



IMGC



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

VIADUC DU CHAVANON

Protection cathodique par feuilles de zinc collées

Présenté par Stéphane Panin
Ingénieur certifié Cefracor Niveau 3 Béton

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

Présentation du projet

A89 – Bordeaux / Clermont-Ferrand



Intervenants:

Maître d'ouvrage:



Maîtrise d'œuvre:



Assistance maître d'ouvrage:

- InSitu
- Concrete

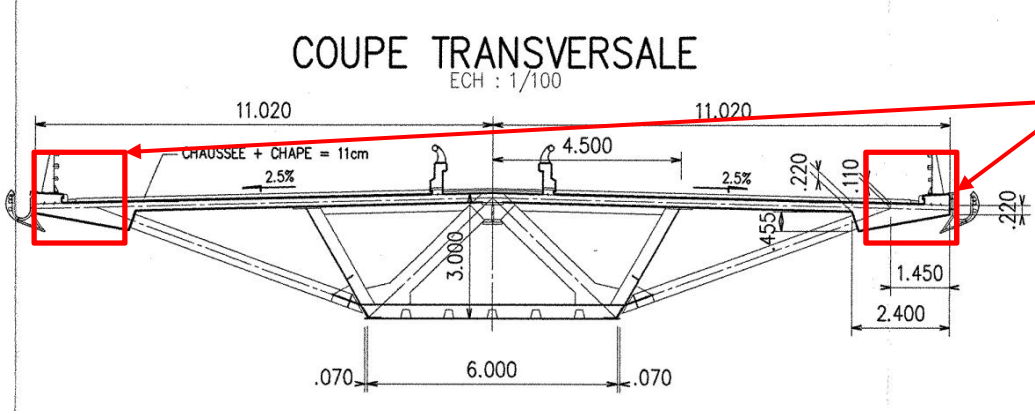
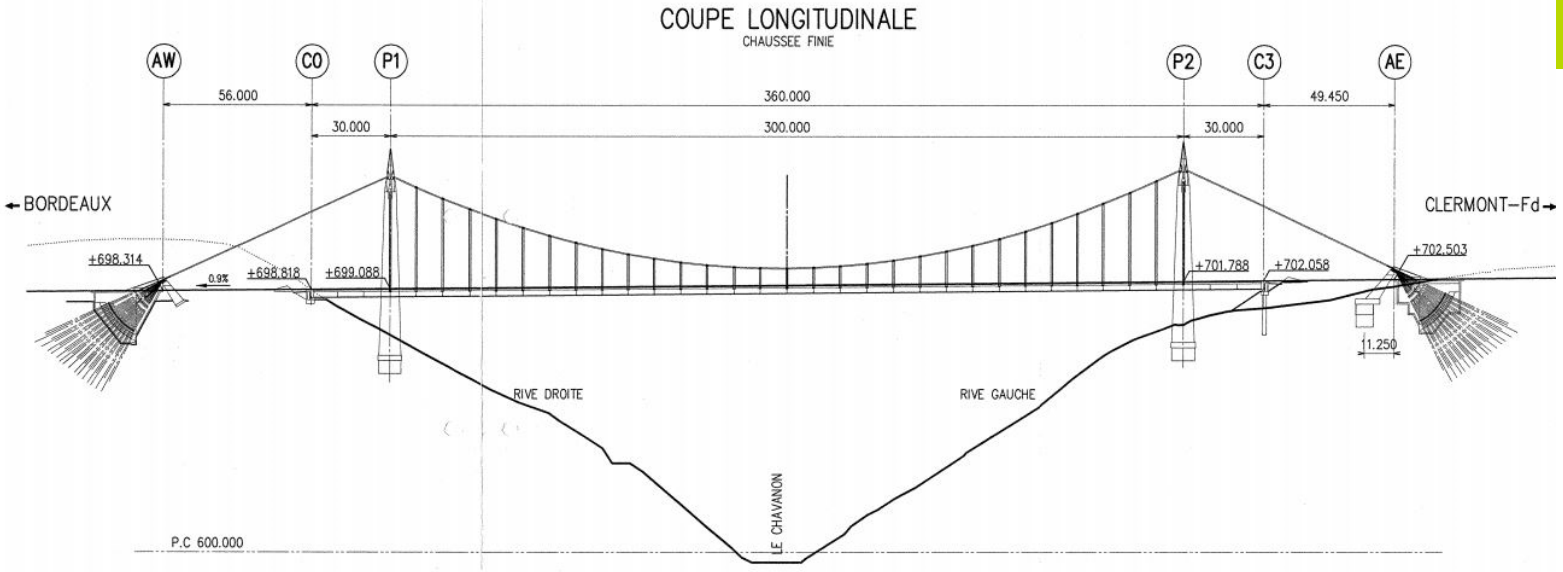
Entreprise:



Protection cathodique:



Présentation du projet



Longrines BN4

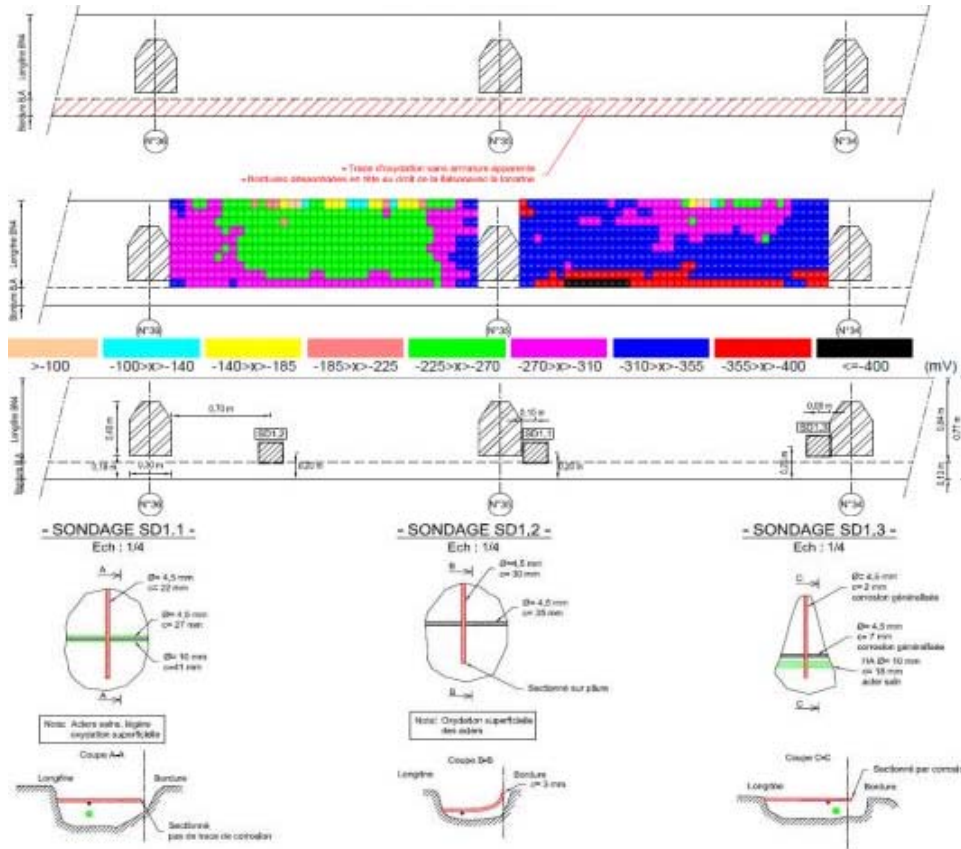
Présentation du projet

4



- ⇒ Altération du revêtement PU des longrines BN4
- ⇒ Pénétration des chlorures (sels de déverglaçage)
- ⇒ Corrosion avancée sur les aciers de couture

Diagnostic



Extrait de diagnostic Concrete

Conclusions du diagnostic:

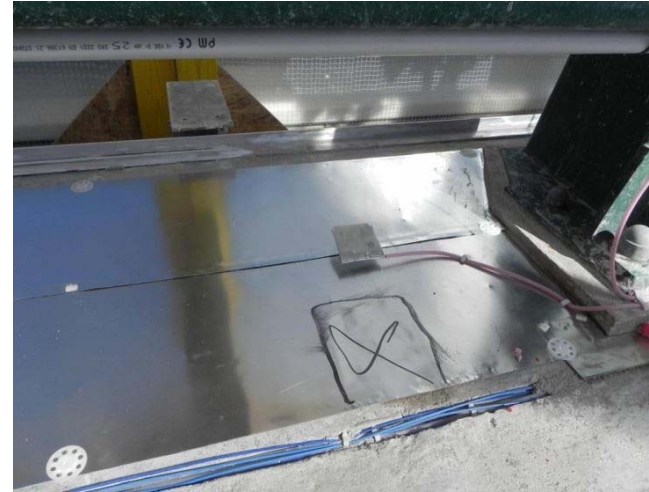
- ⇒ Corrosion active / Pollution Cl⁻
- ⇒ PCCG adaptée au traitement des BN4
- ⇒ Essai pilote

Essai Pilote

6

Démarche:

- ⇒ Mettre en œuvre la solution de protection retenue
- ⇒ Instrumentation et suivi sur plusieurs mois



Objectifs:

- ⇒ Vérifier la faisabilité et l'efficacité d'une solution PCCG par feuilles de zinc collées:
 - Conditions d'application (adhérence,...)
 - demande en courant
 - obtention des critères de réception suivant la norme NF-EN-ISO 12696



Essai Pilote

7

- *Présentation de l'essai mené par InSitu:*

⇒ 2 zones d'essai:

- Revêtement PUR
- Revêtement LHM

- *Hypothèses:*

⇒ Surface d'acier: 1,22 m²

⇒ Densité de courant: 2mA/m²

⇒ Durée de vie 20 ans

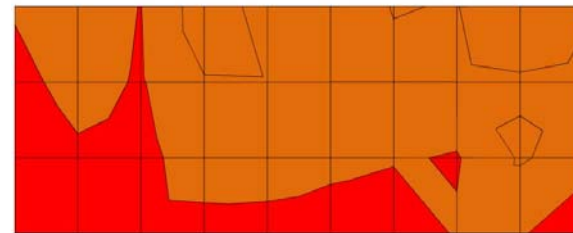
- *Résultats*

⇒ Demande en courant initiale importante (environ 40 mA/m²)

⇒ Vérification des critères de dépolarisation



Figure 2 : Cartographie des potentiels de la zone 1 en mV versus Cu/CuSO₄



- *Validation:*

⇒ Solution PCCG par feuilles de zinc

⇒ Critères de dimensionnement

Conception

Exigences du marché

Hypothèses du CCTP:

- Durée de vie → 20 ans
- Densité d'aciers → essai pilote
- Courant de protection → Essai pilote

ARTICLE 2.6 - GENERALITES DES TRAVAUX DE PROTECTION CATHODIQUE

Les longrines recevront en supplément aux réparations classiques prévues ci-dessus une protection cathodique galvanique destinée à inhiber la corrosion du premier lit des armatures induite par la pollution en chlorures. Les zones protégées cathodiquement comprennent les surfaces horizontales des longrines depuis la cornière d'arrêt du capot de la corniche-caniveau et jusqu'à la reprise longrine/bordure. La cornière même et les socles de BN4 ne sont pas compris. Un essai pilote a été réalisé à ce sujet courant octobre 2015, son dossier d'exploitation référence 511096/4.0.10 est attaché en annexe.

L'Entreprise remet avec son offre un mémoire technique renseignant de façon engageante le concept, le dimensionnement, la mise en œuvre et le système de surveillance proposés par lui. Ce projet de mémoire et sa version exécution seront établis sous la responsabilité d'un spécialiste en protection cathodique certifié N2 selon l'EN15257. Il nécessite la validation de la Maitrise d'œuvre.

2.7.5 - Qualification du personnel

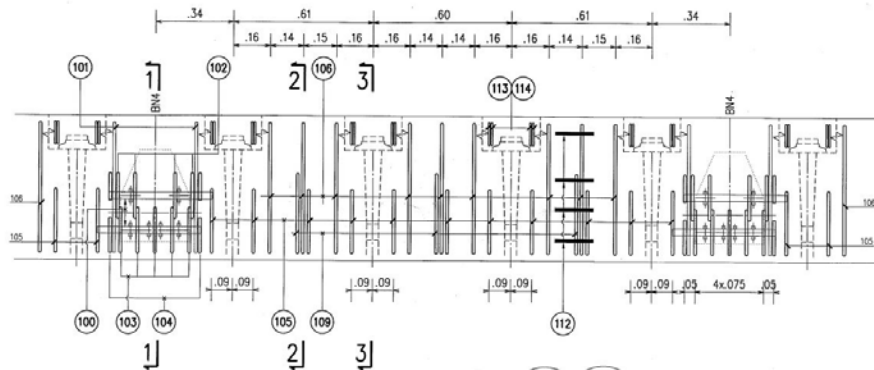
L'Entreprise devra faire preuve de qualifications spécifiques dans les domaines suivants :

- Réparations béton ;
- Protection cathodique des bétons ;
- Contrôle non-destructif sur site ;
- Electricité courant faible ;
- Réseau informatique et technologie bus de terrain ;
- Elle devra, avec la remise de son PAQ, nommer les intervenants sur chantier et présenter le détail de leur qualification.

Les travaux de mise en œuvre de la PCCG se feront sous la responsabilité et en présence d'un responsable certifié de niveau 1 selon la norme EN 15257.

Périmètre de l'intervention :

- 37 longrines x 2 sens
- 6 longrines instrumentées dans chaque sens



Les étapes de la conception:

- Validation des hypothèses
- Dimensionnement du système anodique
- Schéma de l'installation
- Plan de câblage
- Plans de détails
- Procédures de pose
- Contrôle interne - PAQ

Schéma de câblage

Difficultés techniques de conception et mise en œuvre:

- Positionnement des armoires:
 - Exposition aux intempéries
 - Pérennité
 - Alimentation
 - Difficulté de télétransmission (réseau GSM,...)
 - Limites fabricant
- Chemins de câbles
 - longueur de l'ouvrage (363 m)
 - fixation mécanique au support impossible
 - Pérennité
- Accessibilité aux installations pour le suivi

Conception

11

Référentiels normatifs - Guides



Documents scientifiques et techniques
DST 2012/1

Commission Construction Bâtiment



CEFRACOR
CENTRE FRANÇAIS DE L'ANTICORROSION
28 rue Saint-Dominique - 75007 PARIS
Tél. : 01 47 05 39 26 - Fax : 01 45 55 90 74 - Mail : info@cefracor.org

**Anodes galvaniques
pour le traitement de la
corrosion des armatures
des constructions en béton**



NF EN ISO 12696

AVRIL 2012

www.afnor.org

DOCUMENT PROTÉGÉ
PAR LE DROIT D'AUTEUR

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans accord formel.

Contacteur :
AFNOR - NormInfo
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél. : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 20 92
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

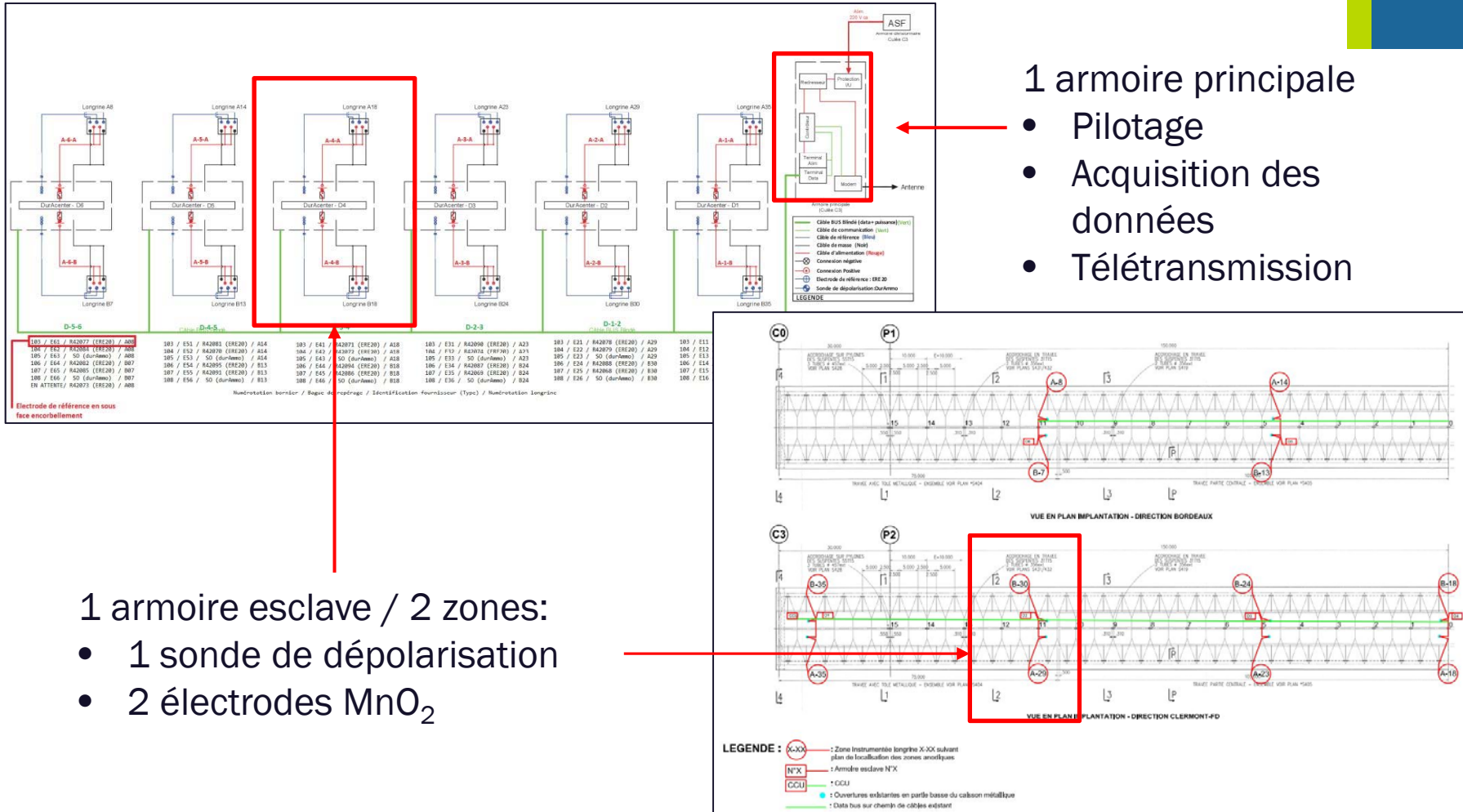
Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients Normes en ligne. Toute mise en réseau, reproduction et redistribution, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of AFNOR Webshop (Standards on line) customers. All network exploitation, reproduction and re-dissemination, even partial, whatever the form (hardcopy or other media), is strictly prohibited.

Normes en ligne
Pour : R3S FRANCE
Client : 80014299
Commande : N20150717-194081-T
le : 17/07/2015 à 18:57

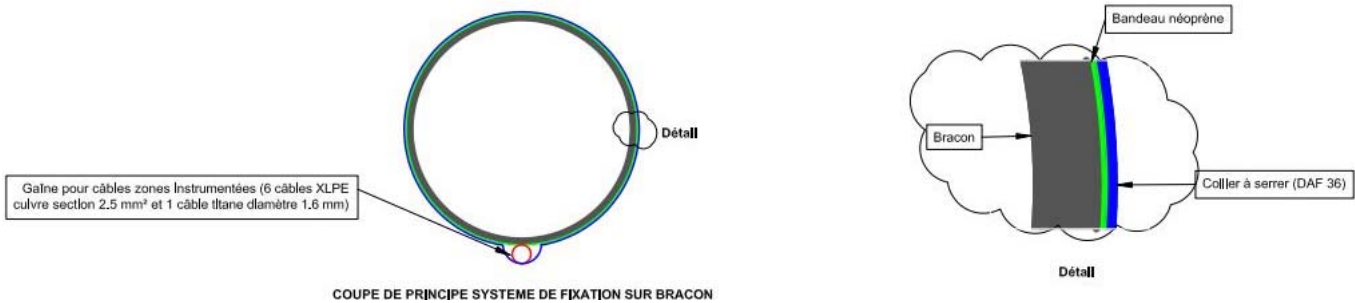
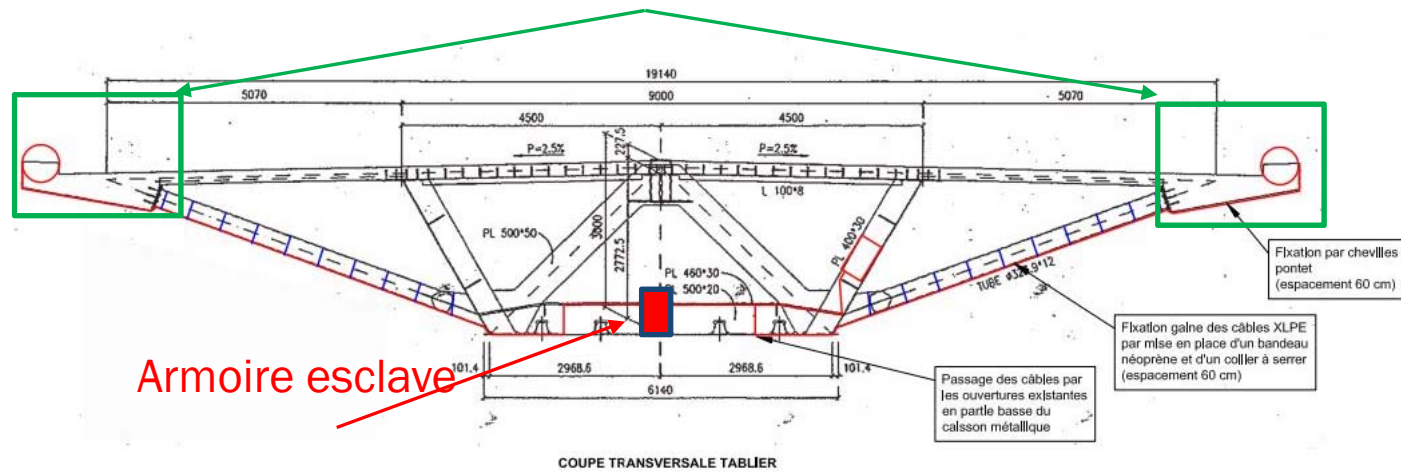
Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur
Distributed under licence of the publisher

Schéma de câblage

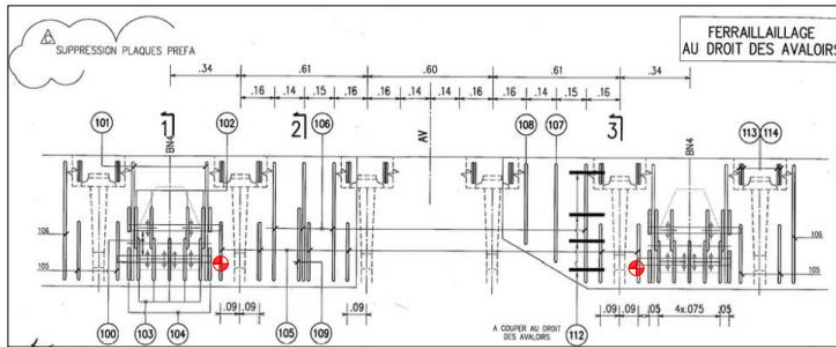


Plans de câblage

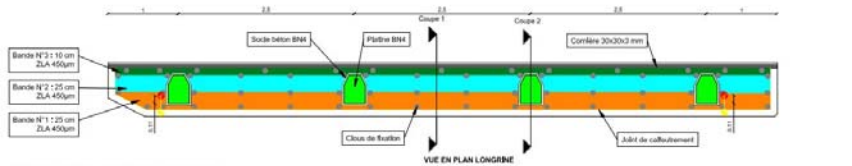
Zones instrumentées



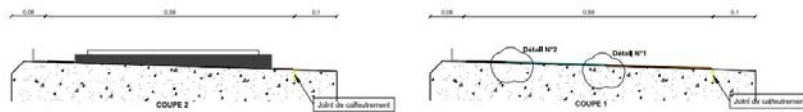
Plans de détails



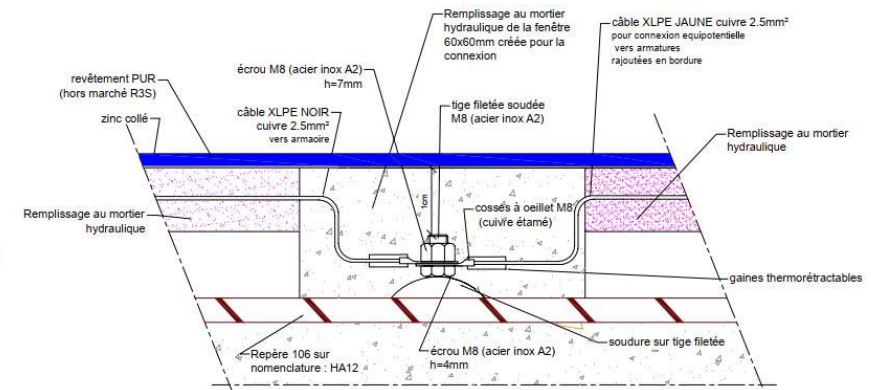
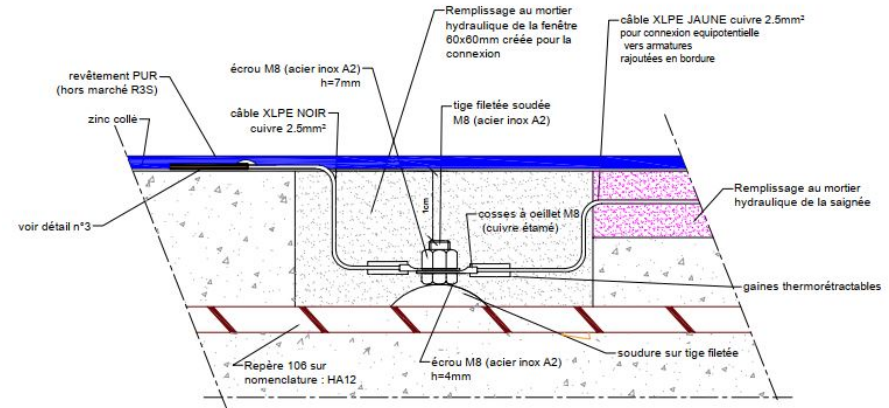
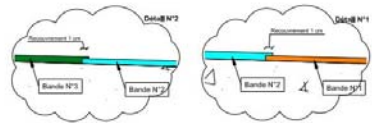
Implantation des connecteurs métalliques: 2 par longrines aux emplacements indiqués



■ Connexion cathodique sur armature nomenclature 106
 ■ Connexion équipotentielle entre armatures longrines et armatures bordure

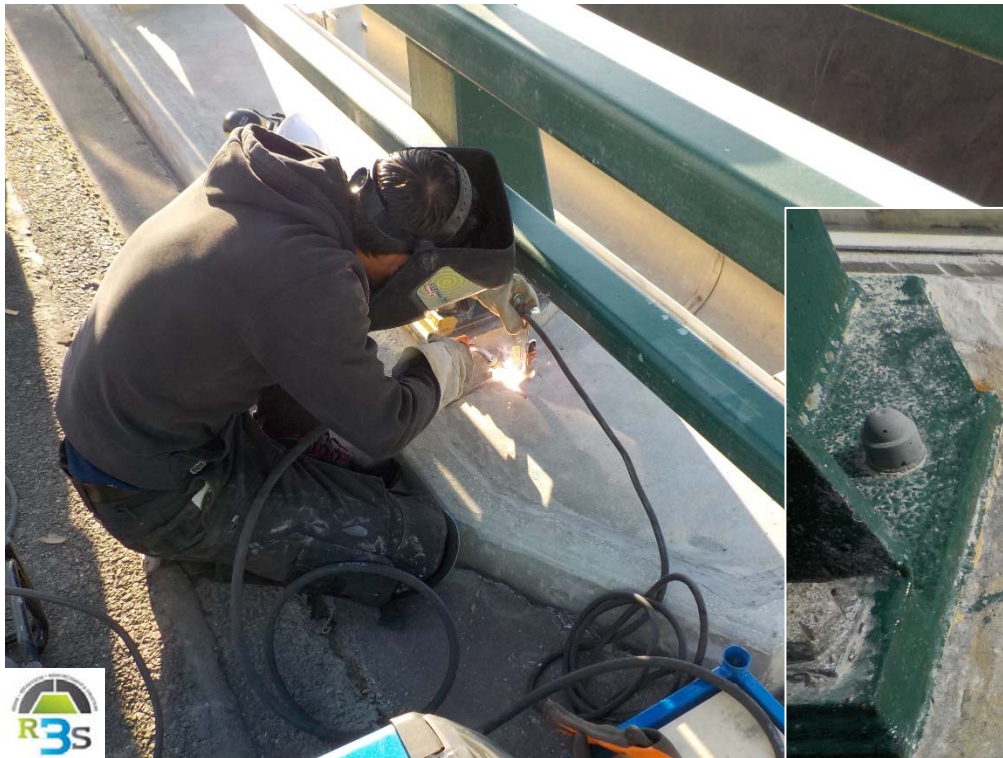


Note:
 • Le rebat en périphérie des feuilles de zinc est fixé de 10 à 15 mm (avant position) joints et contre le long des longrines.
 • Adaption suivant espace disponible au niveau des motifs afin d'assurer la continuité électrique entre les lames de zinc.
 • Adaption sur les zones où présente des armatures affleurantes : -Joints entre 2 et 3 cm d'armatures en sautoir.
 -Réglage par réparation avant intervention R30 par EPPAGE dans les autres cas.



Mise en œuvre

Connexion aux aciers



Mise en œuvre

Pose des électrodes de références



Mise en œuvre

Fermeture des saignées



Mise en œuvre

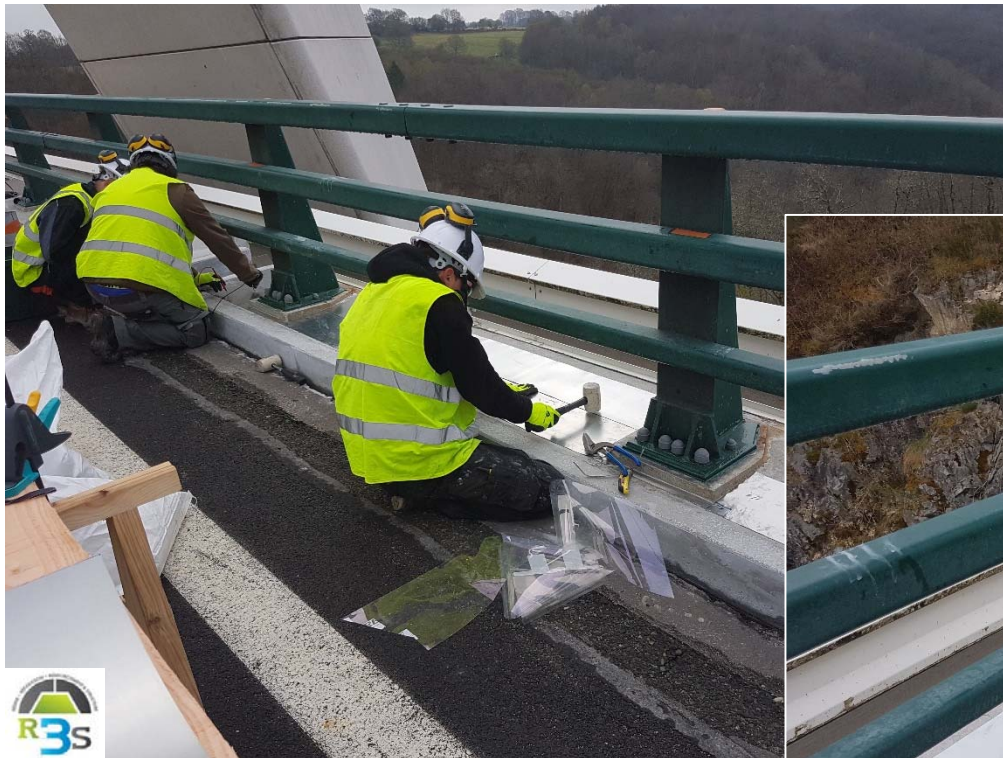
18

Pose du système anodique



Mise en œuvre

Pose du système anodique



Mise en œuvre

Pose du système anodique



Pose du système anodique



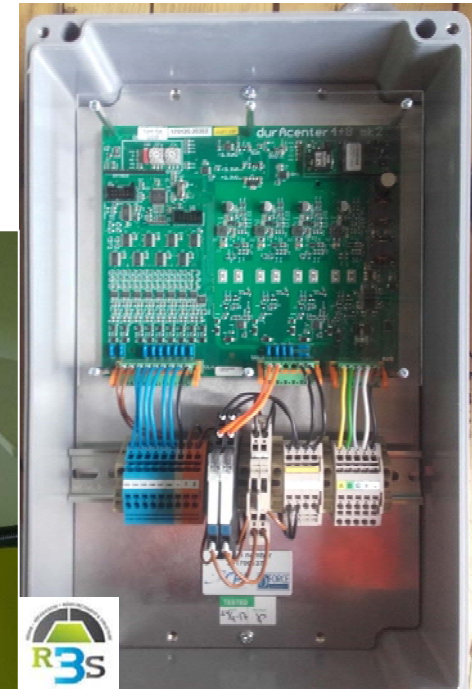
Mise en œuvre

Pose du système
anodique



Instrumentation - Suivi

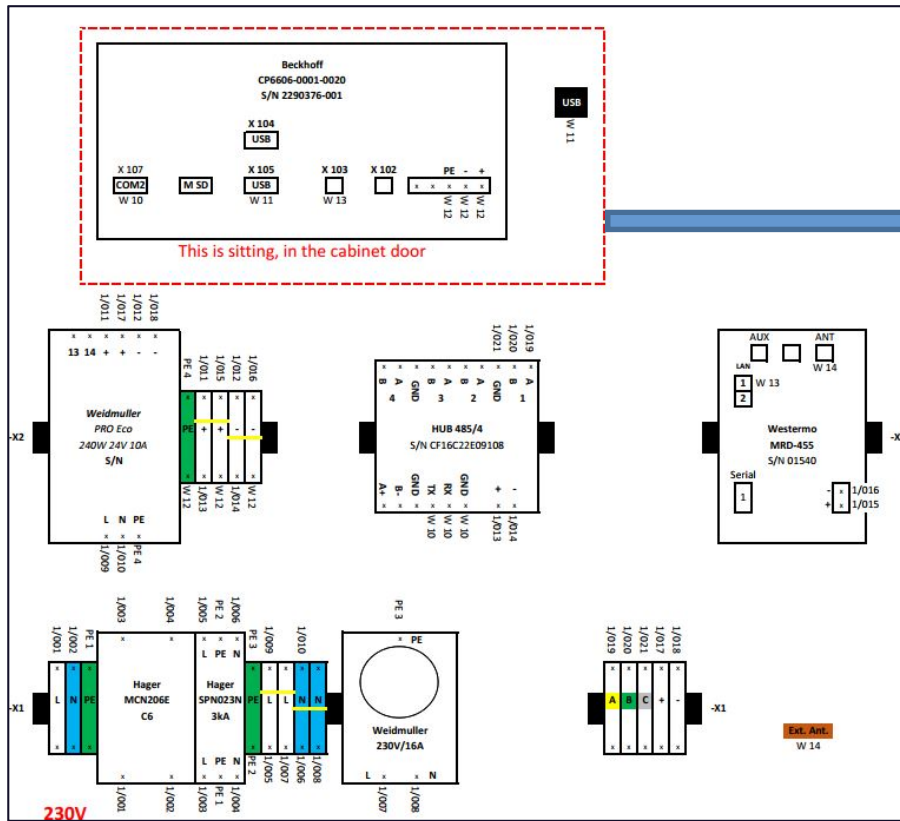
Câblage - Mise en œuvre



Armoire esclave

Instrumentation - Suivi

Instrumentation






Armoire principale

PAQ - Autocontrôles

- personnel certifié protection cathodique Béton – NF-EN ISO 15257
- Contrôles de conformité suivant les procédures rédigées conformément:
 - ✓ Norme NF – EN- ISO- 12 696
 - ✓ Spécifications fabricant
- Mesures correctives en cas de non conformité

Consignation PAQ



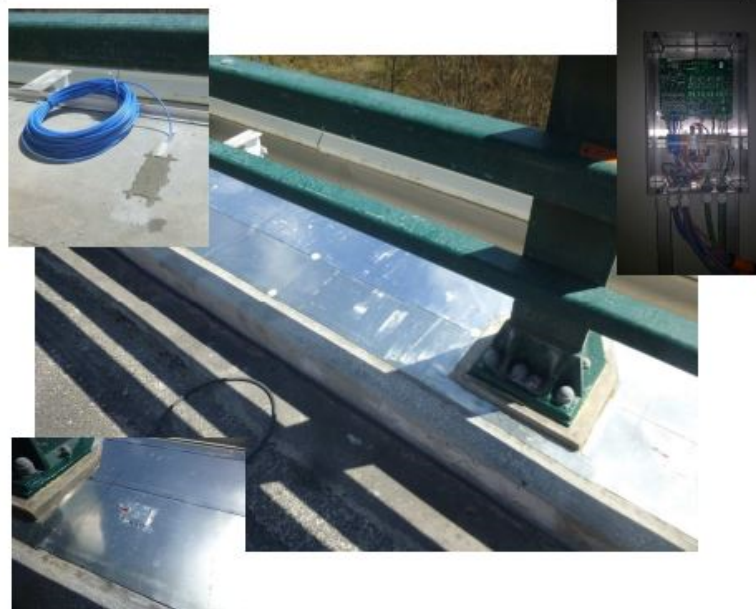
 																																																		
Direction Opérationnelle de l'Infrastructure Ouest Autoroute A89																																																		
A89 – Ussel Est / Le Sancy - Viaduc de Chavanon (PI 2899) Réparation des longrines supports de BN4																																																		
Procédure d'exécution : Mise en œuvre des anodes																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ANODE</th> <th>DATE</th> <th>MOBILISATION</th> <th>EMISE PAR</th> <th>VALIDE PAR</th> <th>COMPLÉ</th> <th>VALIDÉ PAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AD</td> <td>12/08/2016</td> <td>PREMIERE AFFICTION</td> <td>LCH</td> <td>PAK</td> <td>SEP</td> <td>RAK</td> </tr> <tr> <td>AE</td> <td>14/08/2016</td> <td>PREMIERE VERIFICATION DE LA PROPRETE DE LA SURFACE BRUTE DE LA SURFACE D'APPLICATION</td> <td>LCH</td> <td>PAK</td> <td>SEP</td> <td>RAK</td> </tr> <tr> <td>AZ</td> <td>15/08/2016</td> <td>MISE EN ŒUVRE DEFINITIVE DES ANODES</td> <td>LCH</td> <td>PAK</td> <td>SEP</td> <td>RAK</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>12/08/2016</td> <td>DEL</td> <td>LCH</td> <td>PAK</td> <td>SEP</td> <td>RAK</td> </tr> </tbody> </table>	ANODE	DATE	MOBILISATION	EMISE PAR	VALIDE PAR	COMPLÉ	VALIDÉ PAR	AD	12/08/2016	PREMIERE AFFICTION	LCH	PAK	SEP	RAK	AE	14/08/2016	PREMIERE VERIFICATION DE LA PROPRETE DE LA SURFACE BRUTE DE LA SURFACE D'APPLICATION	LCH	PAK	SEP	RAK	AZ	15/08/2016	MISE EN ŒUVRE DEFINITIVE DES ANODES	LCH	PAK	SEP	RAK	B	12/08/2016	DEL	LCH	PAK	SEP	RAK	Emetteur :  <table border="1"> <tr> <td>PREZ</td> <td>Produit par</td> <td>Géomètre</td> <td>Type</td> <td>Numéro</td> <td>Statut</td> <td>Signature</td> </tr> <tr> <td>EXE</td> <td>R3S</td> <td>GC-</td> <td>CHA</td> <td>PRO</td> <td>103</td> <td>B CAE</td> </tr> </table>	PREZ	Produit par	Géomètre	Type	Numéro	Statut	Signature	EXE	R3S	GC-	CHA	PRO	103	B CAE
ANODE	DATE	MOBILISATION	EMISE PAR	VALIDE PAR	COMPLÉ	VALIDÉ PAR																																												
AD	12/08/2016	PREMIERE AFFICTION	LCH	PAK	SEP	RAK																																												
AE	14/08/2016	PREMIERE VERIFICATION DE LA PROPRETE DE LA SURFACE BRUTE DE LA SURFACE D'APPLICATION	LCH	PAK	SEP	RAK																																												
AZ	15/08/2016	MISE EN ŒUVRE DEFINITIVE DES ANODES	LCH	PAK	SEP	RAK																																												
B	12/08/2016	DEL	LCH	PAK	SEP	RAK																																												
PREZ	Produit par	Géomètre	Type	Numéro	Statut	Signature																																												
EXE	R3S	GC-	CHA	PRO	103	B CAE																																												

Fiche d'auto-contrôle PCCG			
Chantier : Viaduc de Chavanon		FAC pour zones instrumentées	
Ouvrage : Longrine N°			
Plans associés : <ul style="list-style-type: none"> Plans de calepinage Anodes sacrificielles ZLA 450µm Plans de localisation des zones anodiques Plans de détails hors capteurs 		Procédures associées : <ul style="list-style-type: none"> Mise en œuvre des anodes Création d'une connexion équipotentielle 	
Vérification continuité électrique (Avant pose des feuilles de zinc) Contrôleur :		Vérification continuité électrique et absence de court-circuit (Après pose des feuilles de zinc) Contrôleur :	
Entre éléments : Mesure (< 10)	Date	Vérification absence de court-circuit (avant liaison électrochimique)	Date
Anode/Cathode	Oui / Non	Anode/Cathodes (contenues capots des cathodes)	Oui / Non
Armatures bordure/longrine	Oui / Non		
Vérification continuité électrique (après liaison électrochimique) Entre éléments : Mesure (< 10)		Date	
Anode/Anode	Oui / Non	Anode/Cathodes (contre de zinc soudés)	Oui / Non
Application feuille de zinc auto-adhésive			
Contrôleur :		Date	
Vérification surface support Planéité surface (1 cm sur 1 m maximum) Propreté surface / Rugosité (Ponçage de la surface d'application, surface brute sans poussières, taches, reste de peinture/nérisine, surface sec) Mesure :		Conforme / Non conforme	
Température ambiante [°C] (> 4°C) Température du support [°C] (> 4°C)		Conforme / Non conforme	

Fiche d'auto-contrôle PCCG			
Chantier : Viaduc de Chavanon		FAC pour zones non instrumentées	
Ouvrage : Longrine N°			
Plans associés : <ul style="list-style-type: none"> Plans de calepinage Anodes sacrificielles ZLA 450µm Plans de localisation des zones anodiques Plans de détails hors capteurs 		Procédures associées : <ul style="list-style-type: none"> Mise en œuvre des anodes Création d'une connexion équipotentielle 	
Vérification continuité électrique (Avant pose des feuilles de zinc) Contrôleur :		Vérification continuité électrique (Après pose des feuilles de zinc) Contrôleur :	
Entre éléments : Mesure (< 10)	Date	Entre éléments : Mesure (< 10)	Date
Cathode/Cathode	Oui / Non	Anode/Anode	Oui / Non
Armatures bordure/longrine	Oui / Non	Anode/cathodes (Carrés de zinc soudés)	Oui / Non
Application feuille de zinc auto-adhésive			
Contrôleur :		Date	
Vérification surface support Planéité surface (1 cm sur 1 m maximum) Propreté surface / Rugosité (Ponçage de la surface d'application, surface brute sans poussières, taches, reste de peinture/nérisine, surface sec) Mesure :		Conforme / Non conforme	
Température ambiante [°C] (> 4°C) Température du support [°C] (> 4°C)		Conforme / Non conforme	

Mise en service - Suivi

63-A89 : Viaduc de Chavanon



Rapport de mise en service

**Viaduc de Chavanon
Monitoring PCCG
Ind.1 – 31/08/2018**

Document Propriété de R3S ©

Tous droits réservés – Toute reproduction interdite sans autorisation de R3S

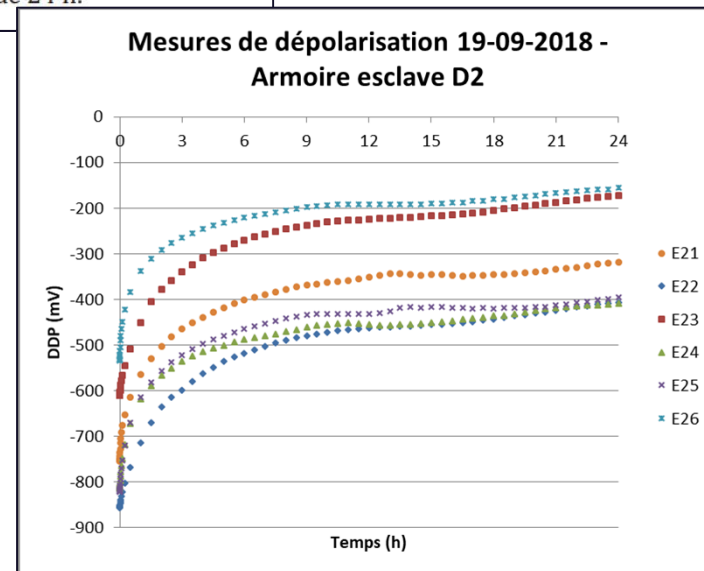
SOMMAIRE

I. PREAMBULE – PRESENTATION DE L'OPERATION.....	3
II. INFORMATIONS RELATIVES A L'ENREGISTREMENT DES DONNEES ET DU MONITORING.....	3
A. Paramétrage du monitoring quotidien.....	3
B. Paramétrage du cycle de dépolarisation mensuelle	5
III. MISE EN SERVICE AU 06/07/2017	5
IV. HISTORIQUE DEPUIS LE 31/08/2017	7
V. COURANTS ANODIQUES DEPUIS LE 15 MARS 2018.....	8
A. Mesures mois par mois	8
B. Mesures armoires par armoires	13
VI. DEPOLARISATIONS DEPUIS LE 15 MARS 2018.....	20
VII. ANALYSES DES MESURES.....	22

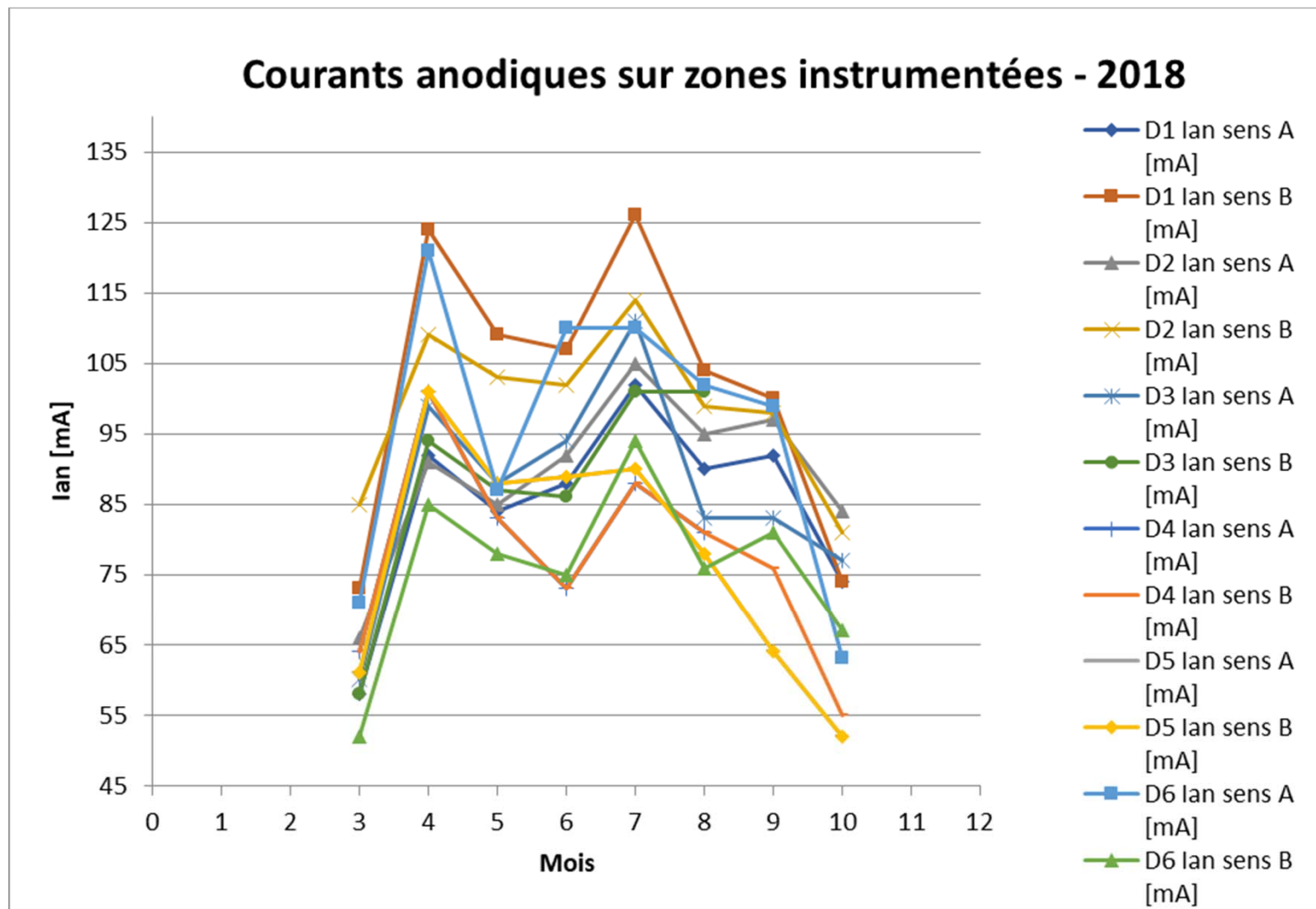
Analyse du fonctionnement

- Critères Norme NF – EN-ISO-12 696

- a) un potentiel «à courant coupé» plus négatif que -720 mV par rapport à Ag/AgCl/KCl 0,5 M;
- b) une dépolarisation d'au moins 100 mV sur un maximum de 24 h à partir de la coupure du courant;
- c) une dépolarisation pendant une longue période (typiquement 24 h ou plus) d'au moins 150 mV à partir de la coupure du courant, sujette à une décroissance continue et l'utilisation d'électrodes de référence (et non de sondes de dépolarisation) pour les mesurages au-delà de 24 h.



• Le critère b) est validé ➔ Fonctionnement de l'installation validé



Evolution & Perspectives



Modélisation

Amélioration du diagnostic corrosion

Analyse des scénarios de
maintenance: PCCI, PCCG,...

Optimisation des installations de
protection cathodique

Développement de la protection
cathodique des ouvrages en béton armé

