



IMG C

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

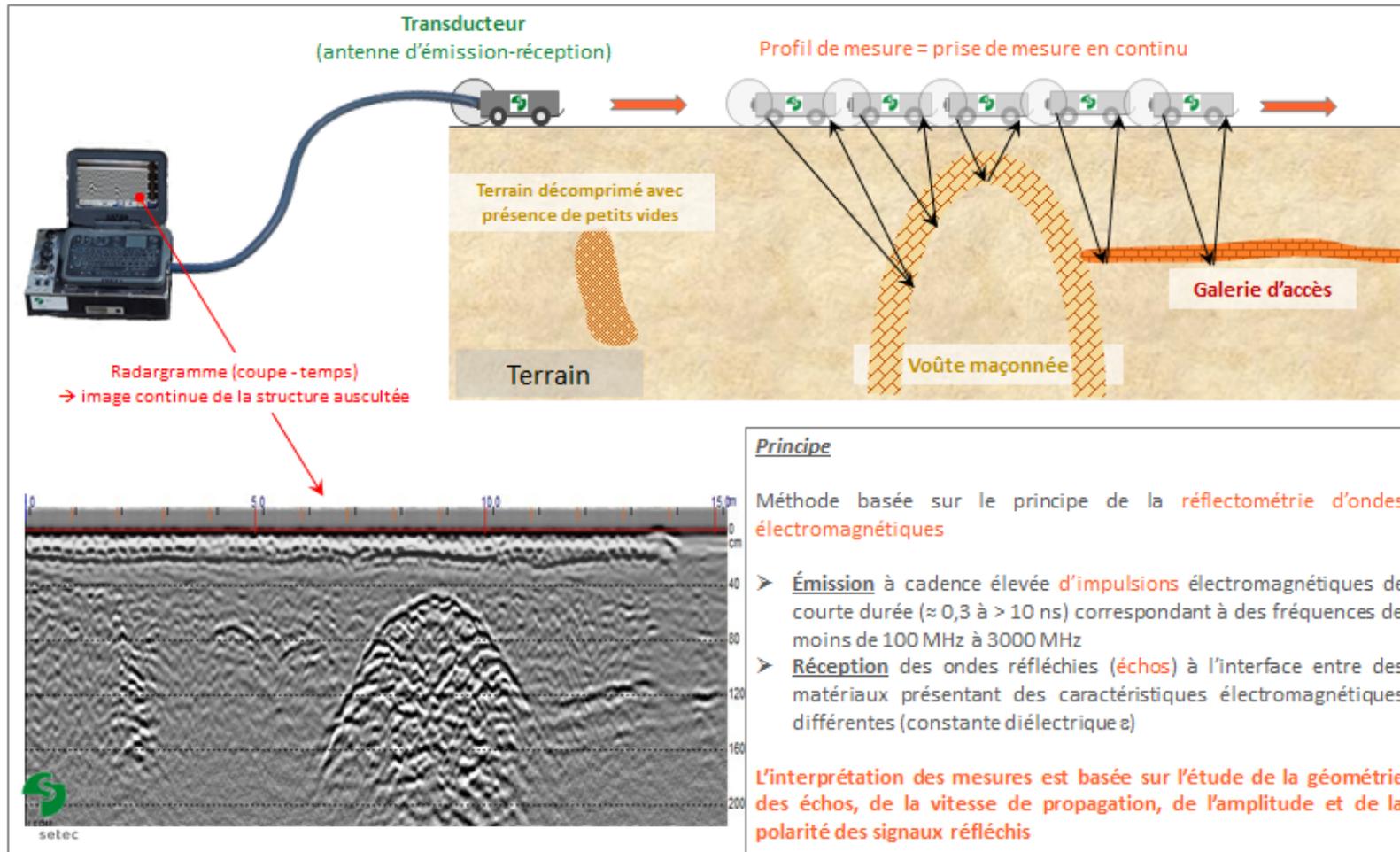
Introduction

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 1^{er} résultats sur site** (implantation immédiate de sondages par exemple),
- **Nombreuses possibilités de traitement des données et de présentation des résultats...**

Principe sommaire



Mise en œuvre



Matériel LERM (conception et fabrication)

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

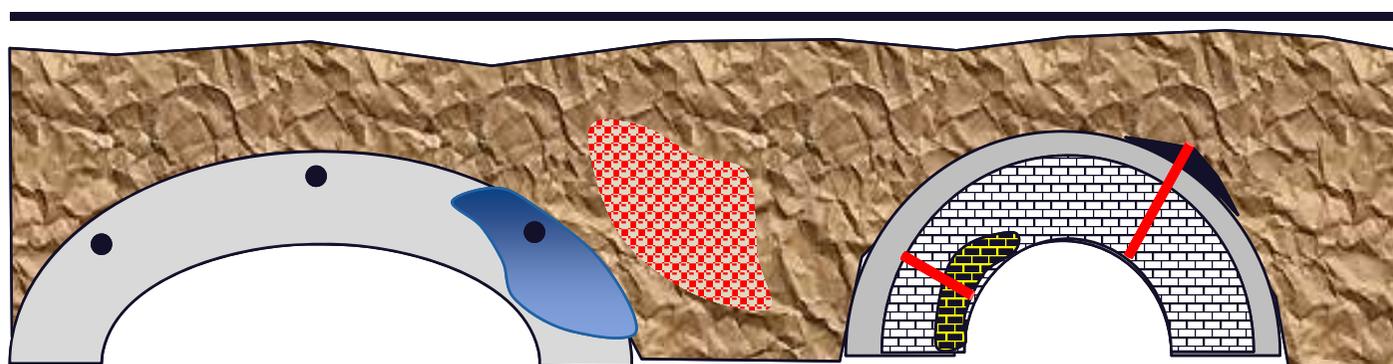
=> interventions possibles en zones d'accès difficiles ou à grande hauteur

- 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.

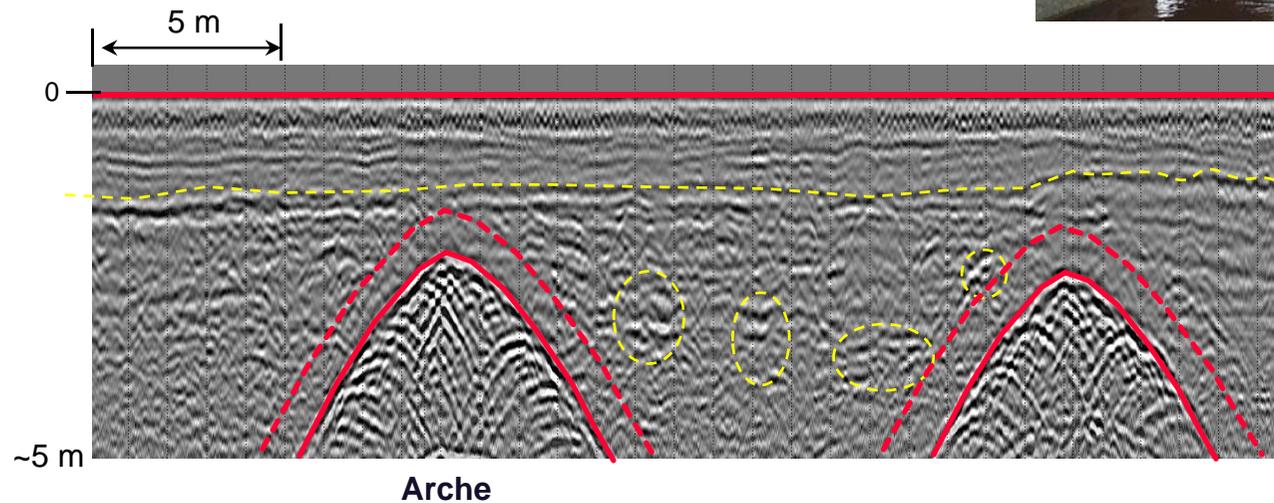


Exemples de résultats

Reconnaissance et diagnostic d'Ouvrages d'Art

Pont Saint Etienne (Limoge)

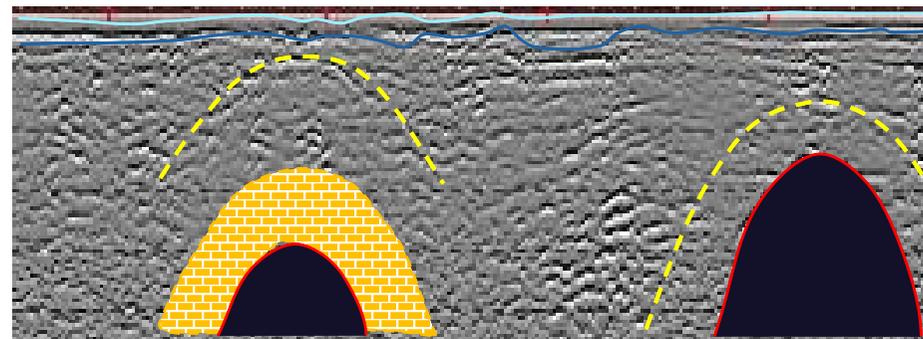
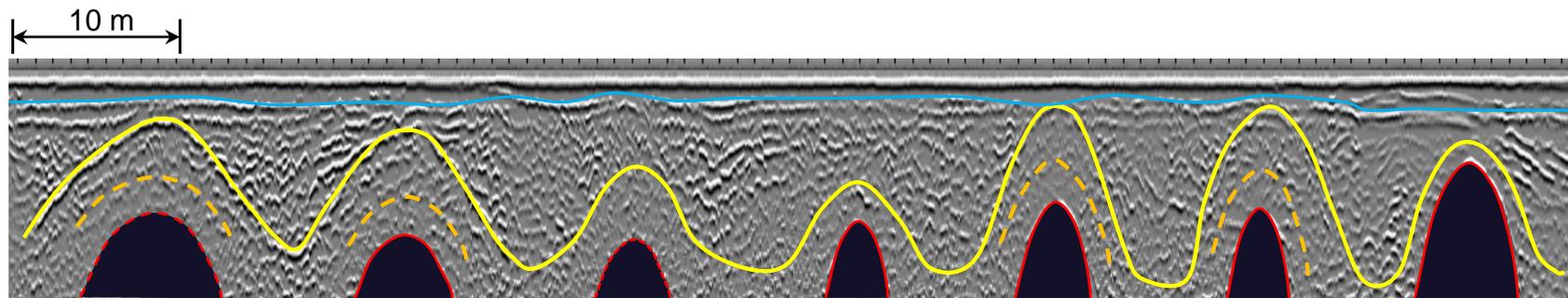
Exemple de radargramme interprété : reconnaissance de structures, épaisseurs des éléments, détection de vides ou d'hétérogénéités anormales dans les maçonneries.



Reconnaissance et diagnostic d'Ouvrages d'Art

Pont de Cubjac (Dordogne)

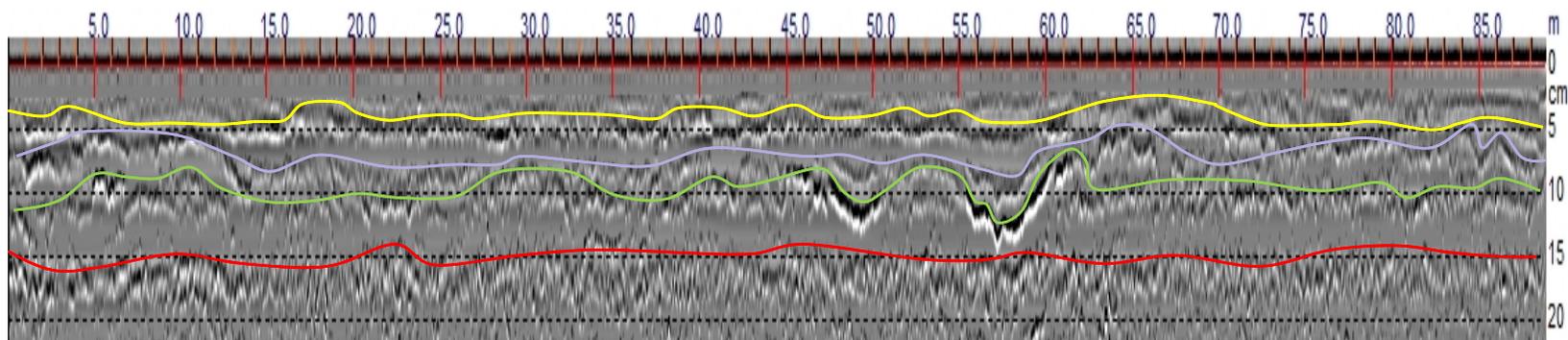
- Reconnaissance de structures : 7 arches différentes ;
- Epaisseurs des éléments : maçonnerie appareillée ou non (douelle, maçonnerie ordinaire...), remblais, corps de chaussée ;
- Détection de vides ou d'hétérogénéités anormales dans les maçonneries et les remblais ;
- Mise en évidence d'humidité anormale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



Reconnaissance à haute résolution des couches superficielles

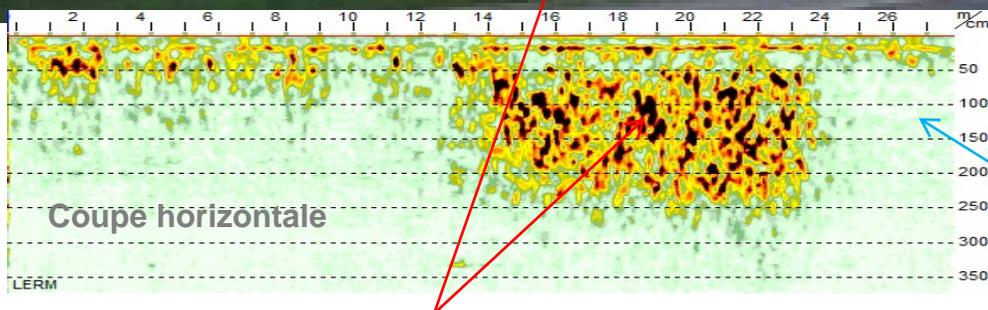
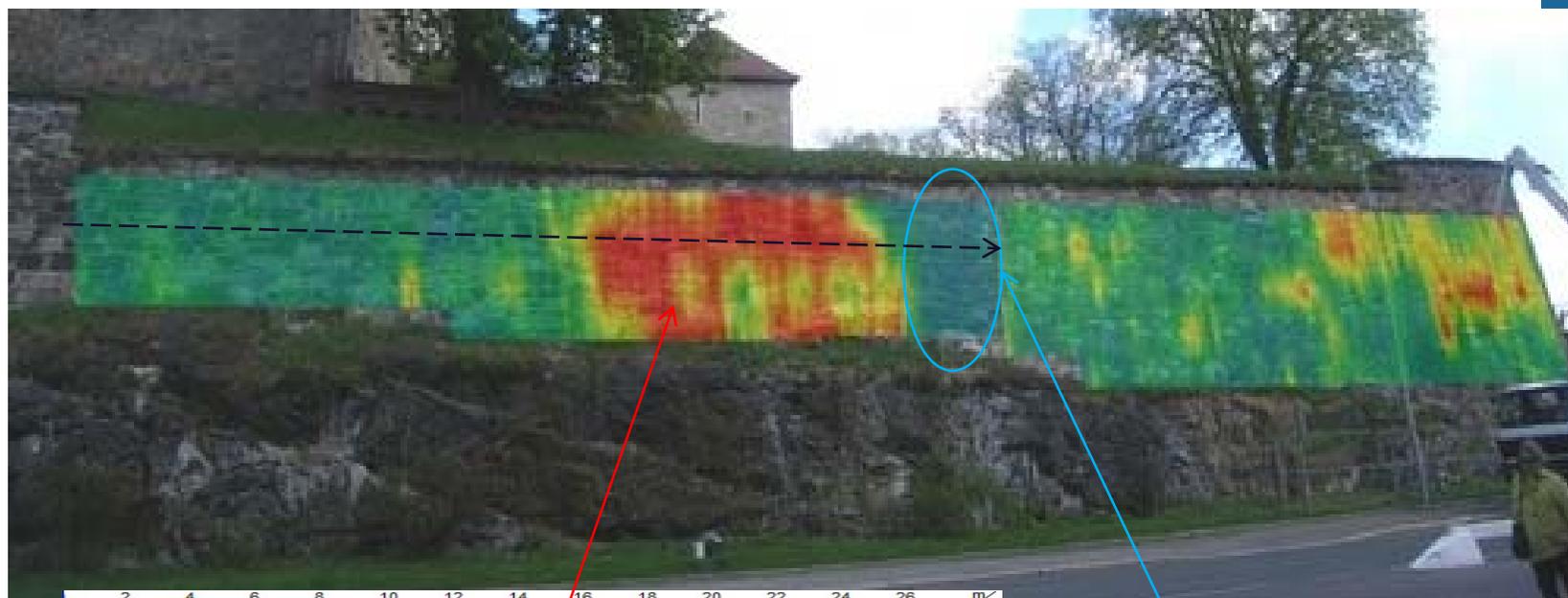
Pont de Cubjac (Dordogne)

- 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)



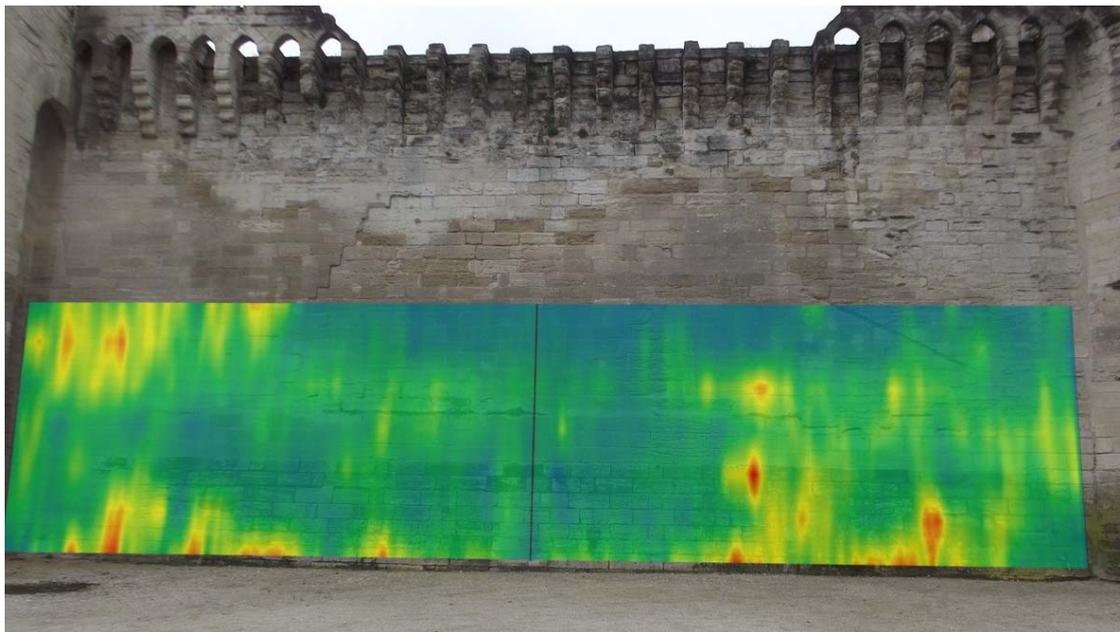
Signal très atténué = humidité probable

- ⇒ 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 m³, soit ~0,015 à 0,03 % du volume total de maçonnerie ausculté (~120 m³).

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

Reconnaissance de structures par radar en sondage

Pont canal de Briare

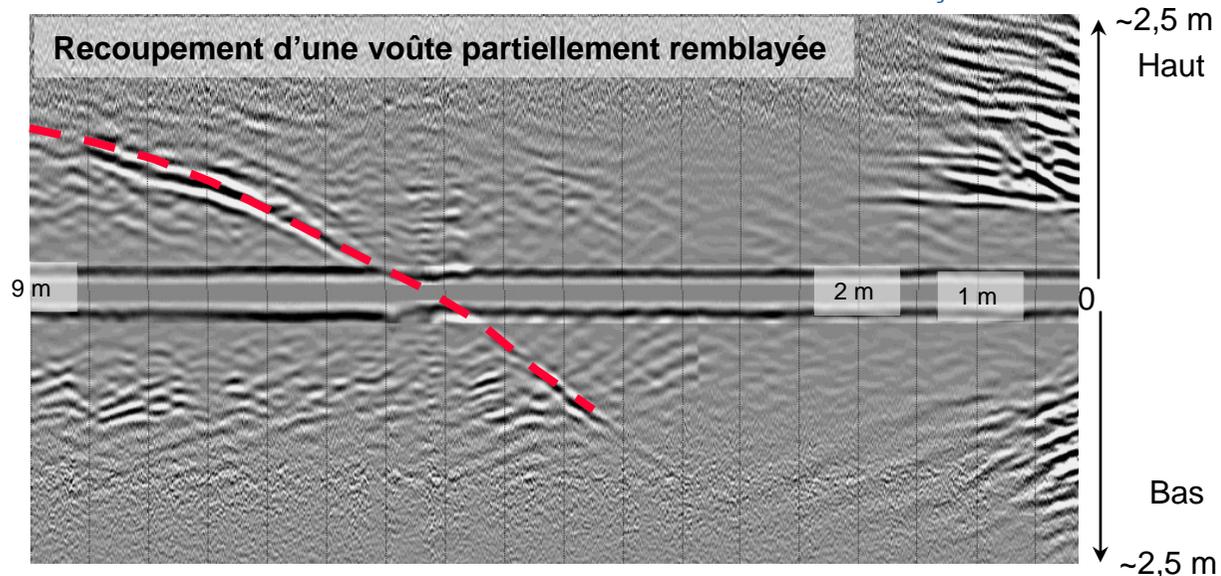
Sonde radar 200 et 400 MHz (LERM) : 0,7 m x Ø 45 mm

- 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

Parement en maçonnerie



Recherches et développements

14

Matériel – logiciels :

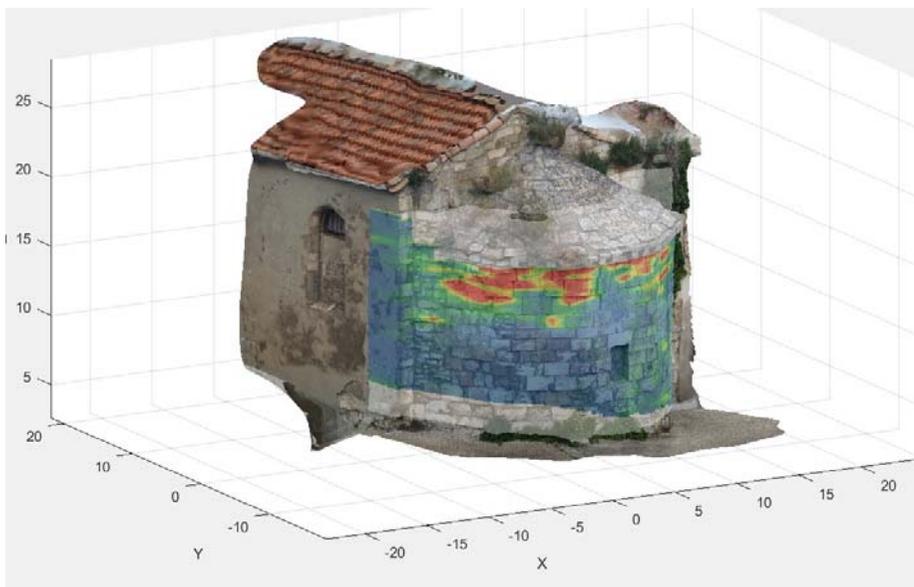
- ✓ Amélioration des équipements radar (miniaturisation, réduction du poids, antennes spécifiques, liaison sans fil)



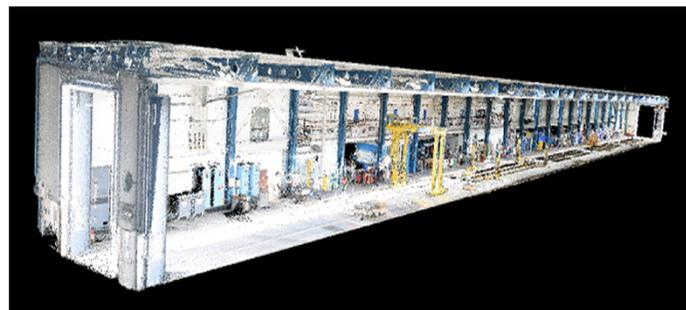
- ✓ Etudes géostatistiques de corrélation entre des mesures non destructives diverses (radar, résistivité, thermographie IR, capacimétrie, corrossimétrie, mesures soniques, ultrasoniques)
- ✓ Développement de logiciels dédiés (traitement et représentation des données)

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*