

« 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: VINCI AUTOROUTES

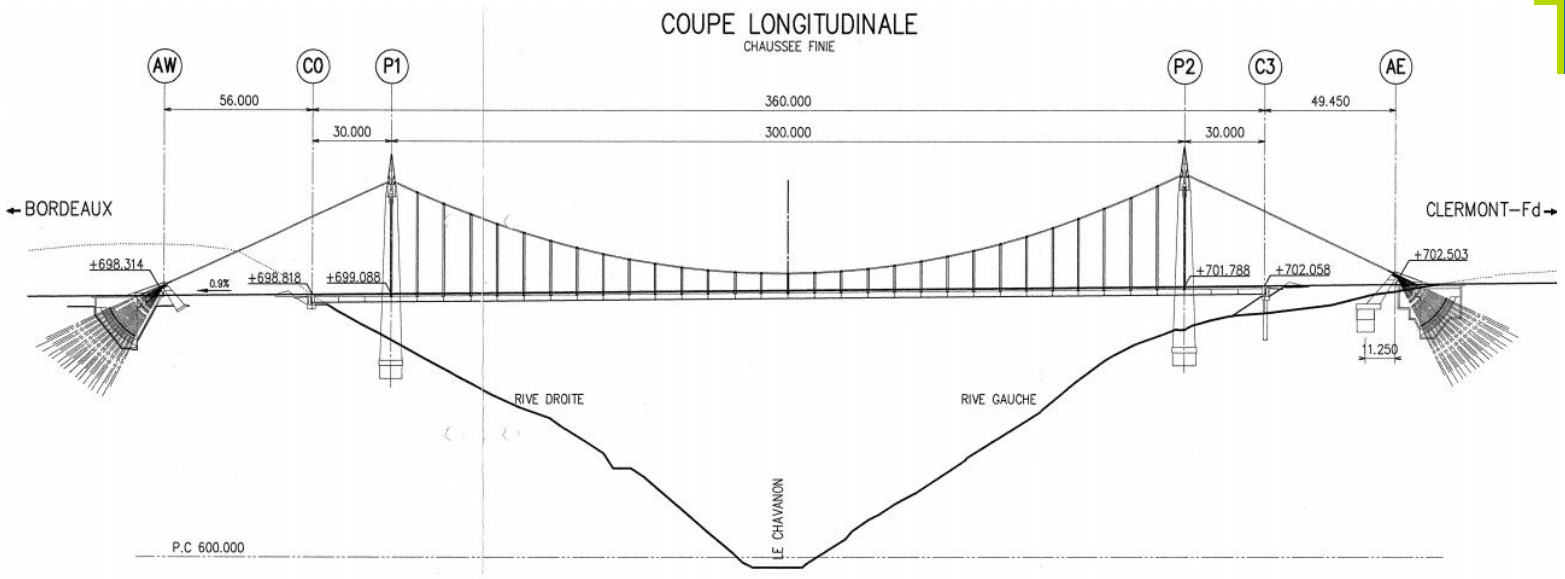
Maîtrise d'œuvre: ASF

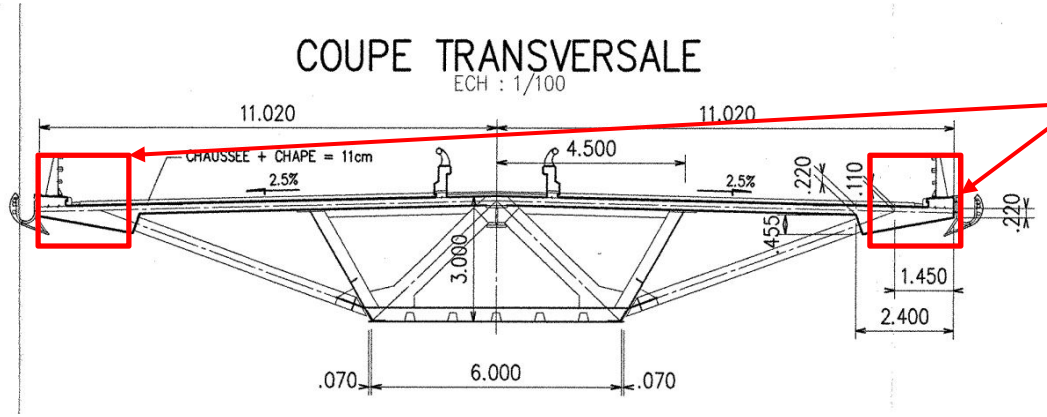
Assistance maître d'ouvrage:
- InSitu
- Concrete

Entreprise: EIFFAGE GÉNIE CIVIL

Protection cathodique: R3S

Présentation du projet





Longrines BN4

Présentation du projet



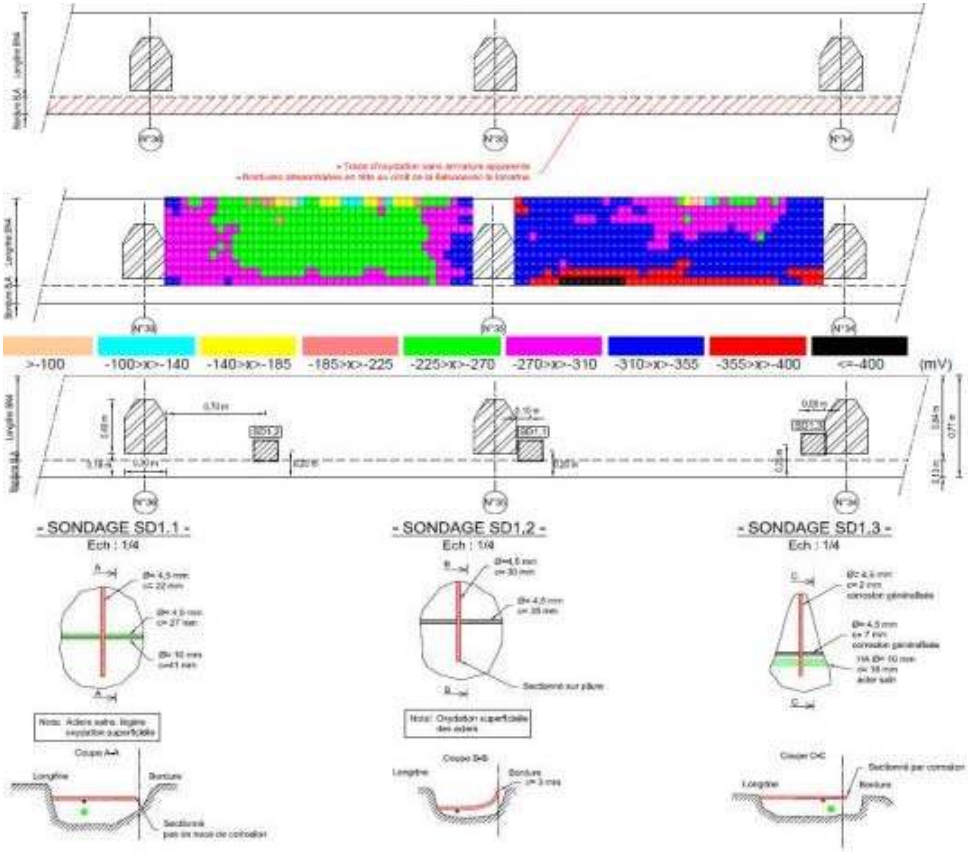


⇒ Altération du revêtement PU des longrines BN4

⇒ 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

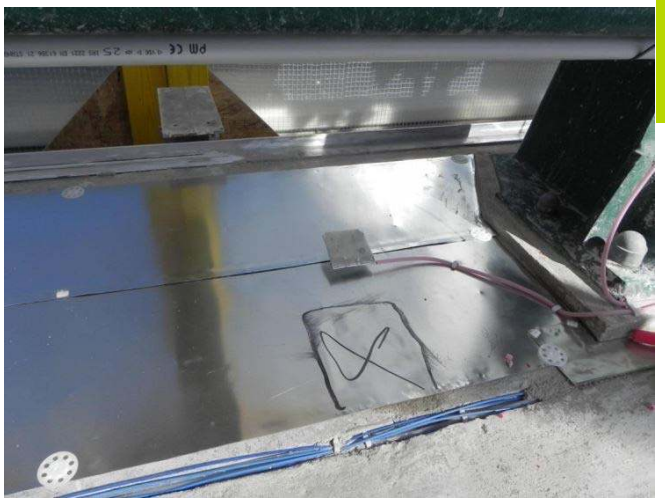
⇒ Essai pilote

Essai Pilote

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

- *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

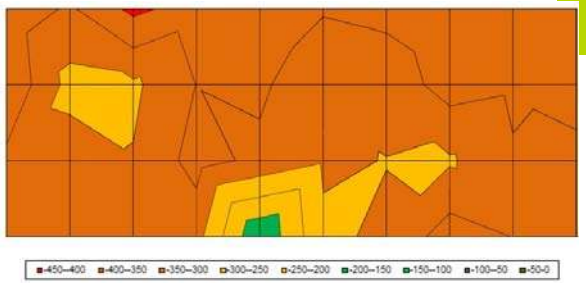
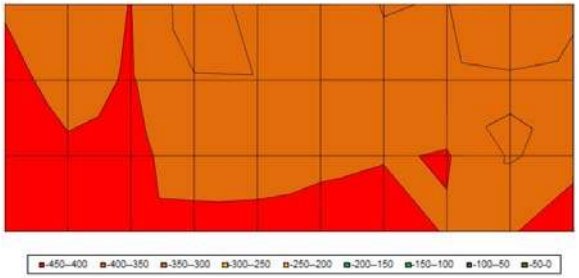


Figure 2 : Cartographie des potentiels de la zone 1 en mV versus Cu/CuSO₄



- *Résultats*

⇒ Demande en courant initiale importante (environ 40 mA/m²)
⇒ Vérification des critères de dépolarisation

- *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 :

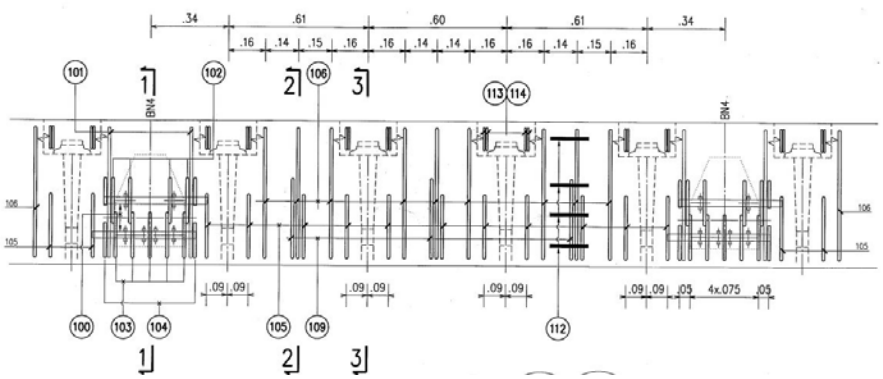
- Réparations béton ;
- Protection cathodique des bétons ;
- Contrôle non-destructif sur site ;
- Electricité courant faible ;
- Réseau informatique et technologie bus de terrain ;
- Elle devra, avec la remise de son PAQ, nommer les intervenants sur chantier et présenter le détail de leur qualification.

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.

Design et conception

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

Design et conception

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 fabriquant

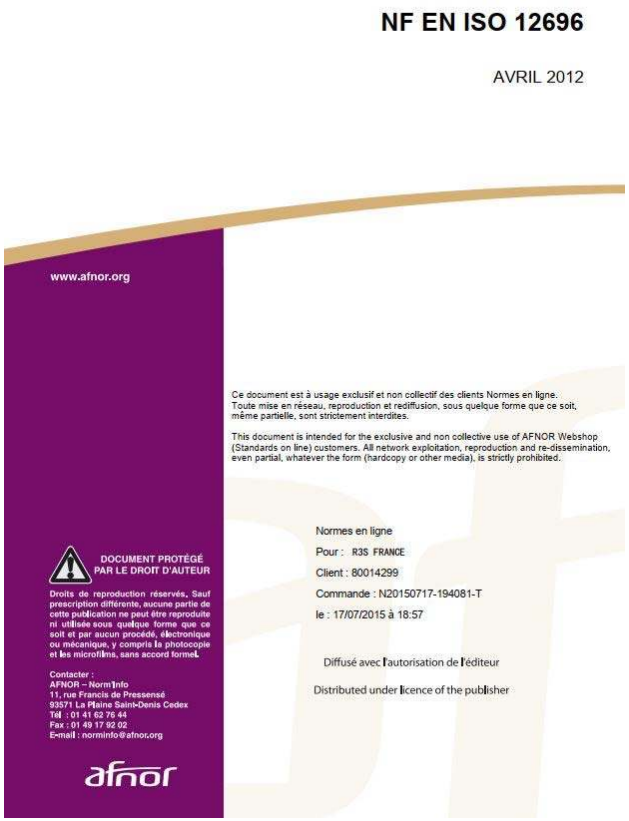
- Chemins de câbles
  - longueur de l'ouvrage (363 m)
  - fixation mécanique au support impossible
  - Pérennité

- Accessibilité aux installations pour le suivi

Conception

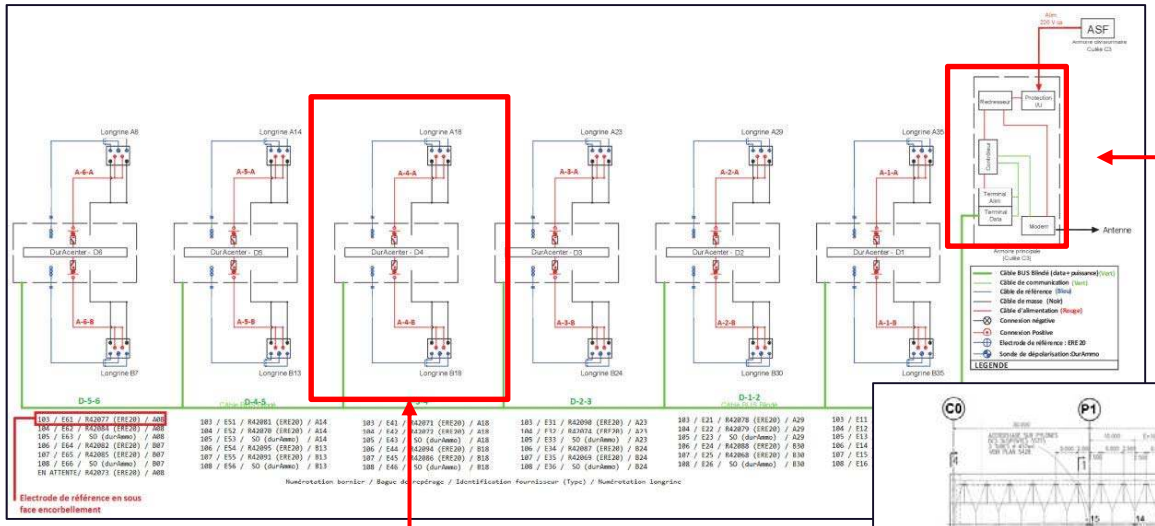
Référentiels normatifs - Guides



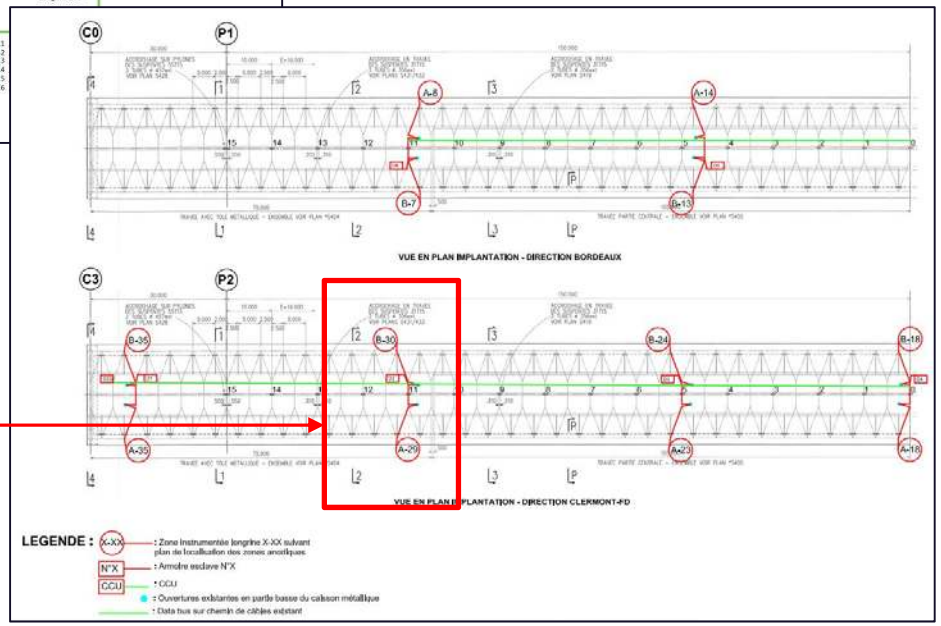


Conception

Schéma de câblage



1 armoire principale
- Pilotage
- Acquisition des données
- Télétransmission

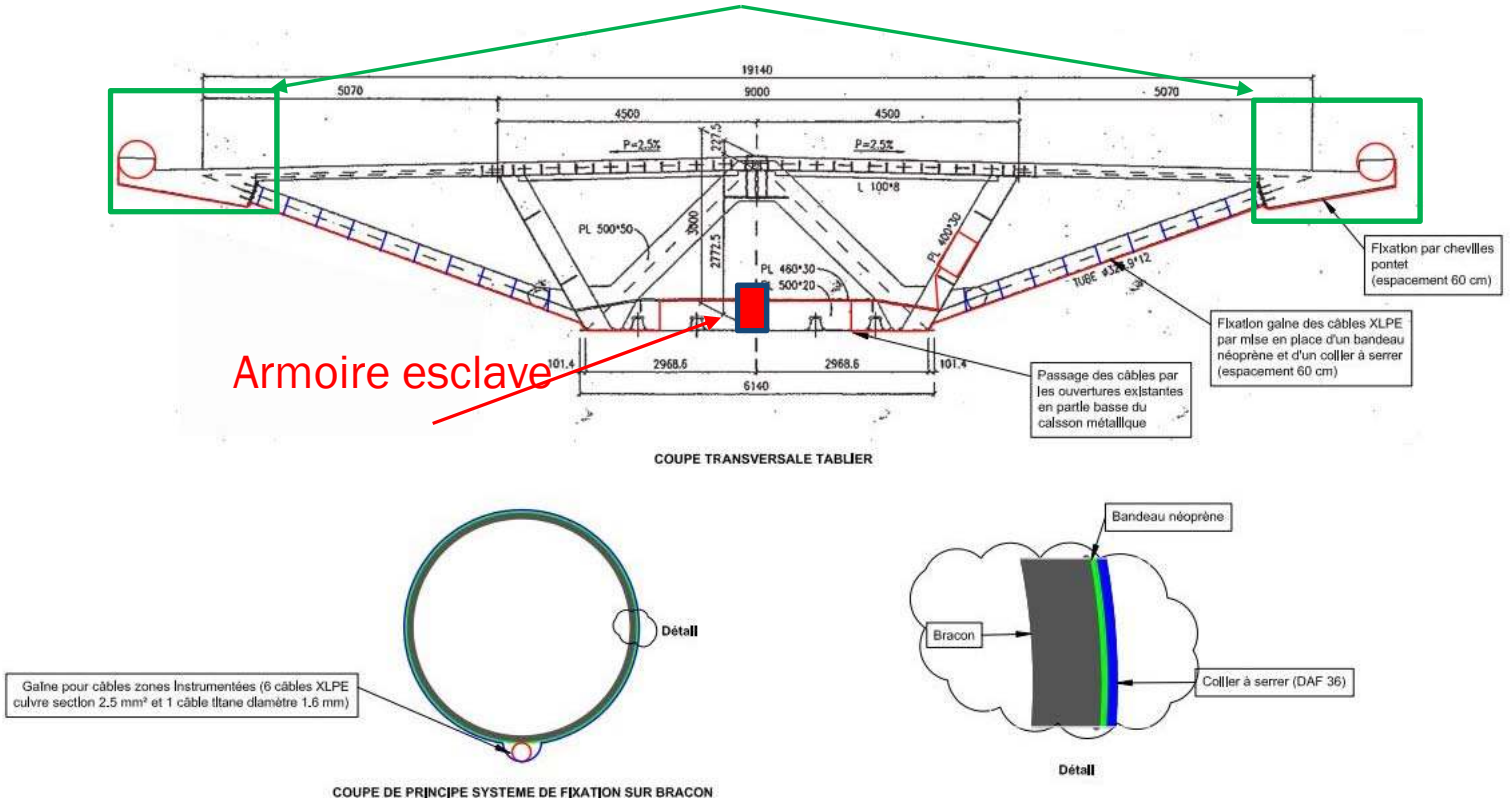


1 armoire esclave / 2 zones:
- 1 sonde de dépolarisation
- 2 électrodes MnO_2

Design et conception

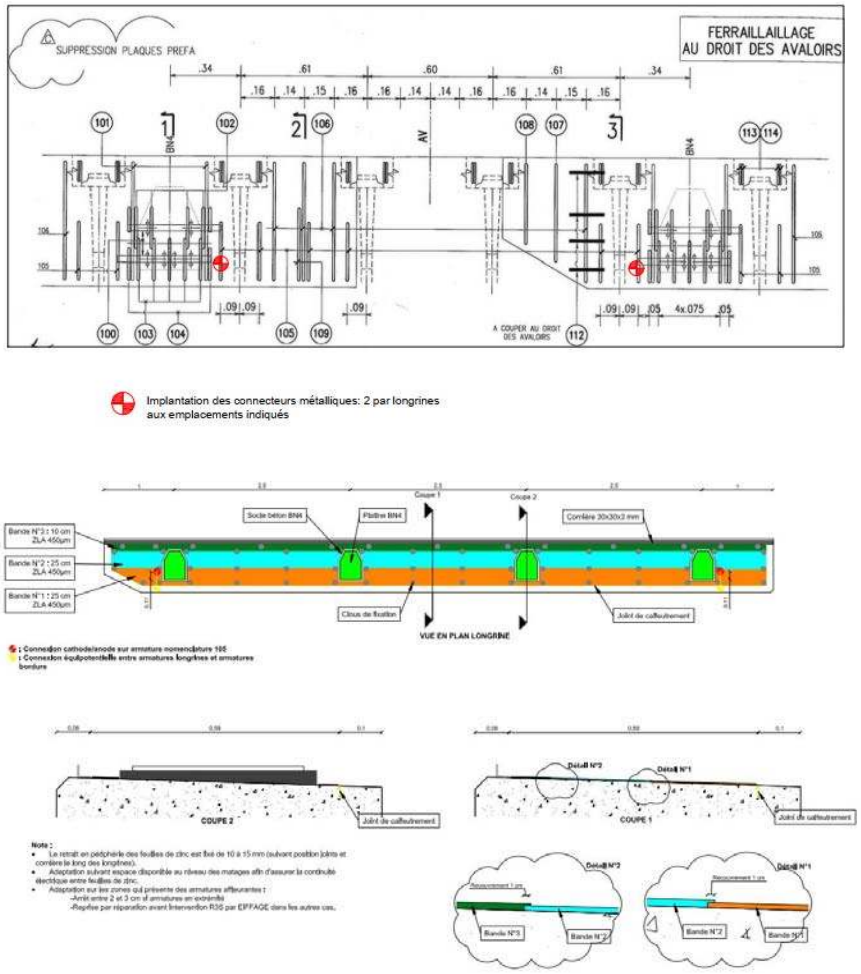
Plans de câblage

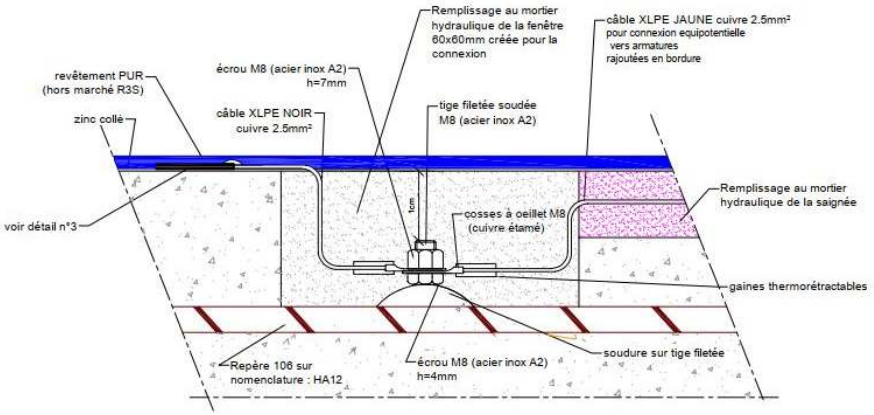
Zones instrumentées

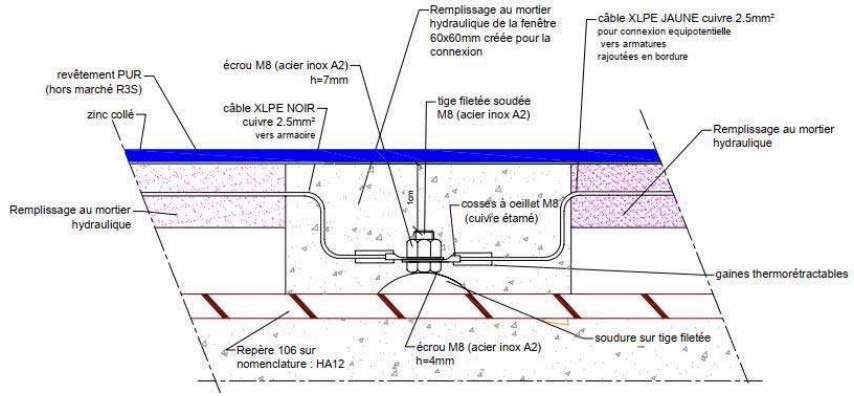


Design et conception

Plans de détails







Mise en œuvre

Connexion aux aciers





Mise en œuvre

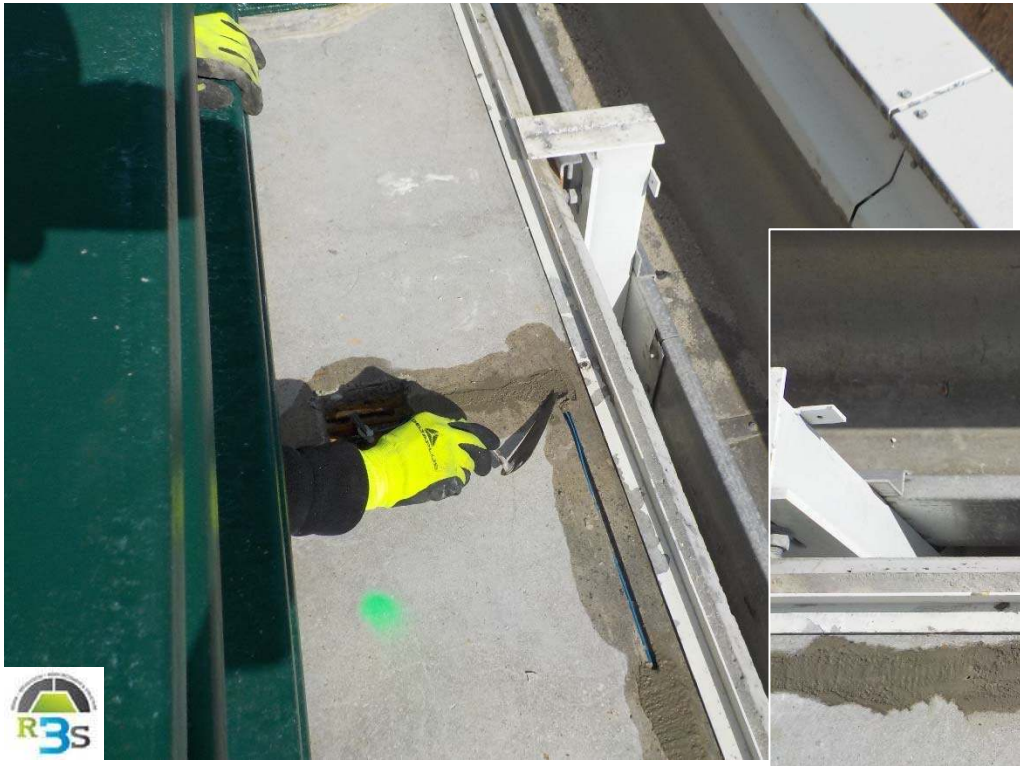
Pose des électrodes de références

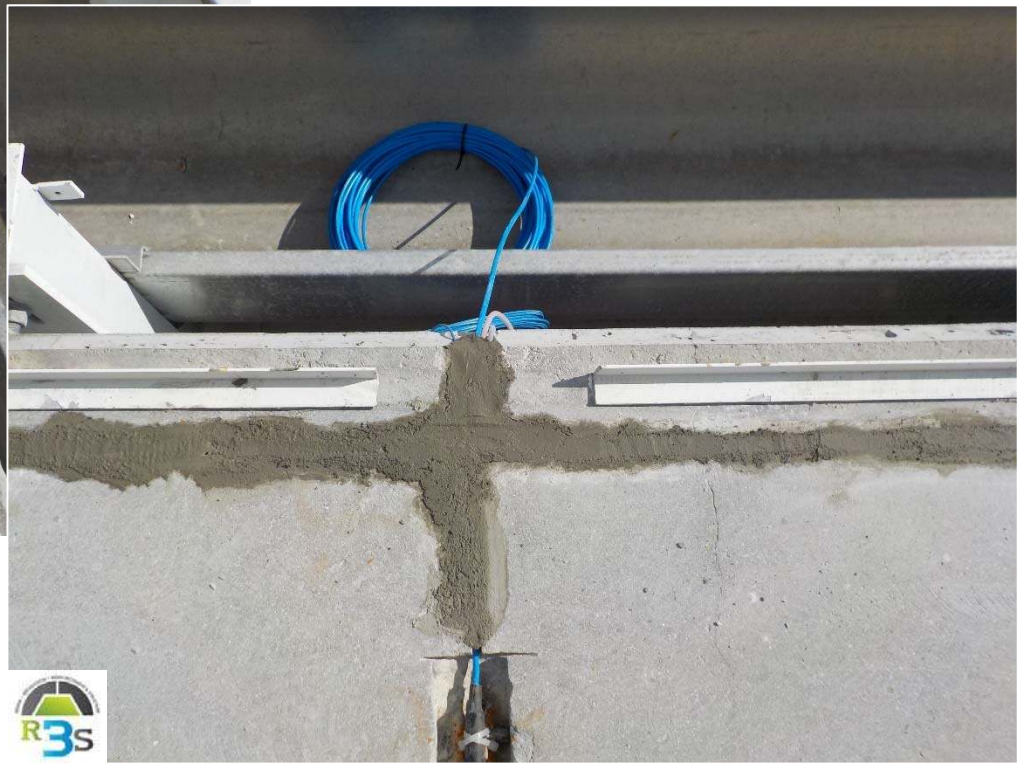




Mise en œuvre

Fermeture des saignées





Mise en œuvre

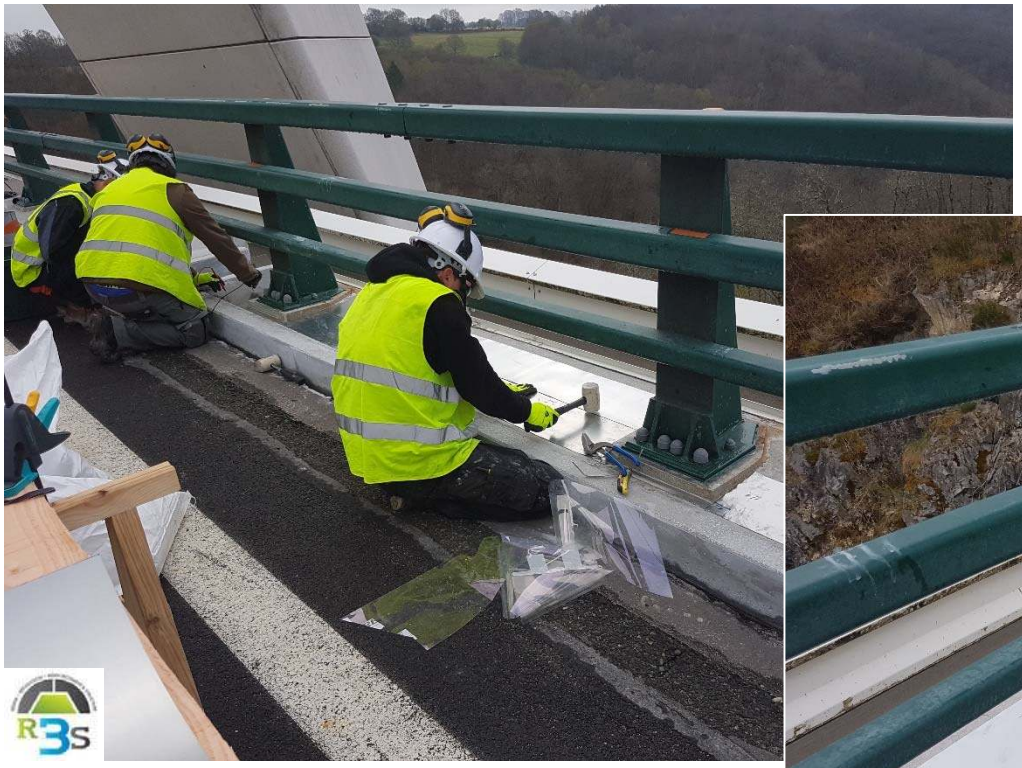
Pose du système anodique





Mise en œuvre

Pose du système anodique





Mise en œuvre

Pose du système anodique





Mise en œuvre

Pose du système anodique





Mise en œuvre

Pose du système anodique







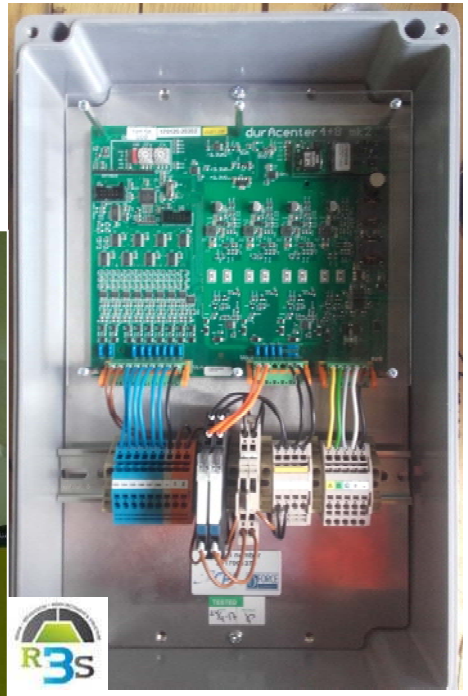


Instrumentation - Suivi

Câblage - Mise en œuvre



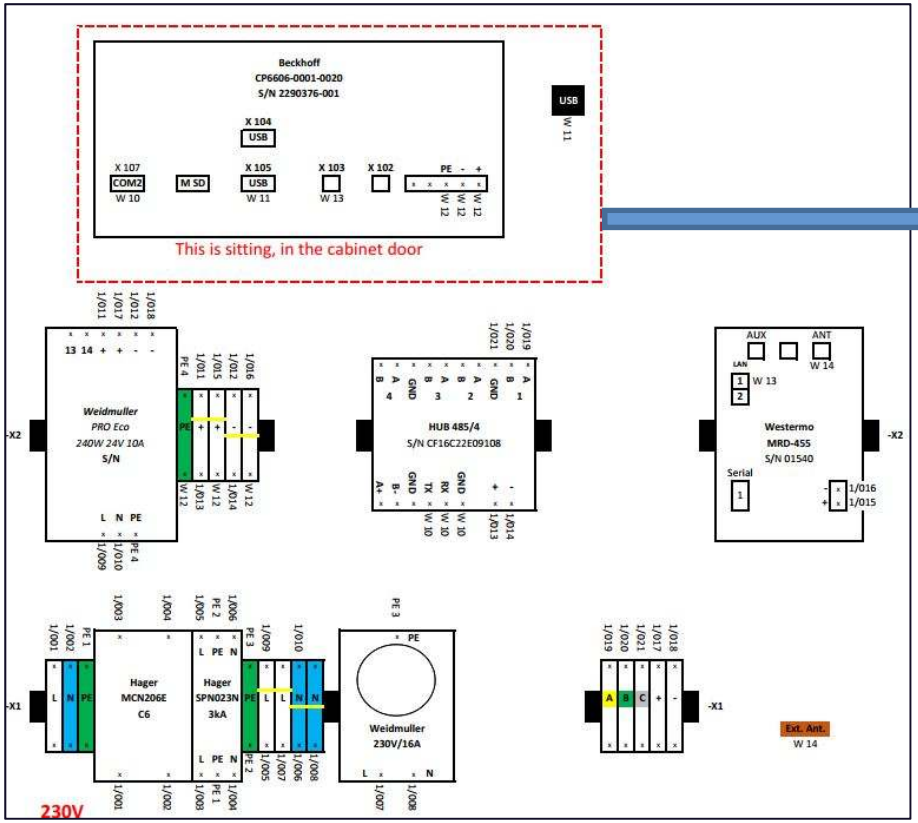




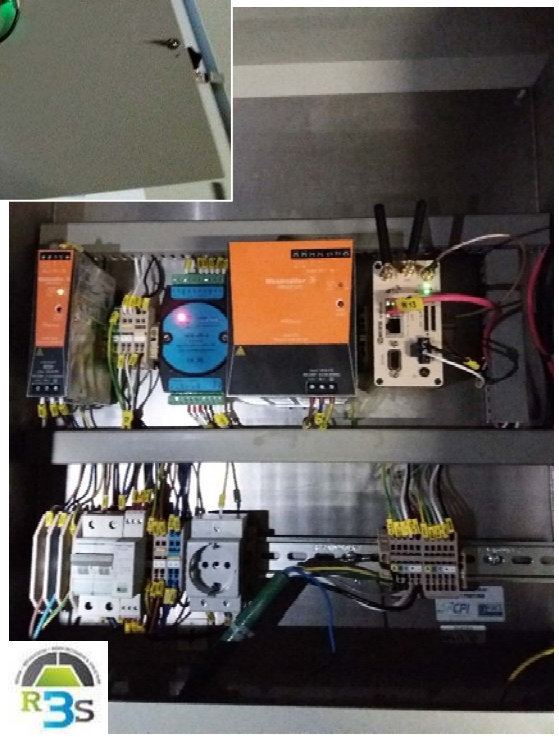
Armoire esclave

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 fabriquant
- Mesures correctives en cas de non conformité

Consignation PAQ



ASF

EIFFAGE

ASF

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'éxécution : Mise en œuvre des anodes

Indice	Date	Modifications	Etabli par	Vérifié par	Contrôle Qualité / Visa	Validé par
A0	11/10/2016	Première diffusion	LCH	PAN	ADF	PAN
A1	15/05/2017	Intégration notes d'observations et modifications suite arrêt de chantier saisonnier	LCH	PAN	ADF	PAN
A2	06/06/2017	Prise en compte remarques note d'observation N°01	LCH	PAN	ADF	PAN
B	13/07/2017	CAE	LCH	PAN	ADF	PAN

Emetteur : N° de pièce :

Phase	Produit par	Elément	Type	Numéro	Indice	Statut
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 :
- Plans de calepinage Anodes sacrificielles ZLA 450µm
- Plans de localisation des zones anodiques
- Plans de détails hors capteurs

Procédures associées :
- Mise en œuvre des anodes
- Création d'une connexion équipotentielle

Vérification continuité électrique (Avant pose des feuilles de zinc)

Contrôleur :

Entre éléments :	Mesure (< 1Ω)	Date
Cathode/Cathode	Oui / Non	
Armatures bordure/longrine	Oui / Non	

Vérification continuité électrique et absence de court-circuit (Après pose des feuilles de zinc)

Contrôleur :

Vérification absence de court-circuit : (avant liaison électromécanique)

Entre éléments :	Mesure Overload	Date
Anode/cathodes (extremités câbles des cathodes)	Oui / Non	

Vérification continuité électrique : (après liaison électromécanique)

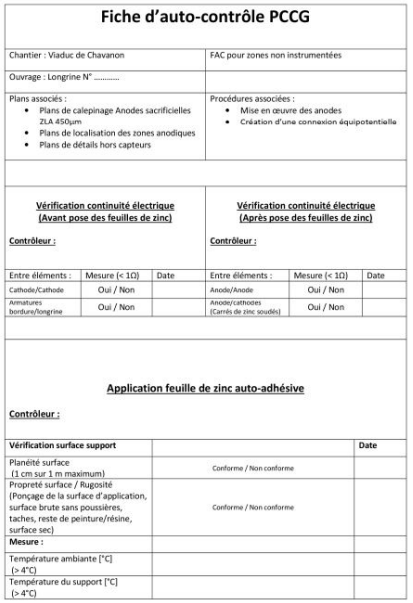
Entre éléments :	Mesure (< 1Ω)	Date
Anode/Anode	Oui / Non	
Anode/cathodes (carrés de zinc soudés)	Oui / Non	

Application feuille de zinc auto-adhésive

Contrôleur :

Vérification surface support		Date
Planéité surface (1 cm sur 1 m maximum)	Conforme / Non conforme	
Propreté surface / Rugosité (Ponçage de la surface d'application, surface brute sans poussières, taches, reste de peinture/résine, surface sec)	Conforme / Non conforme	

Page 1 sur 2



Fiche d'auto-contrôle PCCG

Chantier : Viaduc de Chavanon — FAC pour zones non instrumentées

Ouvrage : Longrine N° .....

Plans associés :
- Plans de calepinage Anodes sacrificielles ZLA 450µm
- Plans de localisation des zones anodiques
- Plans de détails hors capteurs

Procédures associées :
- Mise en œuvre des anodes
- Création d'une connexion équipotentielle

Vérification continuité électrique (Avant pose des feuilles de zinc)

Contrôleur :

Entre éléments :	Mesure (< 1Ω)	Date
Cathode/Cathode	Oui / Non	
Armatures bordure/longrine	Oui / Non	

Vérification continuité électrique (Après pose des feuilles de zinc)

Contrôleur :

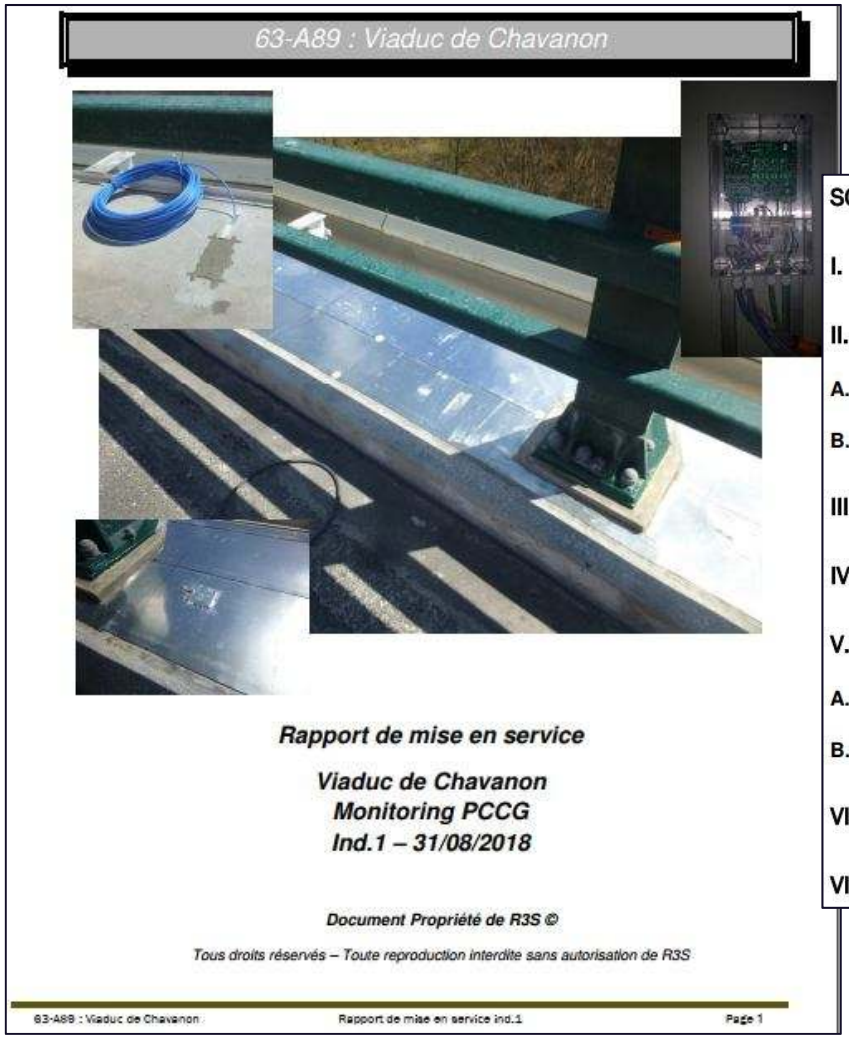
Entre éléments :	Mesure (< 1Ω)	Date
Anode/Anode	Oui / Non	
Anode/cathodes (Carrés de zinc soudés)	Oui / Non	

Application feuille de zinc auto-adhésive

Contrôleur :

Vérification surface support		Date
Planéité surface (1 cm sur 1 m maximum)	Conforme / Non conforme	
Propreté surface / Rugosité (Ponçage de la surface d'application, surface brute sans poussières, taches, reste de peinture/résine, surface sec)	Conforme / Non conforme	
Mesure :		
Température ambiante [°C] (> 4°C)		
Température du support [°C] (> 4°C)		

Mise en service - Suivi



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

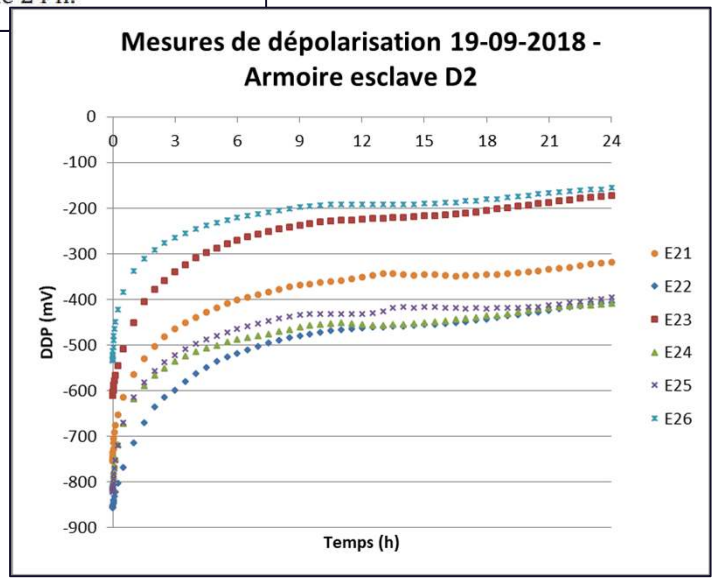
Analyse du fonctionnement

- 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;

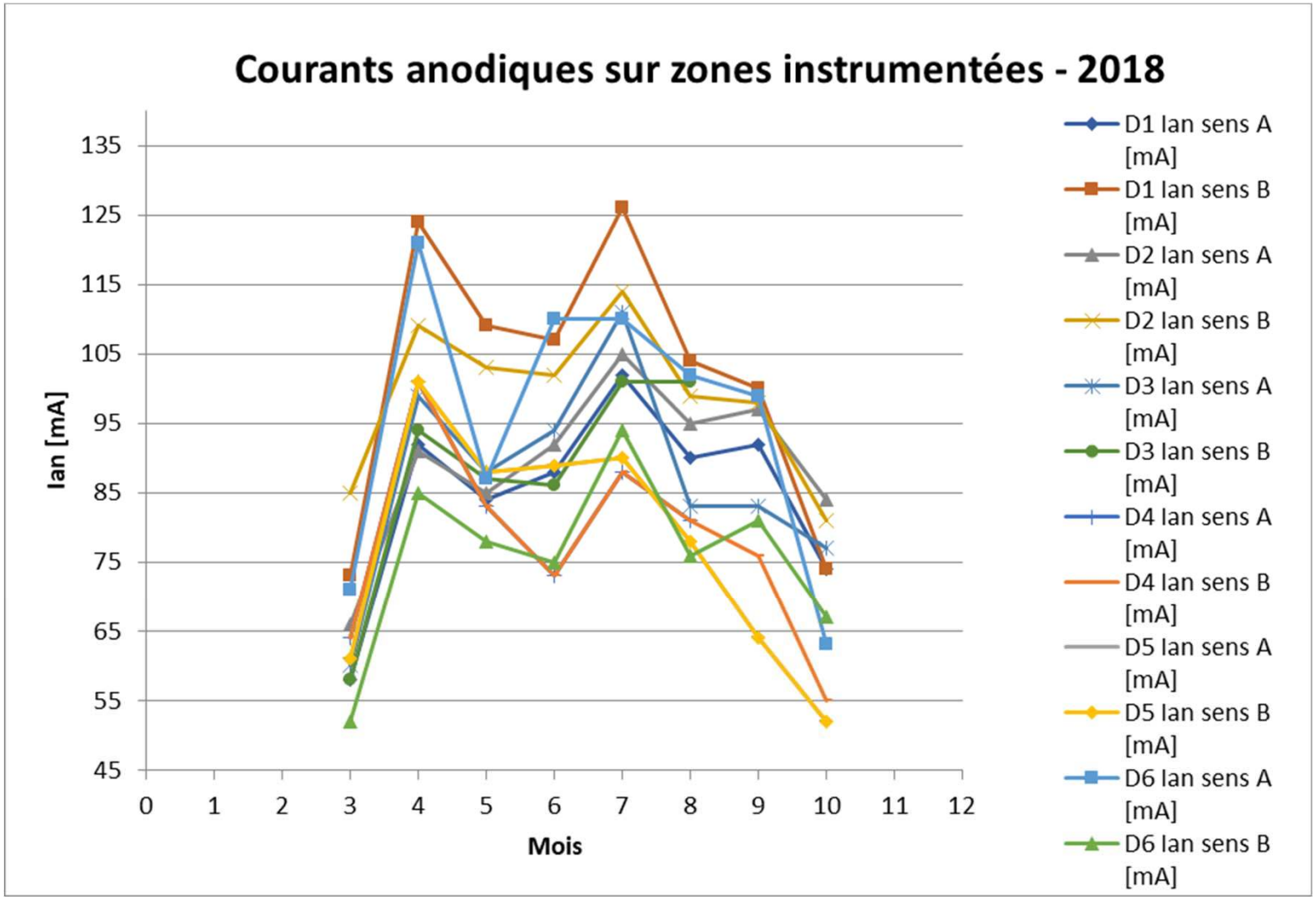
b) une dépolarisation d'au moins 100 mV sur un maximum de 24 h à partir de la coupure du courant;

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 continuelle 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

Suivi de la demande en courant



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