

Journées Techniques Ouvrages d'Art 2016



Réparation par Protection
Cathodique par Courant Imposé
du viaduc de Saint-Cloud

PEYRAC P., DAMIEN G., JACQUEL
A., DÉSILLE J., CATHALA J.,
SITLLER E.

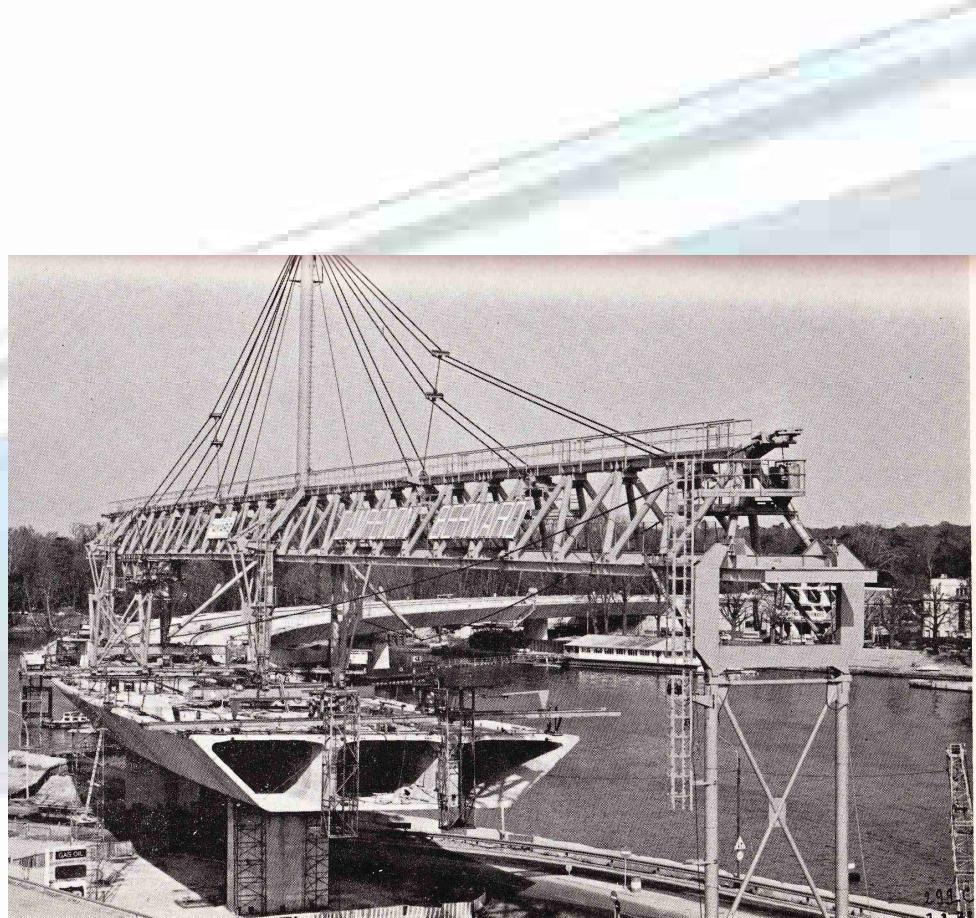
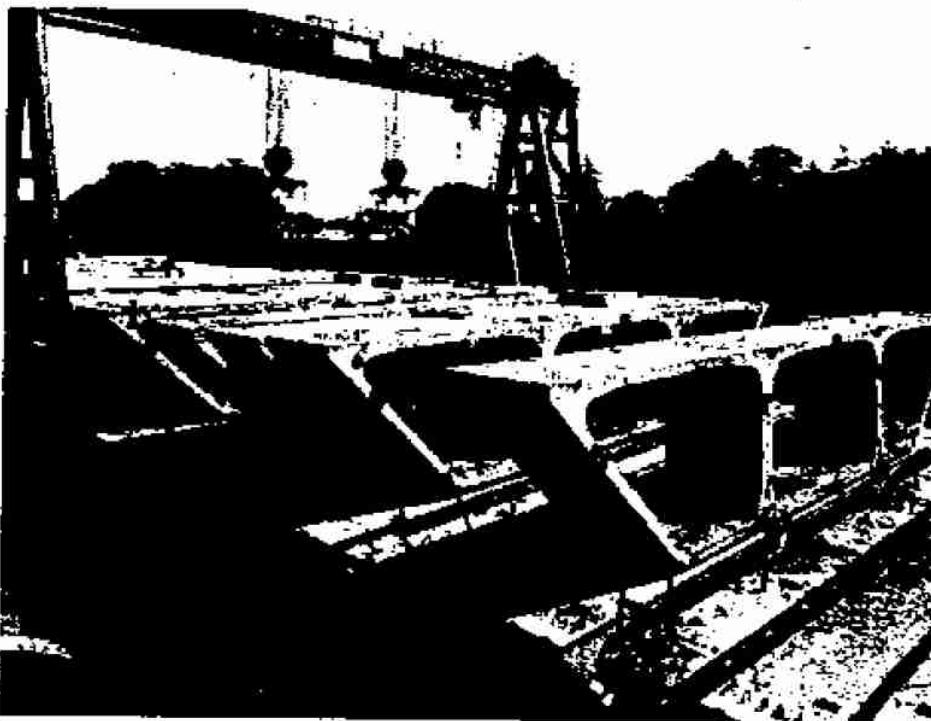
I. Présentation du viaduc de Saint-Cloud

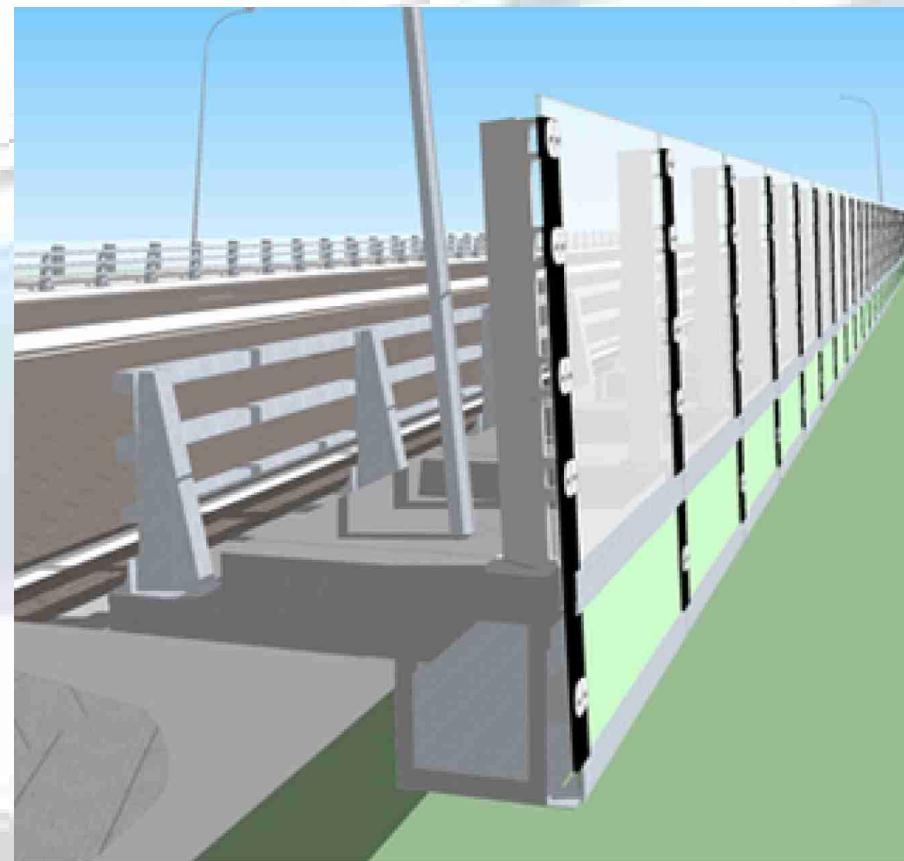
1. Géométrie

- 1100 m – 16 travées
- 2x2 voies sans BAU – 120 000 vél/j
- 550 voussoirs dont 1 cantilever
- Construction par encorbellement

2. Dates clés

- 1972 – 1975 : construction
- 1979 – 1982 : précontrainte additionnelle
- 1986 – 1987 : goujons actives hourdis supérieur latéral
- 2005 – 2009 : reprise précontrainte additionnelle
- 2012 – 2015 : protection acoustique





II. Corrosion et protection cathodique

1. Corrosion par les chlorures

- Exemples de réactions anodiques :

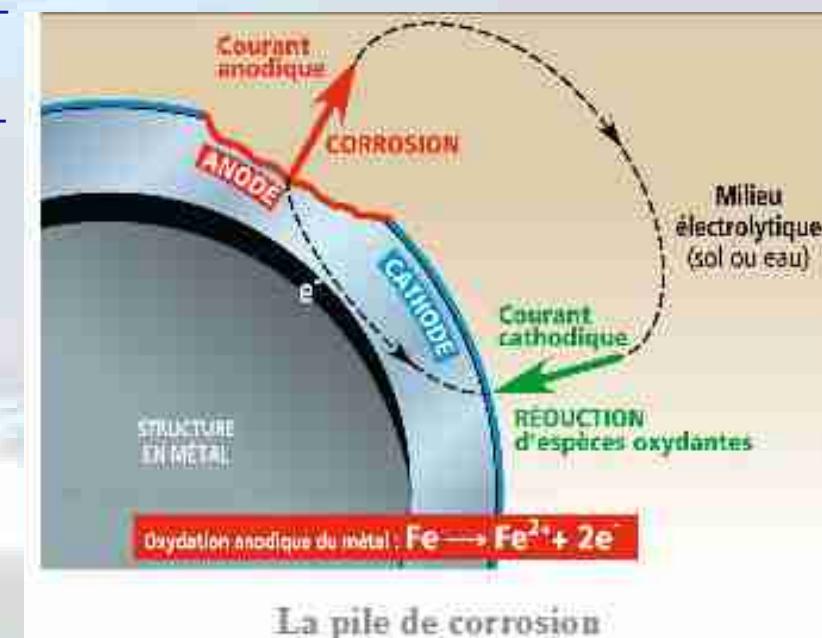


- Exemples de réactions cathodiques:



- Courant créé

- $$- I_c = \frac{E_c - E_a}{R_c + R_a}$$



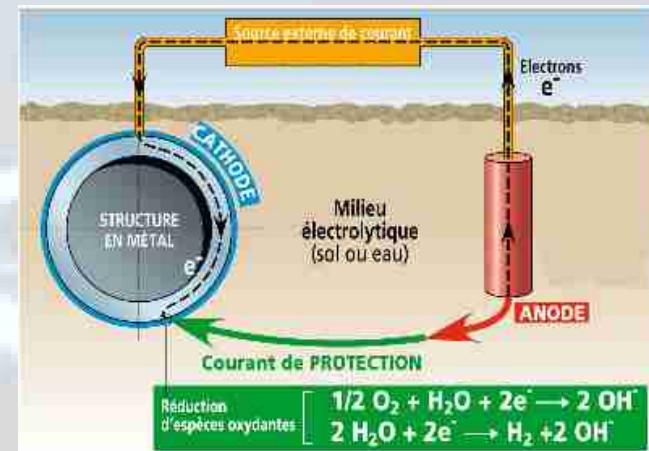
2. Protection cathodique

- Exemples de réactions à l'anode :

- $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2(\text{gaz}) + \text{e}^-$
- $2\text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{e}^-$
- $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

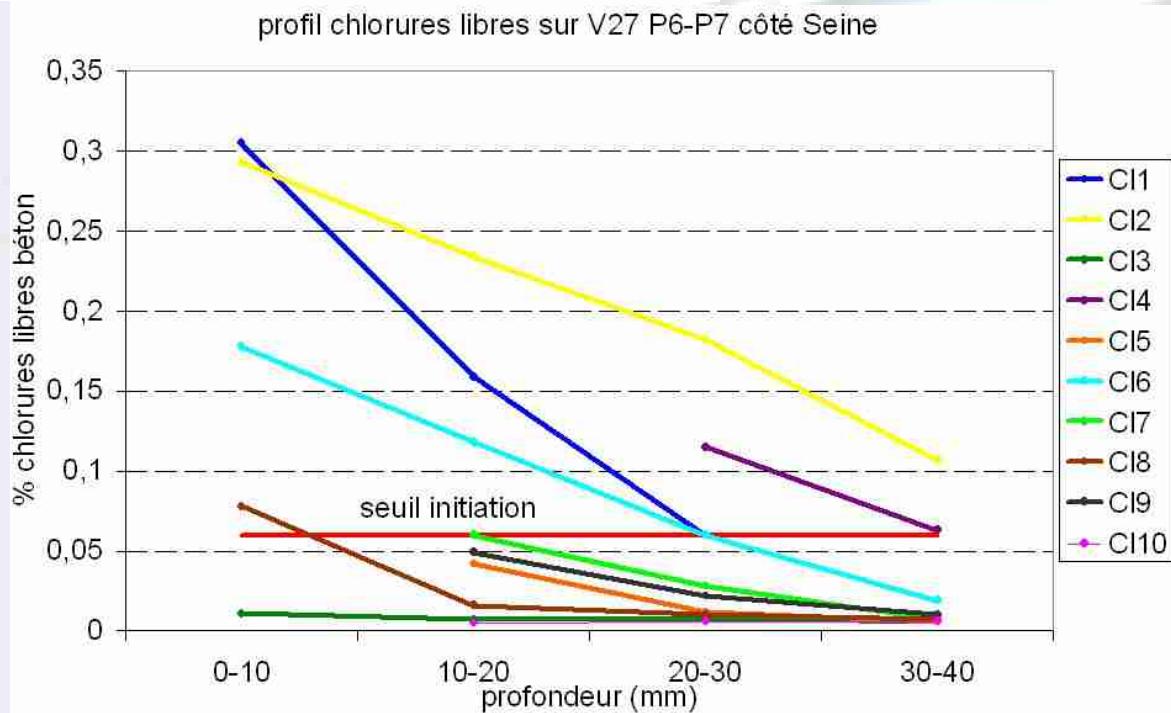
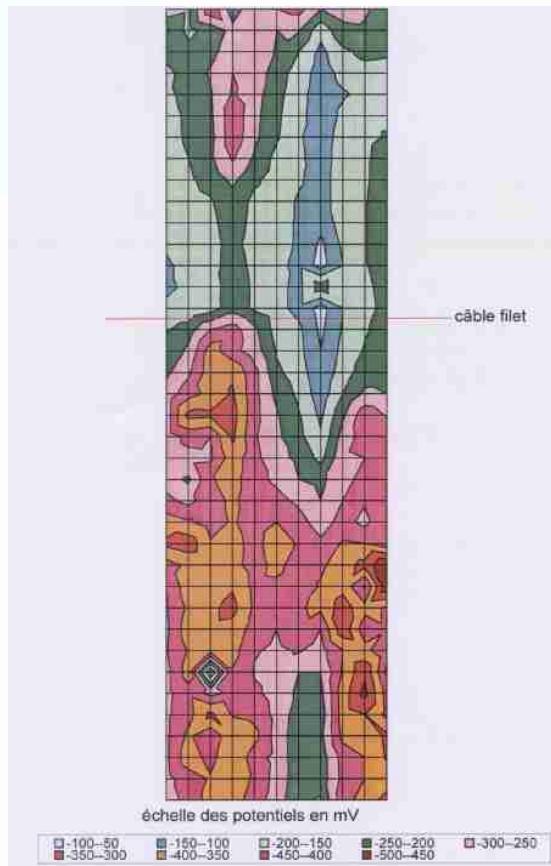
- Exemples de réactions à l'acier :

- $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$
- $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$



III. Études préliminaires

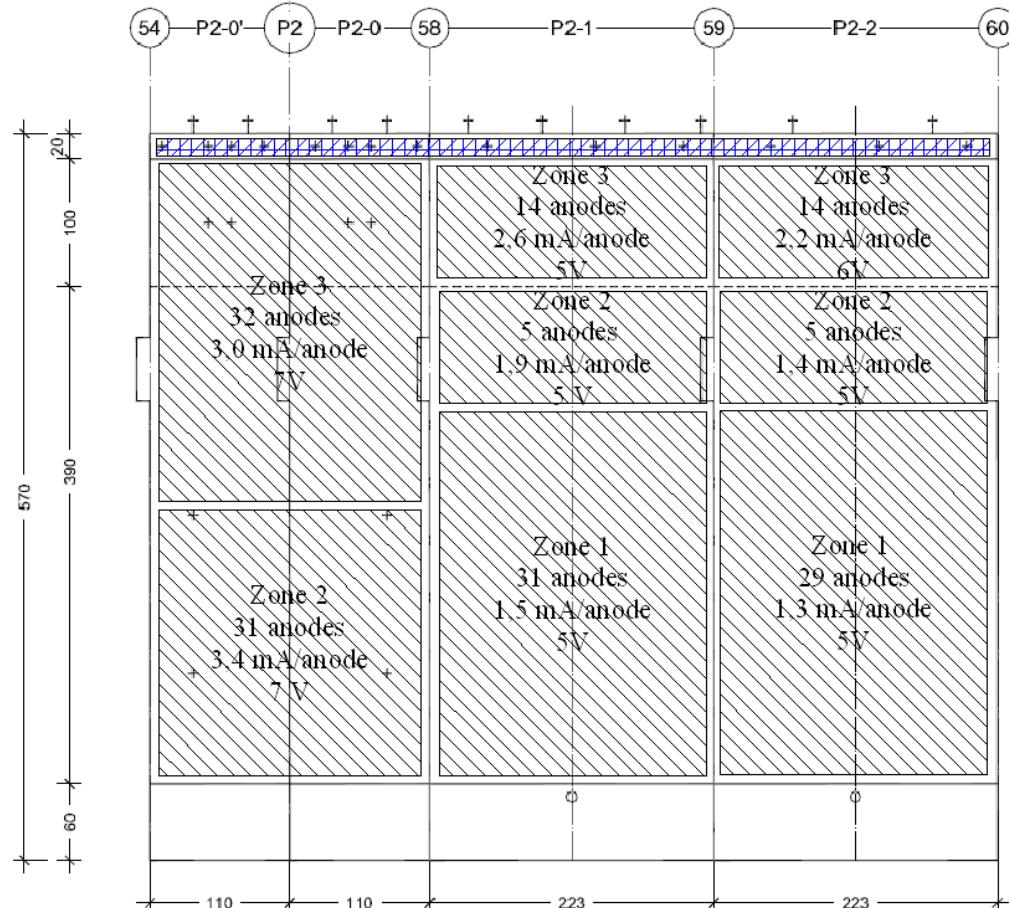
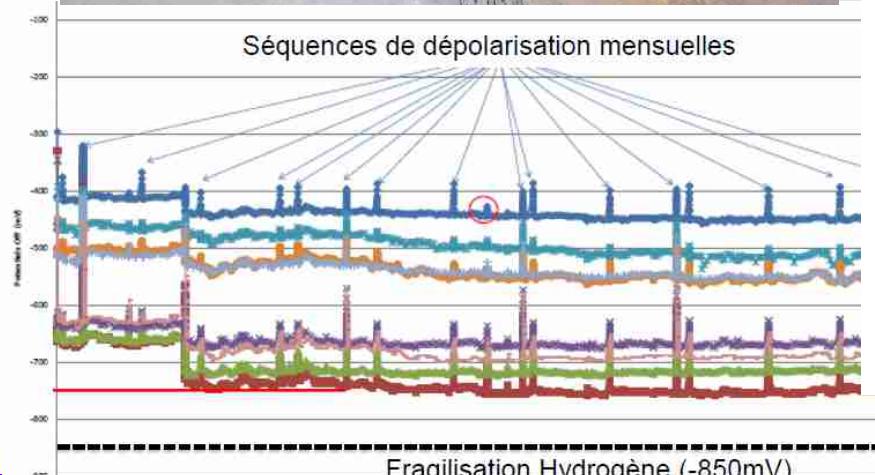
1. Mesures de potentiels et de pénétration de chlorures



2. Essai pilote

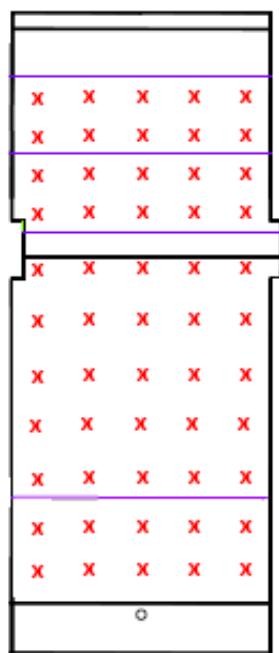


Séquences de dépolarisation mensuelles

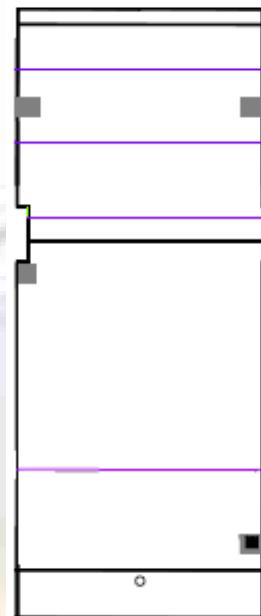


IV. Études d'exécution

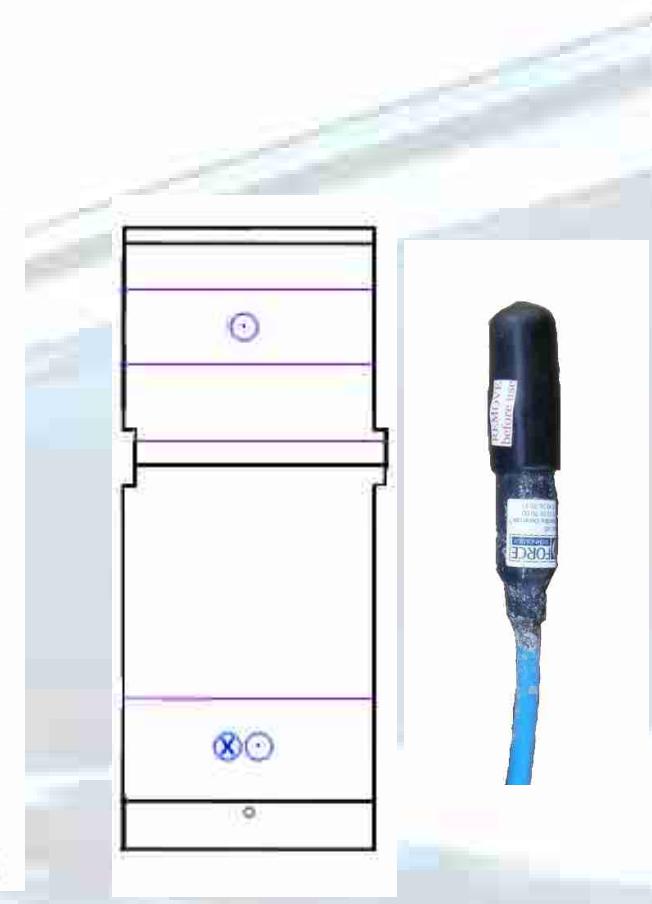
1. Vue d'ensemble



Anodes



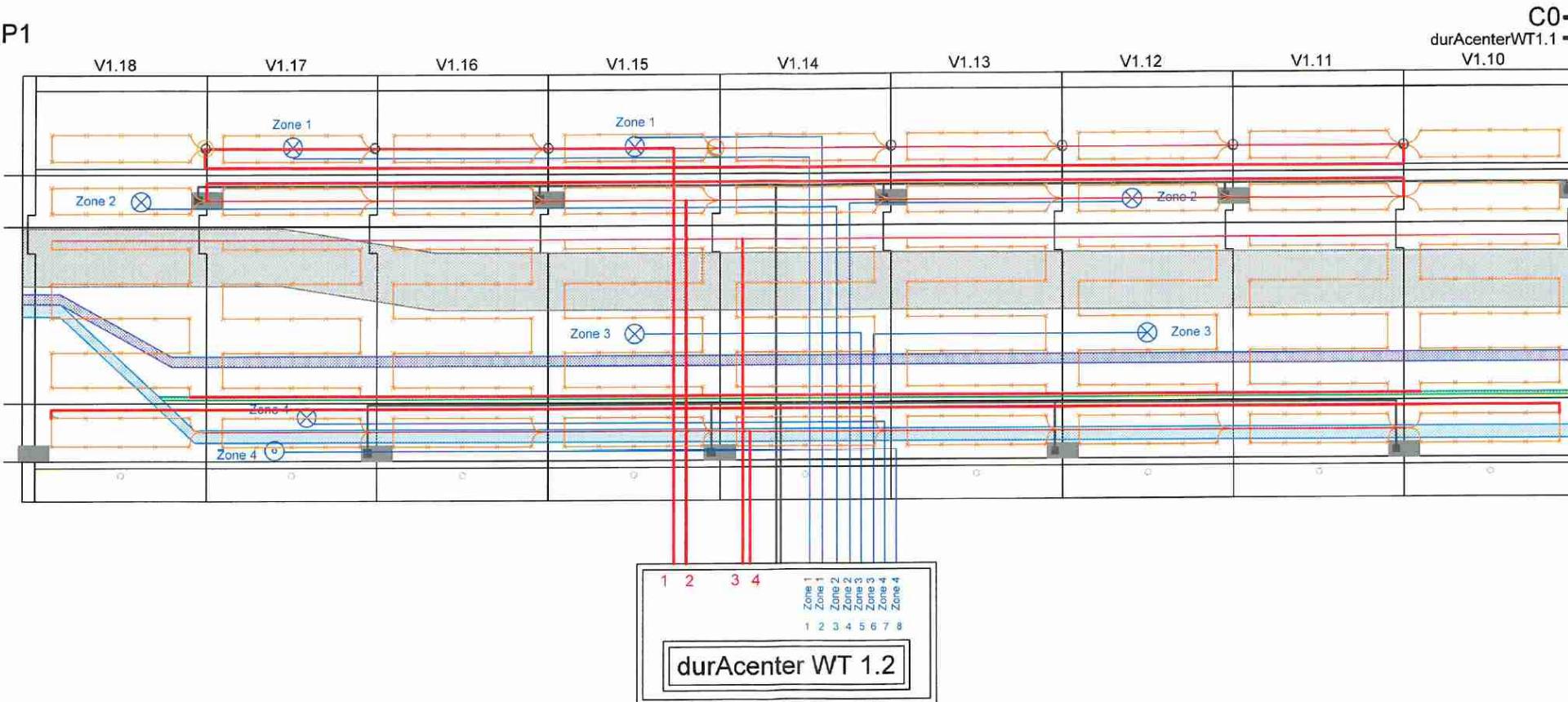
Cathodes



Références

1. Vue d'ensemble

P1



viaduc Saint-Cloud – Protection Cathodique - J.DESILLE

2. Dimensionnement anodique

- Tension de sortie :

$$I_{marché} = I_{pilote} \cdot \frac{S_{a, marché}}{S_{a, pilote}}$$

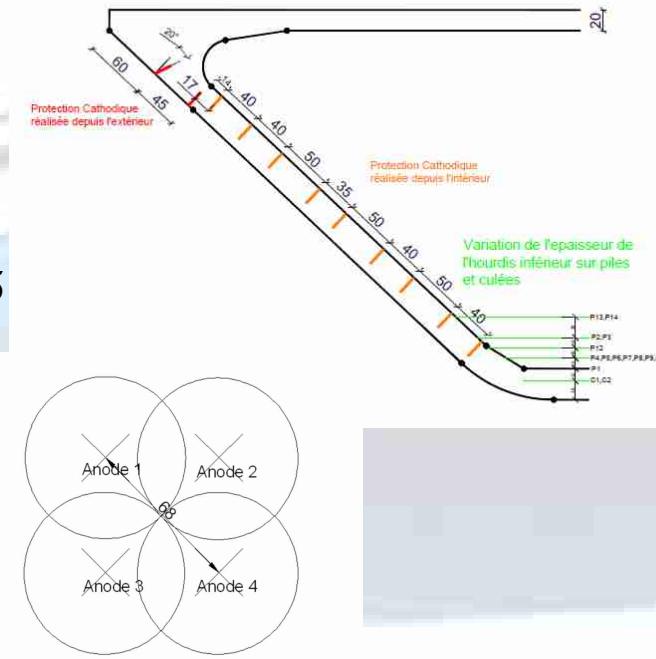
$$N_{anode} = \frac{I_{marché}}{I_{S,max} \cdot L_{utile} \cdot 2\pi R} = \frac{101}{220 \text{ mA/m}^2 \cdot 0,17 \text{ m} \cdot 2\pi \cdot 0,008 \text{ m}} \approx 55$$

- Rayon d'action :

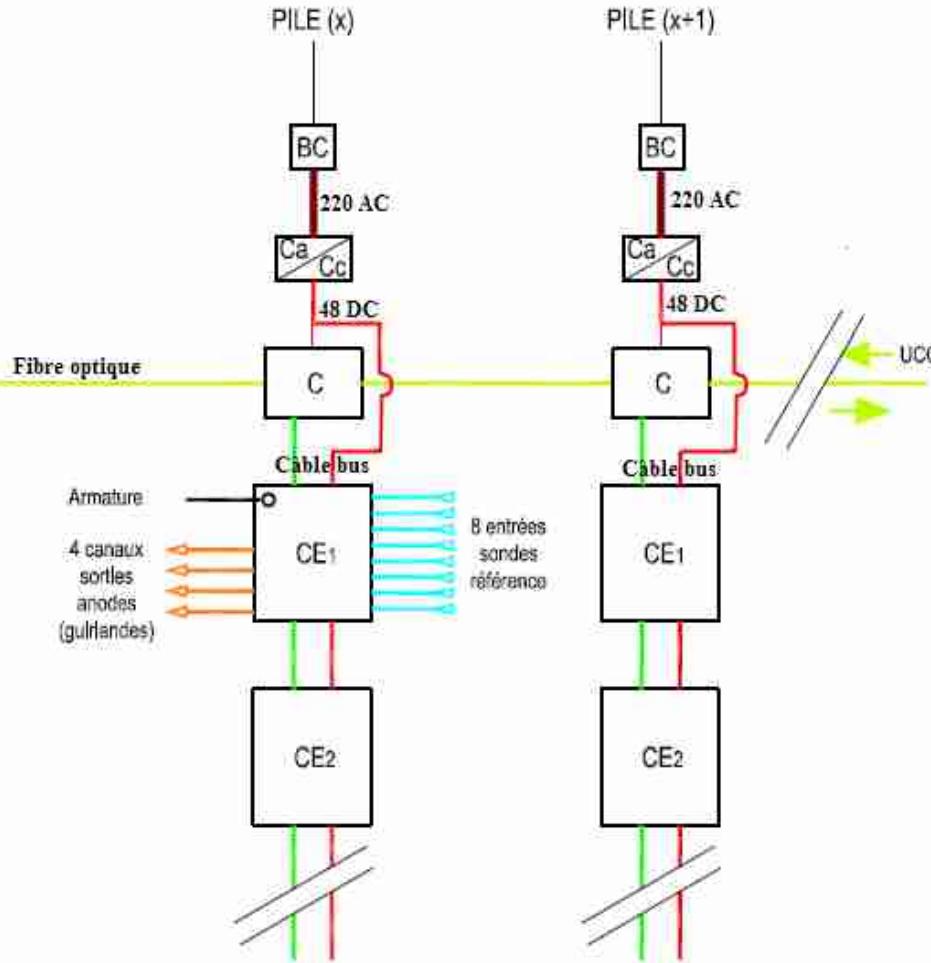
$$R = 2 \cdot L_{active} = 2 * 0,17 \text{ m} = 34 \text{ cm}$$

- Durée de vie :

- 100 ans à 110 mA/m² (0,88 mA/anodes)
- 25 ans à 440 mA/m²



3. Alimentation/données



UCC : Unité centrale de contrôle

BC : Boîte de raccordement

Ca/CC : Redresseur 220 V AC → 48 V DC

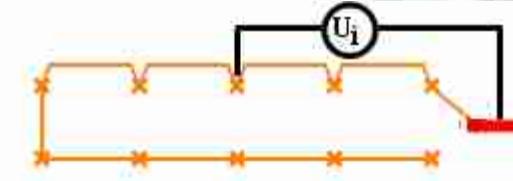
C : Convertisseur fibre optique → Câble bus

CE_i : Cabinet esclave

3. Alimentation/données

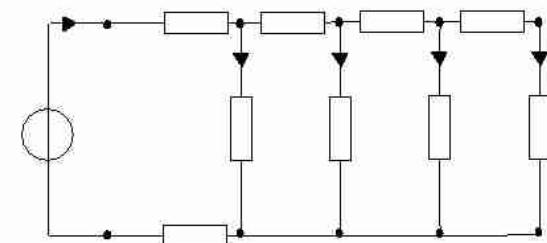
- Tension maximale appliquée :

$$\forall i U_i < 10V$$



- Chute de tension dans le circuit :

$$\Delta U = \frac{U_n - U_1}{U_1} < 10\%$$

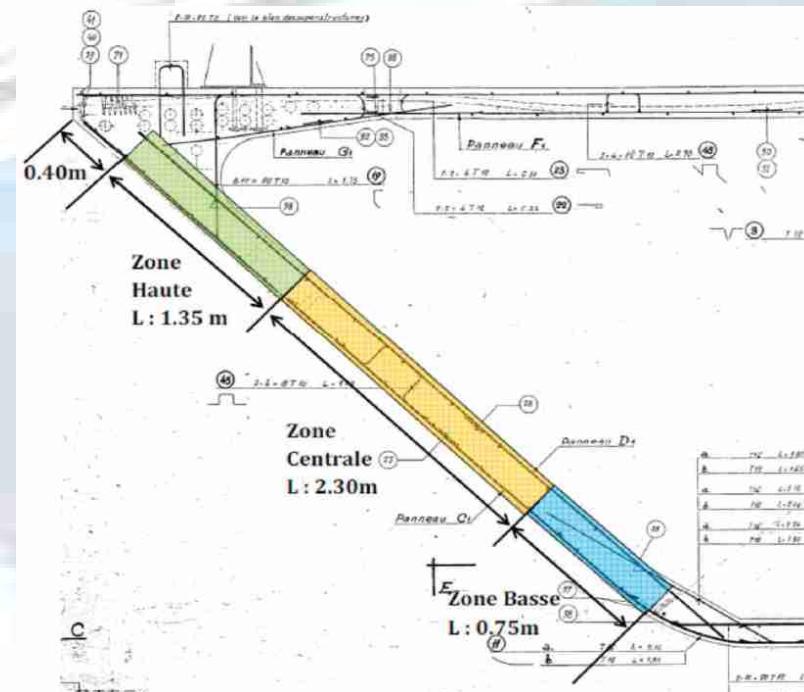


- Courant dans le cabinet :

$$I_{max, cabinet} > I_{marché} \cdot N_{voussoirs} = 101 \text{ mA} * 10 \text{ voussoirs} = 1010 \text{ mA}$$

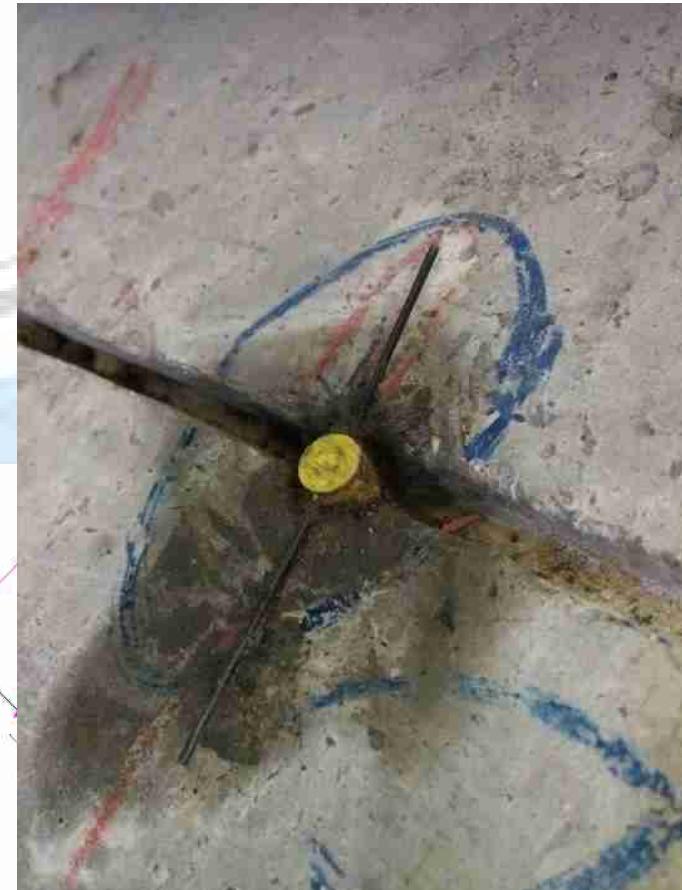
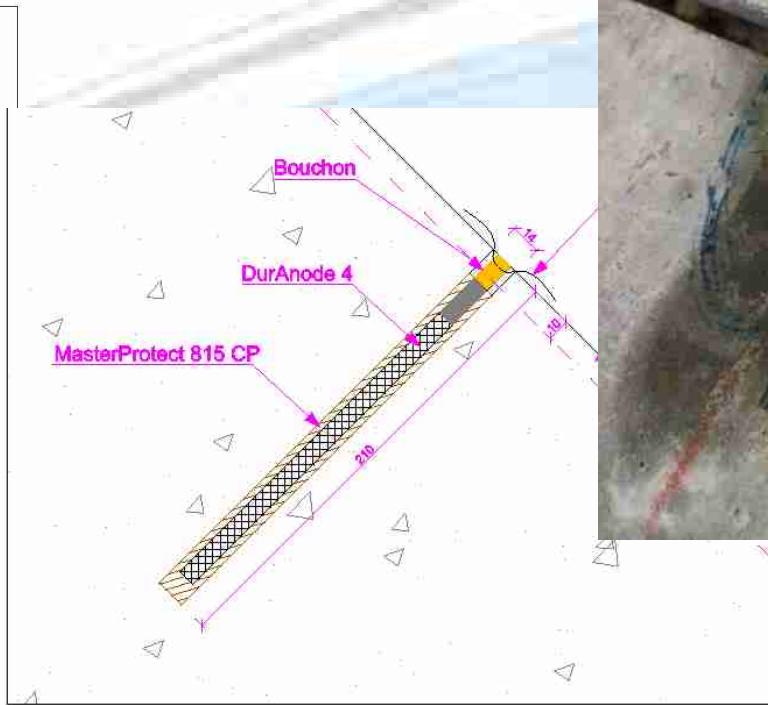
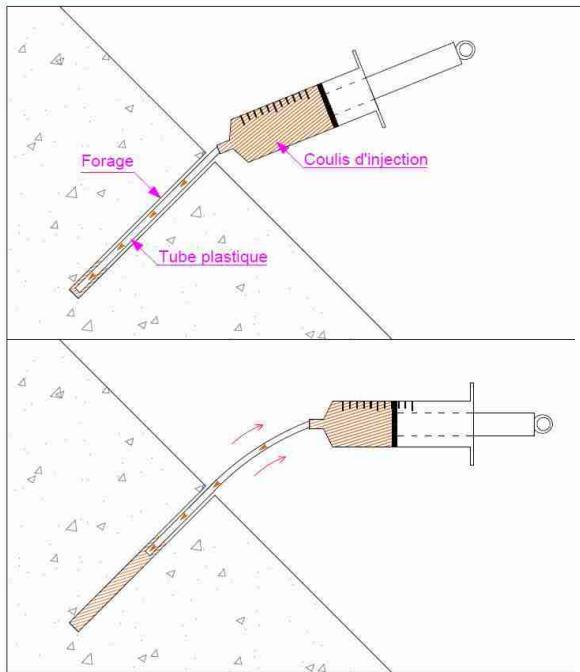
4. Asservissement

- Asservissement de la PCCI à la fragilisation à l'hydrogène :
 - $H_2O + 2e^- \rightarrow H + OH^-$
 - $U_{arrêt} < 850 mV - \epsilon$

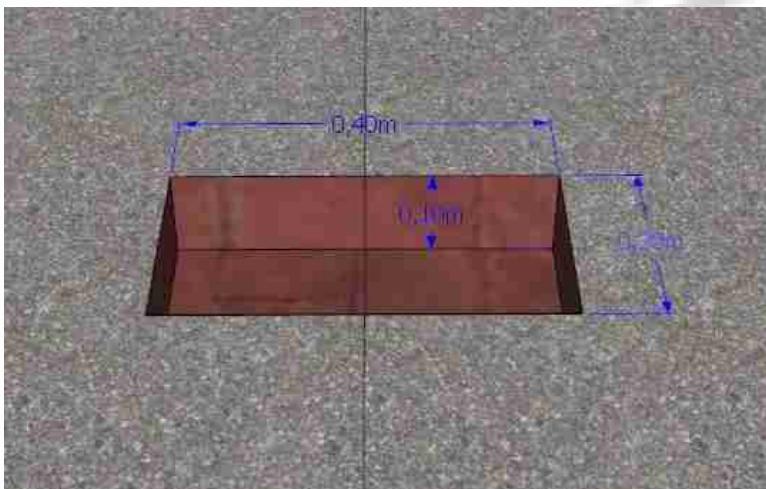


V. Mise en œuvre

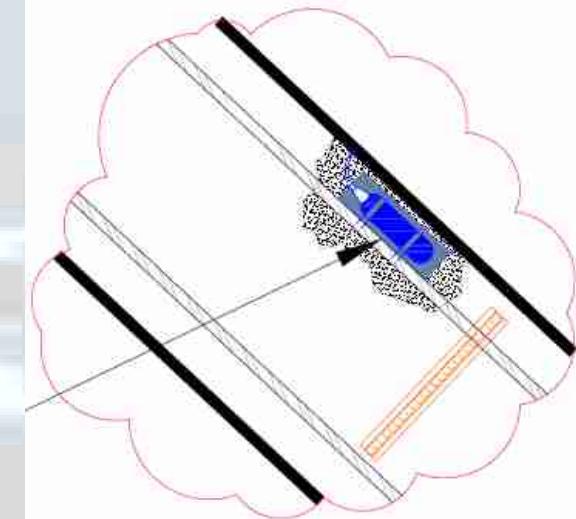
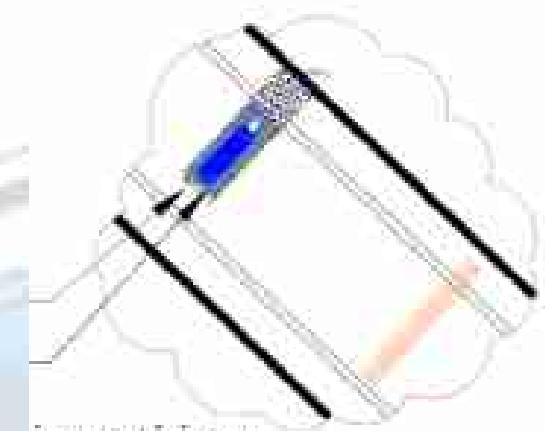
1. Injection des anodes



2. Raccordement au pôle négatif



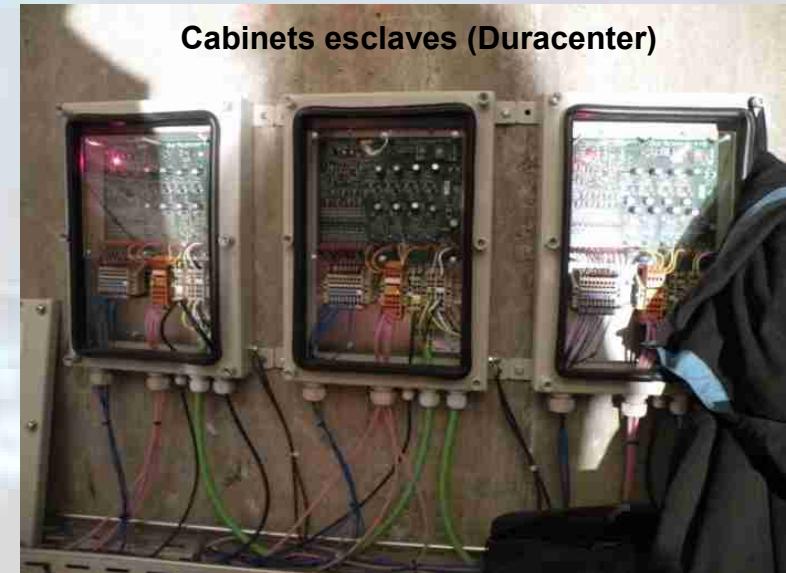
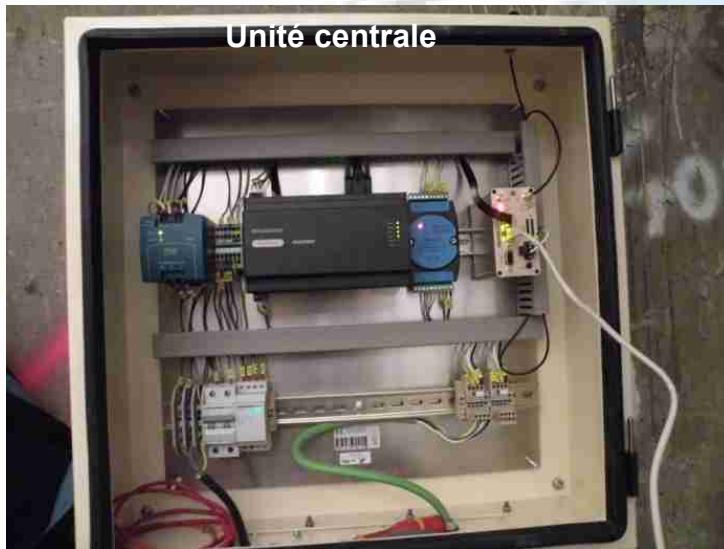
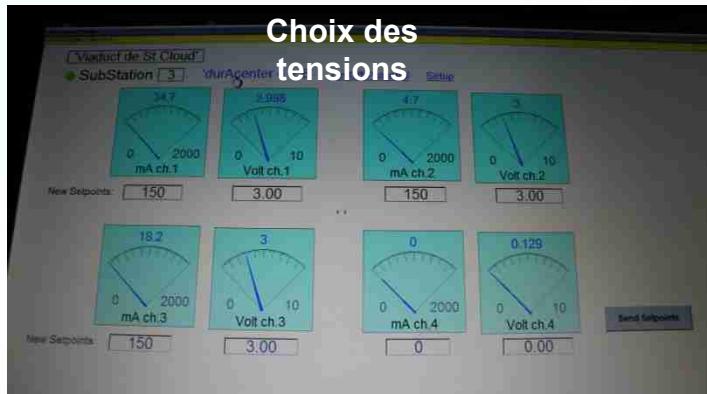
3. Pose des références



4. Câblage



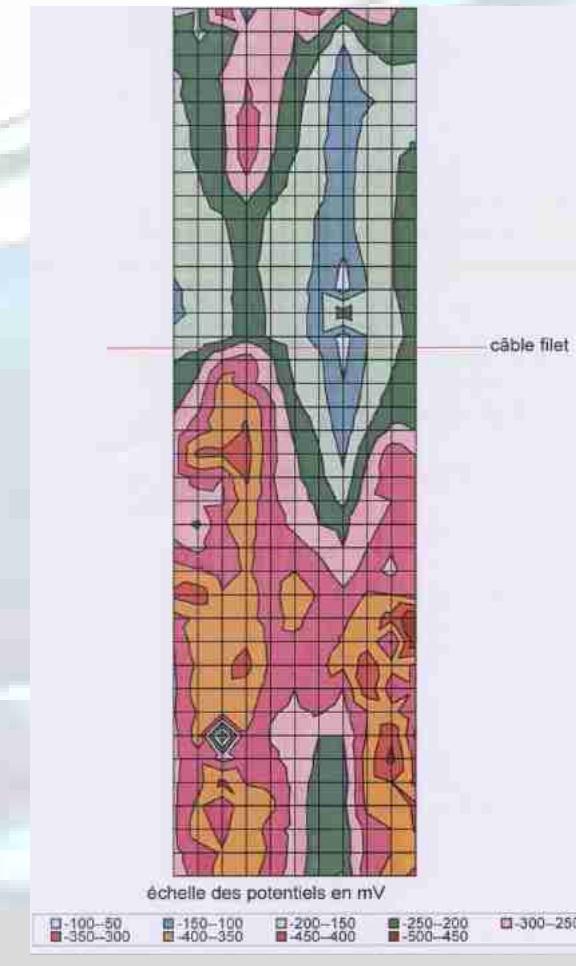
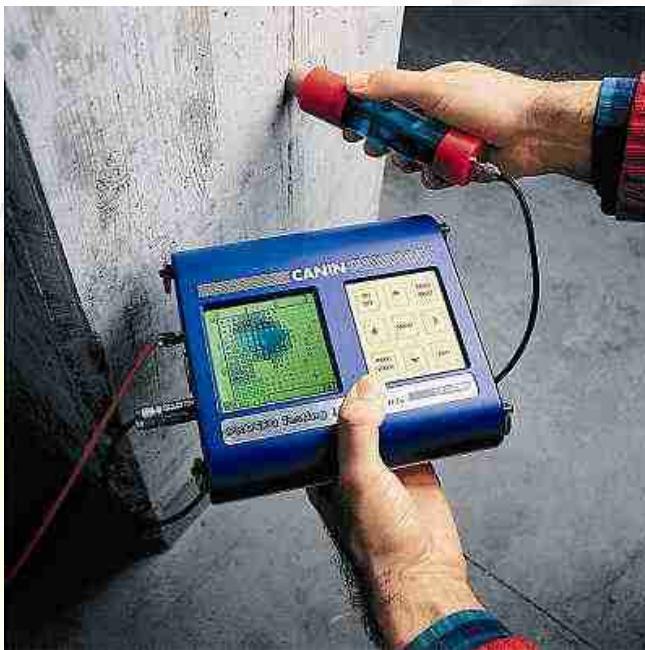
5. Monitoring



VI. Contrôles

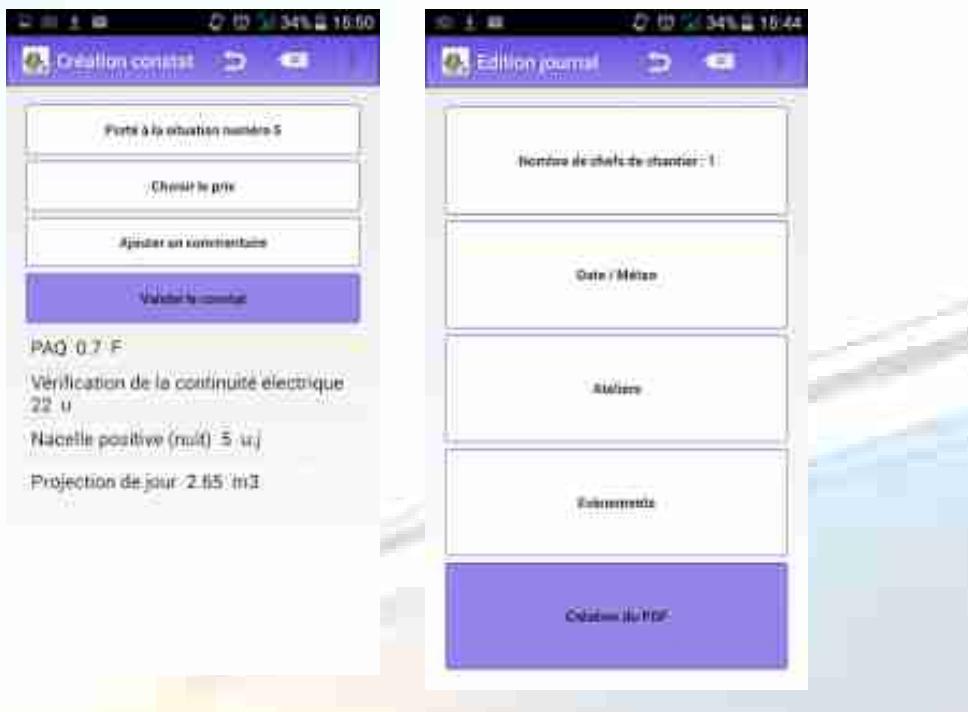
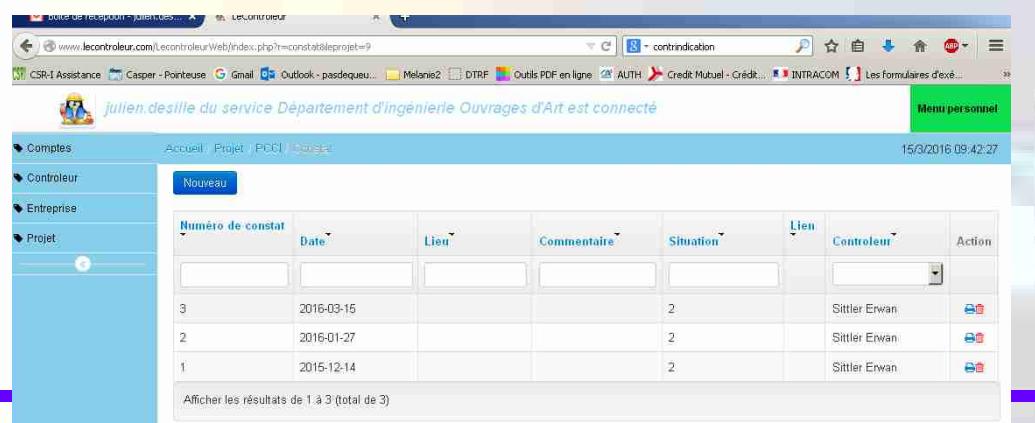
1. Contrôles extérieurs

- Cerema (Mesures de potentiel)
- In Situ (VISA des procédures, plan d'exécution et produits)



2. Contrôle maîtrise d'œuvre

- Logiciel dédié (Android)
 - Journaux de chantier
 - Constats de métrés
 - Points d'arrêt


Ministère de l'Énergie, du Développement
Durabil, des Transports et du Logement
Direction régionale et interdépartementale de
l'Équipement et de l'Aménagement d'Île-de-
France
Département d'ingénierie Ouvrages d'Art

Réparation par Protection Cathodique par
Courant Imposé (PCCI) du viaduc de Saint-
Cloud

Marché n° 11 25 031 00 223 94

Titulaire : Freyssinet
Surveillant : Johan Cathala

Journal de chantier du jeudi 17 déc. 2015

Météo : Dégagé
Température minimum : 10 °C
Température maximum : 17 °C
Horaires de chantier : de 10h00 à 15h00

1 chef(s) de chantier présent(s) pour 4 ouvrier(s).

Atelier(s) de travail

Essai d'implantation des anodes extérieures
Entreprise : Freyssinet (Titulaire)
3 ouvrier(s) travaille(nt) dans cet atelier.
Véhicules/Matériel :
1 nacelle ciseaux
1 foreuse
Commentaire :
Vousoirs 7, 8 et 9 de la travée 1.
Suite au passage radar réalisé par Concrete.
Implantation des anodes. 14 cm entre la ligne inférieure extérieure et la ligne supérieure intérieure.
Perçements sur le voussoir 7.
Repérage défaillant, annulation des perçements sur V8 et 9 (aciéris touchés).

Détection radar des aciers
Entreprise : Concrete (Sous-traitant)
1 ouvrier(s) travaille(nt) dans cet atelier.
Véhicules/Matériel :
1 radar Hilti
Commentaire :
Passage du radar sur les voussoirs 7, 8 et 9 de la travée 1 en vue de la réalisation de l'essai d'implantation des anodes extérieures.
Le repérage s'est avéré défaillant suite à l'essai de perçement.

Johan Cathala

Viaduc Saint-Cloud – Protection Cathodique - J.DESILLE

Merci de votre participation



Merci à :

Véronique Bouteiller (IFSTTAR)

Christophe Michaux (In Situ)

Julien Schneider (DTer IdF)