



IMGC



« LA PROTECTION CATHODIQUE DES OUVRAGES EN BETON ARME : DU DIAGNOSTIC AUX TRAVAUX »

Journée Technique AFGC Méditerranée
Mercredi 12 décembre 2018
Centre de Formation Emile Picot de Mallemort



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary



2



LA PROTECTION CATHODIQUE DES OUVRAGES EN BETON ARME : ***DU DIAGNOSTIC AUX TRAVAUX***

Damien RICHARD – Groupe VIGIER,
Elom EDOH – Setec Diadès

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Principaux acteurs du projet,
- Contexte et objectifs du projet,
- Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé,
- Solutions de réparation retenues,
- Design et dimensionnement de la protection cathodique,
- Mise en œuvre de la protection cathodique ,
- Monitoring

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Principaux acteurs du projet



Diapositive 4

EE1

EDOH Elom; 27/11/2018

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé

Situation géographique

- Commune de Guéthary
- Département : Pyrénées-Atlantiques
- Autoroute A63
- Section : La Négresse / St Jean de Luz Nord



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

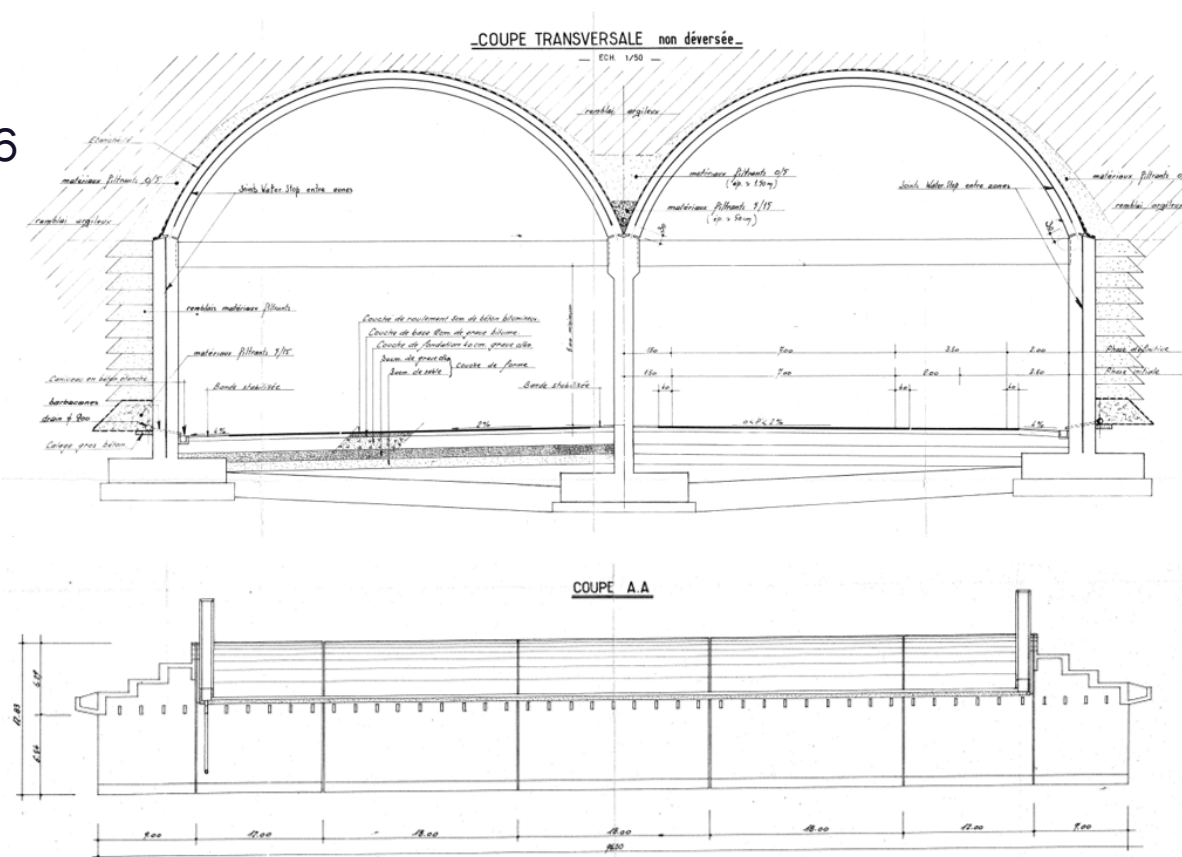
- Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

• Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé

- Année de construction : 1976
- Type : TC à voutes
- 2 Travées de 14,40 m
- Longueur : 96 m
- Hauteur : 7,3 m
- Matériau : béton armé
- Piédroits ep. : 80 cm/60 cm
- Piédroits : 7 voiles distincts

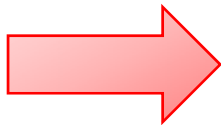


Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Contexte et objectifs du projet

Les dernières IDP ont montré une dégradation avancée des piédroits de la TC de Guéthary marquée par:

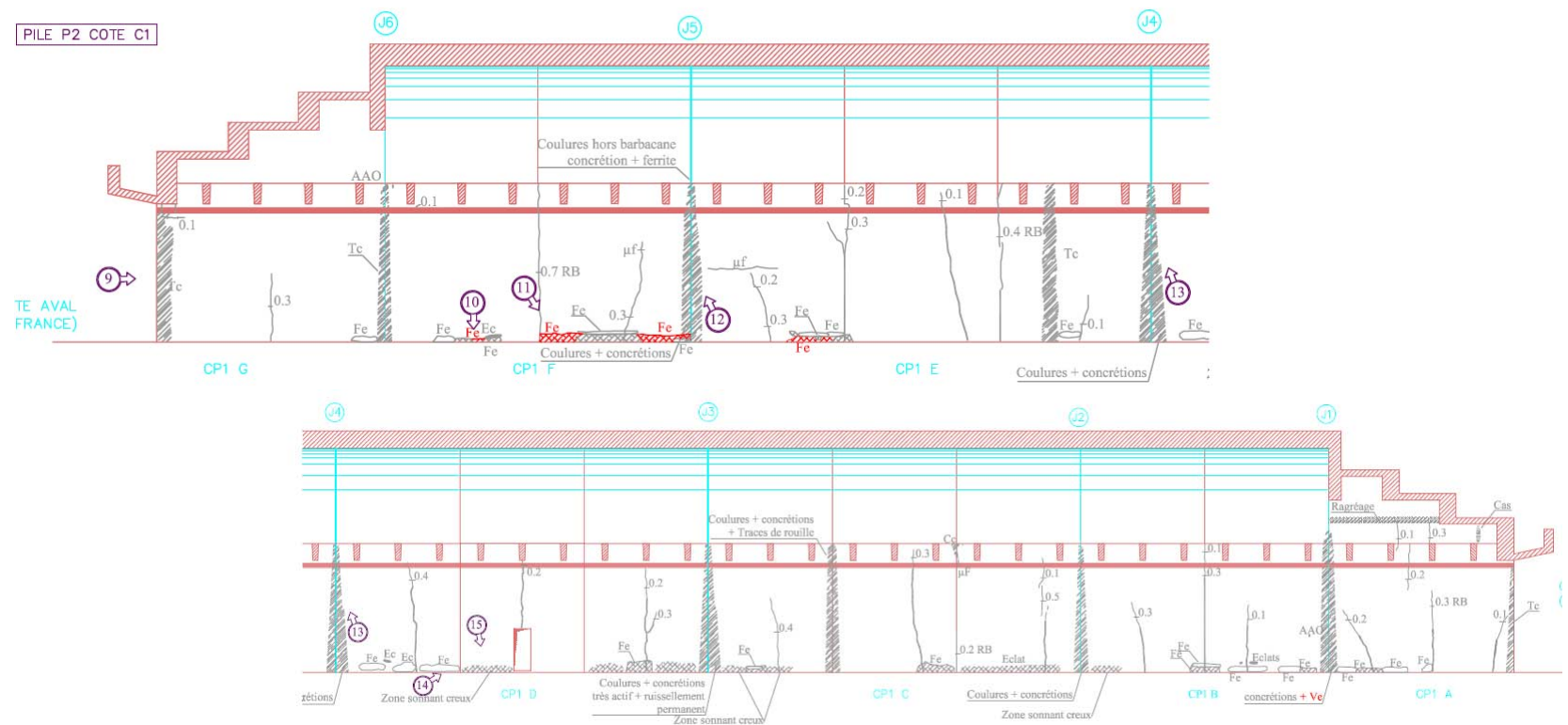
- Des éclats du béton des parements très évolutifs depuis 2006, avec des aciers apparents oxydés présentant des pertes importantes de section,
- Un faïençage réparti par zones sur les piédroits,
- Des traces de coulures actives avec des concrétions calcaires chargées localement de rouille,
- Un réseau de fissures horizontales et obliques d'ouverture variant entre 0,1 mm et 0,3 mm.



Au regard de cet état et de l'évolution des désordres ASF a souhaité entreprendre des travaux de réparation.

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Contexte et objectifs du projet



Cartographie des désordres

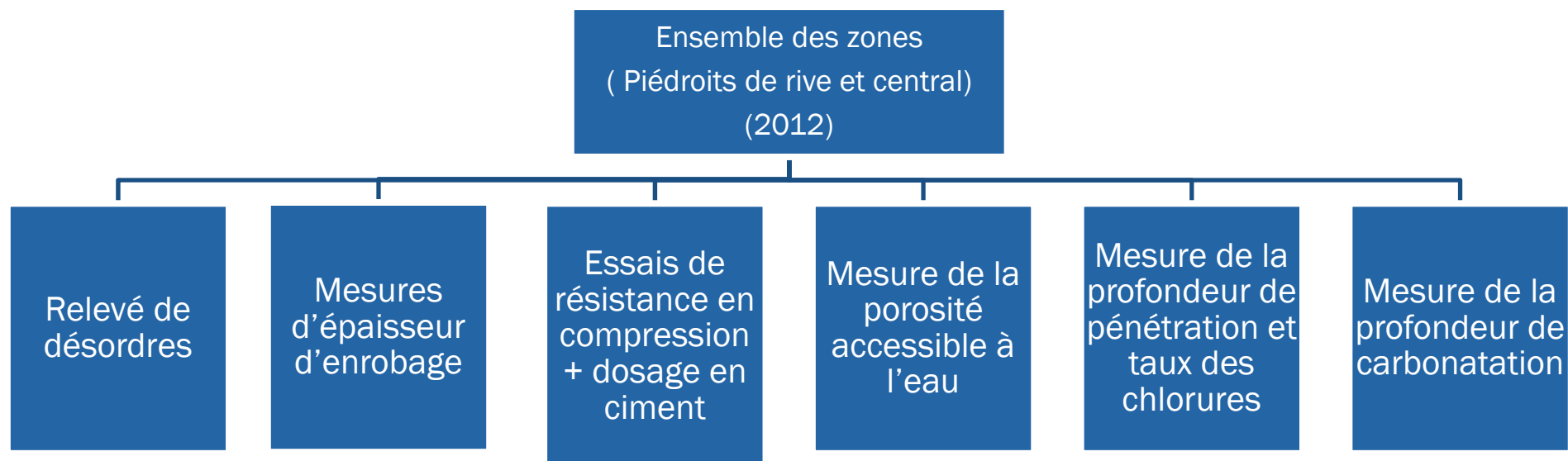
Tiré du rapport du Diag 2012- Concrete Pathology

Journée technique AFGC Méditerranée : La protection cathodique des ouvrages en béton armé : du diagnostic aux travaux

Mercredi 12 décembre 2018

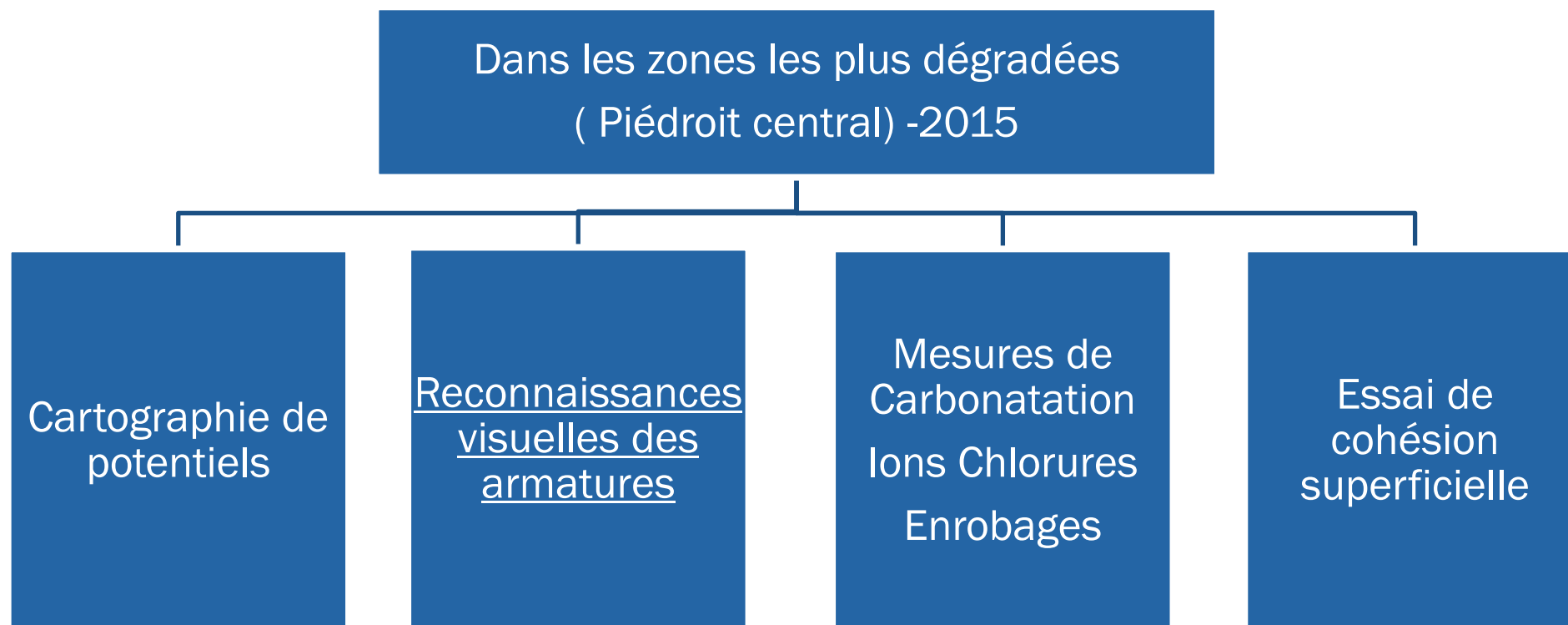
Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé

Béton	Dosage moyen de 432kG/m ³ Fck = 35,8 MPa, ρ =2345 kG/m ³ Porosité moyenne : 12,3%
Enrobage des aciers	Enrobage moyen : 40mm [11mm; 86mm]

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

• Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé

➤ Résultats des dosages des ions chlorures libres

			Hauteur	0-20mm	20-40mm	40-60mm
Piédroit C1	Z3	Amont	0.10 m	0.143	0.005	0.005
	Z2	Central	0.08 m	0.014	0.015	0.006
	Z1	Aval	0.10 m	0.026	0.056	0.019
	Z3	Amont	0.55 m	0.006	0.005	0.005
	Z2	Central	0.50 m	0.01	0.005	0.005
	Z1	Aval	0.26 m	0.005	0.005	0.005
	Z3	Amont	1.50 m	0.005	0.005	0.005
	Z2	Central	1.45 m	0.005	0.005	0.005
	Z1	Aval	1.55 m	0.005	0.005	0.005

 Concentration des ions chlorures libres
> au SEUIL d'accélération de la corrosion

 Concentration des ions chlorures libres
comprise entre le SEUIL et le SEUIL/2

 Concentration des ions Chlorures détectables mais
< au SEUIL /2

 Concentration des ions Chlorures à peine détectable

			Hauteur	0-20mm	20-40mm	40-60mm
Piédroit C3	Z10	Avl	0.24 m	0.03	0.023	0.018
	Z11	Central	0.15 m	0.042	0.046	0.033
	Z12	Amont	0.15 m	0.047	0.032	0.031
	Z10	Avl	0.50 m	0.018	0.026	0.02
	Z11	Central	0.55 m	0.027	0.039	0.032
	Z12	Amont	0.55 m	0.046	0.028	0.031
	Z10	Avl	1.50 m	0.044	0.047	0.032
	Z11	Central	1.50 m	0.027	0.041	0.031
	Z12	Amont	1.45 m	0.045	0.032	0.029

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

• Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé

➤ Résultats des dosages des ions chlorures libres

	Concentration des ions chlorures libres > au SEUIL d'accélération de la corrosion
	Concentration des ions chlorures libres comprise entre le SEUIL et le SEUIL/2
	Concentration des ions Chlorures détectables mais < au SEUIL /2
	Concentration des ions Chlorures à peine détectable

		Hauteur	0-20mm	20-40mm	40-60mm	80-100mm	120-140mm
SENS 1	Entrée Sens 1	-0.23 m	0.024	0.021	0.01	0.009	0.019
		0.00 m	0.382	0.476	0.205	0.098	
		0.60 m	0.009	0.008	0.006	0.006	
		1.48 m	0.019	0.011	0.008	0.009	0.025
	Milieu Sens 1	-0.20 m	0.117	0.032	0.034	0.026	0.057
		0.00 m	0.476	0.272	0.12	0.065	
		0.62 m	0.009	0.008	0.008	0.006	
		1.63 m	0.009	0.012	0.012	0.008	0.041
	Sortie Sens 1	-0.25 m	0.016	0.008	0.009	0.007	0.016
		0.00 m	0.153	0.14	0.048	0.012	
		0.58 m	0.023	0.007	0.006	0.005	
		1.46 m	0.02	0.006	0.007	0.007	0.017
SENS 2	Entrée Sens 2	-0.20 m	0.009	0.007	0.007	0.005	0.036
		0.00 m	0.068	0.044	0.017	0.008	
		0.52 m	0.019	0.008	0.008	0.007	
		1.38 m	0.029	0.01	0.007	0.007	0.015
	Milieu Sens 2	-0.20 m	0.091	0.116	0.016	0.012	0.038
		0.15 m	0.17	0.284	0.019	0.01	
		0.46 m	0.016	0.013	0.01	0.009	
		1.50 m	0.005	0.013	0.009	0.007	0.023
	Sortie Sens 2	-0.20 m	0.361	0.217	0.063	0.021	0.029
		0.00 m	0.36	0.642	0.335	0.074	
		0.53 m	0.018	0.007	0.008	0.005	
		1.58 m	0.015	0.008	0.005	0.005	0.016

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

• Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé

➤ Résultats de la profondeur de carbonatation :

[10 mm; 25 mm]

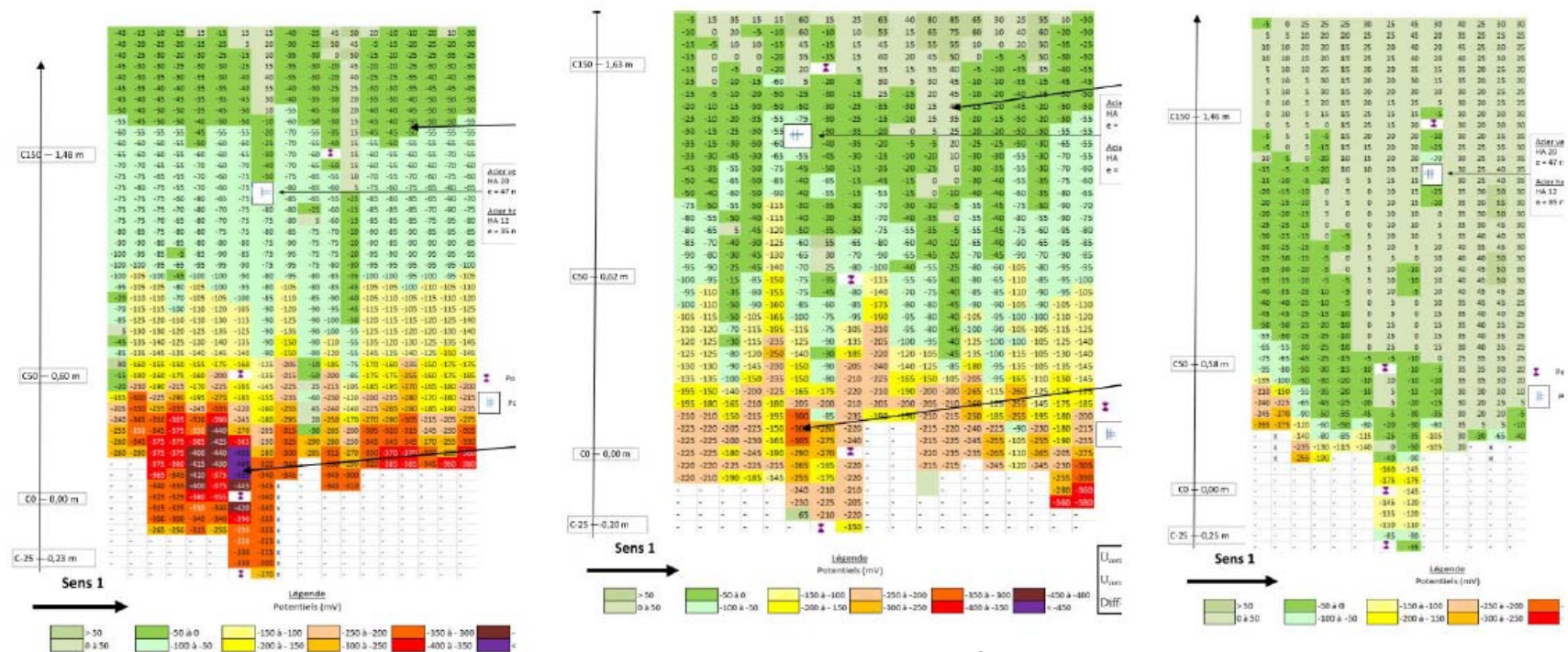
Moyenne : 11 mm

< enrobage= 40mm

Zone	Hauteur depuis TN (en m)	Carottes	Profondeur de carbonatation moyenne (mm)	
Entrée d'ouvrage - sens 1	1,48	C1	21	
	0,60	C2	25	
	0,00	C3	11	
	-0,23	C4	< 1	
Milieu d'ouvrage - sens 1	1,63	C1	16	
	0,62	C2	8	5
	0,00	C3	8	
	-0,20	C4	< 1	
Sortie d'ouvrage - sens 1	1,46	C1	7	
	0,58	C2	6	
	0,00	C3	< 1	
	-0,25	C4	< 1	
Entrée d'ouvrage - sens 2	1,38	C1	10	
	0,52	C2	12	
	0,00	C3	6	
	-0,20	C4	< 1	
Milieu d'ouvrage - sens 2	1,50	C1	15	
	0,46	C2	16	
	0,15	C3	16	
	-0,20	C4	10	
Sortie d'ouvrage - sens 2	1,58	C1	17	
	0,53	C2	17	
	0,00	C3	12	
	-0,20	C4	15	

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé
- Résultats des mesures de potentiels – Piédroit sens 1



Cartographie de potentiels
Tiré du rapport du Diag 2015- Concrete Pathology

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Présentation de l'ouvrage et du diagnostic réalisé

- Résultats des reconnaissances visuelles des armatures mises à nu :
Corrosion importante avec en moyenne 20% de perte de section estimée.



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Solutions de réparation retenues

Les piédroits ne sont pas dans le même état de dégradation ni de pollution

Idem sur la hauteur d'un même piédroit

→ **Traitement différencié**

Piédroits de rive moins atteints par les dégradations et les pollutions aux ions chlorures et à la carbonatation (restées dans l'épaisseur d'enrobage)

→ **Traitement localisé + protection**

Piédroit central pollué en base par les ions chlorures

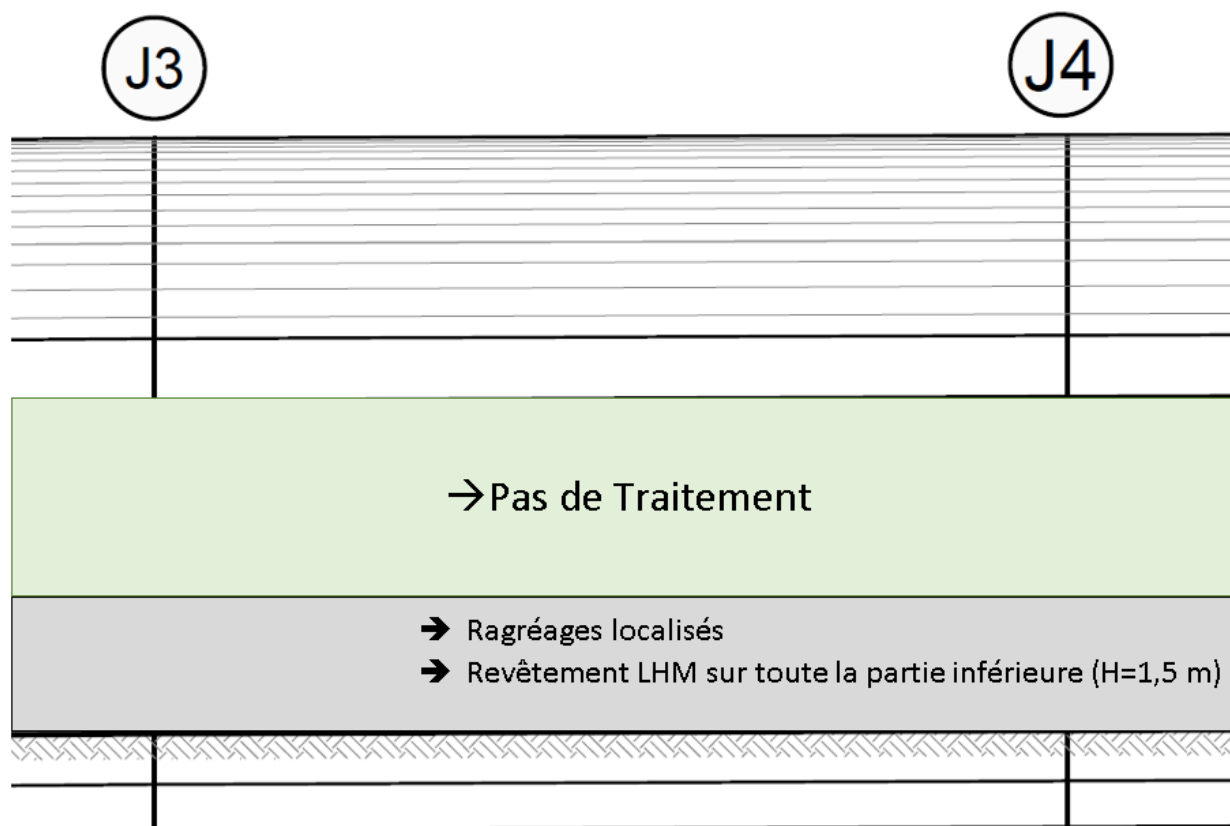
présente de la corrosion des aciers avec perte de section + béton non adhérent + éclats béton

→ **Traitement curatif + protection**

Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Solutions de réparation retenues

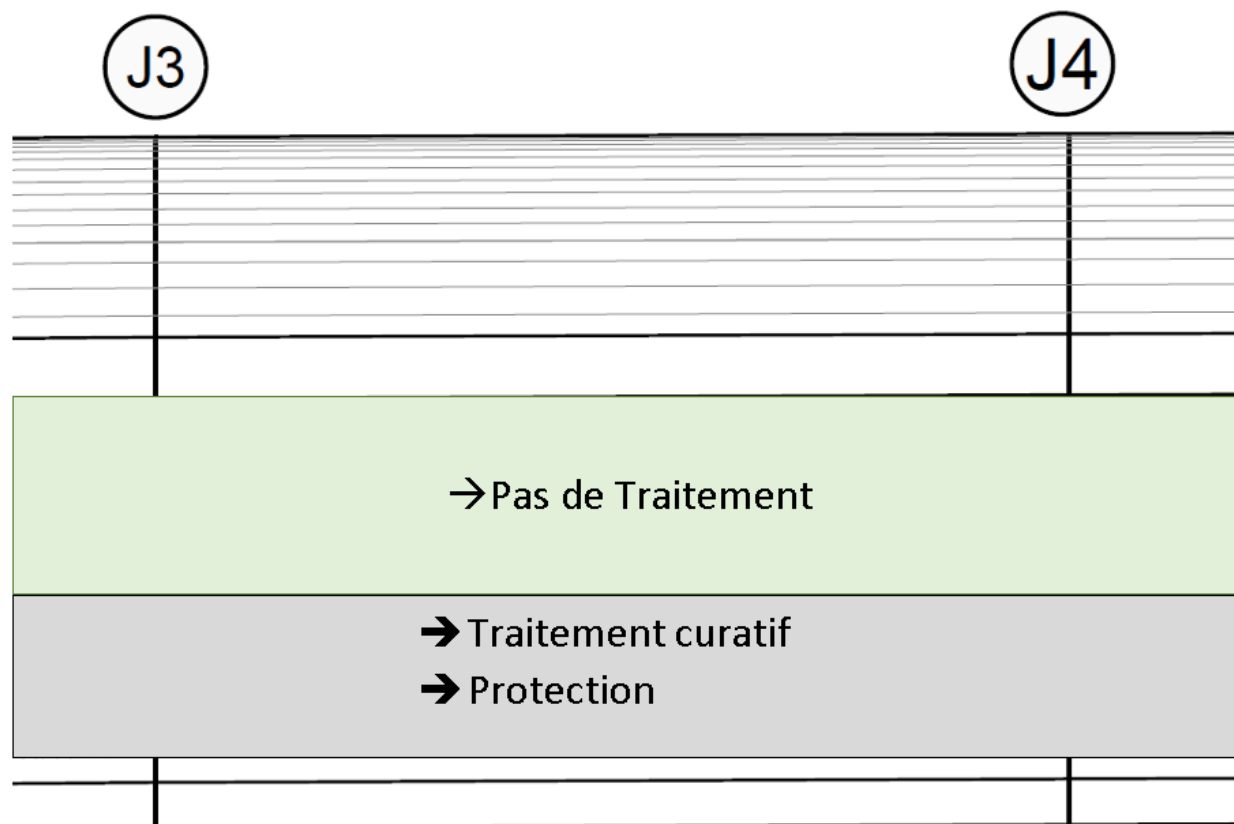
- Solutions retenues
Sur les piédroits de rive



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Solutions de réparation retenues

- Solutions retenues
Sur le piédroit central



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Solutions de réparation retenues

piédroit central :

Carbonatation limitée
dans l'épaisseur
d'enrobage (25mm < 40
mm)

Pollution aux ions
chlorures

Aciers corrodés avec des
pertes de sections
importantes,

Béton non adhérent,

Éclats béton,

Contraintes d'intervention
fortes

Solution - retenue

Pour permettre :

La purge des bétons non adhérents,

Le renforcement des armatures corrodées avec perte de section,

→ Hydrodémolition du béton pollué,

→ Reconstitution des sections par béton projeté RIG,

→ Mise en place de revêtement LHM,

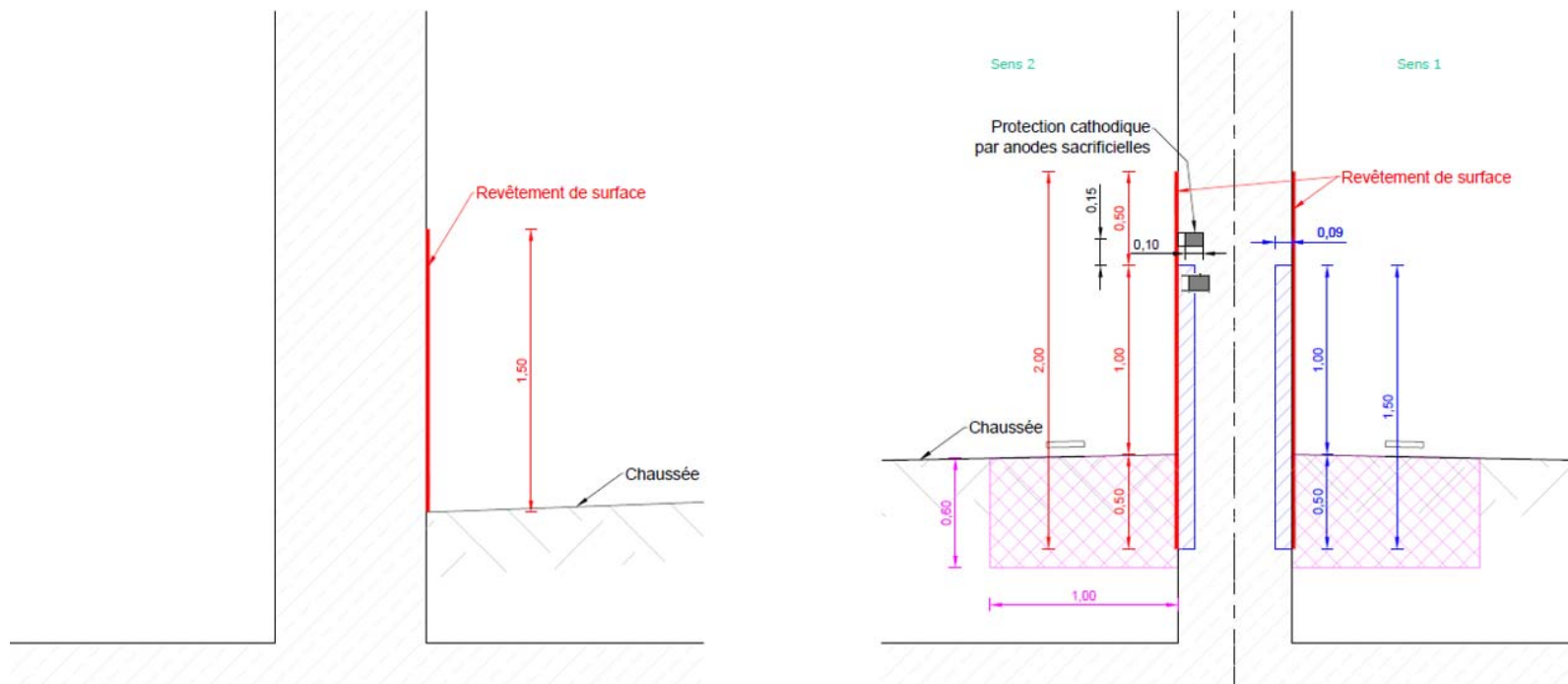
→ Protection des interfaces béton reconstitué/ béton existant par protection cathodique galvanique,

Protection cathodique par
courant galvanique

→ Annihiler l'effet d'anode
induite (Macro pile),
→ Rôle de protection de
l'interface.

- Solutions de réparation retenues

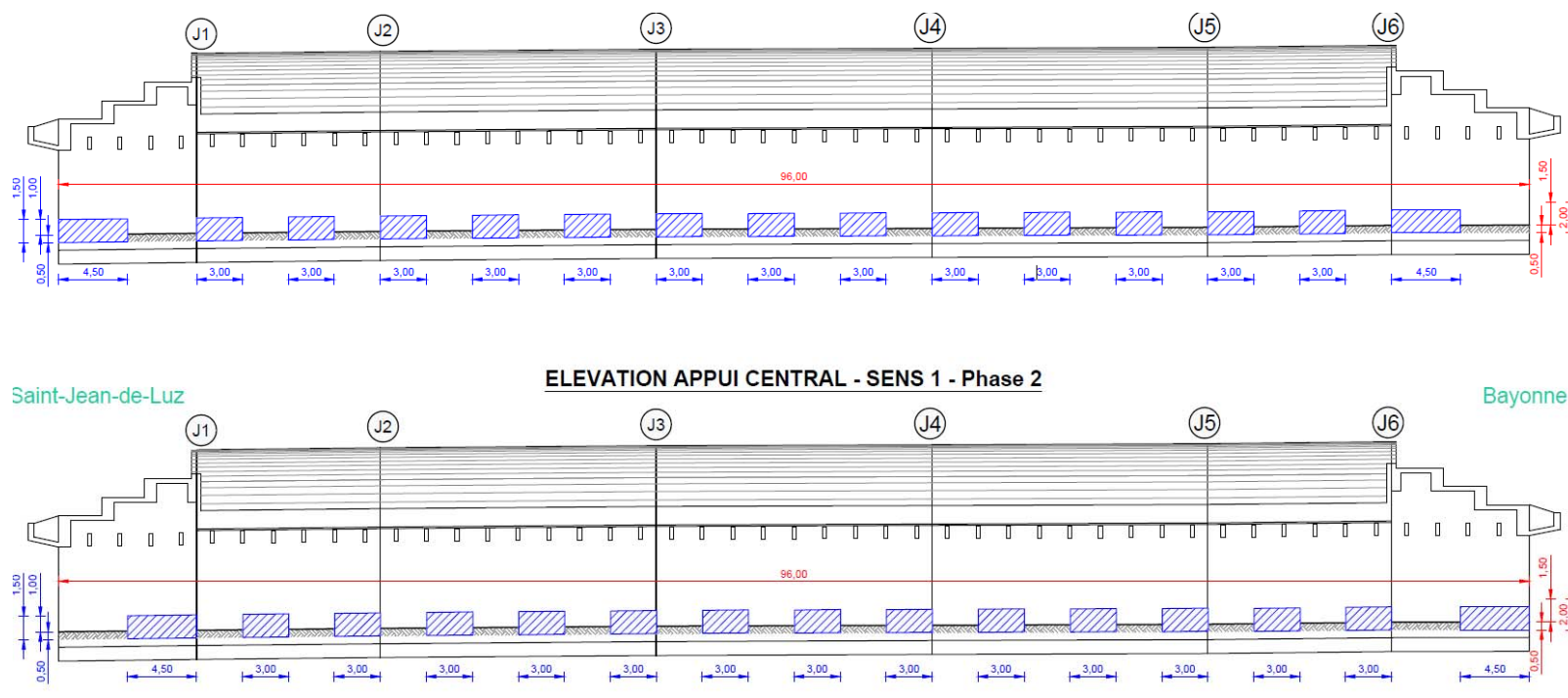
- ### ➤ Traitement du piédroit central en partie inférieure



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

• Solutions de réparation retenues

➤ Traitement du piédroit central en partie inférieure

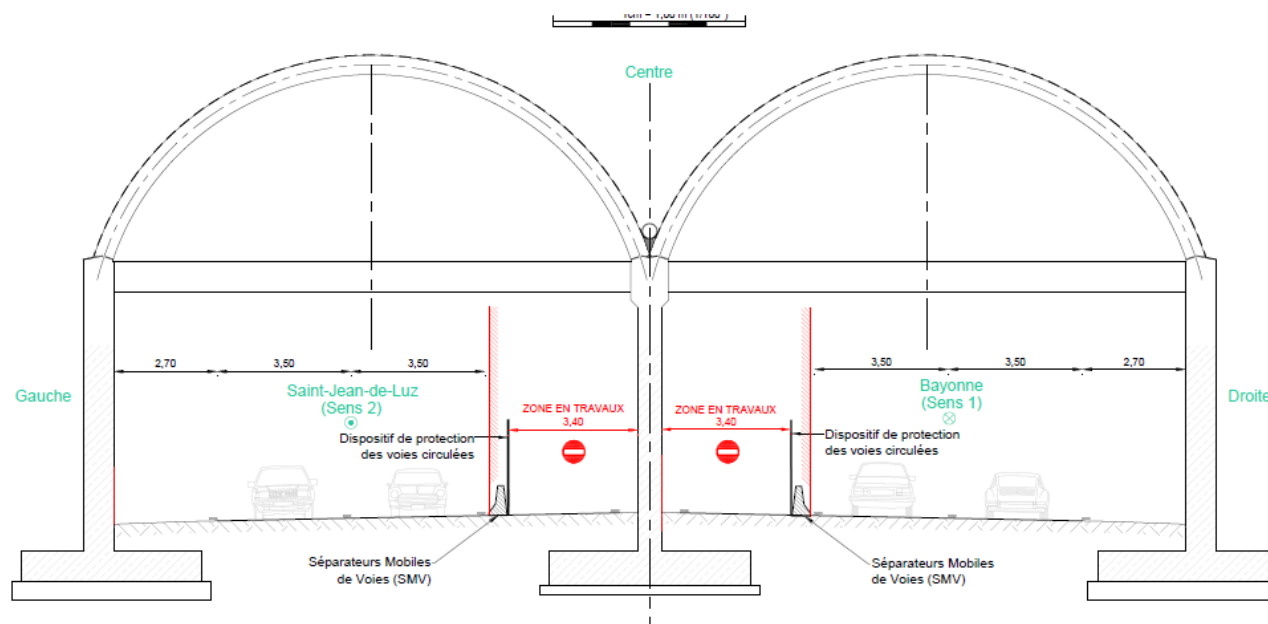


Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Solutions de réparation retenues

- Traitement du piédroit central en partie inférieure

Conditions d'exécution très contraignantes avec le maintien de la circulation



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Solutions de réparation retenues- Quelques illustrations de la mise en œuvre

➤ Traitement du piédroit central en partie inférieure:

- hydrodémolition,
- Renforcement des aciers



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Solutions de réparation retenues- Quelques illustrations de la mise en œuvre

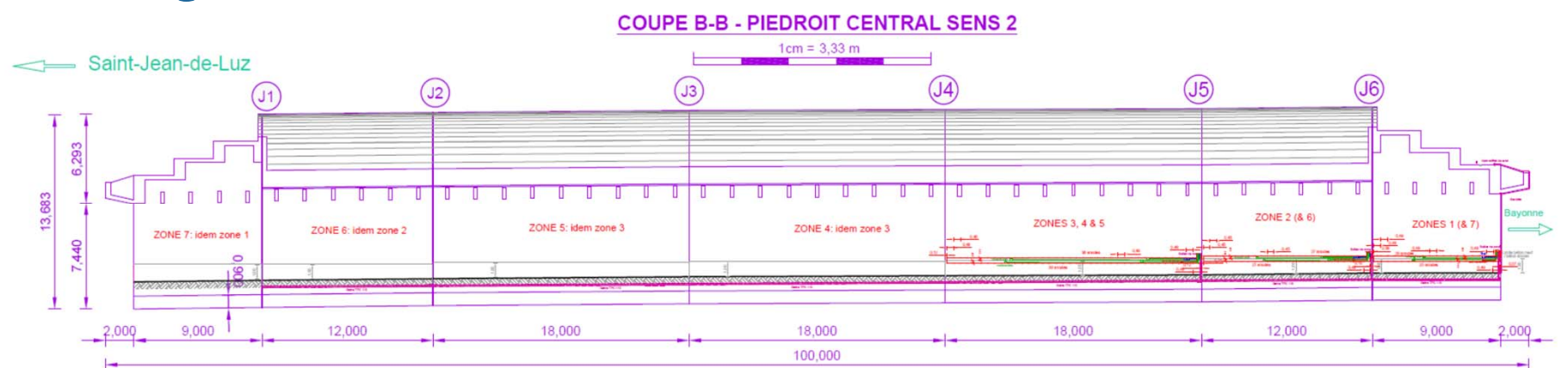
➤ Traitement du piédroit central en partie inférieure:

- Béton projeté RIG,
- Revêtement LHM



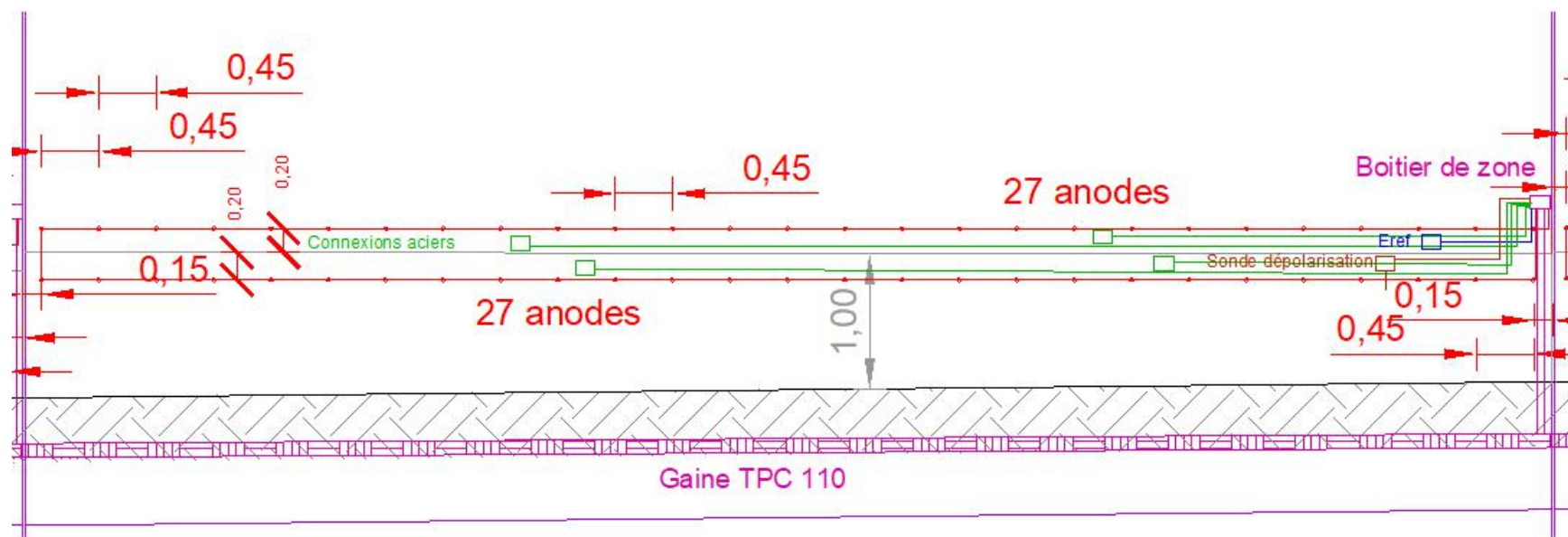
Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Design et dimensionnement
 - Zonage selon les dispositions constructives de l'ouvrage (JD)
 - Détermination de la surface d'acier à protéger
 - Choix du type d'anodes:
 - > discrètes
 - > système en peigne
 - > longues



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Design et dimensionnement
- Mise en œuvre en Boucle
- Rédaction du P.A.Q. et des fiches d'Autocontrôle



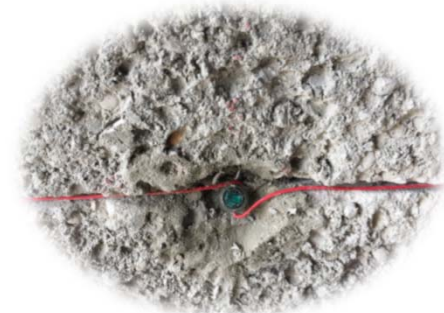
Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Mise en œuvre
 - Vérification de la continuité des armatures (§ 7.1 NF EN ISO 12696)



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Mise en œuvre
 - Positionnement des anodes et percements après repérage des aciers + rainure pour fil de chaîne
 - Mise en œuvre des anodes: trempage – enrobage mortier – liaison au fil de chaîne



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Mise en œuvre
 - Connexion aux aciers (§7.3 NF EN ISO 12696) > via le boîtier de zone



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Monitoring
 - Insertion d'électrodes de référence et sondes de dépolarisation
 - Boitiers de zones (7u): interface entre la zone et le coffret de suivi



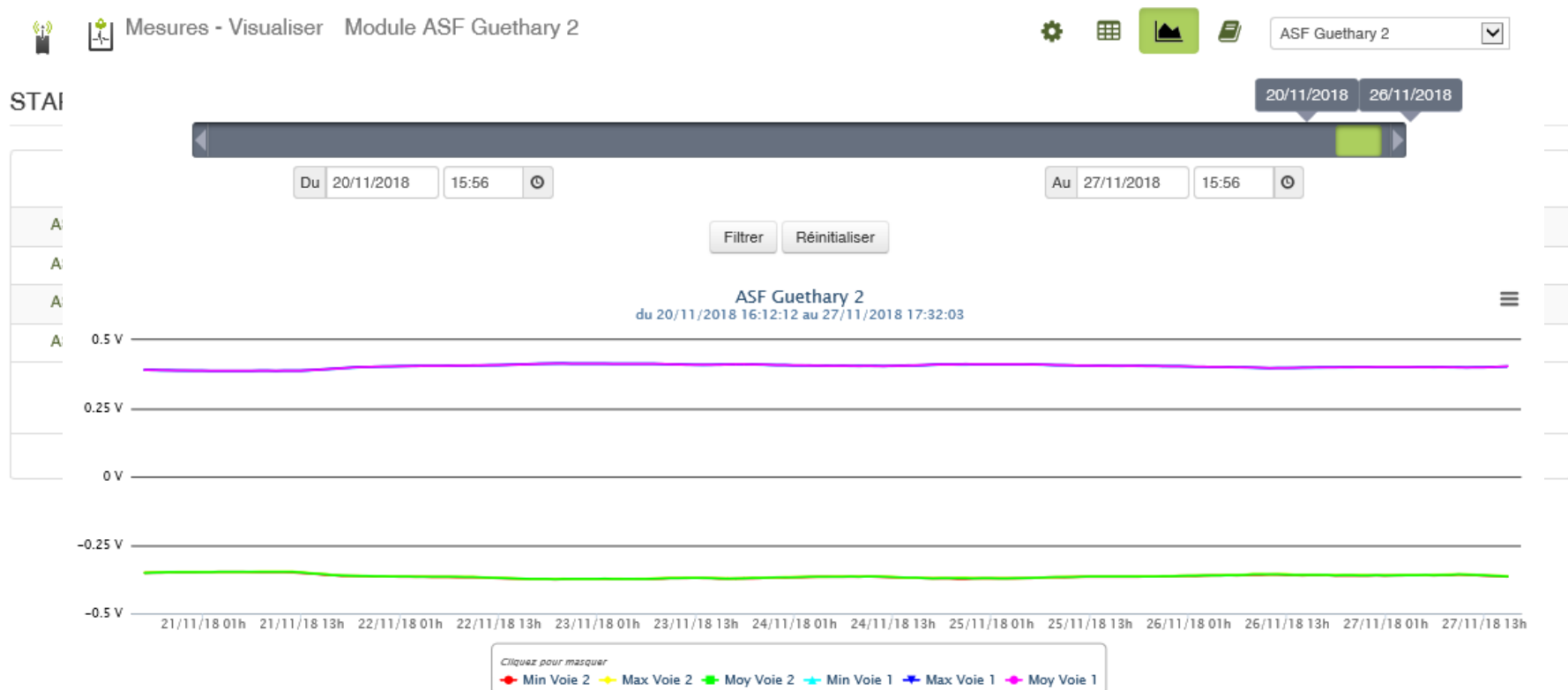
Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Monitoring
- Coffret de suivi (à l'extérieur de la plateforme autoroutière pour un accès sans impact sur l'exploitation)



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Monitoring
- Télétransmission (partenaire: CCTA)

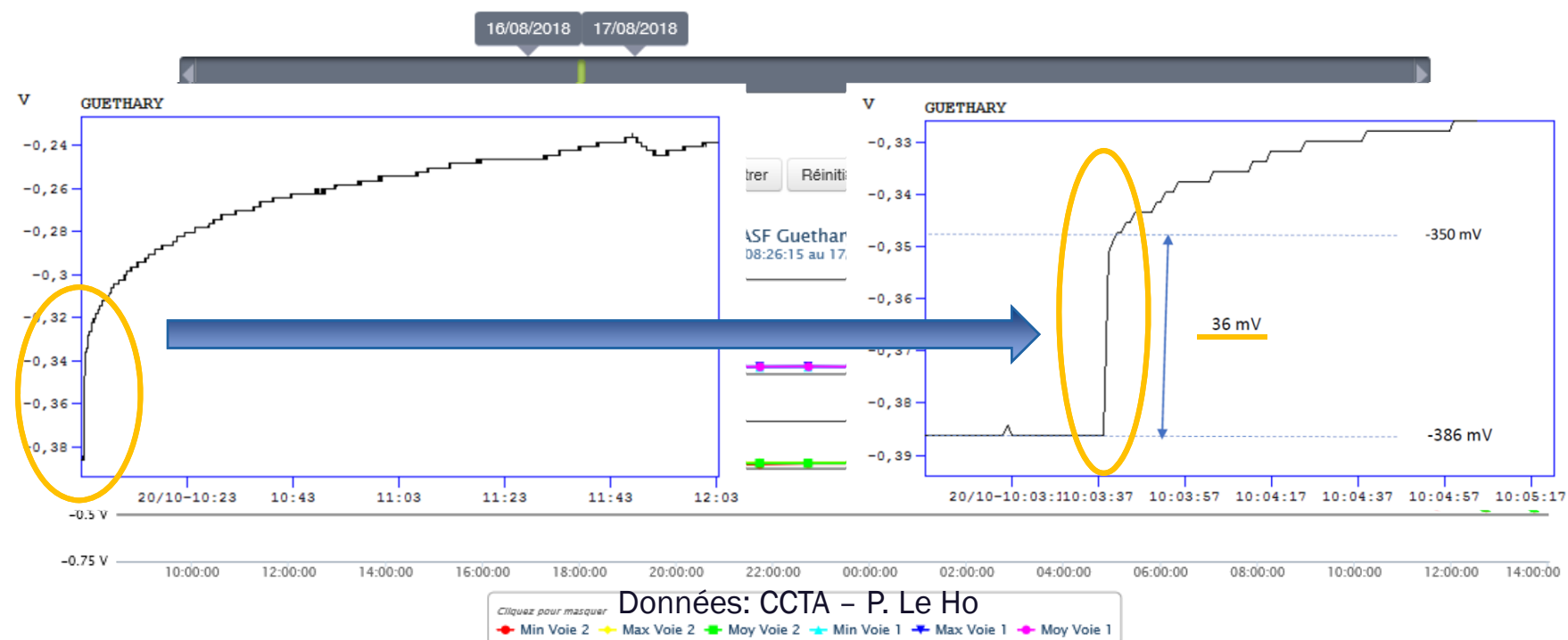


Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Monitoring
- Essai de dépolarisation: choix du critère b) § 8.6 NF EN ISO 12696

(partenaire: CCTA)

- Dépolarisation d'au moins 100 mV sur un maximum de 24h à partir de la coupure de courant
- Détermination de la chute ohmique



Travaux de réparation des piédroits de la Tranchée couverte de Guéthary

- Monitoring
 - Essai de dépolarisation: choix du critère b) § 8.6 NF EN ISO 12696
 - Dépolarisation d'au moins 100 mV sur un maximum de 24h à partir de la coupure de courant

Suivi et contrôle du système de protection cathodique par anodes galvaniques																		
64 - Guéthary - Tranchée couverte																		
Système mis en place en 2018																		
Mesures au coffret	Zones																	
Potentiel en -mV par rapport à Eref Mn/MnO ₂	Zone 1			Zone 2			Zone 3			Zone 4			Zone 5			Zone 6		
Ferraillage (+ sonde) connectés "ON"	-	444	mV	-	464	mV	-	434	mV	-	519	mV	-	383	mV	-	352	mV
Chute ohmique (voltmètre à enregistrement)	-	34	mV	-	60	mV	-	40	mV	-	37	mV	-	30	mV	-	18	mV
Ferraillage en "OFF"	-	208	mV	-	282	mV	-	219	mV	-	327	mV	-	263	mV	-	178	mV
	OFF+	24	h	OFF+	24	h	OFF+	24	h	OFF+	24	h	OFF+	24	h	OFF+	24	h
d'où remontée de potentiel:	202	mV	>100mV	122	mV	>100mV	175	mV	>100mV	155	mV	>100mV	90	mV	>100mV	156	mV	>100mV

LA PROTECTION CATHODIQUE par anodes galvaniques

Tranchée couverte de Guéthary A63

QUESTIONS ?

