

Etude de la fissuration sur ouvrage d'art à l'ère du numérique

C. Coulais, F. Bosc
Cerema-Angers

H. Davias
W. Bouchet
Ph. Foucher
Cerema

V. Baltazart
N. Landormy
J-M Moliard

UGE 

Contexte

- **Un patrimoine français important, vieillissant et parfois méconnu**
 - diversité des acteurs et des interlocuteurs
 - conséquences tragiques
- **Utilisation des nouvelles technologies au service de la gestion patrimoniale**
 - détecter et quantifier les désordres
 - limiter les essais destructifs
 - amélioration des méthodes de surveillance et du diagnostic
 - limiter les contraintes d'exploitation



Pont de Morandini – Gênes – août 2018



Pont de Mirepoix-sur-Tarn – nov. 2019

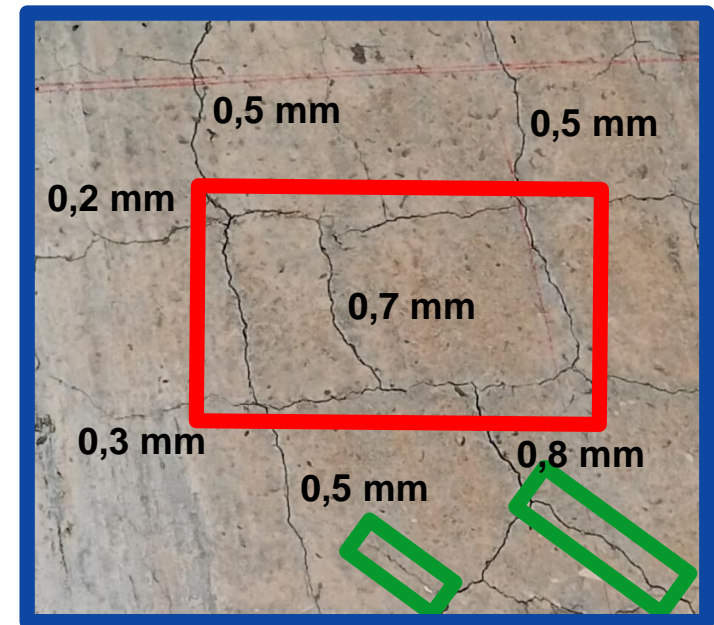
Etude de la fissuration sur béton

— Conséquence générale

- pénétration d'agents pathologiques
- diminution des performances mécaniques

— Nature d'une fissure

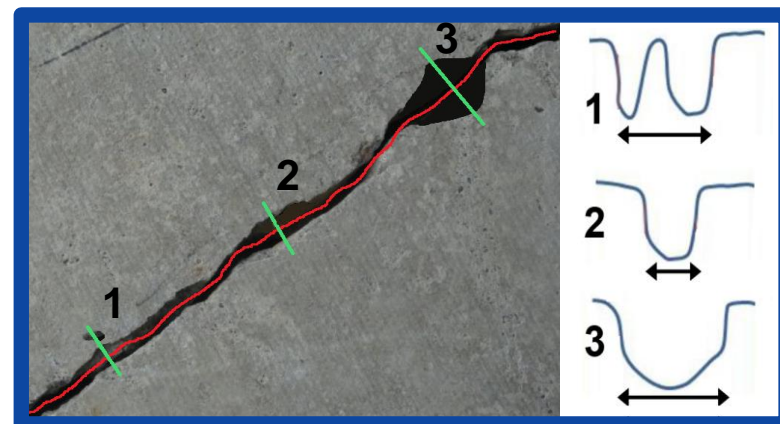
- origine : pathologique ou considérée normale (retrait, fonctionnement, ...)
- caractérisation : ouverture, longueur, forme, densité, ...



La fissure mesurée numériquement

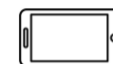
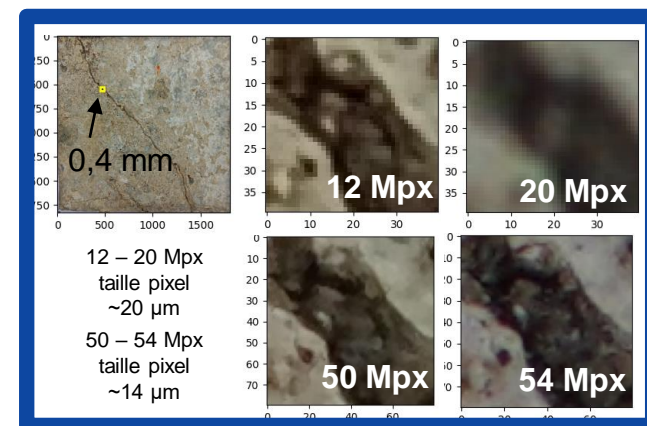
— L'automatisation de la mesure de l'ouverture d'une fissure :

- une mesure complexe
- dépendante du matériel utilisé et de la distance



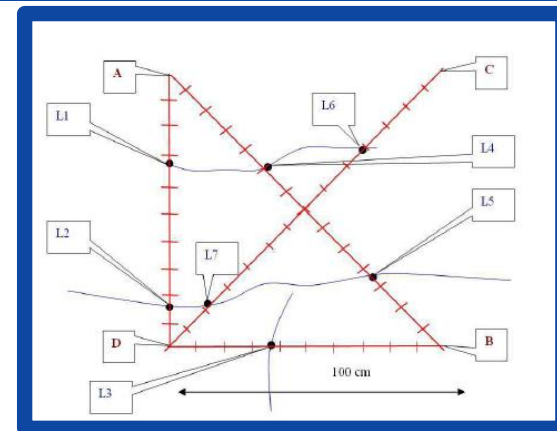
— Performances des outils numériques

Résolution mesure fissure vs. 0,25 m ²	
APN 61 Mpx	2 Mpx + zoom x20
~ 0.1 mm	~ 0.01 mm



La fissure à l'échelle du parement

- Application à la Méthode d'Essai LPC n°47 – Indice de Fissuration
 - mesure manuelle vs. outils numériques
- Outils numériques pour la Méthode d'Essai LPC n°47
 - prise de vue générale du parement
 - mesure fissure par fissure : fissuromètre numérique



ME 47



ME47 – méthode semi-automatique

Fissuromètre numérique

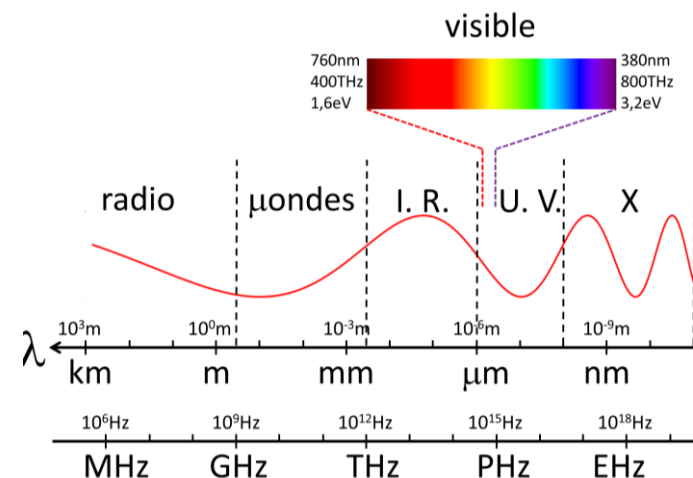
Diversité de l'offre numérique

— Technologies de mesure

- méthodes CND (*) variées et abordables
- auscultation interne ou surfacique des matériaux du génie civil
- association/combinaison de technologies

— Apport du traitement numérique

- automatiser l'exploitation et/ou l'interprétation des mesures
- développement d'applications dédiées
- suppression du biais opérateur → répétabilité
- outils de relevés de terrain (- temps, + traçabilité)



(*) Contrôle non Destructif

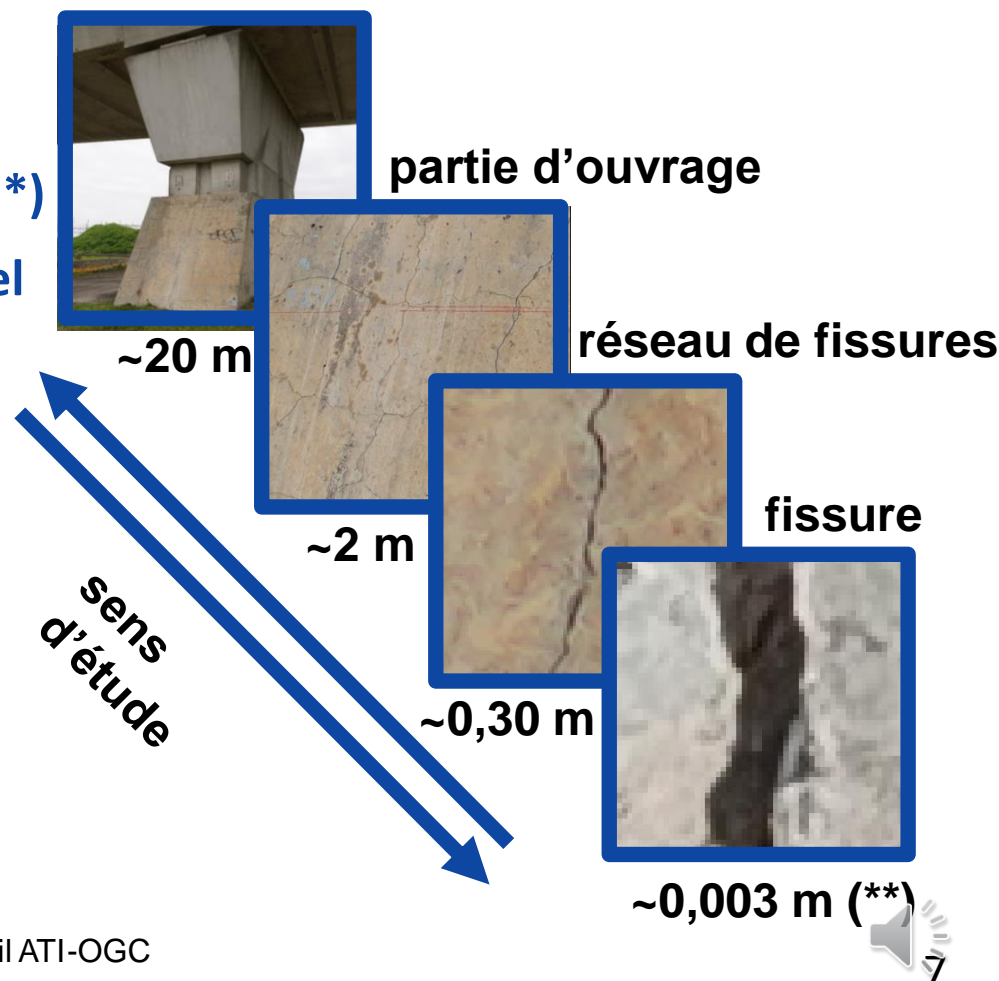
Etude de cas sur un ouvrage fluvial français

— Equipe pluri-disciplinaire

- fiche Action 21.2 « Imagerie et surveillance des OA en béton » (*)
- Cerema, Université Gustave Eiffel
- veille technologique

— Méthodologie

- 3 niveaux d'échelle
- CND : radar, lasergrammétrie, photogrammétrie, macro-photographie



(*) rapport en cours de finalisation rédigé par le groupe de travail ATI-OGC

(**) fissure d'ouverture 0,5 mm extraite d'une autre image

A l'échelle d'un réseau de fissures

— **Projet ADOUCIR (*)**

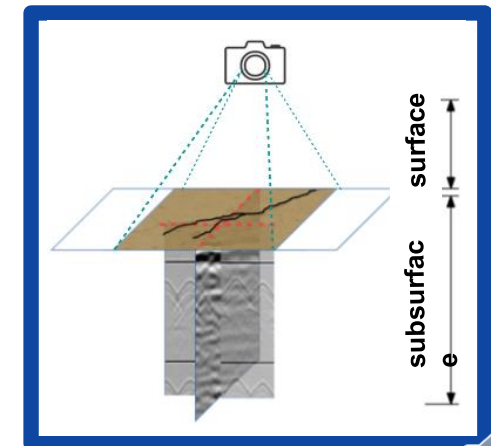
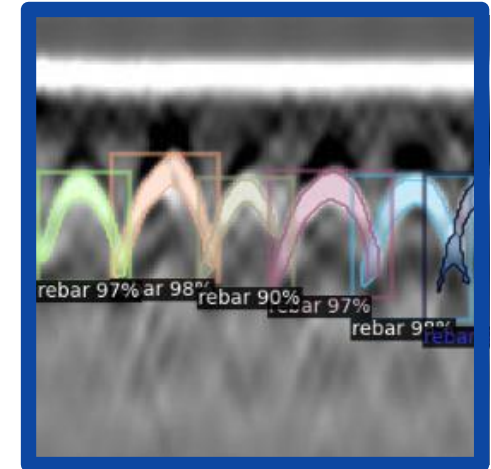
- imagerie surface vs. sub-surface
- analyse automatique (données radar)

— **Recherches de critères physiques**

- profondeur armatures, inter-distances armatures
- atténuation du signal

— **Analyse croisée**

- extraction armatures par Intelligence Artificielle
- état de surface vs. critères physiques

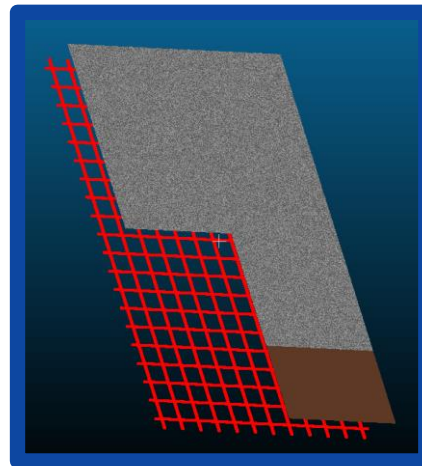
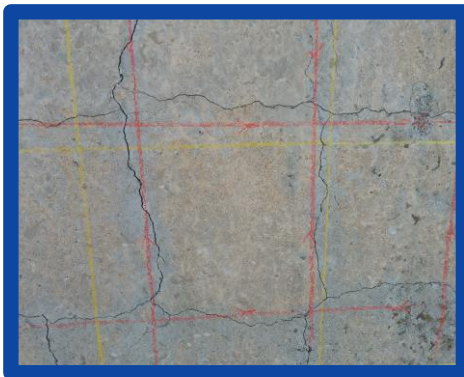


(*) Aide au Diagnostic d'Ouvrages par Couplage d'Images et Radar
financement FEREC (Fondation d'Entreprise REcherche Collectivite pour la construction et les infras)

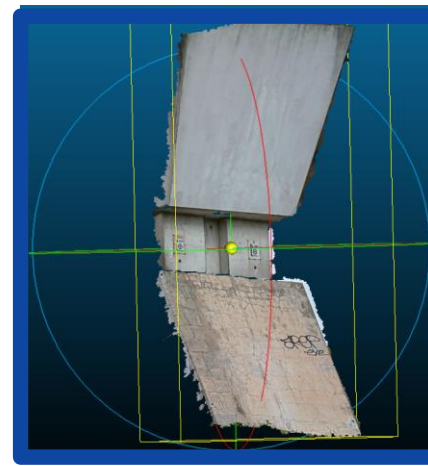
A l'échelle d'une partie d'ouvrage

— Combinaison de capteurs

- mesures radar sur parement → mise en évidence du plan de ferrailage
- images visuelles → photogrammétrie (*)
- mesures Light Detection And Ranging (LIDAR) → lasergrammétrie



radar



photogrammétrie



lasergrammétrie

(*) logiciel MicMac (IGN), AperoDeDenis (Cerema), logiciel Cloud Compare (EDF)

Conclusion et perspectives

— Conclusion

- expérimentation sur un parement d'ouvrage fluvial
- combinaison de techniques ND
- développement d'applications complémentaires à la méthode ME-47

— Perspectives

- développement d'applications plus ergonomiques
- consolidation de la base de données IA
- test d'un fissuromètre HD commercial à réaliser

— Références :

- **Projet ADOUCIR**
- Base d'images
- **[1]** P. FOUCHER, X. DEROBERT, et C. FAUCHARD. Combined GPR and visible image databases of concrete structures. data.univ-gustave-eiffel, 2023. <https://doi.org/10.25578/BWZBBI>.
- Conférence
- **[2]** P. FOUCHER, R. LE, A. MANSOURI, X. DEROBERT, et C. FAUCHARD. Concrete structure inspection based on deep learning approaches from visible and radar images. QCAV conference, Albi, France, juin 2023.
- **Macro-photographie**
- **[3]** J-M. MOLIARD, V. BALTAZART, B. BERENGER, T. PERRIN, et C. TESSIER, Digitized measurement of the cracking index on the facings of concrete structures, Rilem Conference, Nantes, France, June 2016; doi: 10.1007/978-94-024-0867-6_102
- **Bulletin Ouvrages d'art**
- **[4]** C. RUELLET, P. CHARBONNIER, P. FOUCHER, C. HEINKELE, H. DAVIAS, T. PERRIN, et A. DODANE. Les apports de l'imagerie et de la reconnaissance des formes pour la gestion de patrimoine des ouvrages d'art – partie 1 : recensement et identification. BOA N°82 p. 33-50.
- **[5]** H. DAVIAS, P. CHARBONNIER, P. FOUCHER, C. HEINKELE, C. RUELLET, T. PERRIN, et A. DODANE. Les apports de l'imagerie et de la reconnaissance des formes pour la gestion de patrimoine des ouvrages d'art – partie 2 : surveillance et diagnostic des ouvrages. BOA N°83 p. 36-56.

Merci de votre attention



Clément COULAIS

clement.coulais@cerema.fr

Frédéric BOSC

frederic.bosc@cerema.fr

