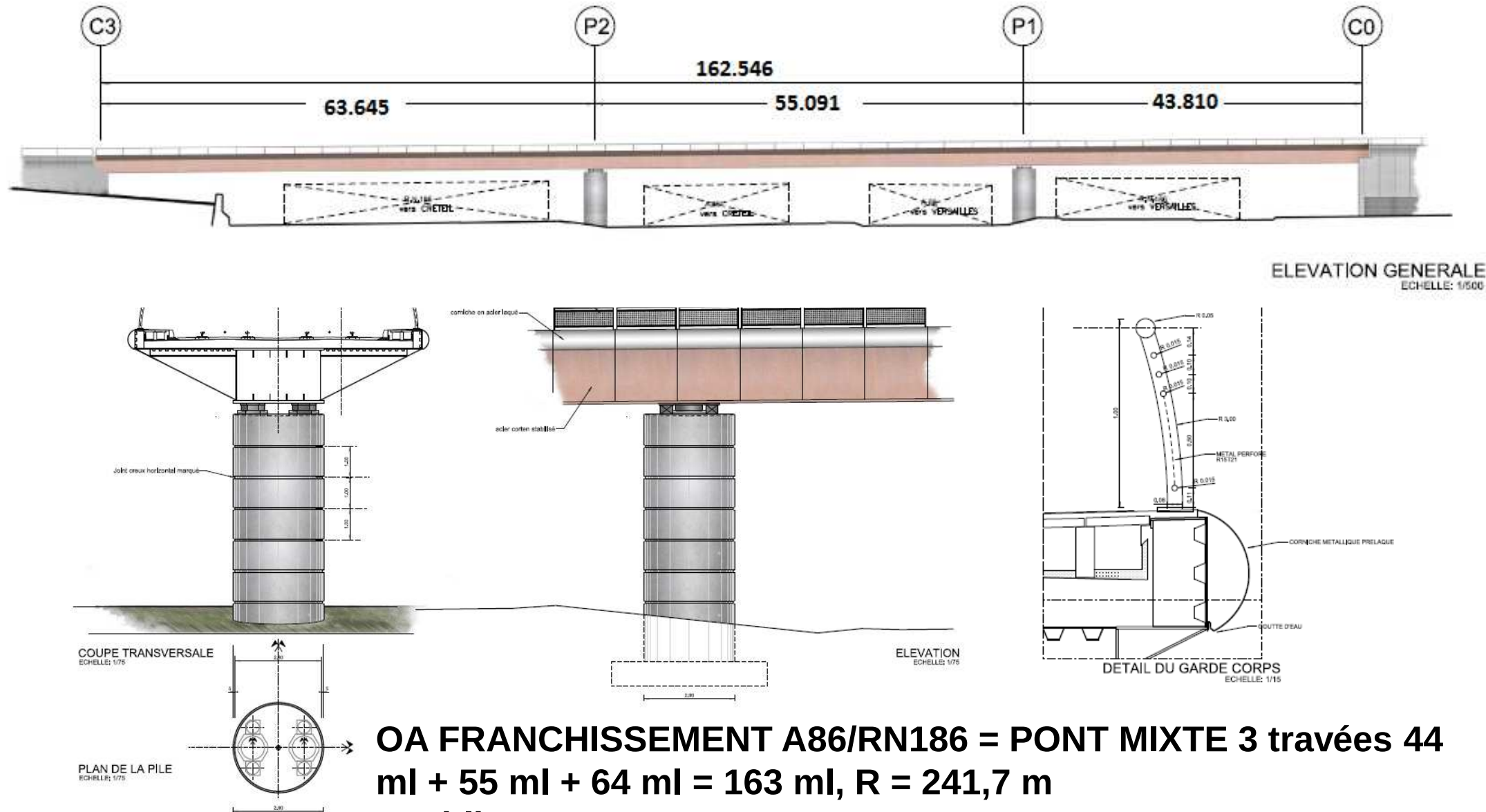


**RAMPE SOGARIS =
PONT DALLE BETON
ARME 8 travées
continues
L = 112 ml
S tablier= 1064 m²
Travaux entre octobre
2011 et juin 2013**

2. Description sommaire OA2

SYSTRA

8



OA FRANCHISSEMENT A86/RN186 = PONT MIXTE 3 travées 44 ml + 55 ml + 64 ml = 163 ml, R = 241,7 m
S tablier= 1 549 m²

2. Description sommaire OA2

SYSTRA

9

OA FRANCHISSEMENT
A86/RN186 = PONT MIXTE

Travaux atelier CM à partir
de septembre 2011,
lançage CM entre mars et
septembre 2012
Chantier global entre avril
2011 et juin 2013



3. Historique de la phase conception : comment est-on arrivé à cet ouvrage? **Contraintes**

10

SYSTRA

Conception en amont d'une autorisation de construction accordée par l'Etat

- **Projet qui interfère avec le réseau routier national => projet soumis à l'avis IGR/IGOA.**
- **Contraintes majeures :**
 - a) **Franchissement RN186 et A86 : exploitation routière pendant et après travaux,**
 - b) **Visibilité routière pendant et après travaux**
 - c) **Maintenance future de l'ouvrage avec coupures A86 exceptionnelles**
- **Directives IGR/IGOA pour un profil en long de l'ouvrage OA2 permettant :**
 - a) **la maintenance future de l'ouvrage avec le moindre impact sur l'exploitation routière**
 - b) **la visibilité de la signalisation directionnelle (pas d'effet de masque de l'information routière).**

3. Historique de la phase conception : comment est-on arrivé à cet ouvrage? **Etudes réalisées**

SYSTRA

11

3 études indépendantes menées en parallèle, combinaison des résultats, propositions de plusieurs solutions avec comparaisons multicritères, choix final par le MOA RATP de la solution étudiée pour le Projet Ouvrage d'Art (POA pour avis IGR/IGOA).

Etude de visibilité routière

Réalisation de 2 études indépendantes => Détermination du profil en long permettant le maintien de la visibilité des équipements routiers (panneaux sur portiques).

Etude de faisabilité structurelle vis-à-vis du profil en long du tablier

Étude avec contraintes : notamment données sol, largeur disponible sur TPC pour réaliser les travaux, Solutions structurelles (géométrie ouvrage et coût) pour différents profil en long

Etude de faisabilité de maintenance ultérieure de l'ouvrage.

Analyse multicritères (+ et -) de **plusieurs solutions de structure** pouvant répondre aux contraintes :

- **Solution 1 : ouvrage mixte acier-béton**
=> Solution écartée du fait de l'impact de la maintenance sur l'exploitation.
- **Solution 2 : Ouvrage mixte hybride en acier Autopatinable S355 K2W+N et en acier courant S355 K2+N (pas de remise en peinture extérieure du tablier)**
- **Solution 3 : Réalisation d'un ouvrage en acier inoxydable et en acier courant.**
=> Solution écartée du fait de son coût élevé.

3. Historique de la phase conception : comment est-on arrivé à cet ouvrage? **Etudes réalisées**

SYSTRA

12

FAISABILITE MAINTENANCE

SYSTEMES DE PROTECTION DU TABLIER METALLIQUE ENVISAGEABLES ET ENTRETIEN ASSOCIE

Solution 1 : Système de protection par métallisation et peinture – Type C4ZNV

Maintenance lourde : Tous les 30 ans, une réfection complète du complexe anticorrosion est à réaliser en cas de forte dégradation du système avec avivage.



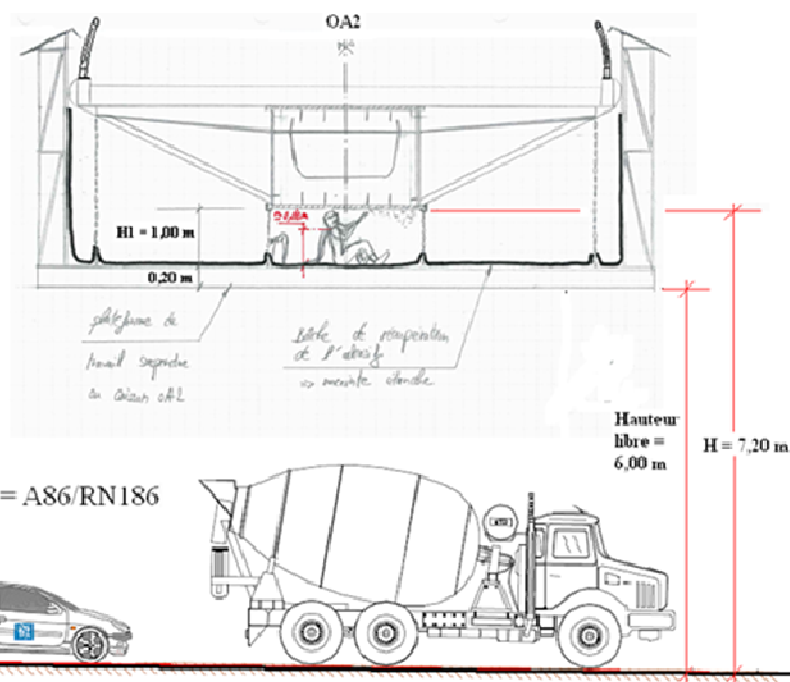
3. Historique de la phase conception : comment est-on arrivé à cet ouvrage? **Etudes réalisées**

13

SYSTRA

FAISABILITE MAINTENANCE

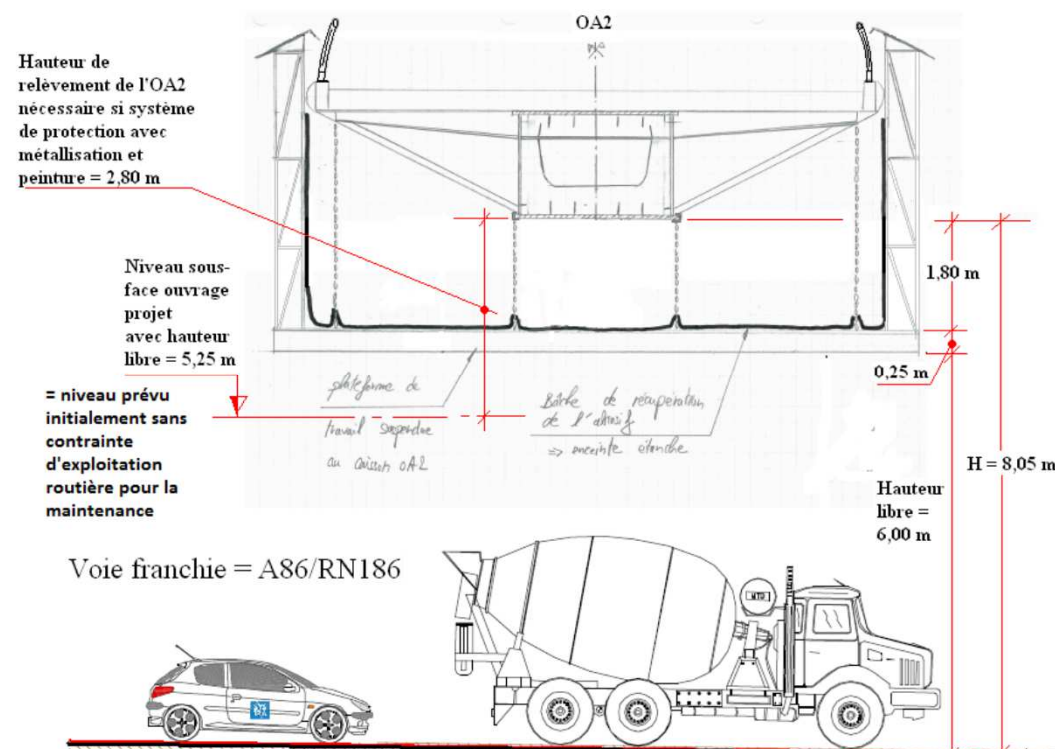
Solution 1 : Système de protection par métallisation et peinture – Type C4ZNV



Avivage de l'acier

Intervention avec platelage « bas »

=> H libre mini = 7,20 m



Avivage de l'acier

Intervention avec platelage « haut »

=> H libre mini = 8,05 m

3. Historique de la phase conception : comment est-on arrivé à cet ouvrage? **Etudes réalisées**

SYSTRA

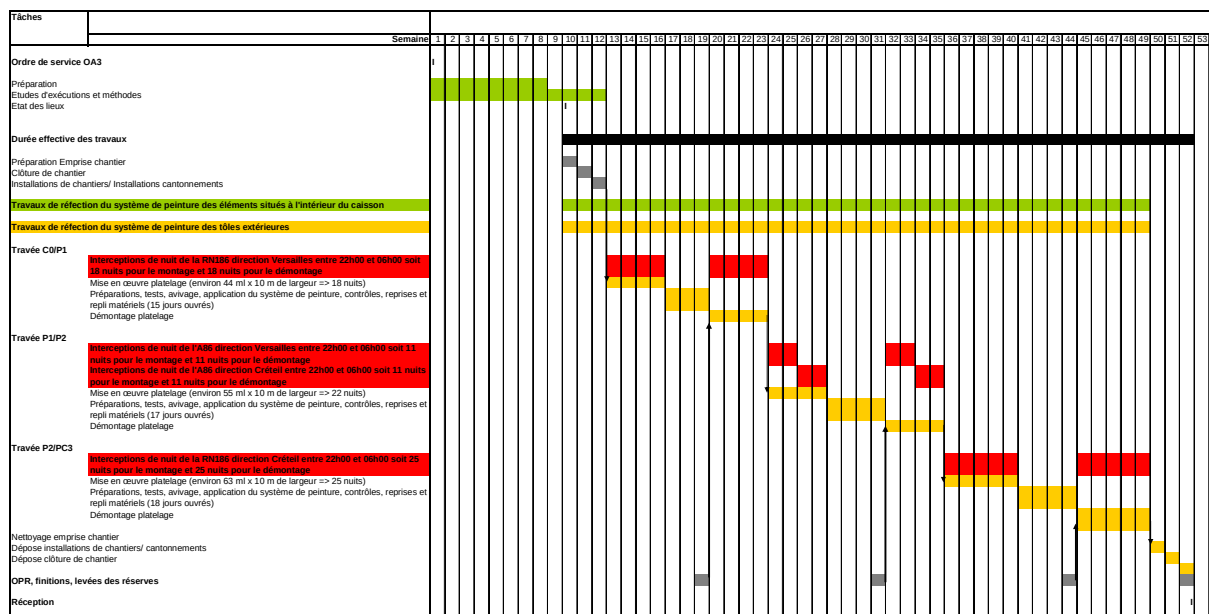
14

FAISABILITE MAINTENANCE

Solution 1 : Système de protection par métallisation et peinture – Type C4ZNV

4323X003
RATP
Tram VAM
Lot 2 OA

PLANNING PREVISIONNEL DES TRAVAUX
OA2 - Opération de maintenance "réfection du système de peinture"



**IMPACT FORT SUR
EXPLOITATION
ROUTIERE**

**=> IMPACT FINANCIER
également (frais de
coupures Dirif
importants !)**



Besoins en interceptions A86/RN186 pour mise en place platelage suspendu

⇒ **Ratio montage/démontage : 1 nuit /2,50 ml x10 ml (largeur) (rendement pont de Charenton – ligne 8 RATP).**

⇒ **Besoin en interceptions nocturnes A86/RN186 très conséquents !**

Précisions : Faisabilité non avérée pour utilisation d'un robot ou d'une nacelle mobile

3. Historique de la phase conception : comment est-on arrivé à cet ouvrage? **Etudes réalisées**

SYSTRA

15

FAISABILITE MAINTENANCE

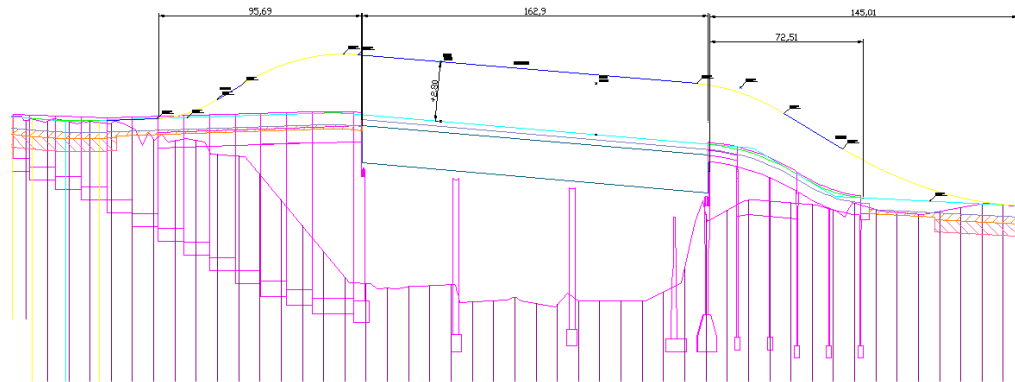
Solution 1 : Système de protection par métallisation et peinture – Type C4ZNV

Impact coût TRAVAUX avivage et remise en peinture:

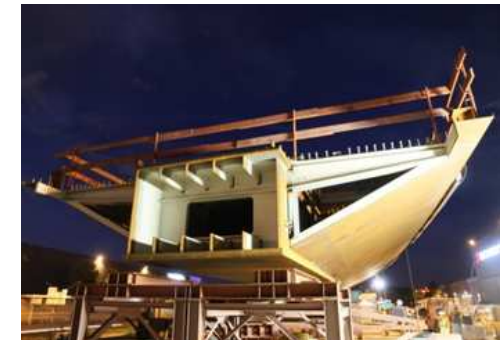
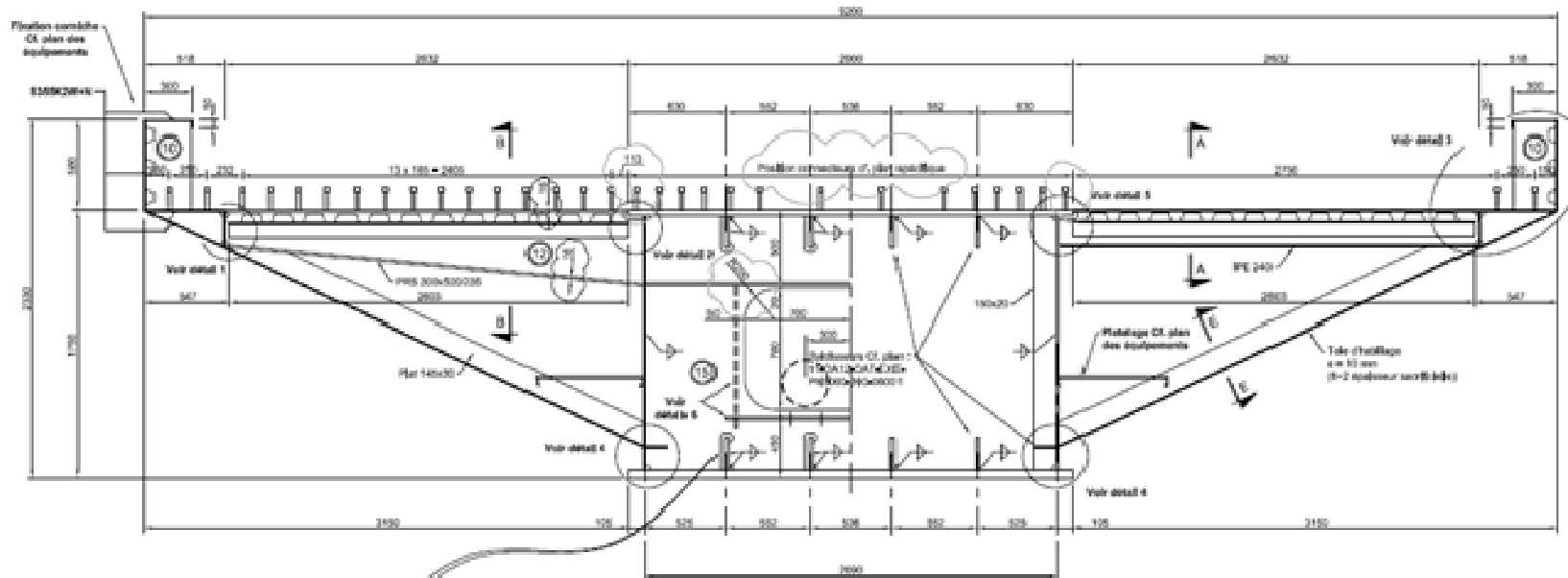
- 1 chantier = 1 500 K€ (référence P.U. = marché RATP Pont de Charenton 2010)
- 3 chantiers sur 100 ans => **4 500 k€ hors actualisation et hors frais Dirif!**

Impact sur profil en long (=> impact financier) :

Géométrie rampes d'accès : allongement pont dalle SOGARIS (+ 33 ml) et augmentations hauteur murs rampe Belle- Epine (H max= 11,50 m), piles et culées



4. Solution retenue pour structure franchissement A86/RN186 : structure tablier



Analyse et comparaison multicritères des 3 solutions identifiées initialement
=> solution n° 2 retenue = caisson hybride acier S355K2W+N / acier S355 K2+N

404,4 tonnes d'acier **S355K2W+N** : tôles inférieures caisson, tôles d'âmes verticales, tôles d'habillage latérales => éléments au contact de l'air extérieur.

344,6 tonnes d'acier **S355 K2+N** pour les autres éléments de charpente,

Epaisseur sacrificielle de 2 mm, tôles **S355K2W+N** épaisseurs entre 10 et 98 mm

4. Solution retenue pour structure franchissement A86/RN186 : protection anticorrosion

SYSTRA

17

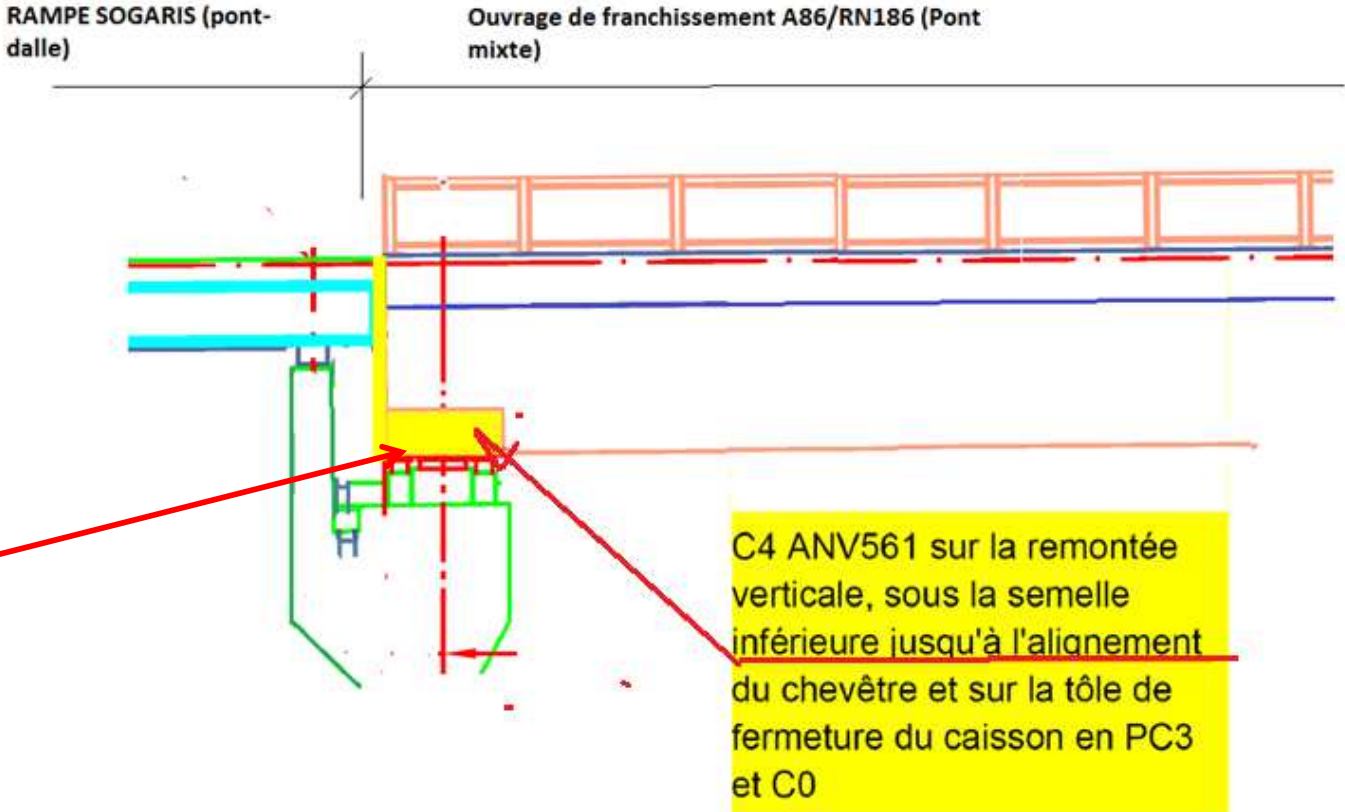
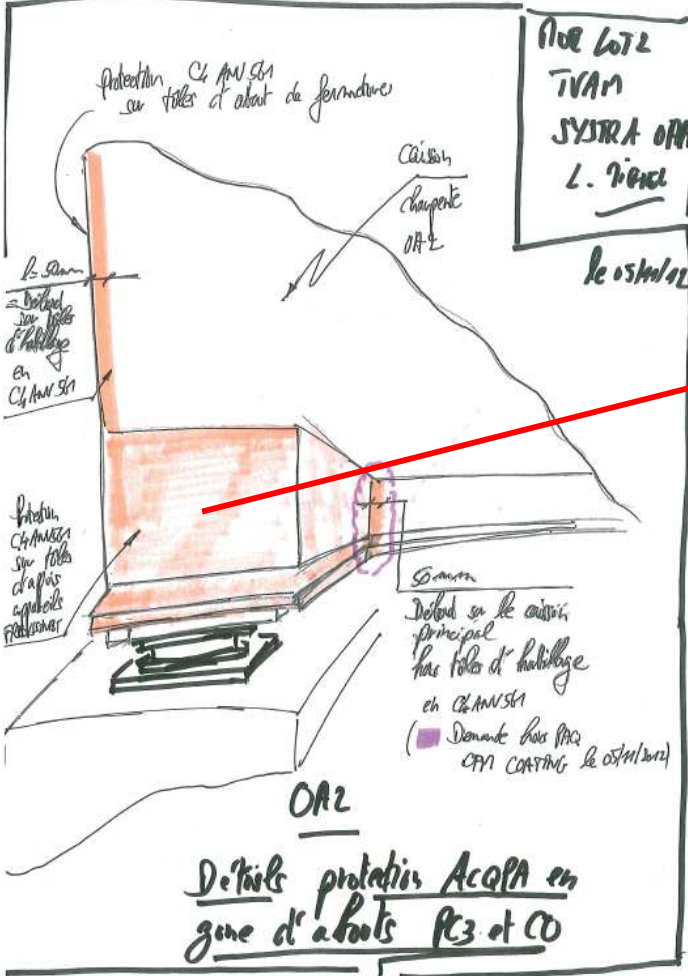
Système appliqué sur toutes les surfaces métalliques du tablier pour les parties intérieures caissons latéraux et caisson central (pas de système de déshumidification de l'air à l'intérieur des caissons)

=> système **ACQPA C4 ANI 560** (Ep. Totale = 280 μm , S = 6.500m²)

Système appliqué sur structures extérieures sensibles (détails pages suivantes!)

=> **Système ACQPA C4 ANV 561** (Ep. Totale = 280 μm , S = 25 m²)

Préparation de surface (atelier et sur chantier) : Sablage Sa 2,5 pour toutes les tôles à l'abrasif sec angulaire + dépoussiérage avant application systèmes ACQPA

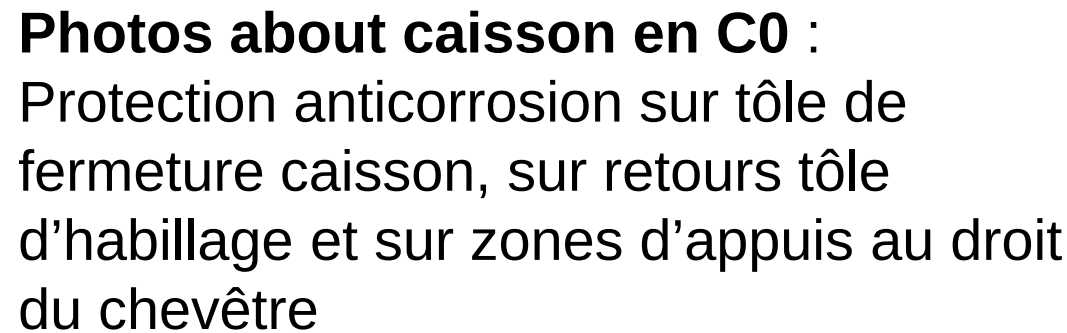


Parties extérieures peintes en zones d'abouts de tablier

(zones soumises à la présence d'eau et à des détritiques => risque de rétention d'humidité).

SYSTRA

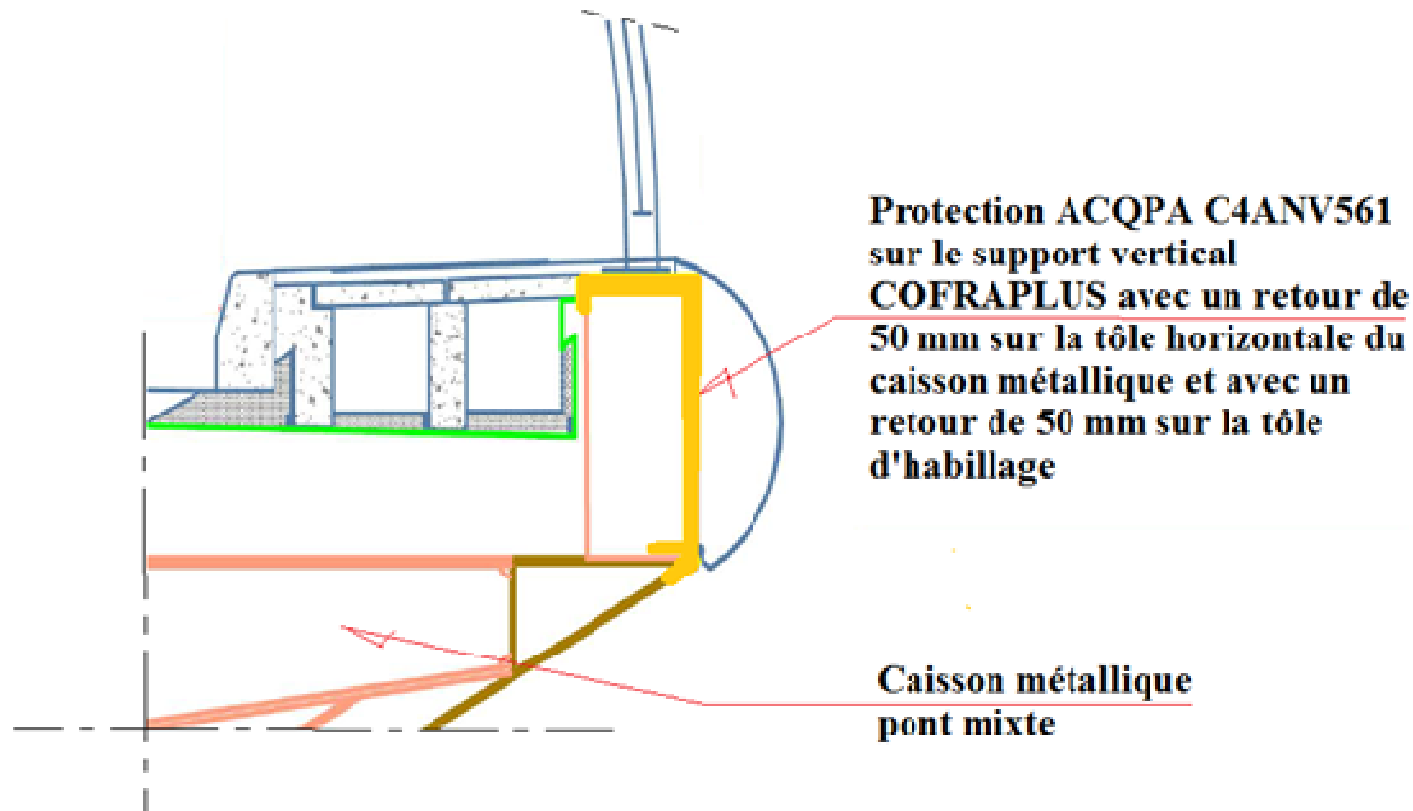
19



5. Détails spécifiques retenus liés à l'utilisation de l'acier autopatinable – Protection anticorrosion sur certaines parties de l'ouvrage

20

SYSTRA



Protection des zones sensibles vis-à-vis des problèmes de durabilité de ces aciers (zones de géométrie complexe ⇔ risques de phénomènes de corrosion non contrôlés) :

- Peinture sur remontées pour attacher les gardes corps
- Peinture sur plinthe de rive et la tranche de la tôle horizontale du caisson

5. Détails spécifiques retenus liés à l'utilisation de l'acier autopatinable – Protection anticorrosion sur certaines parties de l'ouvrage

SYSTRA

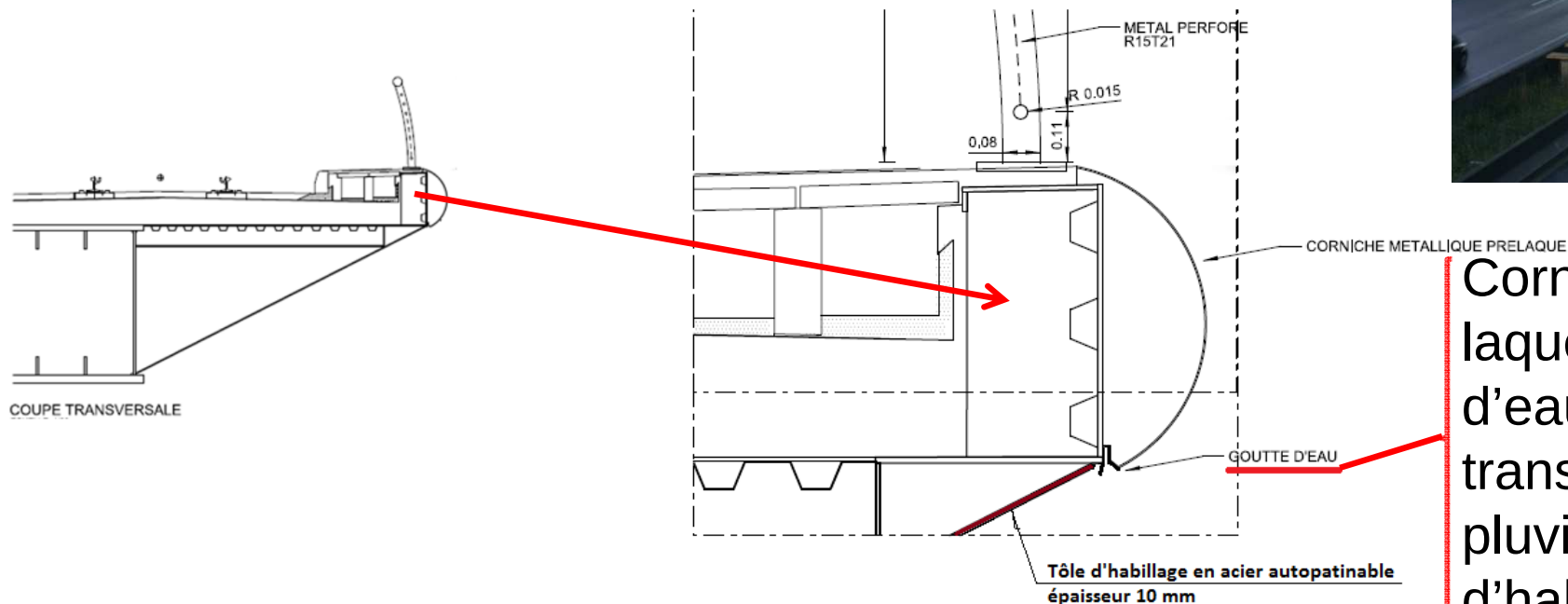
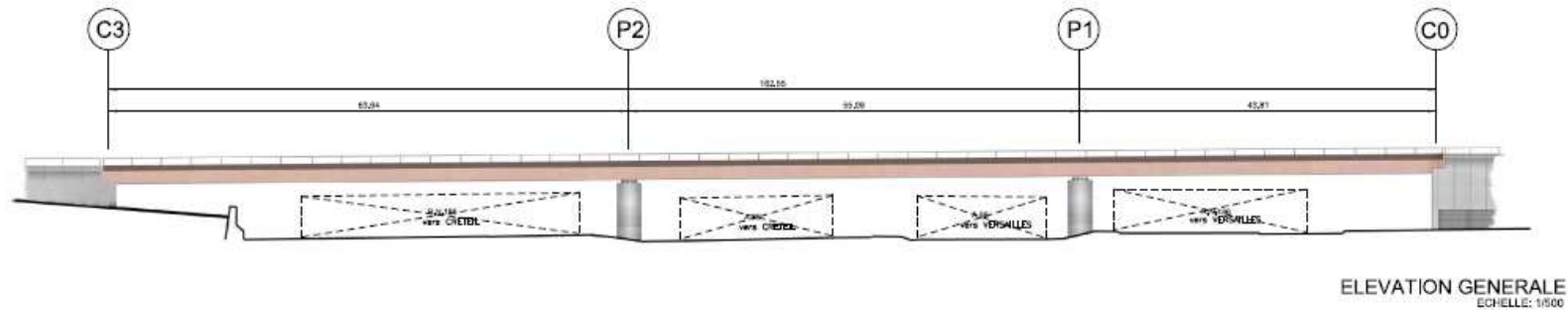
21



Protection des remontées
pour attacher les gardes
corps

Protection de la
plinthe de rive et de la
tranche de la tôle
d'habillage

5. Détails spécifiques retenus liés à l'utilisation de l'acier autopatinable – Corniches avec goutte d'eau et altimétrie spécifique



Corniche en tôle
laquée avec goutte
d'eau pour éviter tout
transfert d'eau
pluviale vers la tôle
d'habillage

5. Détails spécifiques retenus liés à l'utilisation de l'acier autopatenable : ventilation des zones d'abouts au droit des culées

SYSTRA

23

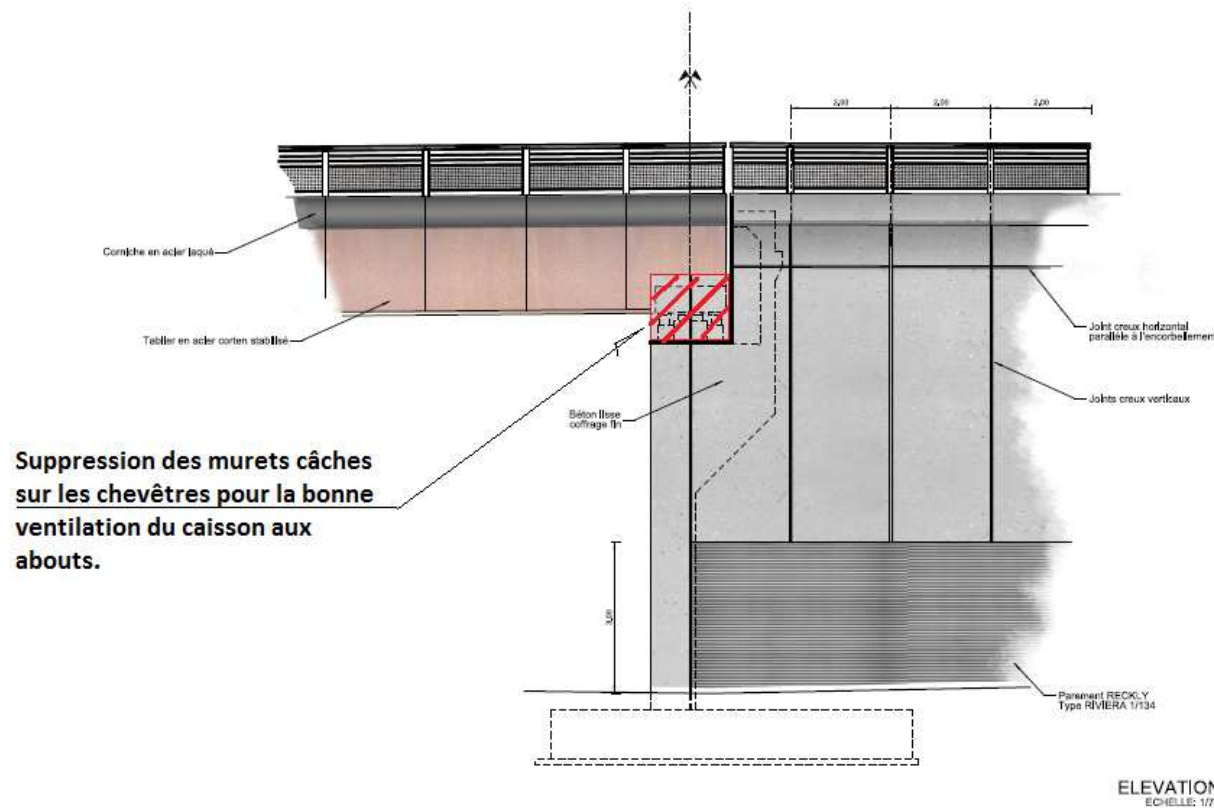
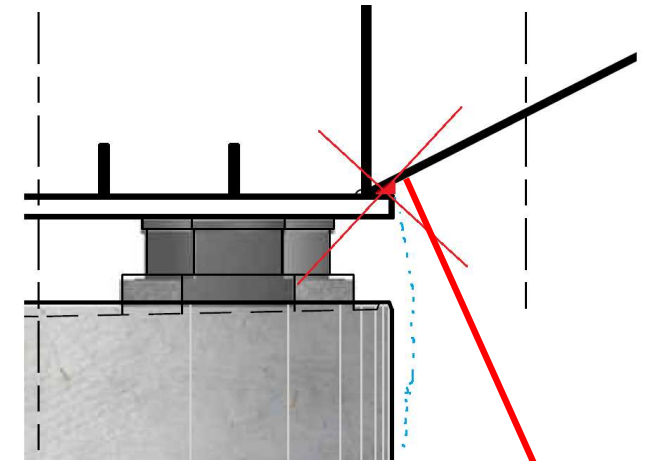
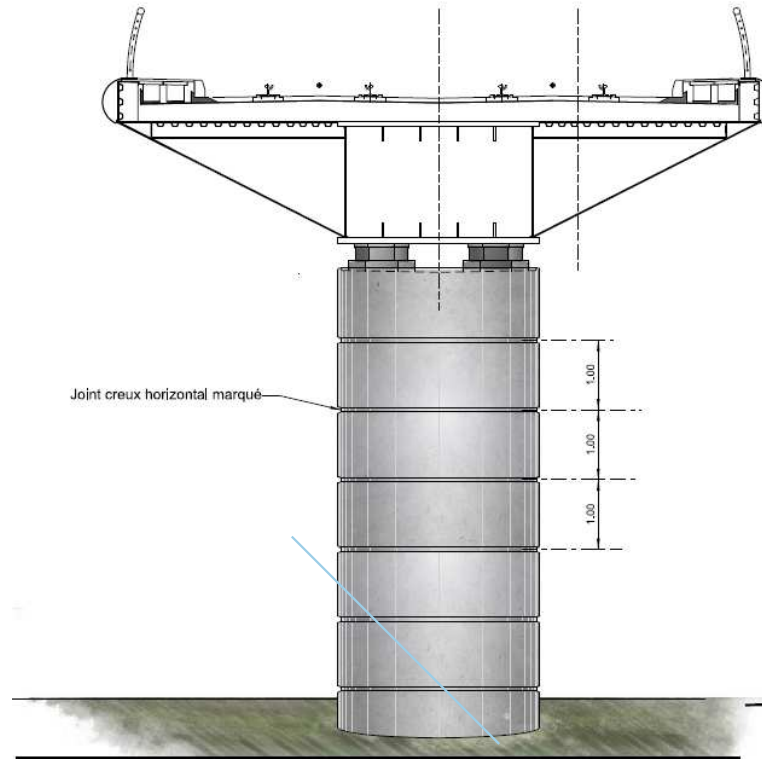


Photo Pile-Culée PC3 sans murets caches

5. Détails spécifiques retenus liés à l'utilisation de l'acier autopatenable : pas d'obstacles à l'écoulement de l'eau entre culées

SYSTRA

24

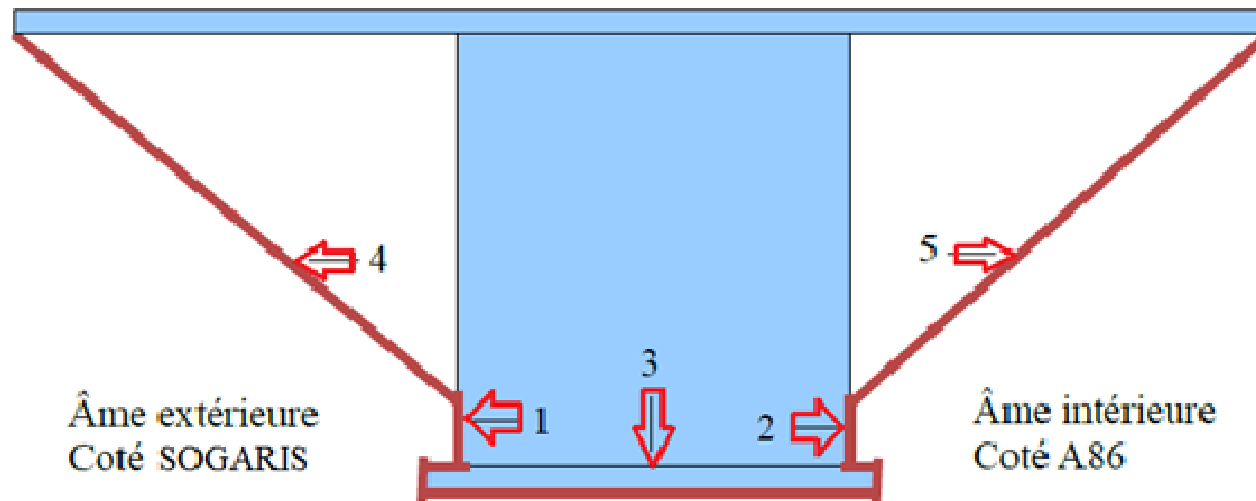


Pas de dévers transversal, pente unique de 0,85% de C0 vers PC3

Choix de ne pas canaliser les éventuelles EP au droit des piles P1 et P2 par l'adjonction d'une tôle verticale positionnée entre débord tôle de fond et tôle d'habillage => **But éviter des projections de particules corrodées sur les appuis**



5. Détails spécifiques retenus liés à l'utilisation de l'acier autopatinable : Etat « T0 » des tôles en acier S355K2W+N



Suivi de l'évolution des tôles en acier autopatinable pendant la durée de vie de l'ouvrage (100 ans) $\Leftrightarrow$ contrôle épaisseur de la section résistante

Levé initial (état « T0 ») réalisé en octobre 2013 à l'intérieur du caisson central et des deux caissons latéraux.

- **Mesures avec jauge d'épaisseur de corrosion** type Elcometer CG70 BDL ou équivalent (précision 1/100 mm).
- **Cinq points levés pour chaque « compartiment »** de caissons entre pièces de pont.

6. Avantages de la solution retenue pour structure franchissement A86/RN186

26

SYSTRA

AVANTAGES solution pont mixte hybride avec S355 K2W+N

=> **Limitation de l'impact environnemental** : Réductions

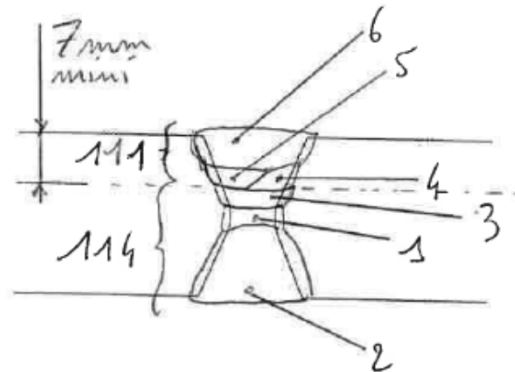
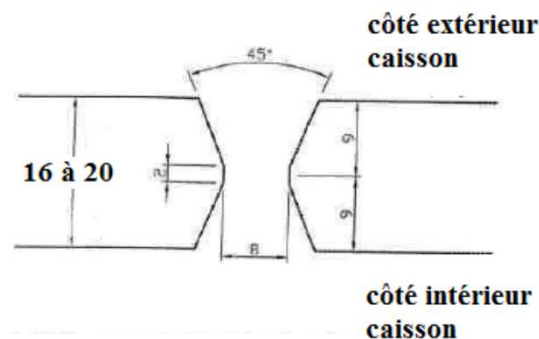
- Produits chimiques (- de risque de pollution et – de BSDI),
- Emprise globale de l'ouvrage,
- Interceptions routières A86/RN186 pour maintenance

=> **Financier**

- Coût de maintenance réduit
- Surcoût fourniture acier S355 K2W+N
faible (environ 10 à 15 % de majoration du P.U.) amorti par économies futures liées aux frais de maintenance réduits
- coût global (réalisation ouvrage + frais de maintenance du système de protection)
le moins onéreux

Assemblages tôles S355 K2W+N (joint de chantier) par soudures :

- Pas de problèmes spécifiques ,
- T.U. soudures tôles S355 K2W+N ~ T.U. soudures en acier ordinaire : Pour les joints multipasses, utilisation de 2 matériaux d'apport (NF-EN 1090-2 article 7.5.10)



Passes 1,2,3 :
Produit apport A

Passes 4,5,6 :
Produit apport B
Procédé 111

Passes côté extérieur avec matériau d'apport ayant un comportement amélioré à la corrosion : ép. 7 mm >> 2 mm (= ép. prévisionnelle patine + marge)

Mise en place d'un contrôle extérieur (Cete de l'Est) en + du contrôle externe PONCIN,

Pas de traces de coulure avec résidus de corrosion sur appuis après 15 mois (fin lançage début septembre 2012)



SYSTRA

**Le Génie Civil en transition :
Innovation et progrès dans le domaine des
matériaux**

GC'2015

**Construire avec de l'acier autopatinable : Impact environnemental et économique – OA2
du tramway T7**



**MERCI DE VOTRE
ATTENTION**