IMGC

DIAGNOSTIC ET RÉPARATION DU BÉTON ARMÉ DÉGRADÉ PAR CORROSION

Journée Technique

MARDI 31 MAI 2022

FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS

En collaboration avec le CEFRACOR

Les Guides de l'IMGC

Christophe RAULET
Vice-Président de l'IMGC
DG Setec DIADES

Guide pour les inspections télévisuelles

Ce document est rédigé par le Groupe de Travail 6 de l'IMGC, piloté par Jean-François Bindel, Groupe ADP et constitué de :

- Pierre Carreaud, SITES
- Baptiste Sutter, Structure & Réhabilitation
- Éric Durieu, SATIF OA
- Gérald Forissier, SATIF OA
- Philippe Bertho, QUADRIC
- Éric Helin, QUADRIC
- Alexandre Guebey, DIADES
- Pierre-Marin Fabry, Sixense Engineering
- Christophe Raulet, DIADES
- Idriss Benslimane, Structure & Réhabilitation

Le comité de relecture est constitué de :

- Benoît Guillot, ARTELIA – ARTEDRONES
- Romain Pittet, ASFA
- Mathieu Barilone, CNR
- Vincent Fuchs, CNR
- Séverine Charmant, DGAC
- Marion Floret, EDF
- Julien Gabrielli, SNCF Réseau
- Olivier Bougeard, SNCF Réseau
- Pelayo Villanueva, SNCF Réseau



Mise en ligne fin mai 2021

Guide pour les inspections télévisuelles

Sommaire

1. AVANT-PROPOS 5
2. OBJECTIF 5
3. DOMAINE D'APPLICATION ET STRUCTURES CONCERNÉES 6
4. OUTILS D'ACQUISITIONS 7
- » 4.1 Vecteurs, porteurs 7
  - 4.1.1 Supports mécaniques 7
  - 4.1.2 Bras automatisés 7
  - 4.1.3 Roulants 8
  - 4.1.4 Aériens 8
  - 4.1.5 Aquatiques 8
- » 4.2 Capteurs 9
  - 4.2.1 Capteurs traditionnels 9
  - 4.2.2 Capteurs spécifiques 9
  - 4.2.3 Conditions d'application des différents capteurs 11

5. MÉTHODES D'EXPLOITATION DES DONNÉES TÉLÉVISUELLES 12
- » 5.1 Traitement des images 12
  - 5.1.1 Mosaïque d'images 13
  - 5.1.2 Orthomosaïque, orthophotographie 13
  - 5.1.3 Modèle 3D 14
  - 5.1.4 Synthèse des différents traitements d'image 14
- » 5.2 Bases de données et classification des désordres 15
- » 5.3 Référencement, localisation 16
- » 5.4 Analyse, interprétation 17

6. RAPPORT D'INSPECTION, LIVRABLES 18
- » 6.1 Listes et représentations schématiques 18
- » 6.2 Représentation graphique 19
  - 6.2.1 Reportage photographique ou vidéo légendé 19
  - 6.2.2 Assemblage d'images, mosaïque 20
  - 6.2.3 Planche technique proportionnée 20
- » 6.3 Orthophotographies 21
- » 6.4 Le modèle 3D 22
- » 6.5 Fichiers multicouches 22
- » 6.6 Format et visualisation des données 23

Guide pour les inspections télévisuelles

Sommaire

7. PRÉCISION 25
- 7.1 Seuil de détection 25
  - 7.1.1 Taille pixel 25
  - 7.1.2 Qualité de l'image 26
  - 7.1.3 Lien entre taille pixel et seuil de détection de défauts linéaires 27
  - 7.1.4 Qualité, résolution de l'écran de visualisation 27
  - 7.1.5 Particularité des inspections subaquatiques 27
- 7.2 Evaluation des dimensions des défauts 28
- 7.3 Localisation des défauts 28
- 7.4 Exhaustivité de l'inspection 29

8. COMPÉTENCES DES OPÉRATEURS 29

9. BESOINS À DÉFINIR PAR LE MAÎTRE D'OUVRAGE 30

10. SÉCURITÉ 32
- 10.1 Assurances 32

11. RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES ET LÉGISLATIVES 33
- 11.1 Aérien 33
- 11.2 Aquatique 33
- 11.3 Rail 33
- 11.4 Route 33

12. CAS D'USAGE 34
- 12.1 Intrados de tablier et pile haute inspectés par drone 34
- 12.2 Parties immergées d'un barrage inspectées par SONAR 35
- 12.3 Tunnel inspecté par caméra sur lorry 36
- 12.4 Châteaux d'eau inspectés par drone 38

13. TRAITEMENTS COMPLÉMENTAIRES 40

14. TECHNIQUES CONNEXES 42

15. ÉVOLUTIONS PRÉVISIBLES DE LA TECHNOLOGIE 42

16. GLOSSAIRE 43

17. BIBLIOGRAPHIE & SITOGRAPHIE 44

18. FIGURES ET TABLEAUX 45

Dernière parution : Guide pour la Maitrise des risques par l'Instrumentation

Ce document est rédigé par le Groupe de Travail 5 de l'IMGC, animé par Renaud LECONTE, Setec DIADES et constitué de :

- Gérard BARON (OSMOS)
- Jean-François BINDEL (Groupe ADP)
- Mikaël CARMONA (Morphosense)
- Jean-François DOUROUX (RATP)
- Renaud LECONTE (Setec Diadès)
- Anaelle LELEU (Sixense Monitoring)
- Thomas MAUROUX (SITES)
- Dragos PETRE (OSMOS)
- Delphine RAFFARD (Argotech)

Le comité de relecture est constitué de :

- Christophe ADRIAN (Getec Sud-Ouest)
- Bertrand COLLIN (SITES)
- John DUMOULIN (Cerema Sud-Ouest)
- Salim EL-MOUMMY (SNCF)
- Clément FASQUEL (CCI du Havre)
- Mathieu GALAN (EDF DTG)
- Thierry GUILLOTEAU (EDF DTG)
- Adrien HOUEL (METS / DIT / FCA)
- Mansour LASSOUED (Setec Lerm)
- André ORCESI (Cerema DTec ITM)
- Christophe RAULET (Setec DIADES)
- Franziska SCHMIDT (Université Gustave Eiffel)
- Pelayo VILLANUEVA (SNCF)



Plus de 2 ans de travail pour un document unique !
Mise en ligne dans quelques semaines

Sommaire

1. AVANT-PROPOS 6
- 1.1 PREAMBULE 6
- 1.2 CONTEXTE GENERAL 7
- 1.3 DOMAINE D'APPLICATION ET STRUCTURES CONCERNEES 8

2. RISQUES 9
- 2.1 RAPPEL SUR L'ANALYSE DE RISQUES 9
- 2.2 RISQUES ET ALEAS 11
  - 2.2.1. Mauvaise conception et mauvaise exécution 11
  - 2.2.2. Vieillissement des matériaux 12
  - 2.2.3. Changement d'usage ou de conditions d'exploitation 14
  - 2.2.4. Changement climatique 15
  - 2.2.5. Événements exceptionnels 15
  - 2.2.6. Interaction sol/structure 16
  - 2.2.7. Interaction structure / structure 18
  - 2.2.8. Modification de l'environnement et travaux à proximité de l'ouvrage 19

3. INSTRUMENTATION 21
- 3.1 RAPPEL SUR L'INSTRUMENTATION 21
- 3.2 MESURES ET ACQUISITIONS 23
  - 3.2.1. Notions de métrologie 23
  - 3.2.2. Acquisition : système et architecture 26
- 3.3 LES USAGES DE L'INSTRUMENTATION 27
  - 3.3.1. Quelques usages de l'instrumentation 27
  - 3.3.2. Le diagnostic 29
  - 3.3.3. La surveillance préventive 30
  - 3.3.4. La surveillance renforcée 32
  - 3.3.5. La haute surveillance 32
  - 3.3.6. La surveillance dans le cadre de travaux sur les avoisinants 32
- 3.4 INDICATEURS D'ALERTES 33

4. ANALYSE DES DONNEES 37
- 4.1 MODELE DE COMPORTEMENT ET INSTRUMENTATION 37
  - 4.1.1. Préambule 37
  - 4.1.2 Adéquation de l'instrumentation à la modélisationdu comportement mécanique 38
  - 4.1.3. Les objectifs de la modélisation 38
  - 4.1.4. Les types de modèles 39
  - 4.1.5. Liens entre modèle et instrumentation 39
  - 4.1.6. Calage de paramètres 40

Sommaire

- 4.2 ANALYSE DU COMPORTEMENT : CHOIX DE LA GRANDEUR PHYSIQUE A MESURER ... 43
  - 4.2.1. Maîtrise des conditions aux limites et sollicitations externes ... 43
  - 4.2.2. Maîtrise du comportement « global » ... 44
  - 4.2.3. Maîtrise du comportement « local » ... 46
  - 4.2.4. Maîtrise de l'impact des « sollicitations dynamiques » ... 48
- 4.3 LES RAPPORTS D'INGENIERIE ... 48

5. CCTP : POINTS DE VIGILANCE 50
- 5.1 PREAMBULE ... 50
- 5.2 OBJET DU MARCHE ... 51
- 5.3 OUVRAGE A INSTRUMENTER ... 51
- 5.4 DEFINITION DE L'INSTRUMENTATION ... 52
- 5.5 MAINTENANCE DU SYSTEME ... 54
- 5.6 DEFINITION DE LA SURVEILLANCE ... 55
- 5.7 CONTENU DES RAPPORTS ... 56
- 5.8 DOSSIER D'INSTRUMENTATION ... 57
- 5.9 AUTRES POINTS ... 57

6. CONCLUSION 58

7. ANNEXE 1 59
- 7.1 TERMINOLOGIE ... 59
- 7.2 GLOSSAIRE ... 59
  - 7.2.1 Rappel définition métrologie ... 59
  - 7.2.2 Etat d'un ouvrage ... 60
  - 7.2.3 Activités de maintenance ... 60

8. ANNEXE 2 : FAMILLES PRINCIPALES DE MESURES 62
- 8.1 MESURES DIMENSIONNELLES ... 62
- 8.2 MESURES DE DEFORMATION ... 64
- 8.3 MESURES DE ROTATION ... 65
- 8.4 MESURES DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE ... 66
- 8.5 MESURES PHYSICO-CHIMIQUES ... 67
- 8.6 MESURES DES EFFORTS ... 68
- 8.7 MESURES DES SOLLICITATIONS EXTERIEURES ... 69

9. ANNEXE 3 : EXEMPLES DE MAITRISE DES RISQUES PAR L'INSTRUMENTATION 70
- 9.1 CATHEDRALE DE METZ ... 70
- 9.2 PONT DE SAINT-VALLIER – CD26 ... 73
- 9.3 VIADUC D'AUSTERLITZ ... 78
- 9.4 SURVEILLANCE DE LA STATION PORTE MAILLOT L01 DANS LE CADRE DES TRAVAUX DE PROLONGEMENT DE LA LIGNE E ... 80
- 9.5 TOUR TELECOMMUNICATION ET VENTS AU-DELA DES VENTS DE CALCULS ... 82
- 9.6 VIADUC D'EPINAY-SOUS-SENART ... 84
- 9.7 SURVEILLANCE DU CINEMA LE LOUXOR - PARIS ... 85
- 9.8 SURVEILLANCE D'UN PIPEWAY ... 87
- 9.9 SURVEILLANCE DES VIADUCS D'ACCES DU PONT EIFFEL DE SAINT-ANDRE-DE-CUBZAC ... 90
- 9.10 SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA FISSURATION DES PYLONES DU PONT DE SEYSSEL ... 93
- 9.11 LE PONT SUR LA VIERE A GLANDAGE (DROME) ... 97

10. BIBLIOGRAPHIE 101

11. LISTE DES FIGURES 102

IMGC

DIAGNOSTIC ET RÉPARATION DU BÉTON ARMÉ DÉGRADÉ PAR CORROSION

Journée Technique

MARDI 31 MAI 2022

FNTP – 3 Rue de Berri, 75 008 PARIS

En collaboration avec le CEFRACOR

ACCUEIL des participants - café (8h15)

IMGC

9h00 - 9h10 Accueil et actualités de l'IMGC
P. Dumez - *IMGC*

9h10 - 9h30 Présentation des guides de l'IMGC
C. Raulet - *IMGC*

INTRODUCTION

9h30 - 9h55 Les problématiques rencontrées par les MOA : contexte et mise en perspective
J-F. Douroux, *RATP* - Y. Jeanjean, *ASFA*

9h55 - 10h15 Les essais non-destructifs et les perspectives de certification
B. Quénée - *COFREND, Setec LERM*

10h15 - 10h30 Guide méthodologique de diagnostic de corrosion des structures en Béton Armé
V. Bouteiller - *CEFRACOR, IMGC, AFGC*

10h30 - 10h50 Contexte normatif et européen
X. Hallopeau, R. François - *CEFRACOR*

Questions-Réponses : 10min

PAUSE (20 min)

DIAGNOSTIC, SURVEILLANCE ET ÉVALUATION

11h20 - 11h40 Les techniques d'investigations et de diagnostic corrosion
C. Michaux, *SIXENSE Engineering*

11h40 - 12h00 Le suivi en temps réel de la corrosion par instrumentation
F. Deby, *LMDC* - M. Lassoued, *Setec LERM*

12h00 - 12h20 L'évaluation de la portance des OA dégradés par la corrosion
L. Maracci, *ARCADIS* - F. Duprat, *LMDC*

Questions-Réponses : 10min

PAUSE DÉJEUNER (1H30)

TECHNIQUES DE PÉRENNISATION ET EXEMPLES DE RÉALISATIONS

14h00 - 14h20 La durabilité des ouvrages hydrauliques en béton : les révêtements et produits de protection
L. Hasni, *GINGER* - Y. Giquel, *SIKA*

14h20 - 14h50 La protection cathodique : conception, systèmes et contrôles
B. Thauvin, *CEREMA* - M. Grill, *SIXENSE In-Situ*

14h50 - 15h20 La réparation de la corniche Kennedy : approche performantielle et protection cathodique
T. Defolleville, *Setec TPI* - L. Pace, *Setec DIADES* - O. Lesieutre, *FREYSSINET*

15h20 - 15h50 La réparation du viaduc de la Marne sur A4 : le traitement des superstructures dégradées
Y. Jeanjean, *SANEF* - N. Rouzet, *INGEROP*

Questions-Réponses : 10min

PAUSE (20min)

TABLE RONDE

16h20 - 17h00 Contexte européen et certifications des opérateurs END
Animateur : P. Dumez
B. Quénée, JF. Douroux, Y. Jeanjean, V. Bouteiller, C. Michaux, JP Balayssac

Questions-Réponses : 15min

CONCLUSIONS

17h15 - 17h30 Conclusions et clotûre
P. Dumez - *IMGC*

Ingénierie de Maintenance du Génie Civil
IMGC

MERCI AUX MEMBRES DU COMITE

JP. Balayssac
N. Bessoule
V. Bouteiller
JF. Douroux
Y. Jeanjean
B. Quénée

MERCI DE VOTRE ATTENTION

ET BONNE JOURNEE ☺

TECHNIQUE

www.imgc.fr