

IMGC

ADAPTATION DES OUVRAGES EN MAÇONNERIE AUX NOUVELLES CONDITIONS DE SERVICE

Journée Technique
Vendredi 21 septembre 2017
à l'Amphithéâtre AUGUSTE BRULÉ

Le diagnostic radar des ouvrages en maçonnerie

Jean-Luc GARCIAZ
LERM - SETEC

Sommaire

INTRODUCTION

RAPPEL SOMMAIRE DU PRINCIPE DE LA MÉTHODE

MISE EN OEUVRE

OBJECTIFS / APPLICATIONS

EXEMPLES DE RESULTATS

RECHERCHES ET DEVELOPPEMENTS

CONCLUSIONS

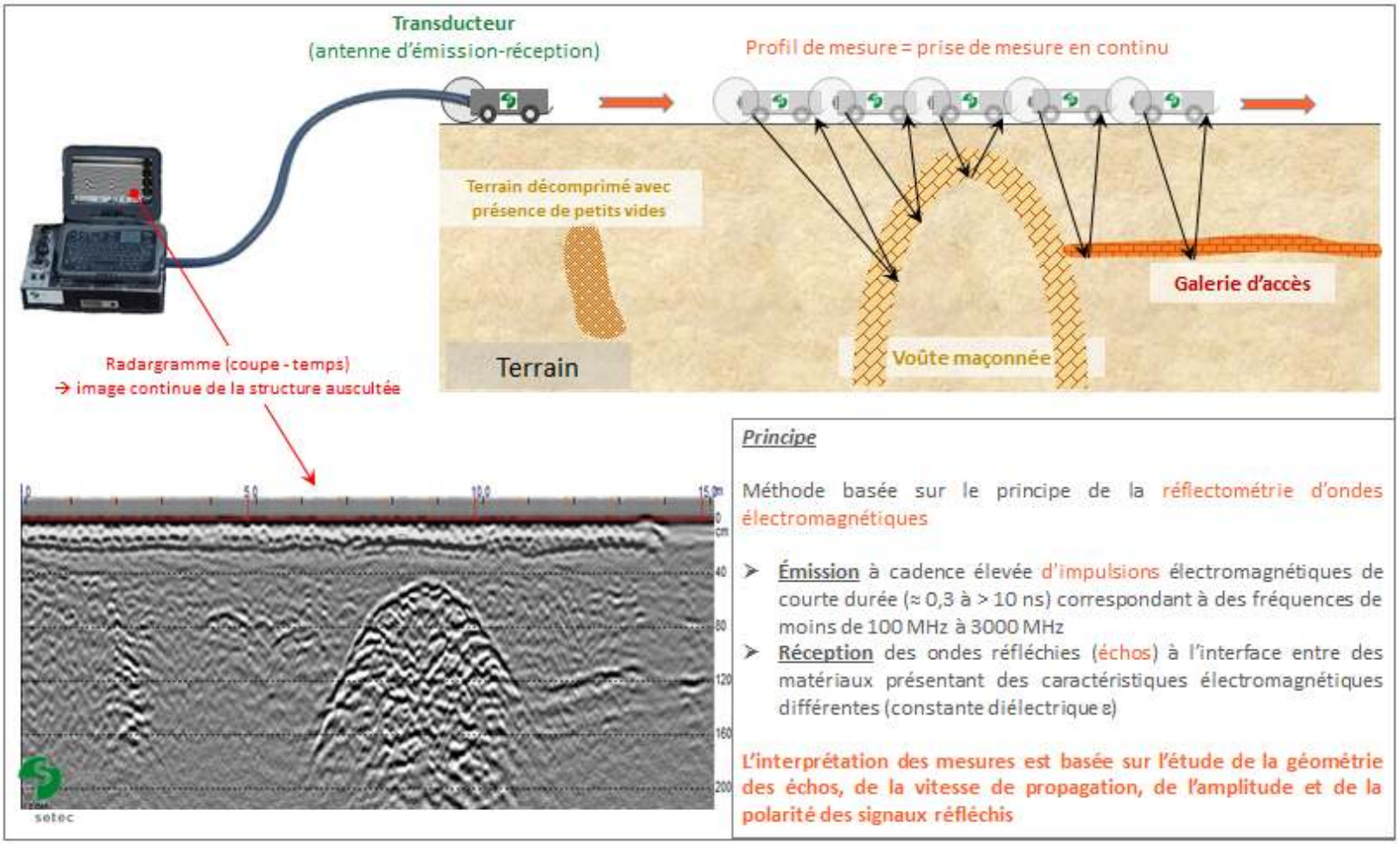
Introduction

Géoradar : technique d'auscultation non destructive largement utilisée pour la reconnaissance interne et le diagnostic d'état des maçonneries en vue de leur réhabilitation (ouvrages d'art, monuments historiques…).

Principales caractéristiques de la méthode :

- Grand rendement des mesures : auscultation exhaustive possible sur des surfaces de plusieurs centaines de mètres carré par jour,
- Profondeur d'investigation relativement importante (plurimétrique),
- Bonne précision et résolution des résultats (centimétrique à décimétrique),
- Obtention des 1er résultats sur site (implantation immédiate de sondages par exemple),
- Nombreuses possibilités de traitement des données et de présentation des résultats…

Principe sommaire



Principe

Méthode basée sur le principe de la réflectométrie d'ondes électromagnétiques

- **Émission** à cadence élevée d'impulsions électromagnétiques de courte durée (≈ 0,3 à > 10 ns) correspondant à des fréquences de moins de 100 MHz à 3000 MHz
- **Réception** des ondes réfléchies (échos) à l'interface entre des matériaux présentant des caractéristiques électromagnétiques différentes (constante diélectrique ε)

L'interprétation des mesures est basée sur l'étude de la géométrie des échos, de la vitesse de propagation, de l'amplitude et de la polarité des signaux réfléchis

Mise en œuvre





Matériel LERM (conception et fabrication)

- radars miniaturisé s
- antennes optimisées légères.
- Liaison sans fil

=> interventions possibles en zones d'accès difficiles ou à grande hauteur

- Perches ;
- Nacelles / échafaudages ;
- Cordistes ;





Objectifs / Applications

• Reconnaissances géométrique des structures : épaisseur (maçonneries, remblais, revêtement de chaussée…), dimensionnement, type (parement, remplissage, étanchéité…) ;

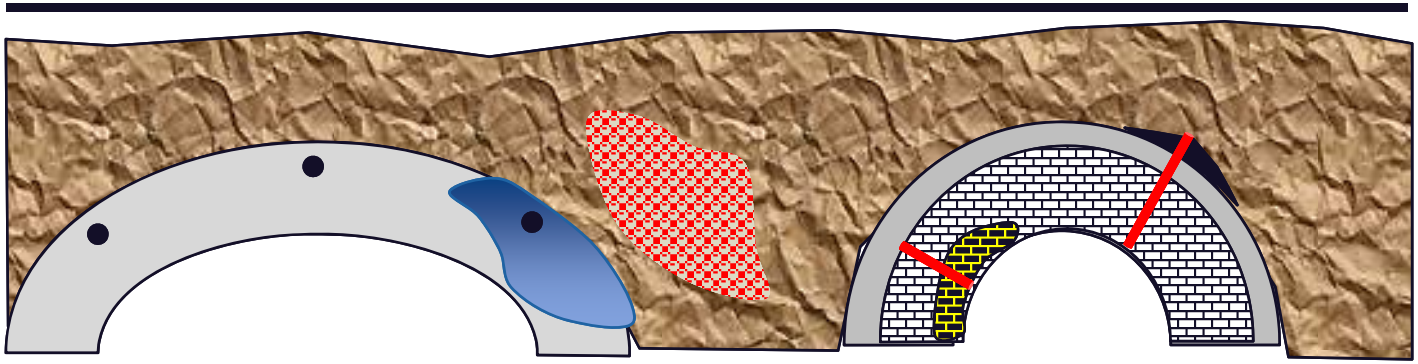
• Détection de « défauts » ou « anomalies » : cavités (vides), décollements, joints dégradés , hétérogénéités… ;

• Evaluation de l'humidité (défauts d'étanchéité) ;

• Détection d'éléments de renfort métalliques éventuels… ;

•Implantation judicieuse de sondages (perforations, carottages) : => étalonnage du radar, identification des anomalies, vidéo-endoscopie ;

•Estimation et contrôle d'injections.



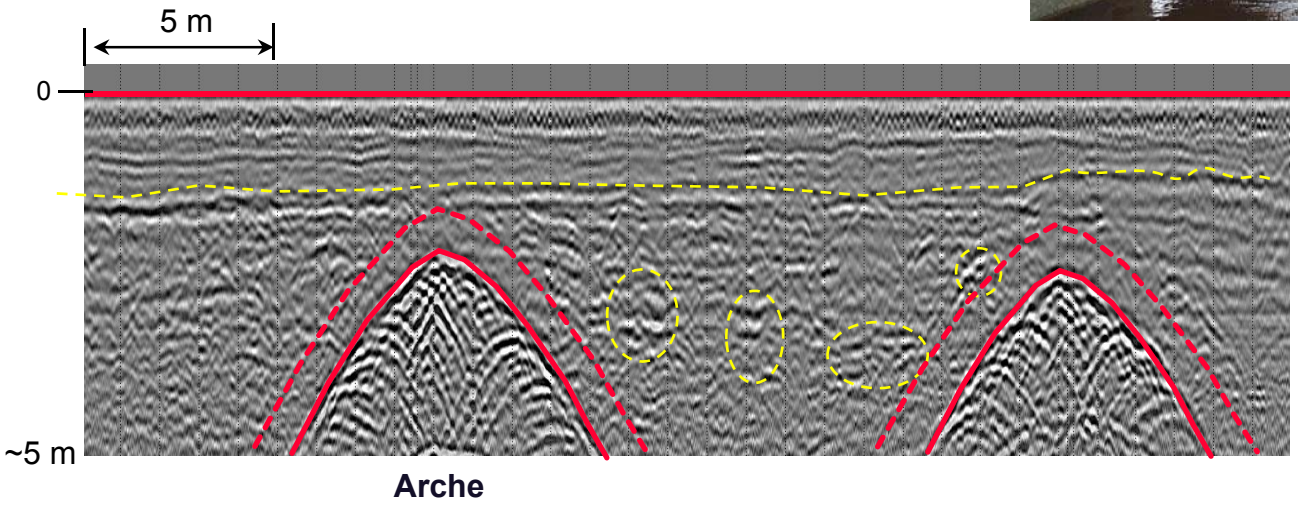
Exemples de résultats

Reconnaissance et diagnostic d'Ouvrages d'Art

Pont Saint Etienne (Limoge)

Exemple de radargramme interprété : reconnaissance de structures, épaisseurs des éléments, détection de vides ou d'hétérogénéités anormales dans les maçonneries.



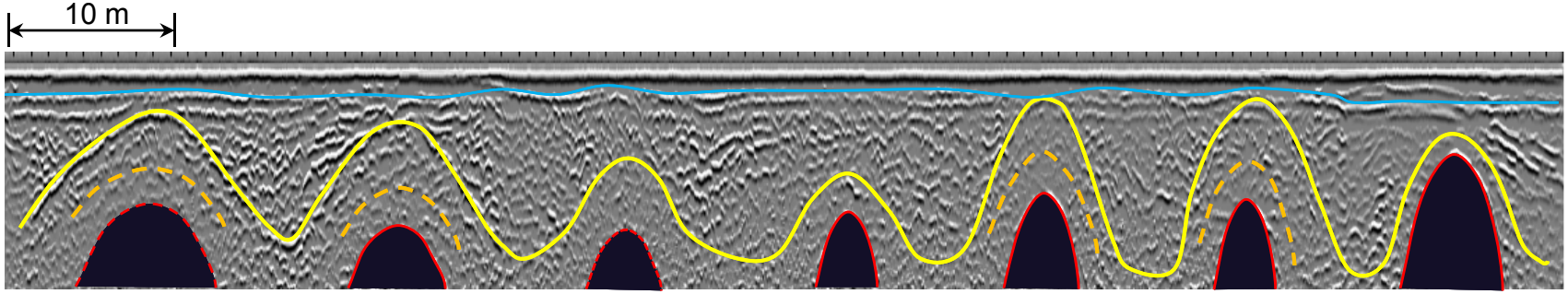


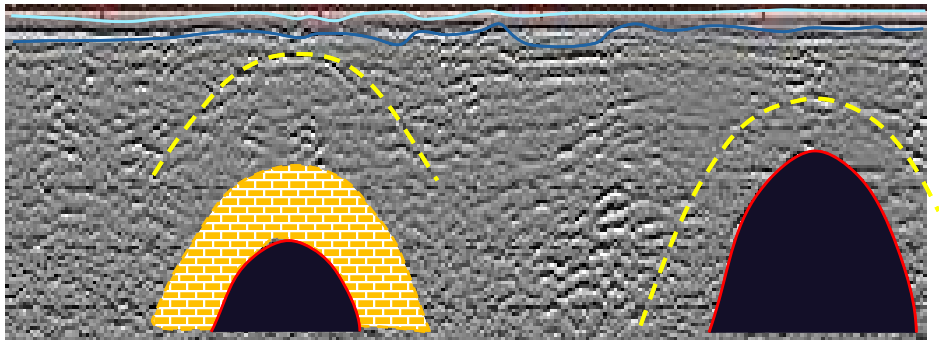
Reconnaissance et diagnostic d'Ouvrages d'Art

Pont de Cubjac (Dordogne)

- Reconnaissance de structures : 7 arches différentes ;
- Epaisseurs des éléments : maçonnerie appareillée ou non (douelle, maçonnerie ordinaire…), remblais, corps de chaussée ;
- Détection de vides ou d'hétérogénéités anormales dans les maçonneries et les remblais ;
- Mise en évidence d'humidité anormale ;
- Implantation de sondages…



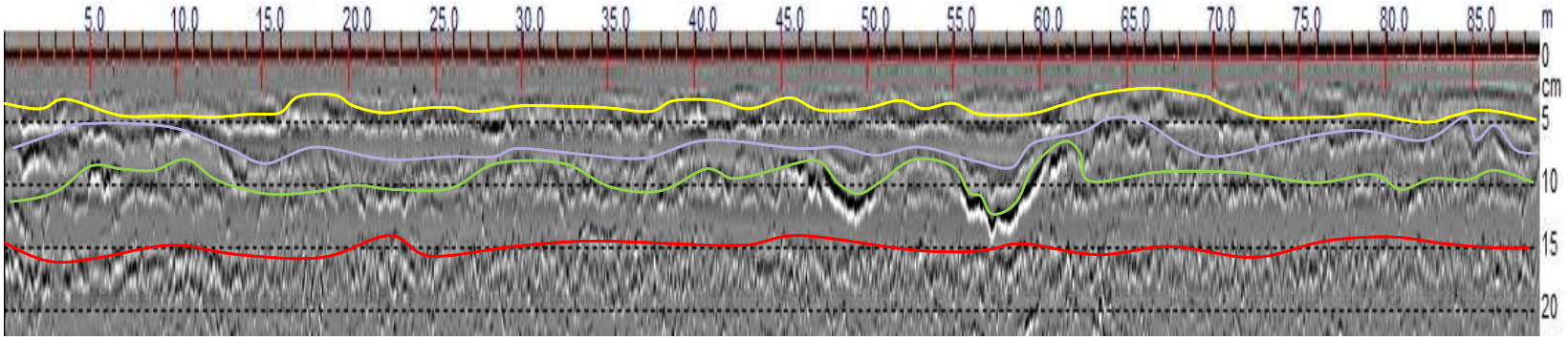




Reconnaissance à haute résolution des couches superficielles

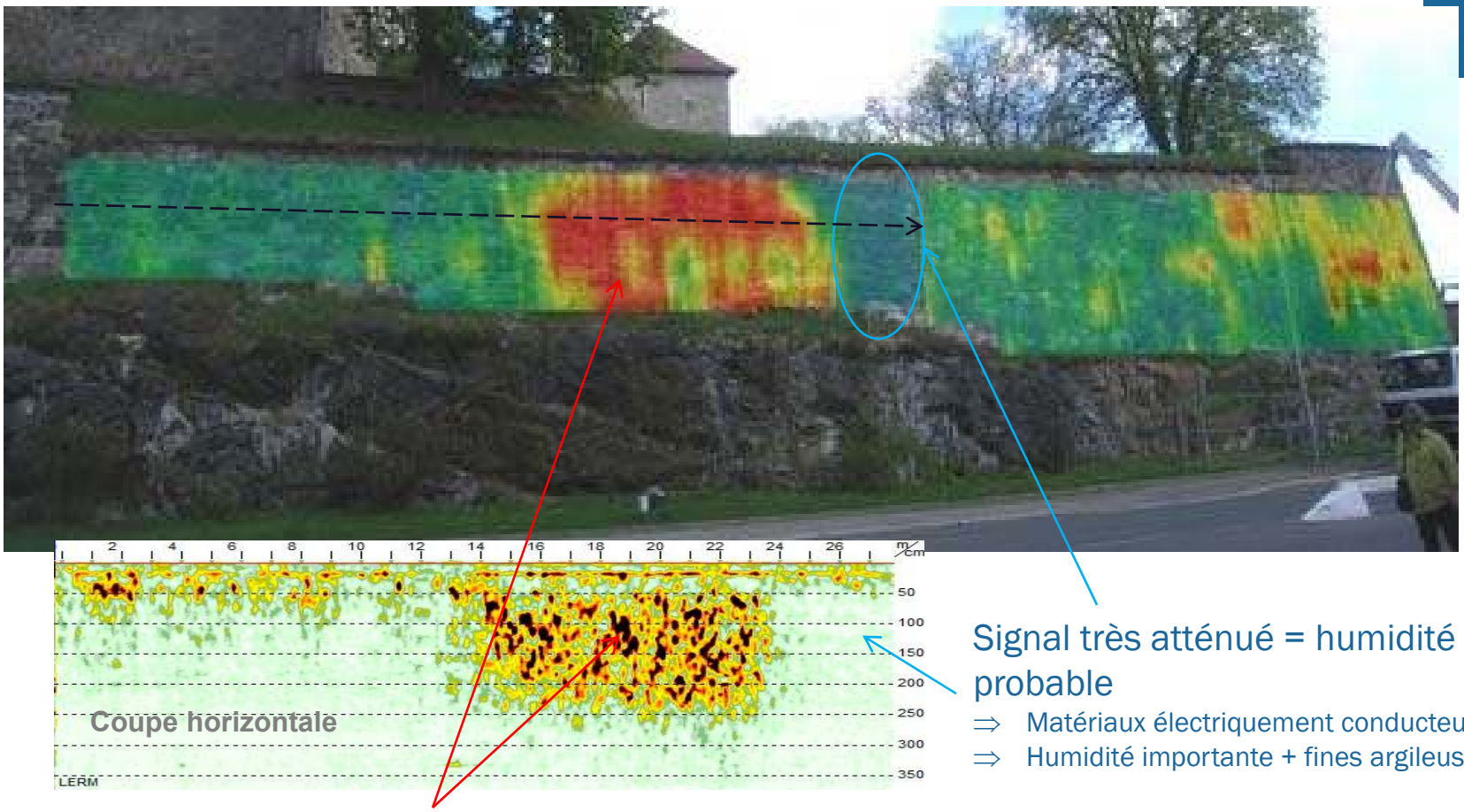
Pont de Cubjac (Dordogne)

- Epaisseur d'enrobé ;
- Détection d'anciens revêtements (pavés), épaisseur ;
- Détection des couches de remblais de fondation (corps de chaussée), épaisseurs ;
- Mise en évidence d'humidité anormale (diffuse ou accumulation dans des points bas) ;
- Implantation de sondages…



Diagnostic « homogénéité / humidité »

Akhershus Castle (Norvège)



Signal très atténué = humidité probable

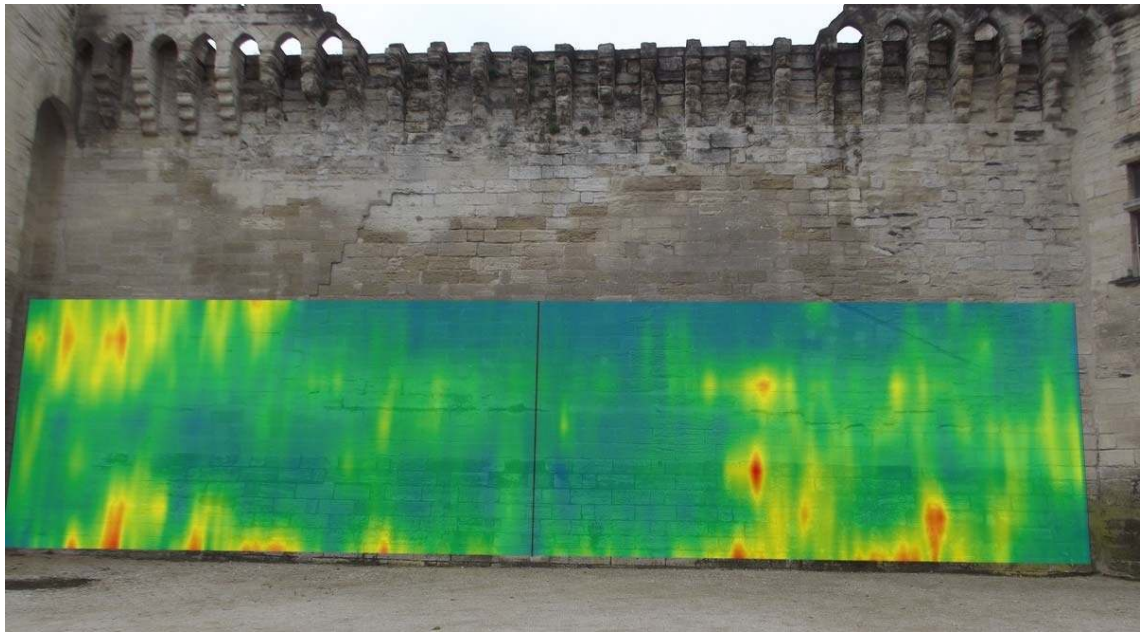
⇒ Matériaux électriquement conducteurs

⇒ Humidité importante + fines argileuses

Maçonnerie très hétérogène (blocs / vides)

Estimation de la perte de densité moyenne

Remparts d'Avignon



- Les taches orangées à rouge sont susceptibles de correspondre à des vides d'épaisseur centimétrique à décimétrique situées dans le remplissage interne de la maçonnerie, entre 20 cm et 1,5 m de profondeur.
- Les teintes vertes claires à jaunes correspondent à des hétérogénéités (joints lessivés, remplissage décomprimé…).
- Les teintes bleues correspondent à une augmentation probable de la teneur en eau.

En estimant la surface cumulée des anomalies les plus marquées et l'épaisseur moyenne des vides* (5 à 10 cm) , le volume concerné par ces vides serait de l'ordre de 0,02 à 0,04 m^3, soit ~0,015 à 0,03 % du volume total de maçonnerie ausculté (~120 m^3).

* (étalonnage des mesures radar par contrôles vidéo-endoscopiques)

Reconnaissance de structures par radar en sondage

Pont canal de Briare

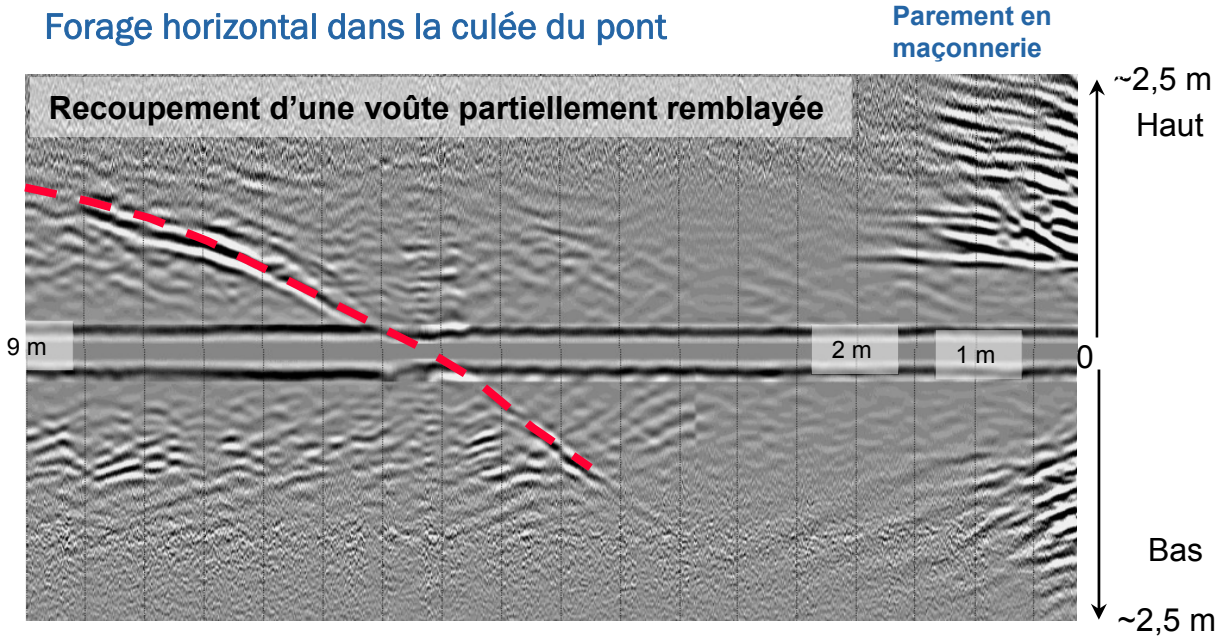
Sonde radar 200 et 400 MHz (LERM) : 0,7 m x Ø 45 mm

- Investigations complémentaires ou remplacement des investigations en surface si les profondeurs à atteindre sont trop importantes

- **Directionnelle** (absence d'échos «miroir»)



Forage horizontal dans la culée du pont



Recherches et développements

Matériel – logiciels :

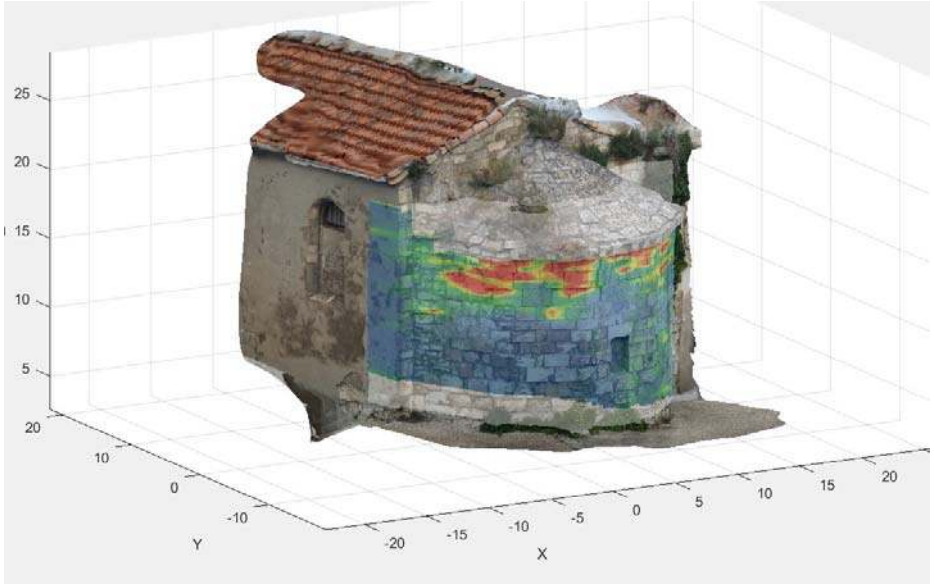
- ✓ Amélioration des équipements radar (miniaturisation, réduction du poids, antennes spécifiques, liaison sans fil)



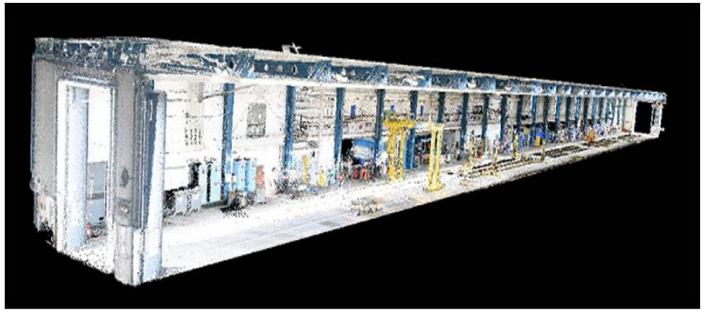
- ✓ Etudes géostatistiques de corrélation entre des mesures non destructives diverses (radar, résistivité, thermographie IR, capacimétrie, corrosimétrie, mesures soniques, ultrasoniques)
- ✓ Développement de logiciels dédiés (traitement et représentation des données)

Représentation des résultats :

Cartographie des données (radar ou autres END) à partir de photogrammétrie 3D



Couplage représentations photogrammétriques avec nuages de points acquis par Scanner 3D et imagerie radar



Conclusions

Diagnostic radar des ouvrages en maçonnerie

- Reconnaissances géométriques des éléments de structure
- Diagnostic d'état (hétérogénéités, vides, pertes de compacité, humidité…)
- Implantation de sondages ciblés, diminution du nombre de sondages « géotechniques »
- Contrôle des injections
- Aide aux travaux de réparation et/ou de confortement
- Aide au re-calcul

Merci pour votre attention !



Centrale d'acquisition et de monitoring des données connectée – www.lerm.fr