

« La réparation de l'estacade de CERBERE»

Olivier LESIEUTRE – FREYSSINET

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

Présentation de l'ouvrage

- Historique de l'ouvrage et pathologies :
  - Construit en 1980
  - Forte corrosion des aciers
  - Réhabilitation fin 90 / début 2000 : remplacement d'acier, mortier R4 projeté
  - Mise en œuvre revêtement polyuréthane afin de bloquer les échanges
  - Corrosion des armatures toujours active et apparition de nouvelles dégradations





Présentation des pathologies de l'ouvrage

- Les principales pathologies :
  - Épaufrures de béton sur les nervures côté mer
  - Pollution des bétons par les chlorures
  - Carbonatation des bétons
  - Forte corrosion des armatures

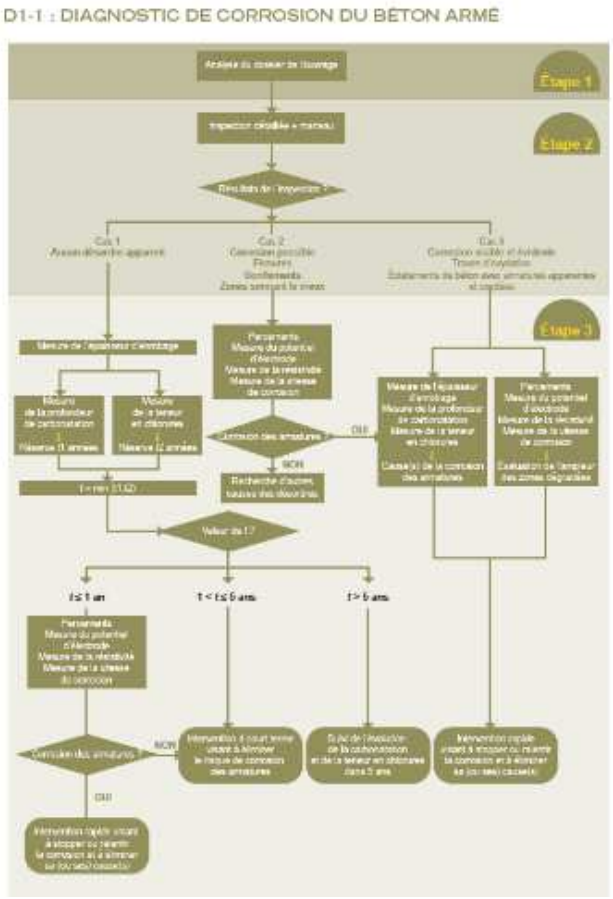






Diagnostic et définition de la stratégie de réparation

- Exposition et classe d'environnement
- Maintenance et histoire de l'ouvrage
- Revêtements, imprégnations, traitements de surface
- Plans de récolement
- Résistance du béton
- Résistivité du béton
- Chlorures, pourcentage dans le béton et origine
- Carbonatation
- Enrobage et position des aciers
- Cartographie des potentiels de corrosion
- Continuité électrique
- Décollement par couches
- Tests d'adhérence par traction directe



Source : Fiche D1-1 IFSTTAR

Choix des réparations et design de la PCCI

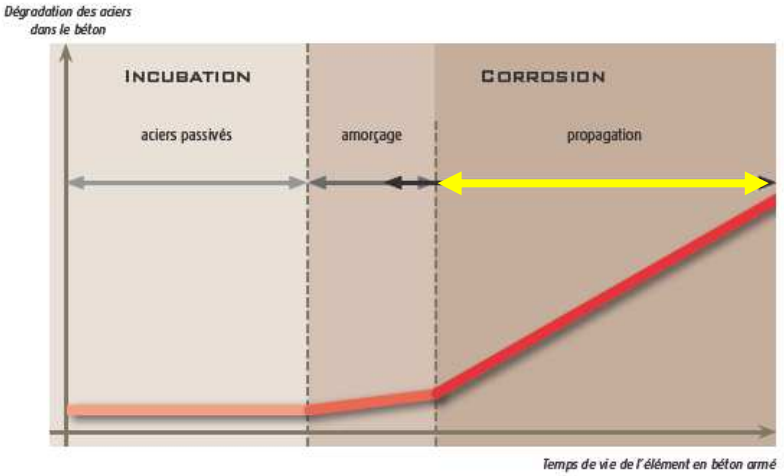
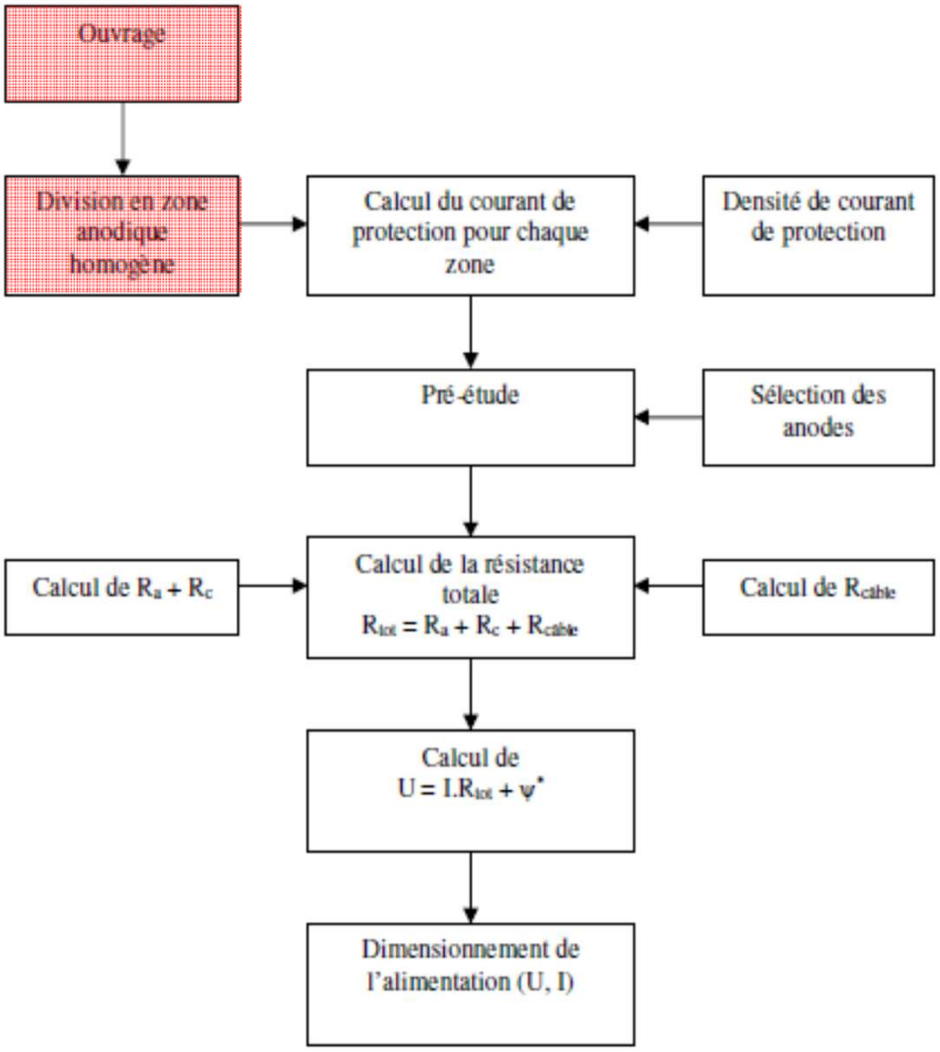


Diagramme de TUTTI 1982

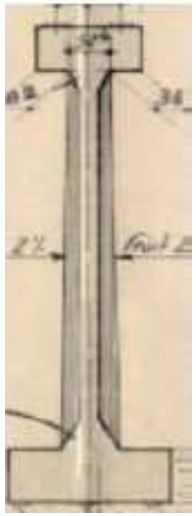
- Stratégie de réparation : Protection Cathodique par courant imposé
  - Traitement le plus adapté en cas de corrosion généralisée initiée par les chlorures
  - Traitement qui permet de minimiser les volumes de purges en les limitant aux seuls bétons éclatés
  - Traitement qui s'affranchit des nouvelles pollutions
  - Traitement qui dure dans le temps
  - Courant de protection modulable

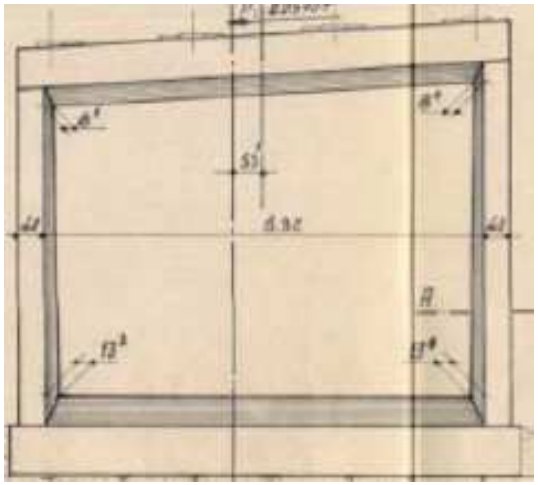
Design de la PCCI

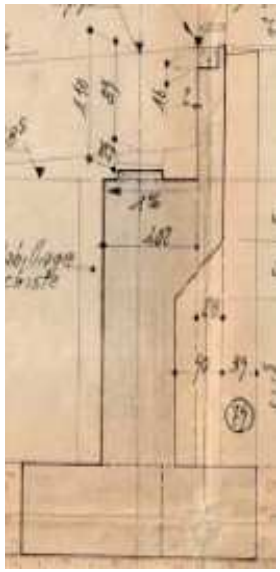


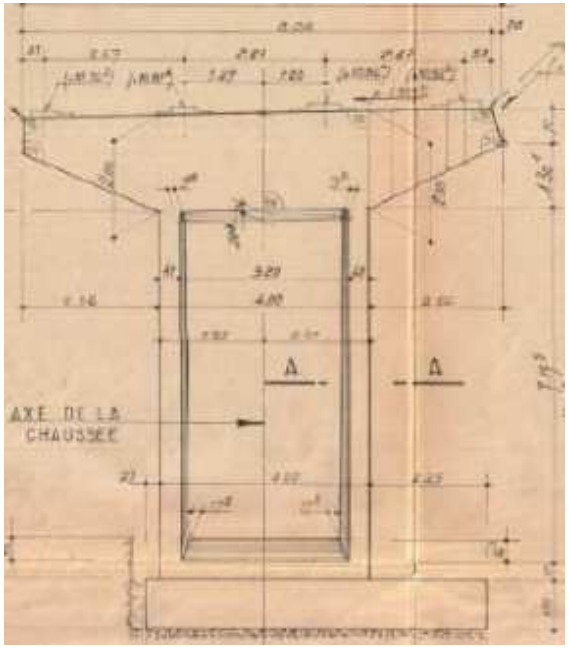
Design de la PCCI

- Stratégie de réparation : Protection Cathodique par Courant Imposé
  - Géométrie complexe et hétérogène
    - Piles toutes différentes
    - Eléments minces, épais
    - Densité d'acier différente en fonction des zones

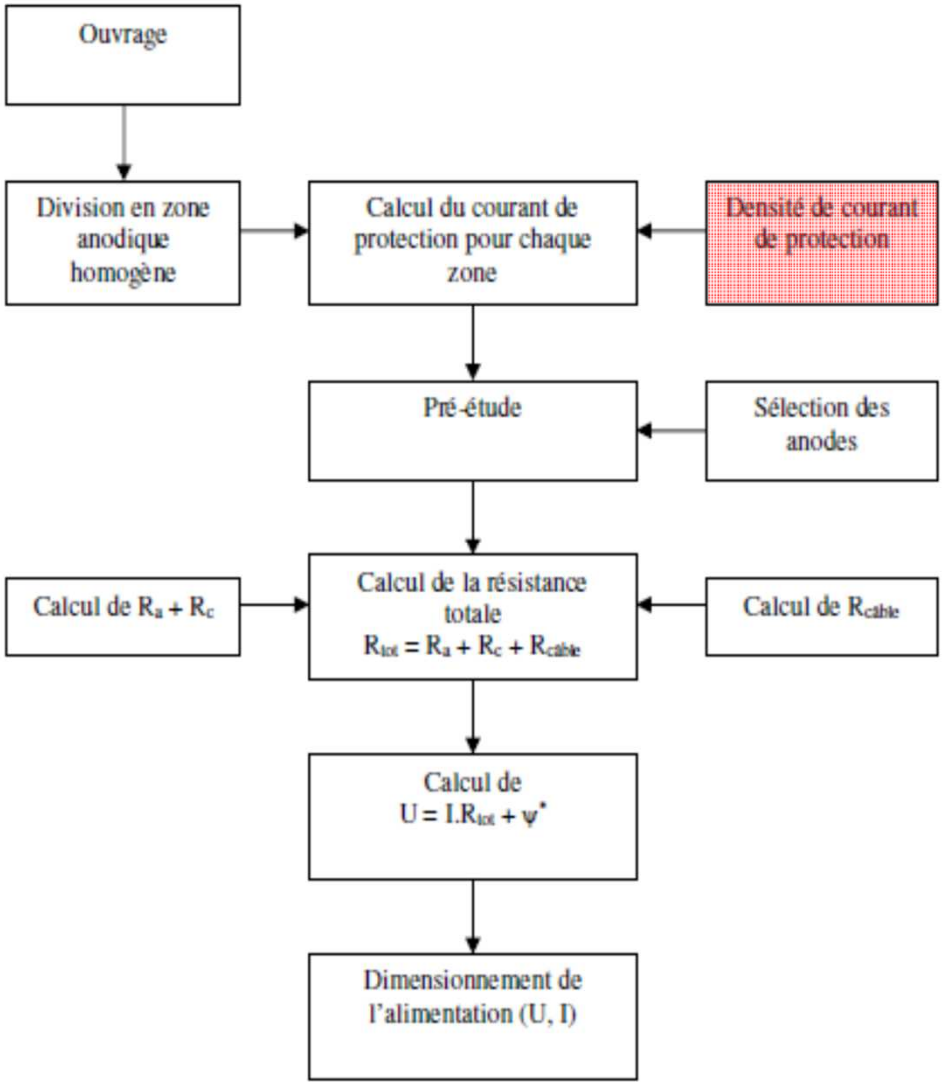




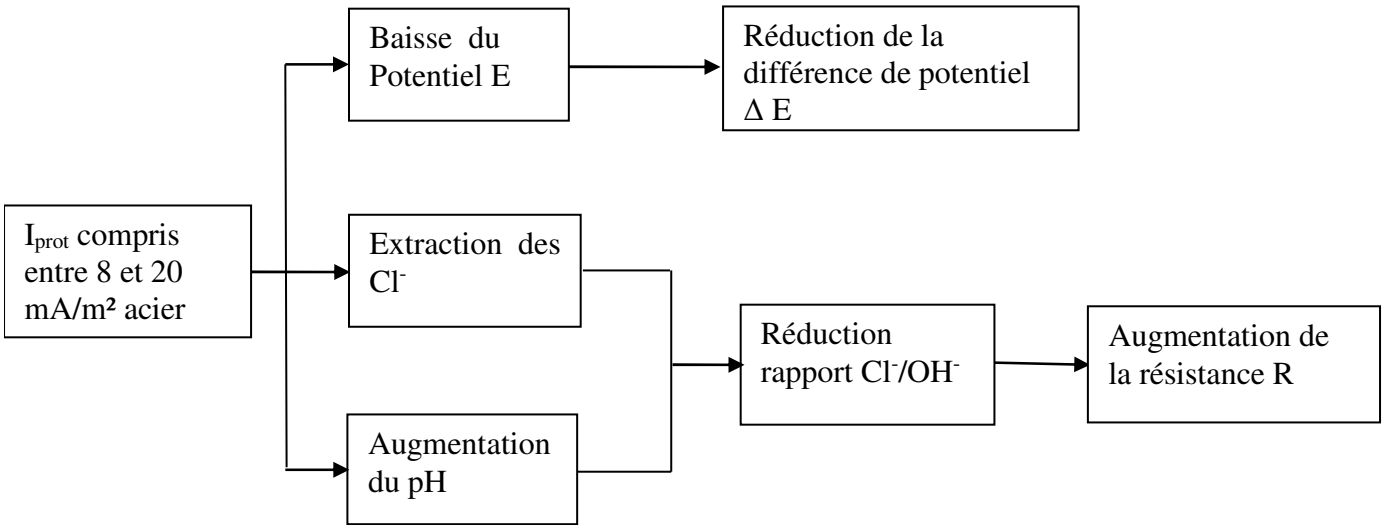




Design de la PCCI



Design de la PCCI

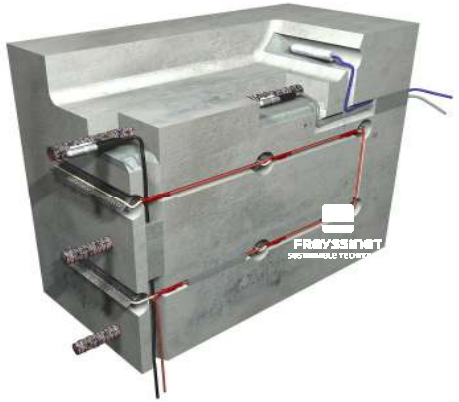


Design de la PCCI

- Stratégie de réparation : Protection Cathodique par courant imposé.
  - Pathologie et pollution => PCCI



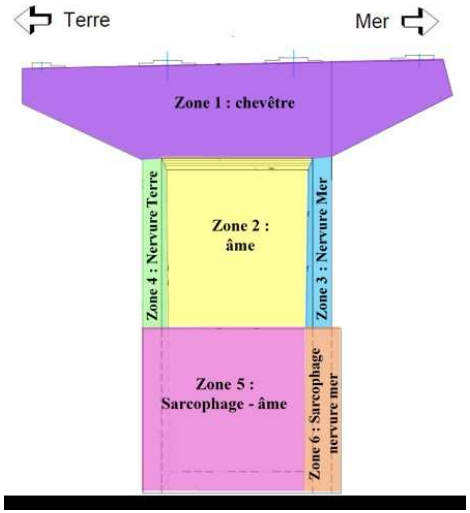




  - Réparation des bétons : au cas par cas

Design de la PCCI

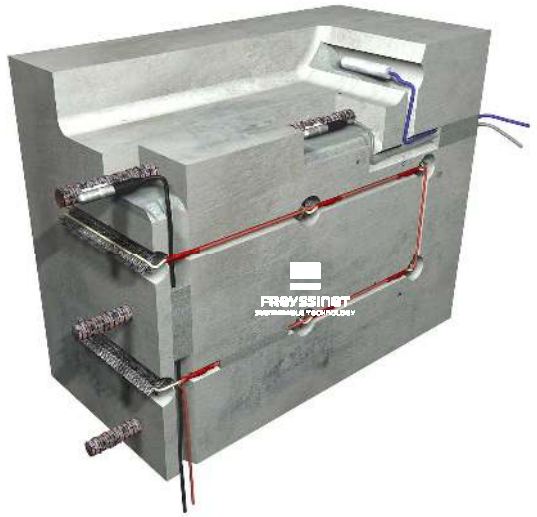
- Stratégie de réparation : Protection Cathodique par courant imposé

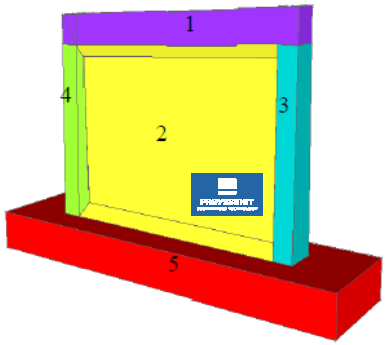


- Solution : anodes forées
- Courant de protection :
  12 mA/m² d'acier
  Validé par essai de convenance

Design par zone et par pile/culée

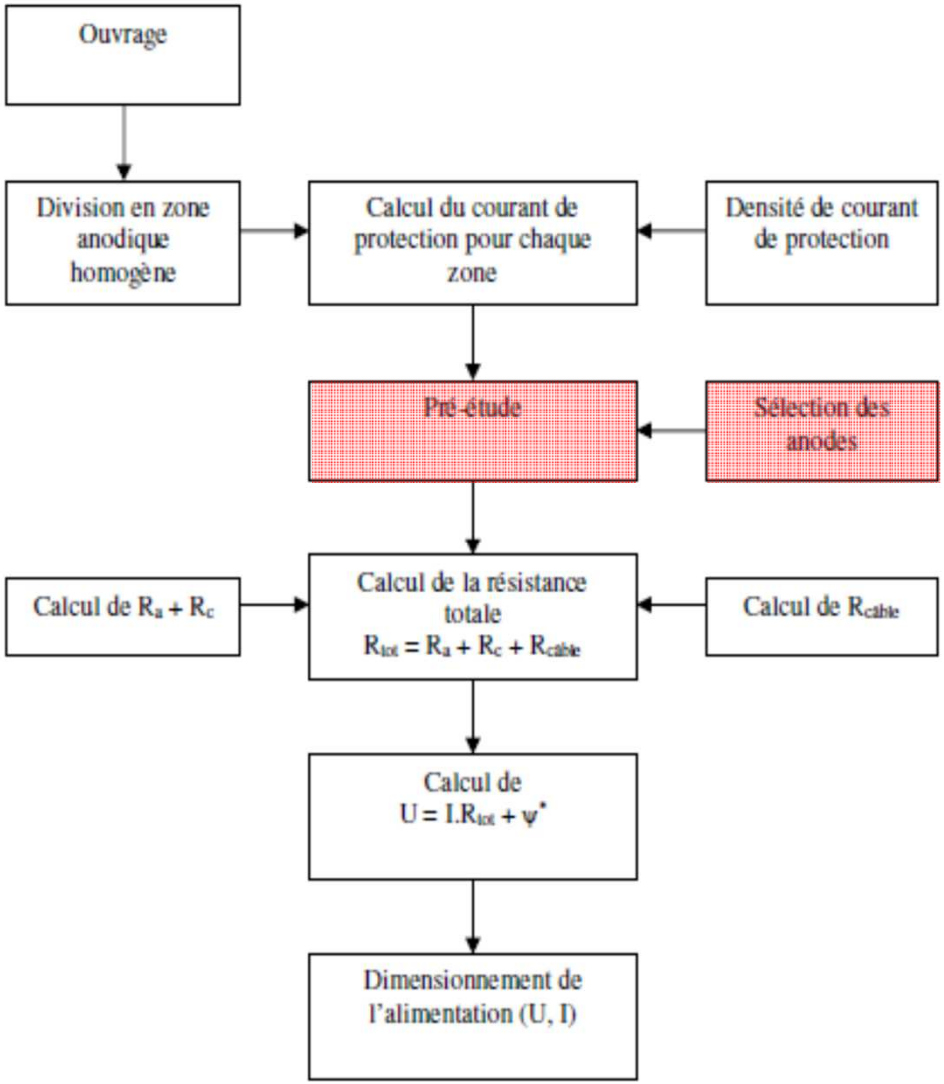
Monitoring : une armoire esclave de contrôle et de monitoring par pile/culée





Pile / Culée	N °Zone	Zone	Sa (m²)	Sb (m² ou ml)	Unité Sb	Sa/Sb	Ip mA/m²anode)	COEFF Sécurité	Icu choisie (cm)	Anode choisie	Na théorique par zone	Maillage choisi (cm)	Na final selon maillage
P10	1	Chevêtre	6,59	3,89	m²	1,69	12,0	25%	40	1V+	19	50X30	26
	2	Ame	15,99	23,68	m²	0,68	12,0	25%	15	1V+	123	40x40	148
	3	Nervure Mer	5,16	4,82	ml	1,07	12,0	25%	30	1V+	20	2 x e=40	25
	4	Nervure Terre	5,01	4,55	ml	1,10	12,0	25%	30	1V+	19	2 x e=40	23

Design de la PCCI



Travaux de réparation

- Montage des échafaudages d'accès
  - Échafaudage de pied
  - Mise en place de filet de protection
  - Réalisation de passerelles communicantes entre pile





Travaux de réparation

- Phasage de démolition
  - Note de calcul phase provisoire pour chaque pile
  - Mise en sécurité par butonnage des piles
  - Réparation des nervures par pianotage (hauteurs et épaisseurs prises en compte dans la note de calculs)





Travaux de réparation

- Réparation des bétons dégradés du sarcophage de la pile P5
  - Purge des bétons dégradés
  - Mise en œuvre d'armatures pour créer une nouvelle cage de renforcement
  - Reconstitution du sarcophage de pied en béton projeté par voie sèche (FOREVA® SHOTCRETE)



Travaux de réparation

- Réparation des bétons dégradés
  - Purge des bétons dégradés
  - Scellement d'armatures additionnelles
  - Reconstitution des piles en béton projeté par voie sèche (FOREVA® SHOTCRETE)







Travaux de réparation

- Remplacement d'appareils d'appuis
  - Note de calcul réalisée en interne par le Département Technique
  - Vérinage du tablier
  - Démolition / reconstruction des bossages

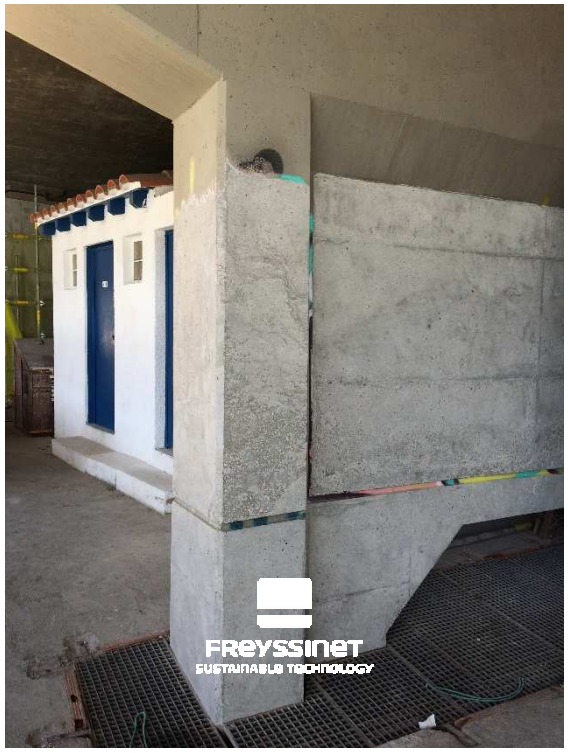


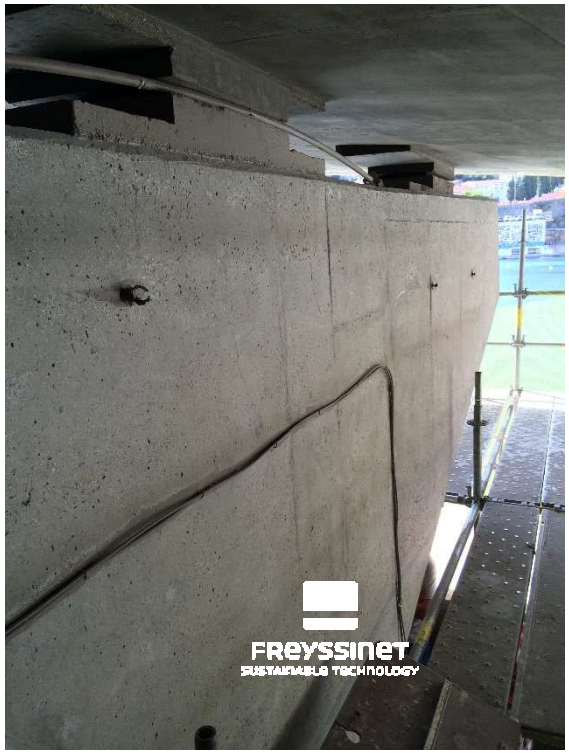




Travaux de réparation

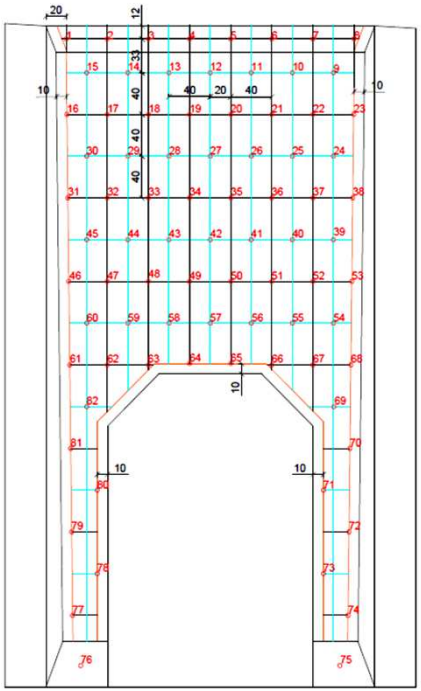
- Décapage des revêtements existants
  - Meulage au disque diamant du revêtement filmogène ISOPLAST
  - Hydrodécapage 2500 Bars du revêtement épais SINOTANE

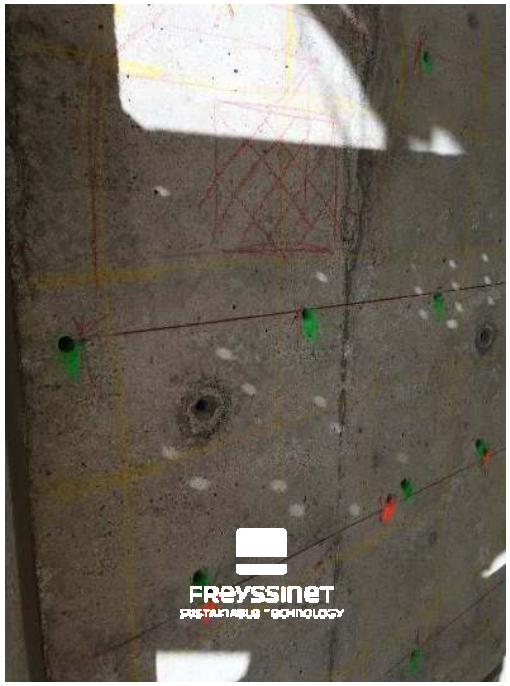


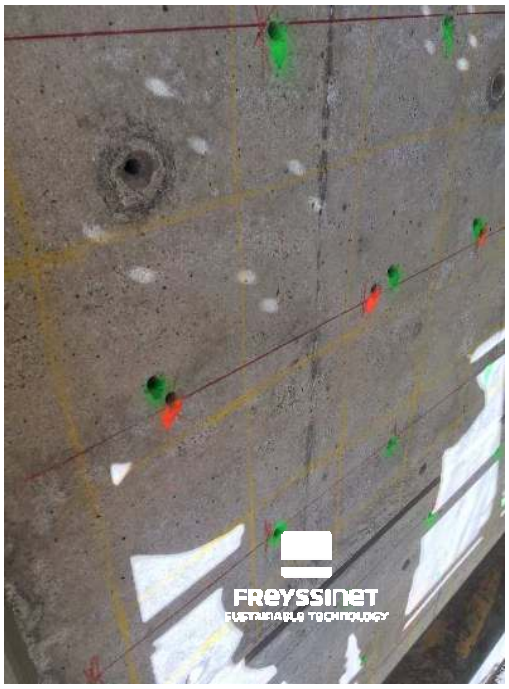


Travaux de Protection Cathodique

- Implantation du circuit anodique
  - Détection de la première nappe d'armature au pachomètre
  - Implantation de la position des anodes

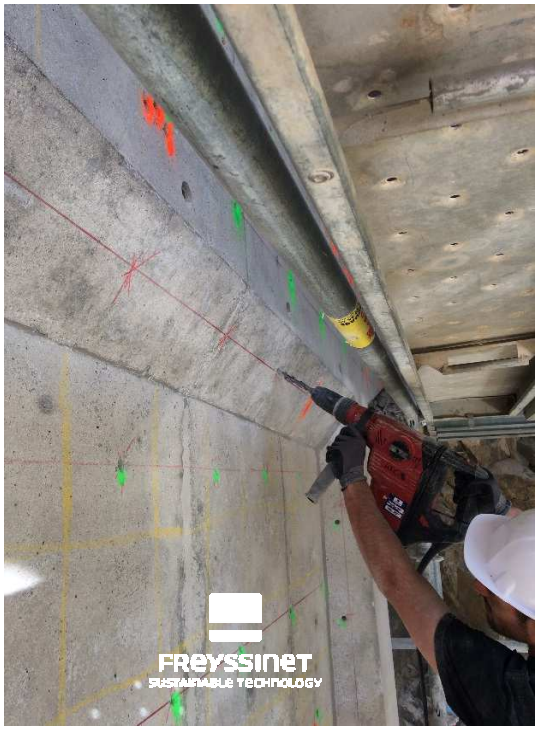


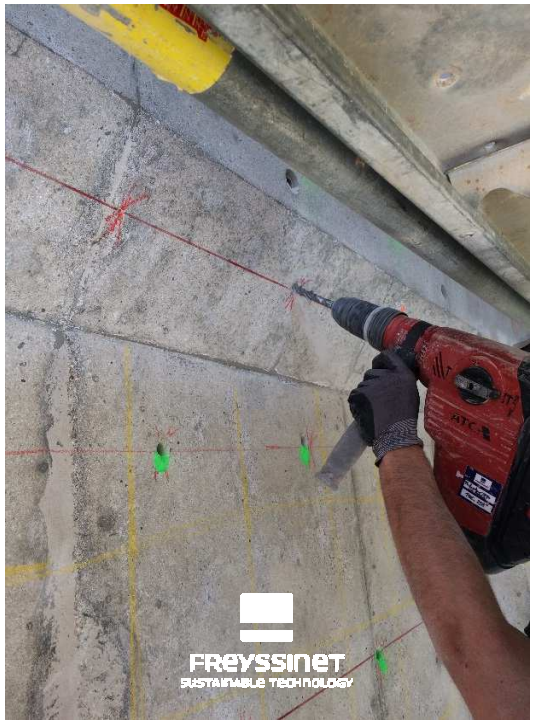




Travaux de Protection Cathodique

- Réalisation des forages
  - Diamètre des forages : 18 mm
  - Profondeur de forage différente selon les zones







Travaux de Protection Cathodique

- Réalisation des rainurages pour passage de la bande conductrice et des câbles
  - Profondeur : 3 cm
  - Largeur : 3 cm

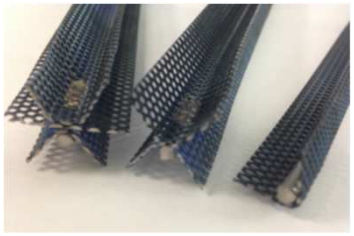






Travaux de Protection Cathodique

- Scellement des anodes FOREVA® 1V+
  - Soufflage des trous
  - Humidification avant scellement
  - Scellement au coulis avec pistolet d'injection







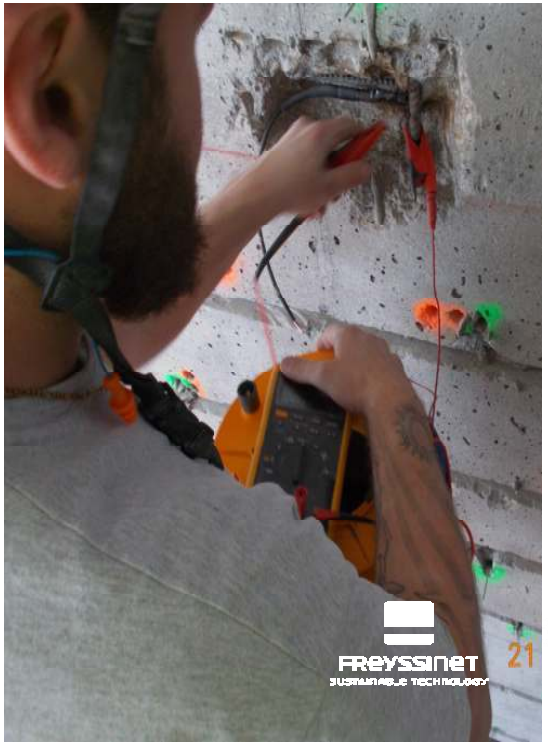




Travaux de Protection Cathodique

- Pose des connexions négatives
  - Soudure des contacts armature + vérification continuité





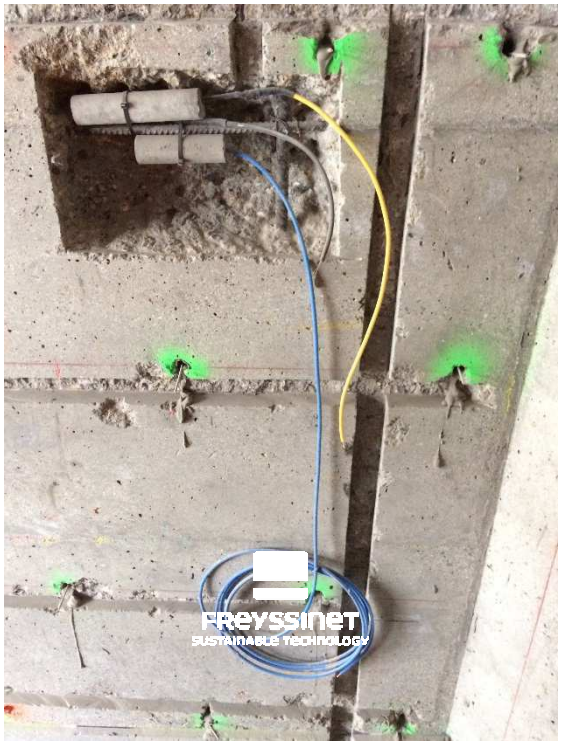
Travaux de Protection Cathodique

- Pose des électrodes de référence
  - Pré scellement des électrodes de référence
  - ERE 20 → Fil bleu
  - Sonde de dépolarisation → Fil jaune









Travaux de Protection Cathodique

- Mise en œuvre du câblage anodique
  - Mise en œuvre de la bande conductrice (ruban titane)
  - Connexion des anodes sur le ruban par pointage

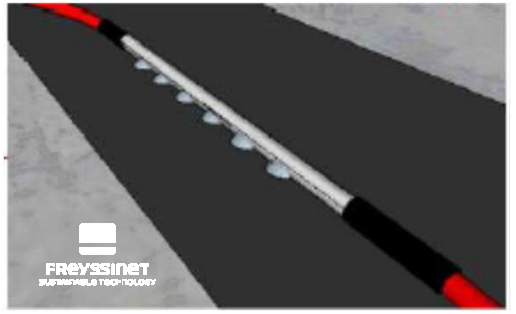




Travaux de Protection Cathodique

- Mise en œuvre du câblage
  - Mise en œuvre du câblage anodique
  - Mise en œuvre des connexions positives



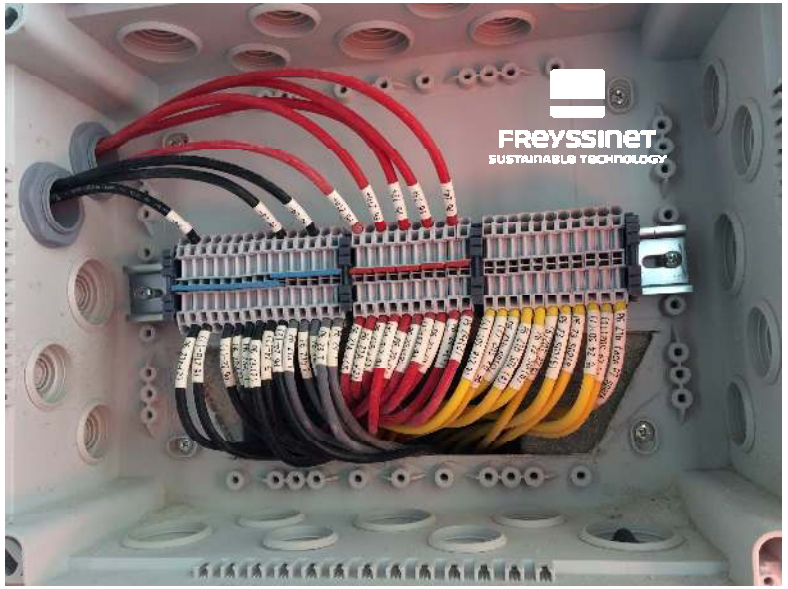




Travaux de Protection Cathodique

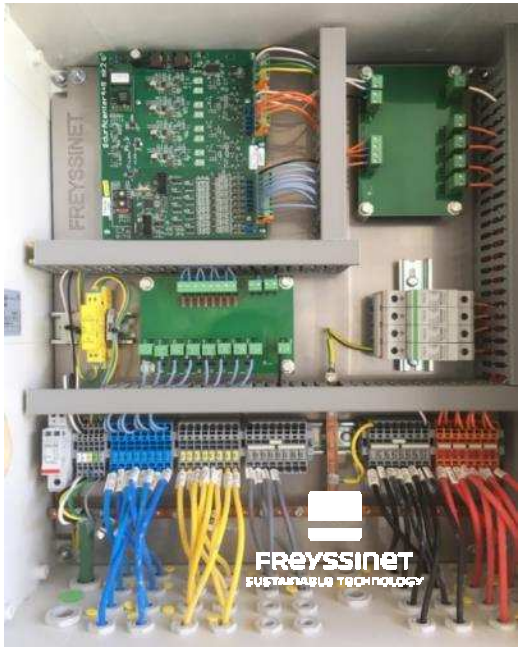
- Mise en œuvre du câblage anodique
  - Branchement dans les boites de jonction
  - Contrôle d'absence de court circuit – prises de mesures potentiels natifs





Travaux de Protection Cathodique

- Mise en œuvre du matériel de contrôle
  - Mise en œuvre du câblage général et des goulottes de protection
  - Pose des contrôleurs esclaves et de l'unité centrale







Travaux de Protection Cathodique

- Ragréage des rainures
  - FOREVA® M140 (Mortier R4)





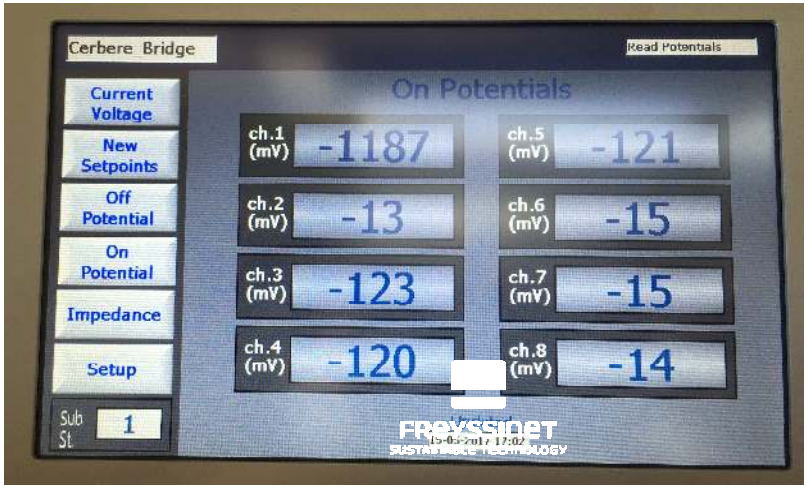
Travaux de réparation

- Mise en œuvre revêtement de protection du béton LHM
  - Barraseal Flex (PCI)
  - Validation de l'adhérence par essai SATTEC



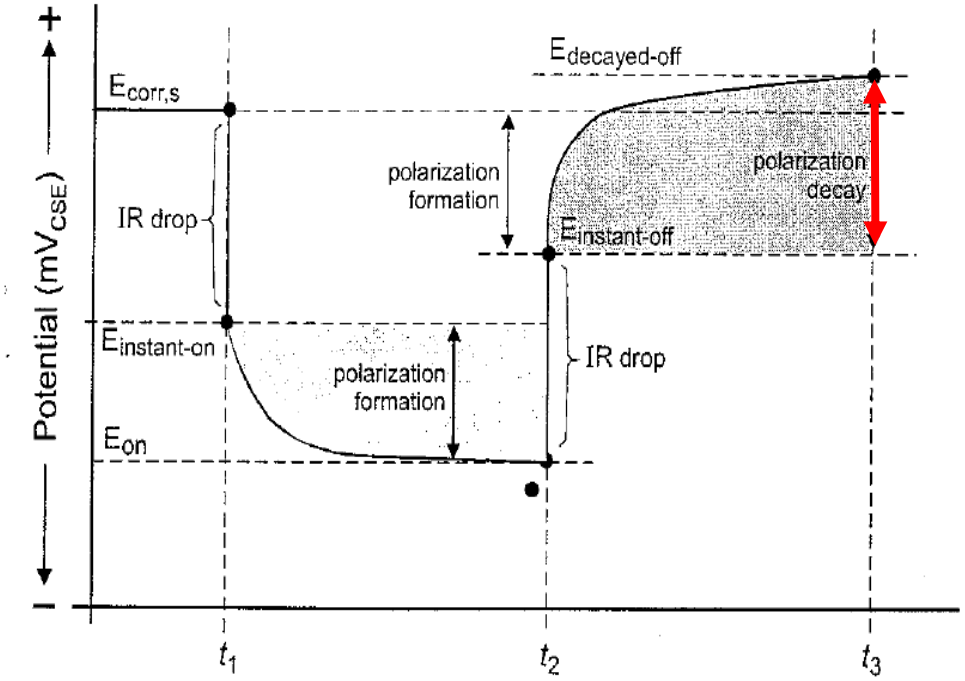
Travaux de Protection Cathodique

- Commissionning de l'installation par le service corrosion
  - Réception du matériel de contrôle et premières consignes
  - Rédaction des rapports de suivi





Suivi de la Protection Cathodique



N° Travée		YVSC2							
N° Voussoir									
N° durAcenter		40							
Zone PCCI		1					2		
Emplacement		VSC2 - ruban					V16.19 à V16.21 (haute - anodes longues)		
I (mA)		42					80		
$Iprot_{max}$ (mA)		86					108		
$\%Iprot_{max}$ (mA)		49%					74%		
U (mV)		5002					3238		
Voie mesurage bornier 4+8		108	107	106	105	104	103	102	101
E_{natif}		-328	-265	-339	-384	-164	-342	-390	-359
$E_{off\ (t0)}$		-352	-320	-705	-834	-648	-509	-542	-508
Imp (kΩ)	FMC	13	17	7	9	8	10	8	9
Dépolarisation									
05/03/2018	1	123	0	240	276	4	142	86	103
05/04/2018		45	79	223	266	252	145	96	99
21/04/2018		35	68	188	225	218	124	87	83
08/05/2018	2	33	75	192	232	225	130	94	85
05/06/2018		44	135	328	384	358	149	147	134
05/07/2018		42	133	323	378	352	151	154	132
05/08/2018		38	136	332	386	356	151	161	133
05/09/2018		39	139	317	361	330	170	177	150
20/09/2018	3	37	135	311	357	326	170	179	150
05/10/2018		39	136	322	373	336	174	186	155
05/11/2018		38	120	291	343	312	192	183	166

FREYSSINET

Merci de Votre attention

