

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

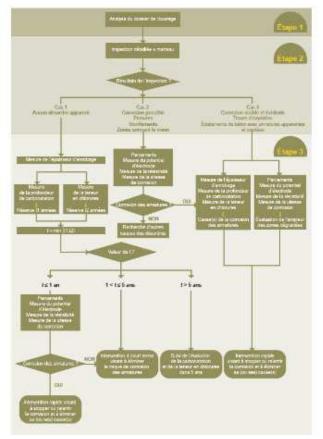
- Les principales pathologies :
 - Épaufrures de béton sur les nervures côté mer
 - Pollution des bétons par les chlorures
 - Carbonatation des bétons
 - Forte corrosion des armatures



Diagnostic et définition de la stratégie de réparation

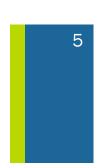
- Exposition et classe d'environnement
- Maintenance et histoire de l'ouvrage
- Revêtements, imprégnations, traitements de surface
- Plans de récolement
- Résistance du béton
- Résistivité du béton
- Chlorures, pourcentage dans le béton et origine
- Carbonatation
- Enrobage et position des aciers
- Cartographie 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



Dégradation des aciers dans le béton

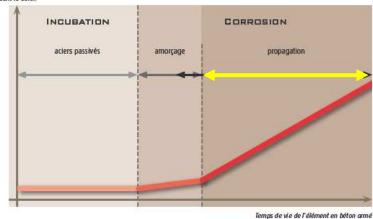
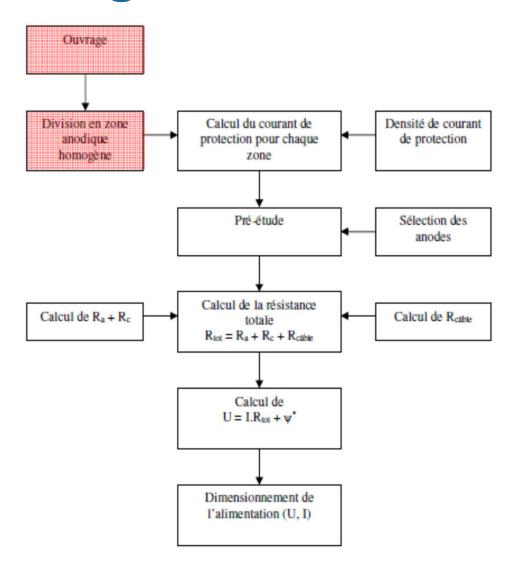
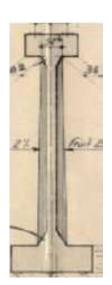


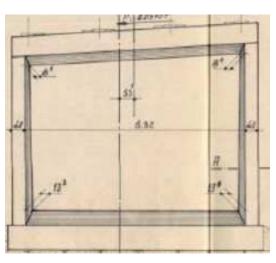
Diagramme de TUTTI 1982

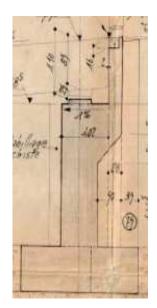
- Stratégie de réparation : Protection Cathodique par courant imposé
 - Traitement le plus adapté en cas de corrosion généralisée initiée par les chlorures
 - Traitement qui permet de minimiser les volumes de purges en les limitant aux seuls bétons éclatés
 - Traitement qui s'affranchit des nouvelles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

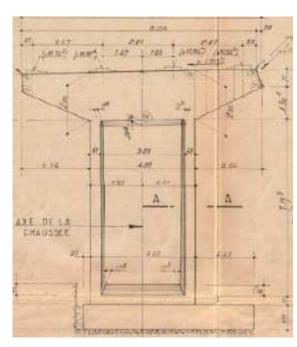


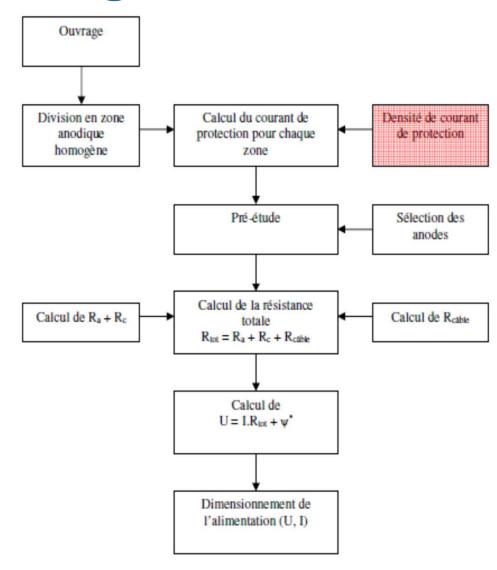
- Stratégie de réparation : Protection Cathodique par Courant Imposé
 - Géométrie complexe et hétérogène
 - Piles toutes différentes
 - Eléments minces, épais
 - Densité d'acier différente en fonction des zones

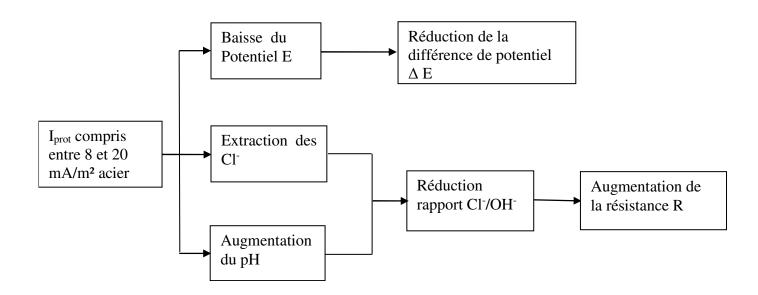






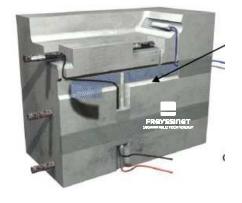






- Stratégie de réparation : Protection Cathodique par courant imposé.
 - Pathologie et pollution => PCCI

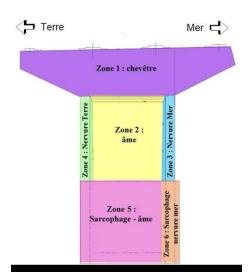






Réparation des bétons : au cas par cas

 Stratégie de réparation : Protection Cathodique par courant imposé

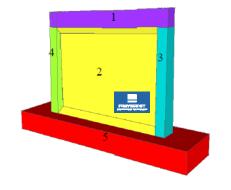


- Solution : anodes forées
- Courant de protection :
 12 mA/m² d'acier
 Validé par essai de convenance

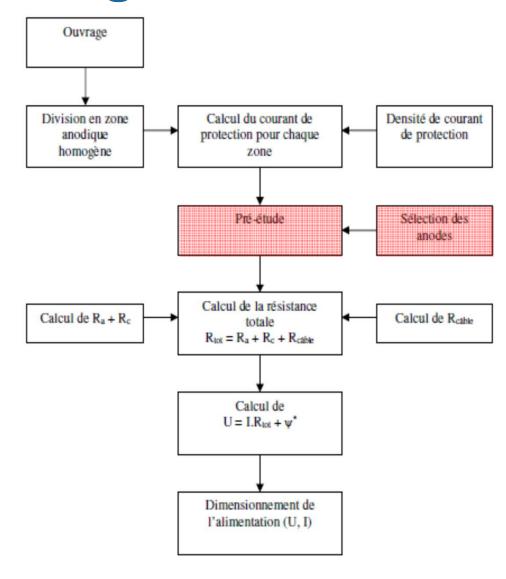
Design par zone et par pile/culée

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	l _p ∢ mA/m²anode)	COEFF Sécurité	Igu choisie (an)	Anode choisie	Na théorique par zone	Maillage choisi (cm)	Na final selon maillage
P10	1	Chevêtre	6,59	3,89	m ²	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



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





- 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)





- 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)



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







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





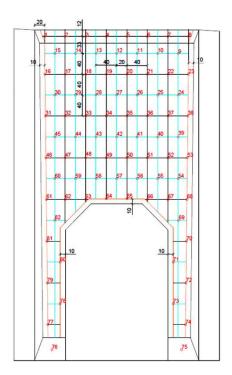


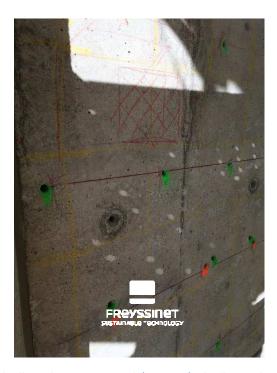
- Décapage des revêtements existants
 - Meulage au disque diamant du revêtement filmogène ISOPLAST
 - Hydrodécapage 2500 Bars du revêtement épais SINOTANE





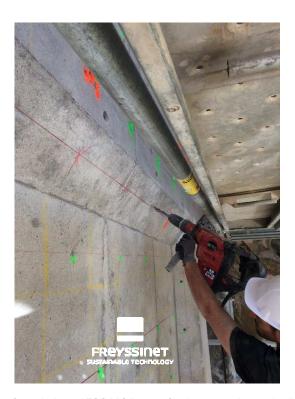
- Implantation du circuit anodique
 - Détection de la première nappe d'armature au pachomètre
 - Implantation de la position des anodes

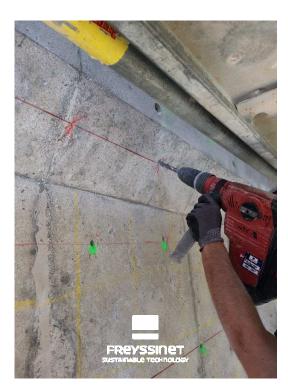






- Réalisation des forages
 - Diamètre des forages : 18 mm
 - Profondeur de forage différente selon les zones







 Réalisation des rainurages pour passage de la bande conductrice et des câbles

Profondeur: 3 cm

Largeur : 3 cm







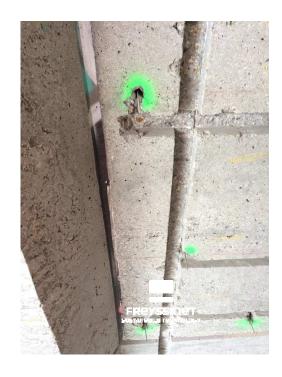




- Soufflage des trous
- Humidification avant scellement
- Scellement au coulis avec pistolet d'injection



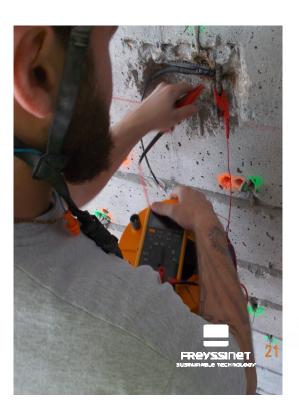






- Pose des connexions négatives
 - Soudure des contacts armature + vérification continuité





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









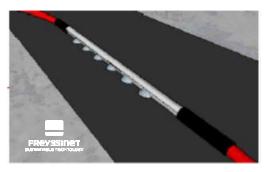
- Mise en œuvre du câblage anodique
 - Mise en œuvre de la bande conductrice (ruban titane)
 - Connexion des anodes sur le ruban par pointage





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

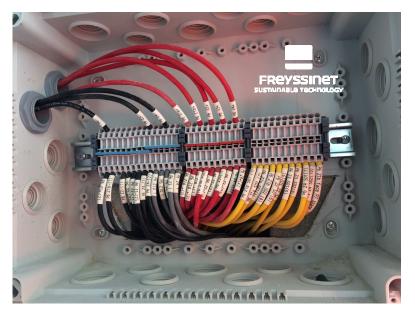






- Mise en œuvre du câblage anodique
 - Branchement dans les boites de jonction
 - Contrôle d'absence de court circuit prises de mesures potentiels natifs





- 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







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





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

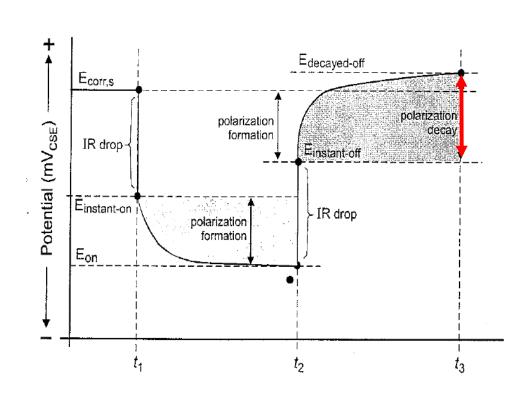


- Commissionning de l'installation par le service corrosion
 - Réception du matériel de contrôle et premières consignes
 - Rédaction des rapports de suivi





Suivi de la Protection Cathodique



N° Travée	YVSC2									
N° Voussoir										
N°		40								
durAcenter		40								
Zone				2						
PCCI										
				V16.19 à V16.21						
Emplacement			VSC	(haute - anodes						
				longues)						
I (mA)		42						80		
Iprot _{max} (mA)		86 49%						108		
%Iprot _{max} (mA)								74%		
U (mV)				3238						
Voie mesurage bornier		108	107	106	105	104	103	102	101	
4+8										
E _{natif}	ıc	-328	-265	-339	-384	-164	-342	-390	-359	
E _{off (t0)}		-352	-320	-705	-834	-648	-509	-542	-508	
Imp		13	17	7	9	8	10	8	9	
(kΩ)	FMC	13	1/	,	,	0	10	0	,	
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	3	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		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	



Merci de Votre attention

