



AFGC

IMGC



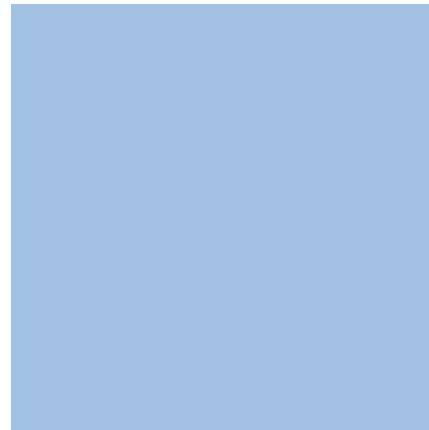
« LA PROTECTION CATHODIQUE DES
OUVRAGES EN BETON ARME : DU
DIAGNOSTIC AUX TRAVAUX »

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





Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy Marseille



setec
tpi

setec
diadès

Tancrede de FOLLEVILLE

Maître d'Œuvre

01 82 51 60 96

tancrede.de-folleville@tpi.setec.fr



Sébastien BERGEROT

Assistant Maître d'Œuvre

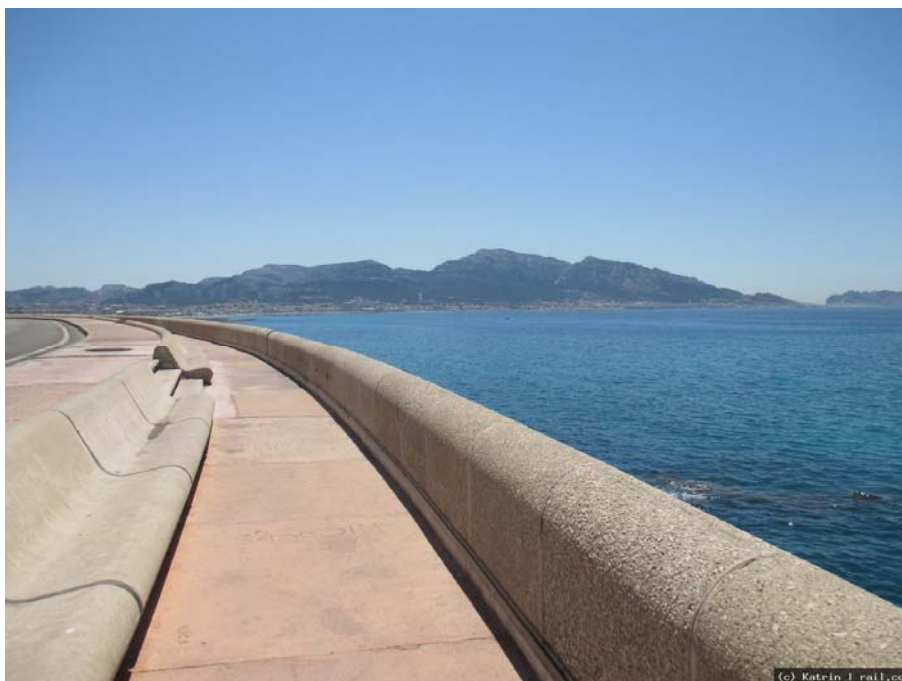
06 87 74 58 35

sbergerot@a-corros.fr

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

Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Présentation de l'ouvrage



Longueur : 1 725 m
« Plus long banc du monde »

Marégraphe



Hôtel Palm Beach



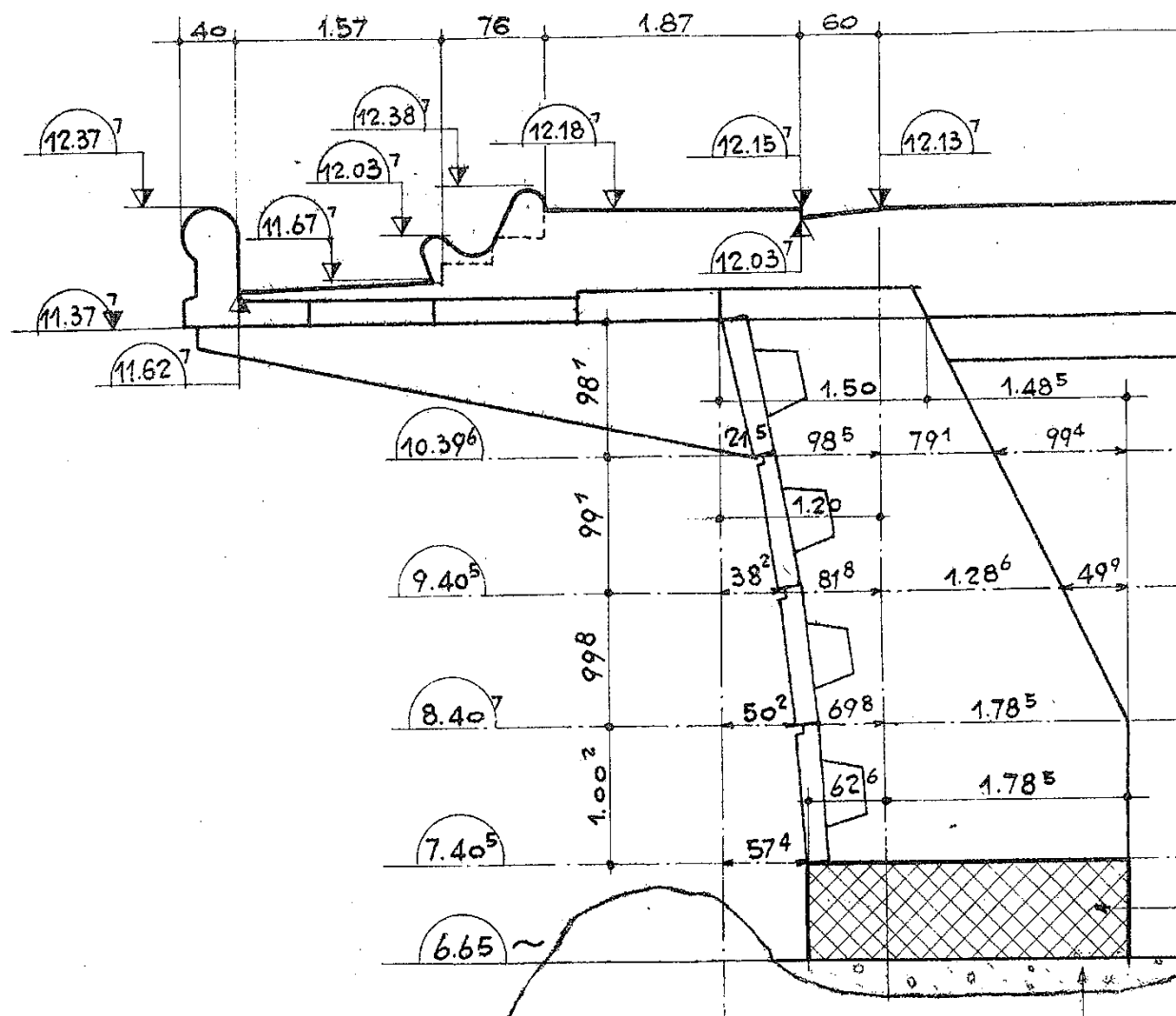
Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Présentation de l'ouvrage



Construction en trois tranches de travaux entre 1954 et 1968

Coupe-type de la promenade de la corniche



Construction de la corniche en 1965 -1966

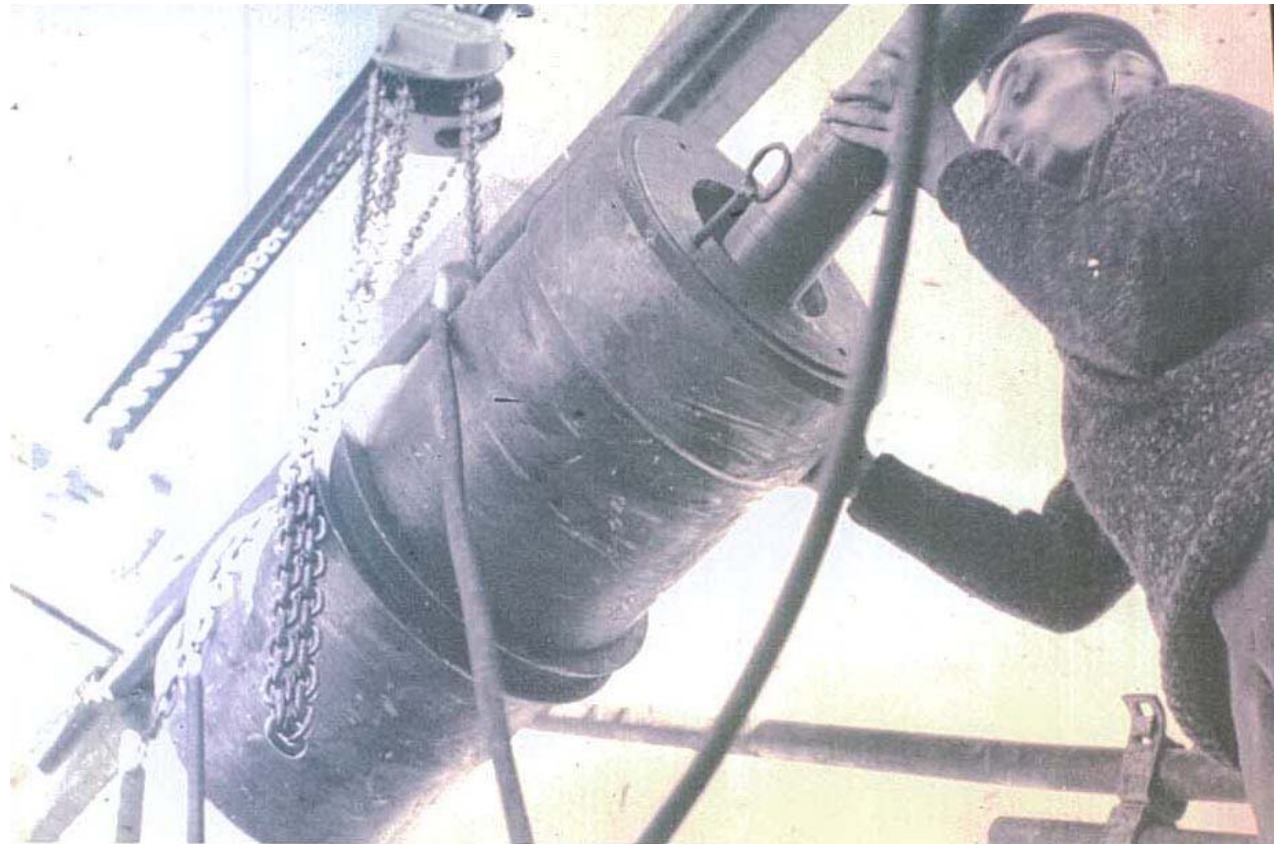
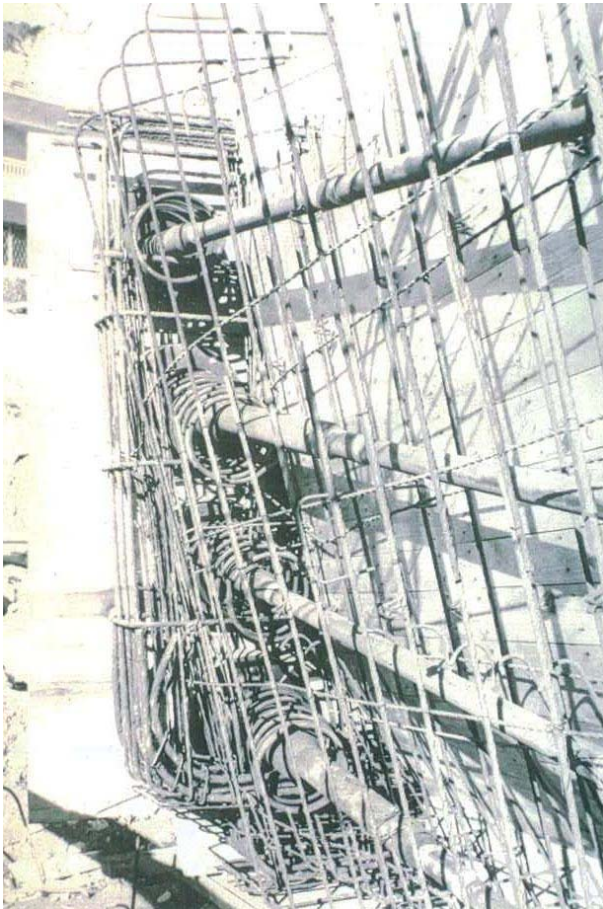


Avant travaux

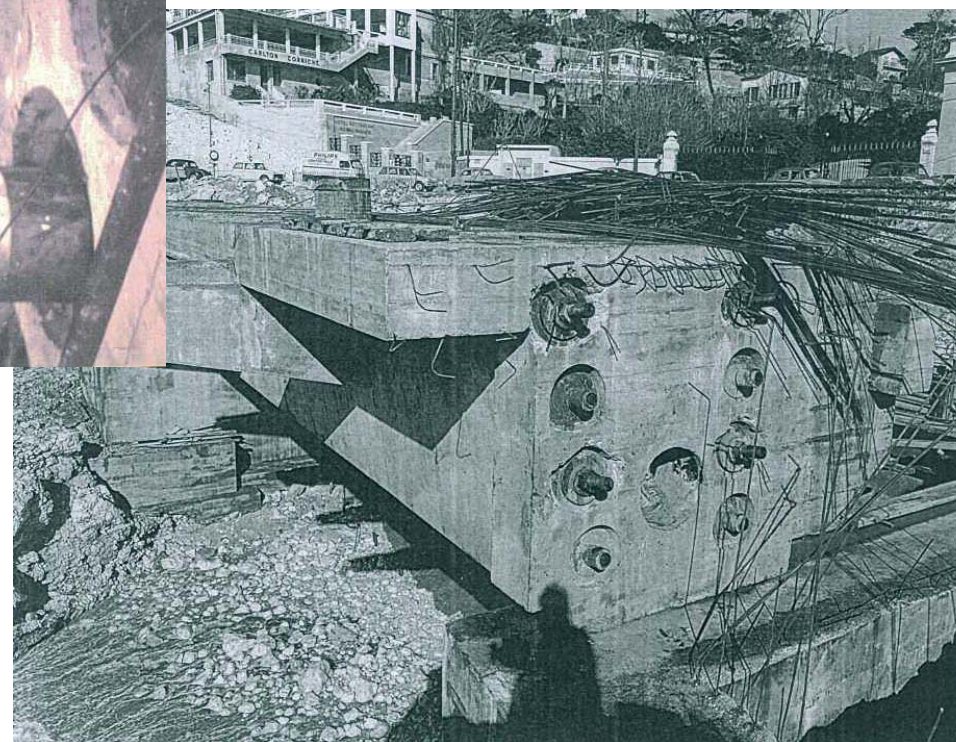
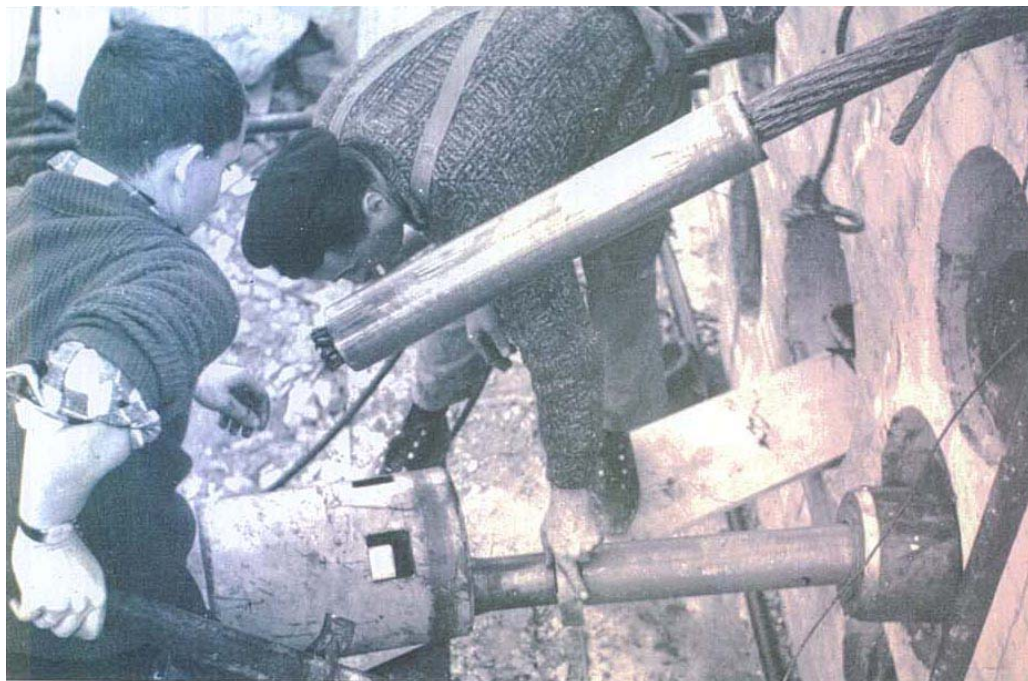
A la fin des travaux
en 1966



Construction de la corniche en 1965 -1966



Construction de la corniche en 1965 -1966



Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Pathologies présentes

Exposé depuis 60 ans à un environnement marin agressif ...



Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Pathologies présentes

10

Corrosion très importante des aciers ...



Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Pathologies présentes

11

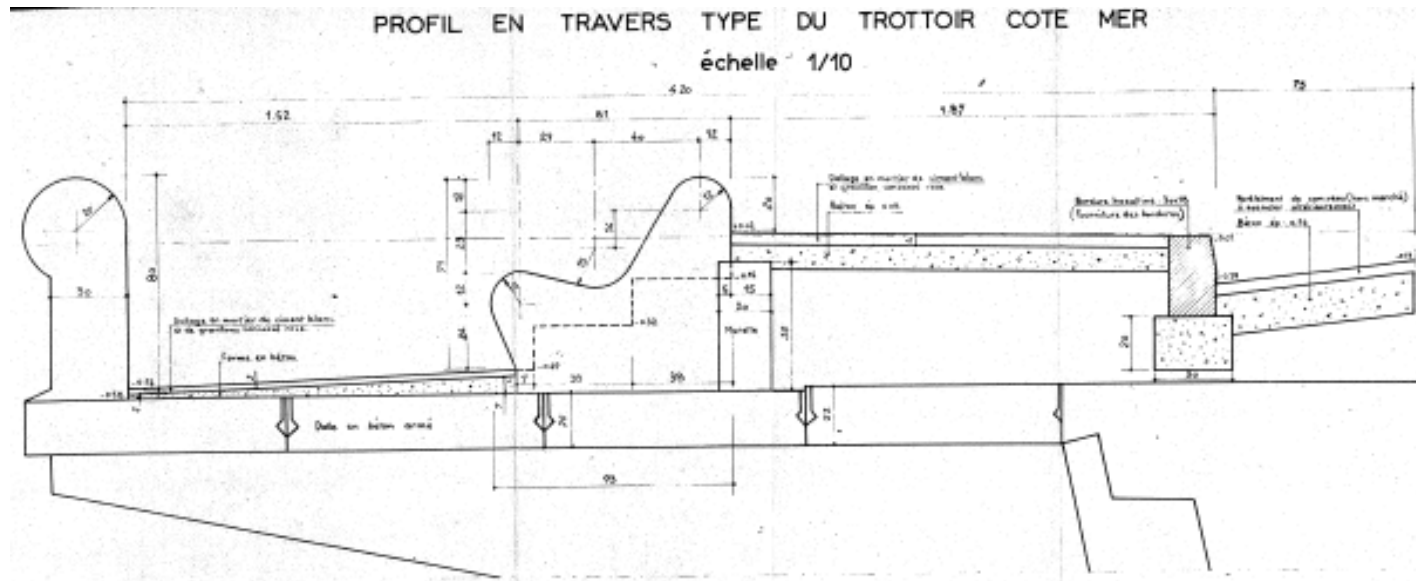
Corrosion très importante des aciers ...



Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Solutions de réparation retenues

12



1. Banc : Remplacement à neuf ; BFHUP avec fibres synthétiques
2. Parapet : Remplacement à neuf ; BFHUP avec fibres synthétiques
3. Dalle: Remplacement à neuf ; béton avec formulation performentielle
Ou réparation + PCCI
4. Console : Réparation + PCCI + (renforcement par moisage)

Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Choix du système de protection cathodique

13

Choix entre **PCCG** (protection par courant galvanique) et **PCCI** (protection cathodique par courant imposé) :

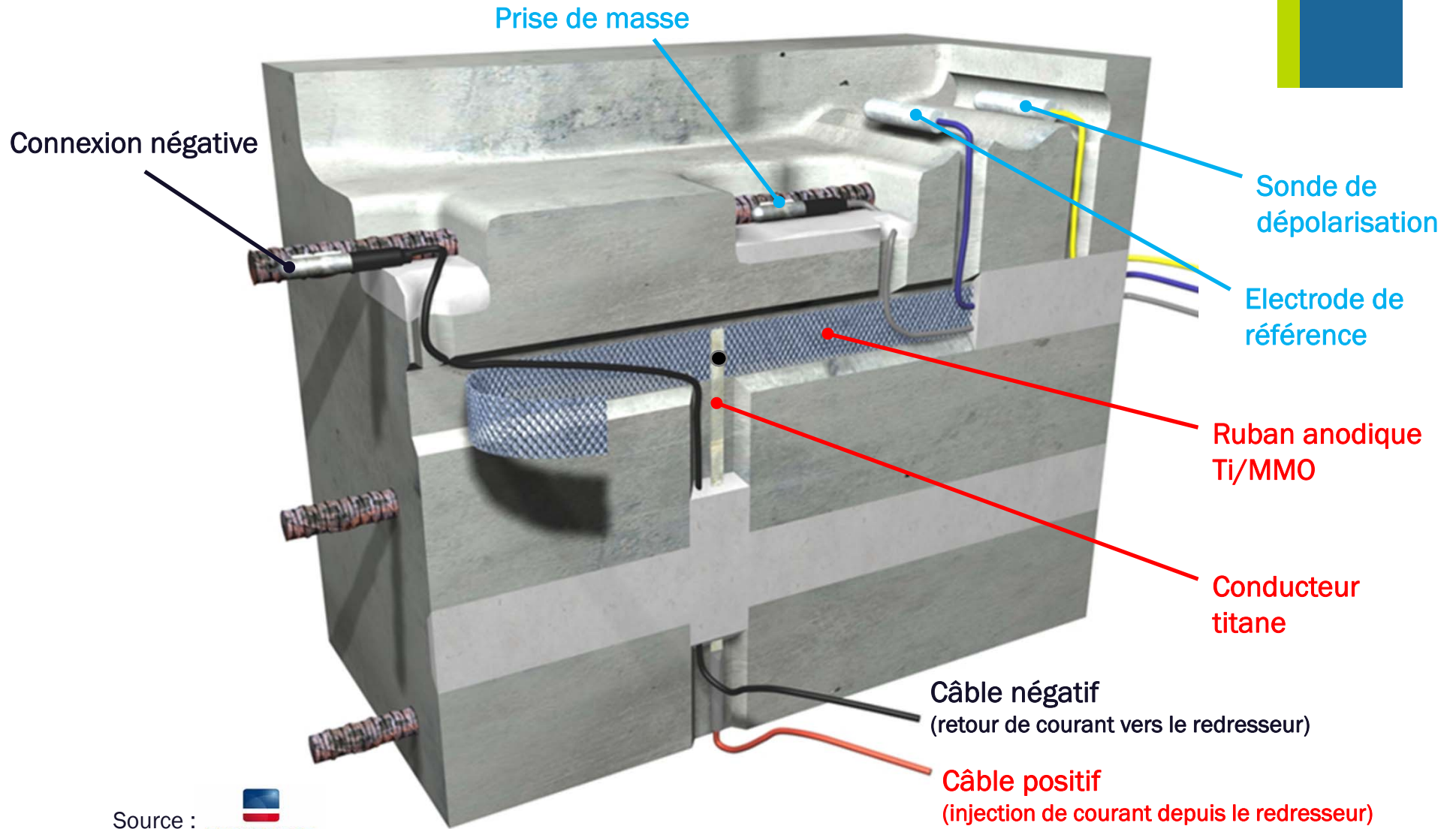
- ➔ Durée vie (→ 50 ans)
- ➔ Demande en courant = courant de protection requis
 - Surface développée des armatures à protéger
 - Densité de courant de protection (état des armatures/risque de corrosion)
- ➔ **PCCI**

Choix du **système anodique** (nature et configuration des anodes) :

- ➔ Géométrie des éléments à protéger / densité de ferrailage
- ➔ Facilité de mise en œuvre
- ➔ Nature et mode opératoire des travaux de réparation
- ➔ **PCCI par anodes rubans**

Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Système de protection cathodique retenu

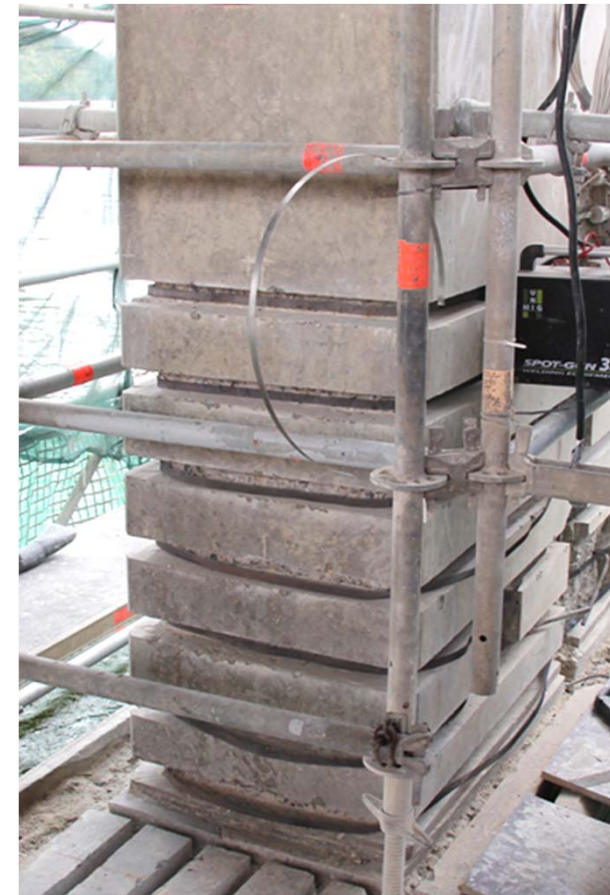


Source :  FREYSSINET

Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Systeme de protection cathodique retenu

15



Source :  FREYSSINET

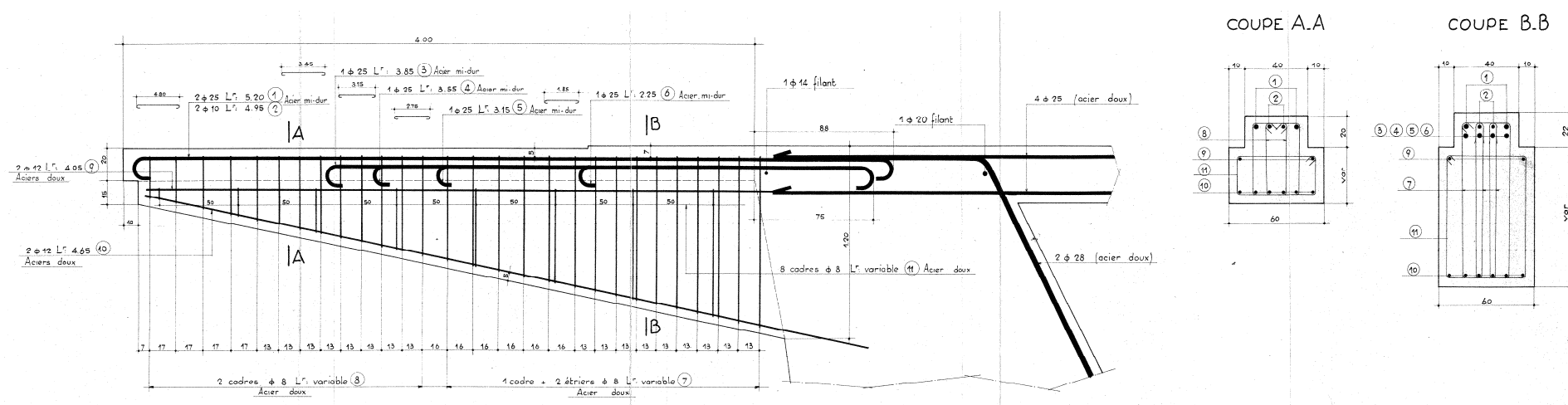
Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Dimensionnement du système de protection cathodique

➔ Calcul de la surface développée des armatures

→ Plan de ferrailage

N.B: continuité des armatures à assurer au moment des travaux



➔ Calcul de la demande en courant → Densité de courant de protection (norme **NF EN ISO 12696:2017**)

- ✓ **15 mA/m²** pour les consoles et dalles réparées (protection cathodique)
- ✓ **2 mA/m²** pour les moisages des consoles (prévention cathodique)

Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Dimensionnement du système de protection cathodique

17

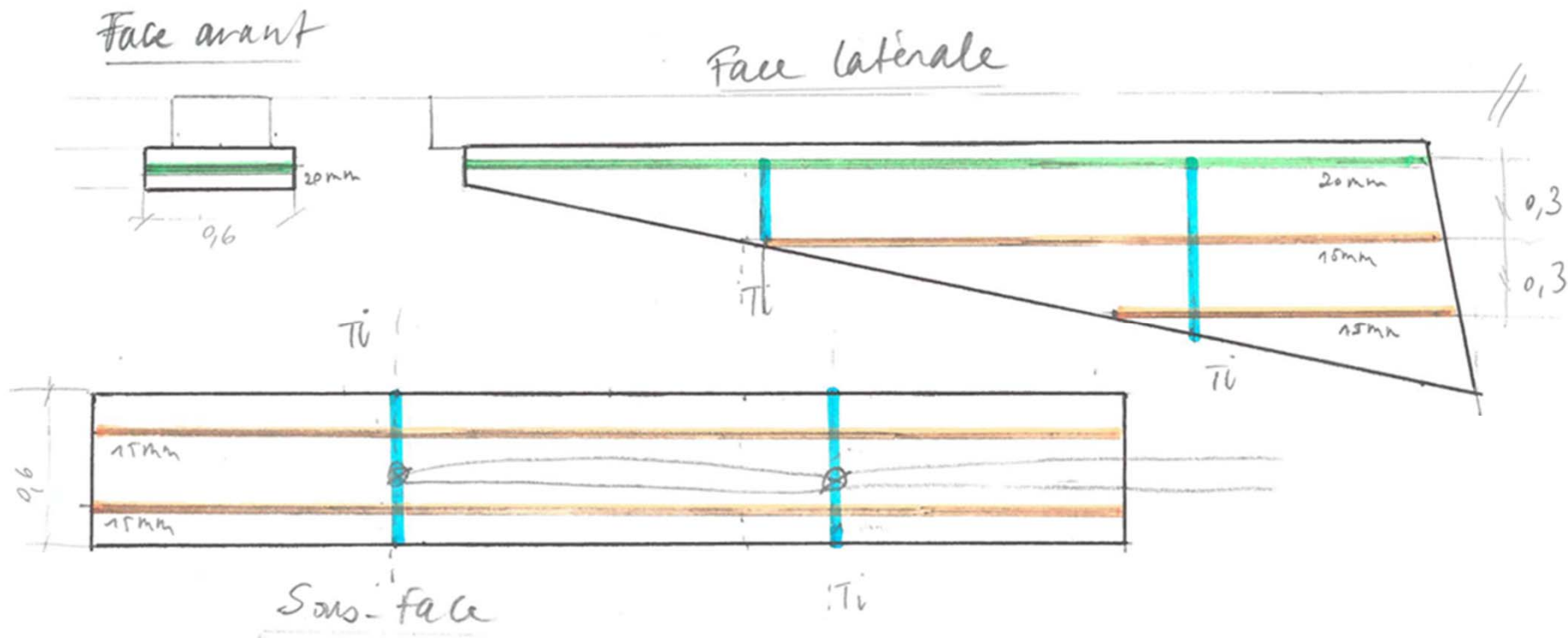
- ➔ Calcul de l'**espacement max. du ruban anodique**
Capacité en courant du ruban (fonction de la largeur du courant)
Densité de ferrailage / surface du parement accessible
- ➔ Définition de la **distribution du ruban anodique** sur le parement
Espacement max.
Densité de ferrailage
- ➔ Définition de la **distribution du conducteur titane** alimentant le ruban
+ choix des **points d'injection** de courant
Limitation chutes de tension
- ➔ **Vérification du dimensionnement**
Courant disponible > demande en courant de protection
- ➔ Estimation de la **résistance de circuit + chutes de tension**
- ➔ Calcul de la **tension de sortie théorique des redresseurs**

Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Dimensionnement du système de protection cathodique

18

- ➔ Cas des **consoles non moisées** (1^{ère} tranche de construction)
 - Demande en courant $\approx 93 \text{ mA}$
 - Surface exposée du parement $\approx 7,5 \text{ m}^2$



Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Architecture du système de protection cathodique

Tranche de travaux	Phase de travaux	Travées concernées	Longueur (m)	Nombre total de dalles à protéger	Nombre total de consoles à protéger	Nombre d'escaliers à protéger
1	1	2 à 11	303	0	70	2
	2	12 à 25	368	0	73	3
2	3	26 à 43	549	49	98	1
	4	44 à 54	522	104	102	2
TOTAL			1742	153	343	8

- ➔ **Zonage établi sur la base des types d'éléments à protéger:**
- Zone « Dalles » → environ **15 dalles** par zone
 - Zone « Consoles » → environ **20 à 25 consoles** par zone
 - Zone « Escaliers » → zone spécifique ou intégration dans zones « dalles » ou dans zones « consoles »

Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Architecture du système de protection cathodique

Tranche de travaux	Phase de travaux	Travées concernées	Longueur (m)	Nombre total de dalles à protéger	Nombre de zones de protection	Nombre moyen de dalles par zone de protection	Nombre total de consoles à protéger	Nombre de zones de protection	Nombre moyen de consoles par zone de protection	Nombre total de zones	Nombre de T/R (4 zones par T/R)	Besoin en courant total par phase de travaux (A)	Courant moyen par zone (A)
1	1	2 à 11	303	0	-	-	70	3	23,33	3	1	7,21	2,40
	2	12 à 25	368	0	-	-	73	3	24,33	3	1	7,49	2,50
2	3	26 à 43	549	49	3	16,33	98	5	19,60	8	2	14,44	1,81
	4	44 à 54	522	104	7	14,86	102	5	20,40	12	3	18,36	1,53

➔ Chaque phase de travaux aboutit à la mise en œuvre d'un système de protection indépendant

Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Architecture du système de protection cathodique

Tranche de travaux	Phase de travaux	Travées concernées	Longueur (m)	Nombre total de zones	Nombre de T/R (4 zones par T/R)	Besoin en courant total par phase de travaux (A)	Courant moyen par zone (A)	Résistance rubans/armatures estimée par zone "dalles" (Ω) N.B: 60 Ω * environ par dalle	Résistance rubans/armatures estimée par zone "consoles" (Ω) N.B: 100 Ω * environ par console	Résistance rubans/armatures moyenne d'une zone (Ω)	Tension aux bornes du T/R (hors chute ohmique dans les câbles et le système anodique (V))
1	1	2 à 11	303	3	1	7,21	2,40	-	4,29	4,29	10,30
	2	12 à 25	368	3	1	7,49	2,50	-	4,11	4,11	10,26
2	3	26 à 43	549	8	2	14,44	1,81	3,67	5,10	4,39	7,92
	4	44 à 54	522	12	3	18,36	1,53	4,04	4,90	4,47	6,84

* estimation réalisée pour une résistivité de 2 000 Ω .m

Travaux de réparation et de renforcement de la Corniche Kennedy

Quelques chiffres-clés

- ➔ 343 consoles et 153 dalles à protéger
- ➔ 3 975 m² d'acier à protéger pour 5 276 m² de béton exposé
- ➔ 28 zones de protection / 7 ensembles de protection
- ➔ Courant de protection total \approx 50 A
- ➔ 16 000 m de ruban anodique Ti/MMO
- ➔ 2 700 m de conducteur titane
- ➔ 217 coffrets de répartition / 104 couples ER/SD
- ➔ Coût de la PCCI estimé à 5 M€
(hors moyen d'accès et travaux de réparation)
- ➔ Coût global du projet estimé à 21 M€
- ➔ Travaux à réaliser entre 2018 et 2022 / 4 phases de 7 mois
(octobre à avril)



Travaux de réparation et de renforcement de la **Corniche Kennedy** Marseille



23

Merci de
votre
attention



Tancrede de FOLLEVILLE
Maître d'Œuvre
01 82 51 60 96
tancrede.de-folleville@tpi.setec.fr



Sébastien BERGEROT
Assistant Maître d'Œuvre
06 87 74 58 35
sbergerot@a-corros.fr

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