

Caractérisation de la couche d'accrochage de la structure BINARY par techniques radar et intelligence artificielle

Grégory ANDREOLI, PHD
Université Gustave Eiffel

Sommaire

- 1 ANR BINARY
- 2 Présentation de la zone d'expérimentation
- 3 Etude préliminaire
- 4 Méthodologie
- 5 Protocole de collecte des données
- 6 Résultats
- 7 Conclusions

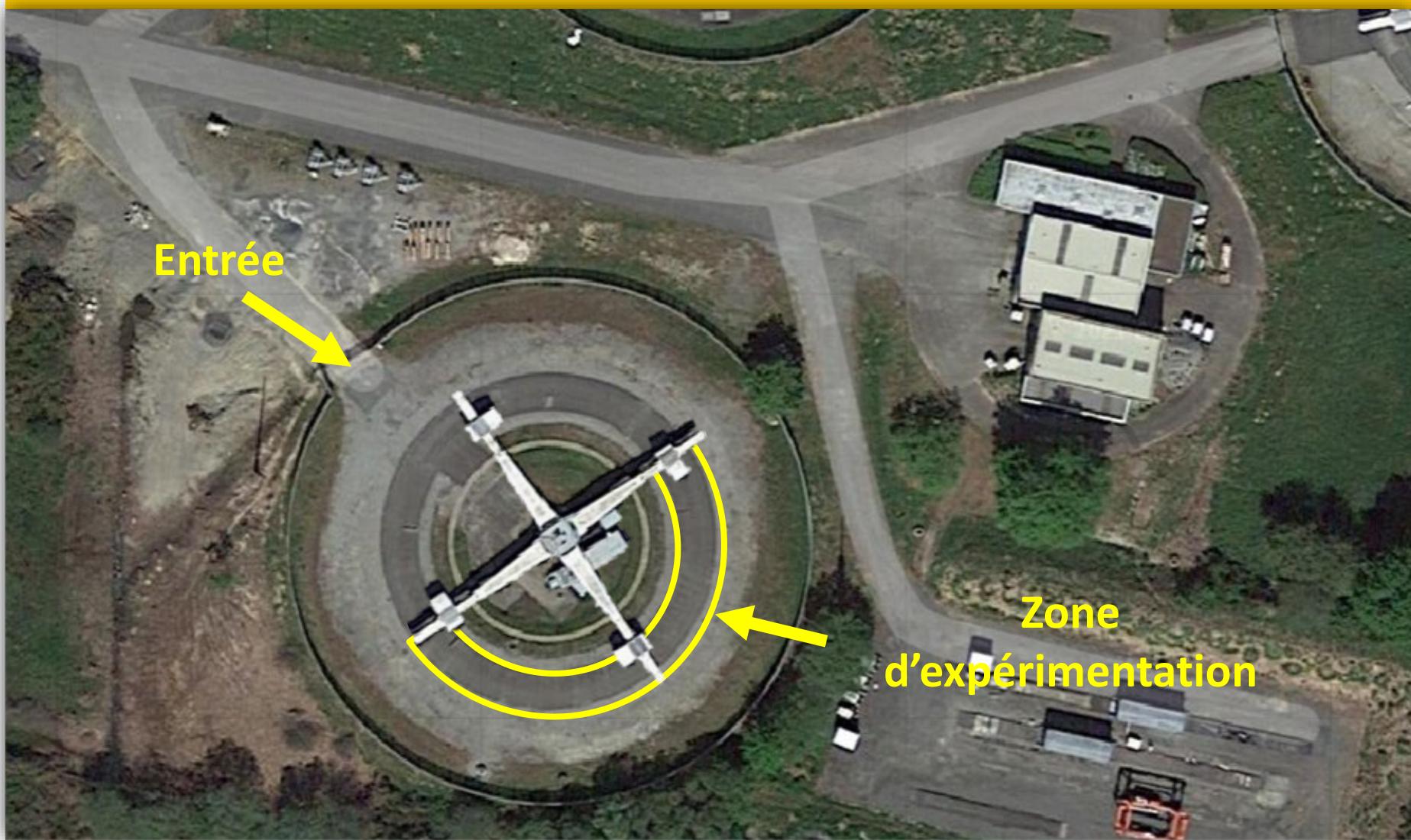
ANR BINARY

anr[®] BINARY

**Pour une meilleure prise en compte de l'agressivité des
chargements routiers sur les couches de roulement des chaussées**



Présentation de la zone d'expérimentation



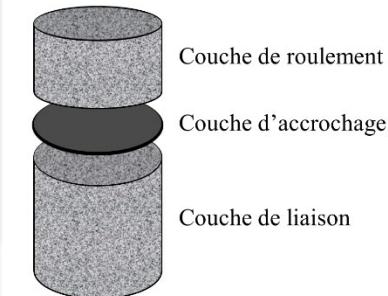
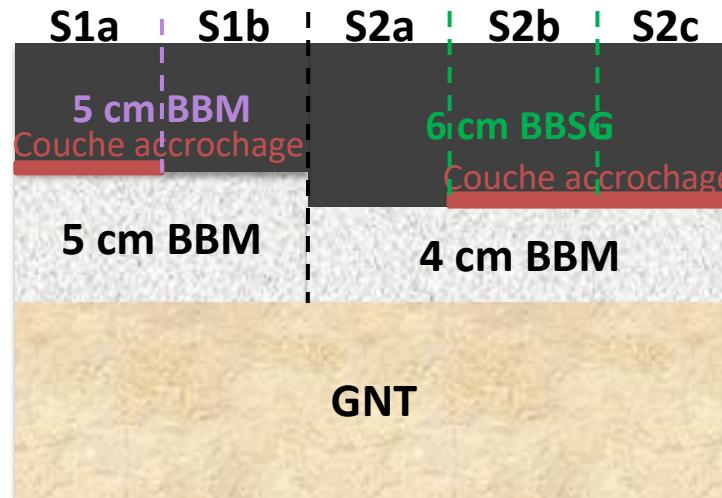
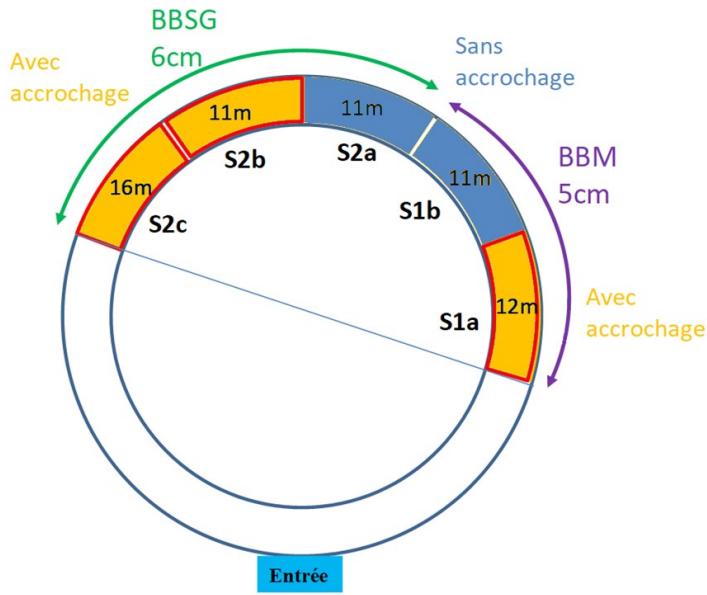
Présentation de la zone d'expérimentation



Présentation de la zone d'expérimentation



Présentation de la zone d'expérimentation

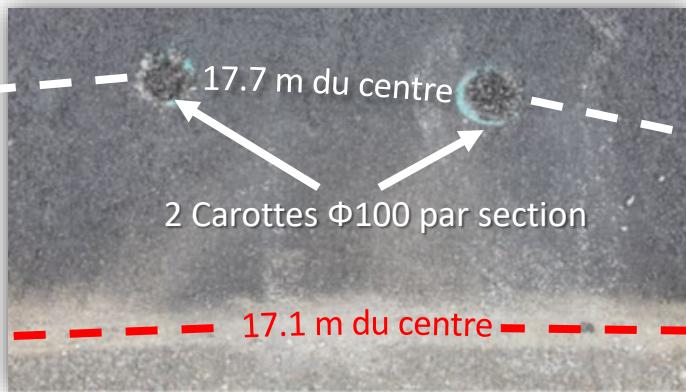


Emulsion dosée à 300g/m² de bitume résiduel et mise en œuvre de l'émulsion

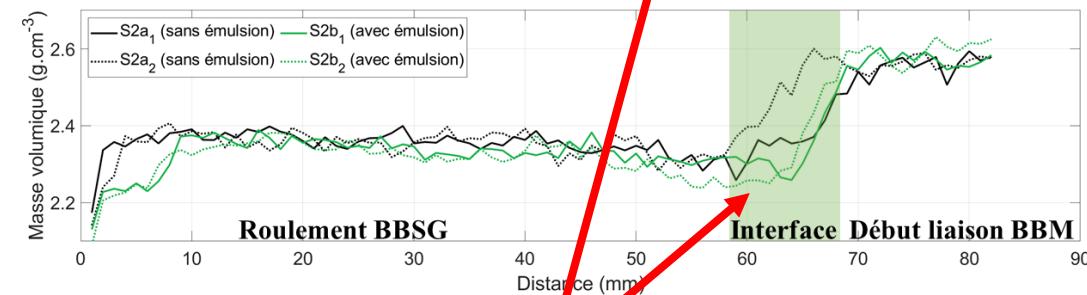
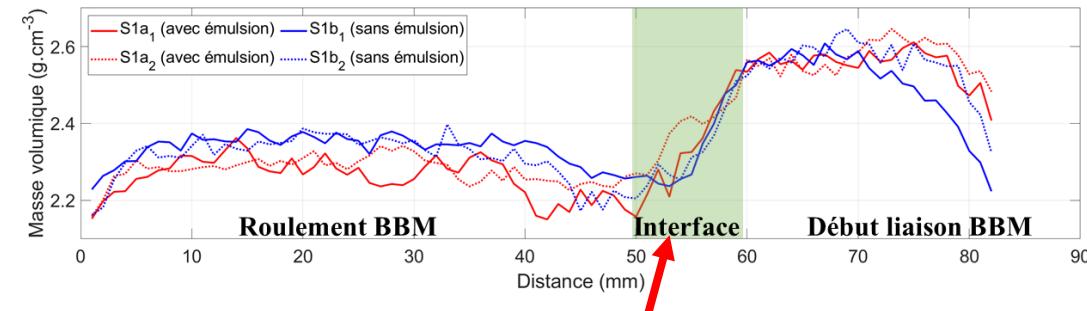


Etude préliminaire

► Méthode Destructive : Carottage



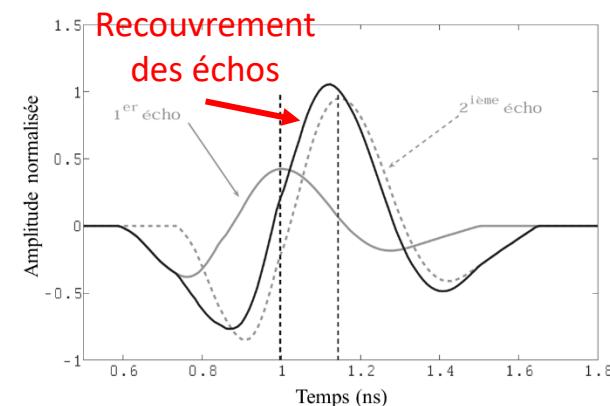
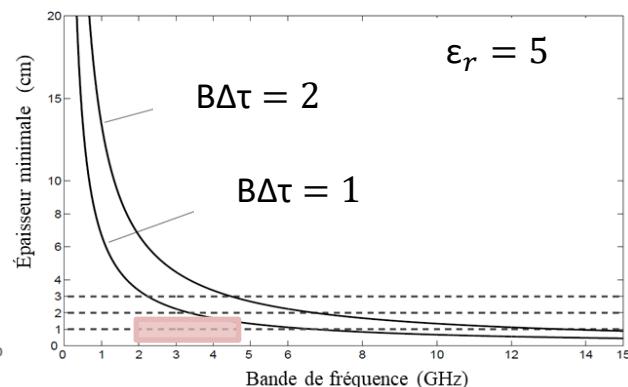
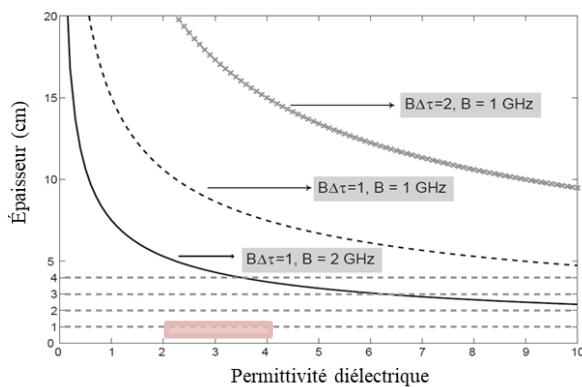
Identification de l'interface par gammadensimétrie



**Impossible de discriminer les échantillons
en termes de collage à l'interface**

Etude préliminaire

► Evaluation Non destructive : Limite de résolution du GPR impulsionnel

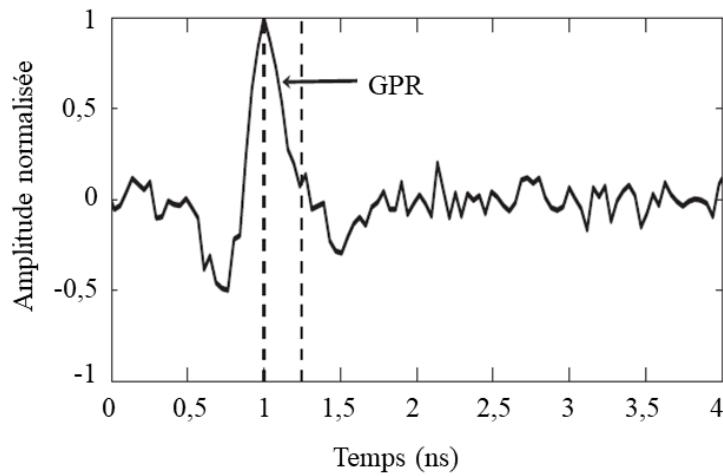


- Limite de B (physique des milieux bitumineux)
- Limite de résolution temporelle pour des couches de l'ordre du millimètre ($B\Delta\tau \ll 1$)
- Limite de l'épaisseur minimale estimable : $h_{min} \geq \frac{c}{2B\sqrt{\epsilon'_r}}$

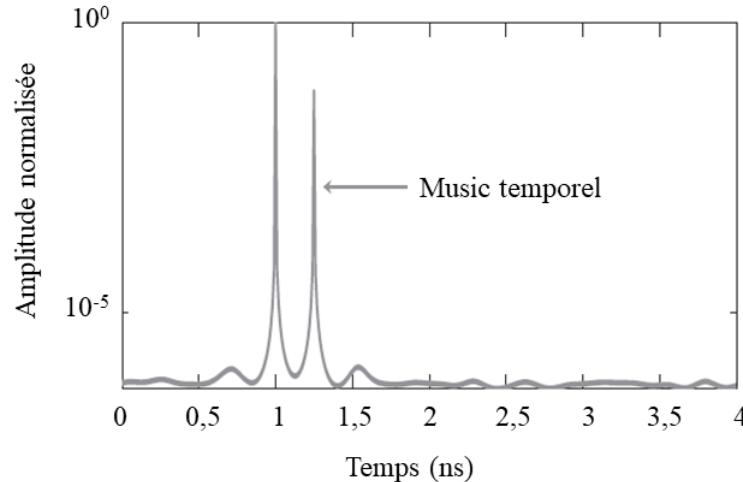
Résolution GPR insuffisante pour les couches minces en subsurface

Etude préliminaire

► Evaluation Non destructive : Limites de la méthode des sous-ensembles



- Applicable en champ lointain (onde plane)
- Connaissance de la source requise
- Couche = 10 à 15 mm : $\text{Err}_{\text{MSSP } B\Delta\tau = 0,4} (2\text{GHz}) = 5\%$
- Epaisseur limite = 5 – 10 mm en simulation sur une bande large [0,7 – 3,7 GHz] pour mesure de décollements (PUMA)



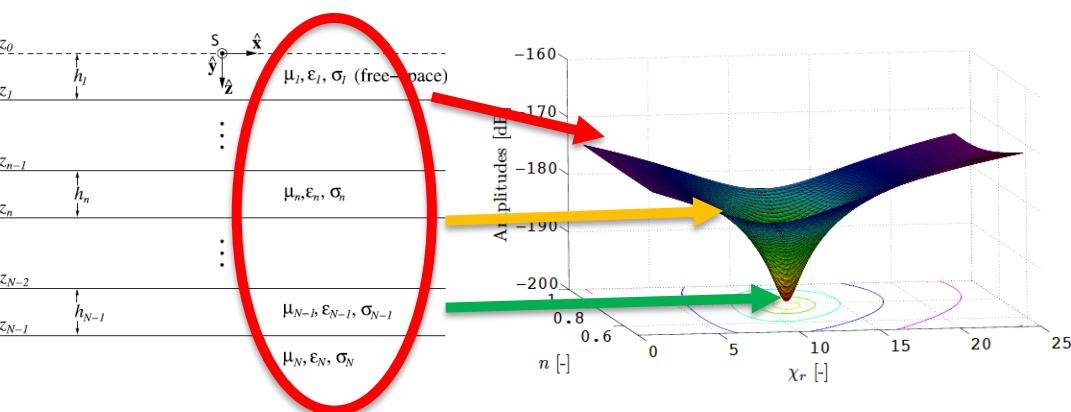
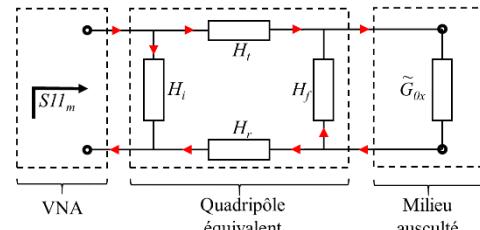
Ne permet pas une estimation suffisamment précise

[LeBastard, 2007 ; Tchana-Tankeu et al., 2023]

Etude préliminaire

► Evaluation Non destructive : Limites de l'inversion de forme d'onde complète (FWI) seule

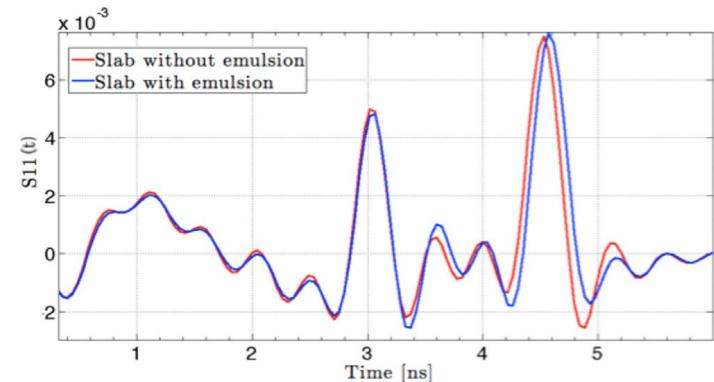
► Comportement quadripolaire:



Estimation imprécise pour les couches minces en subsurface

► Fonction de Green (cas onde plane sur multi-couches) :

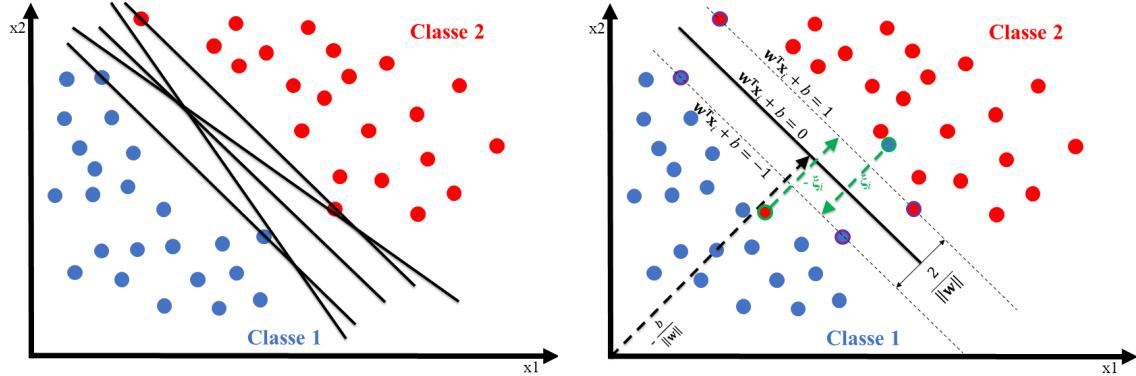
$$G(k) = \frac{1}{8\pi} \left(\frac{\gamma_1 R_1^{TM}}{j\omega \epsilon_{e1}} - \frac{j\omega \mu_1 R_1^{TE}}{\gamma_1} \right) e^{-2\gamma_1 h_1}$$



Forte hypothèse du comportement diélectrique de la couche d'accrochage

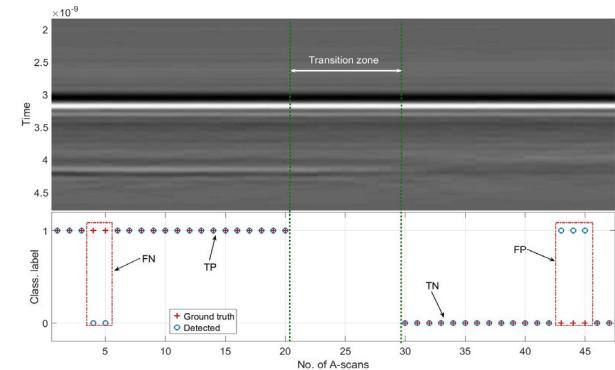
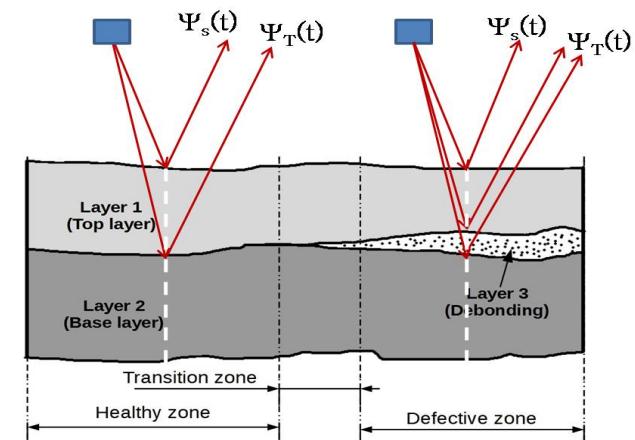
Etude préliminaire

► Evaluation Non destructive : Support Vector Machine



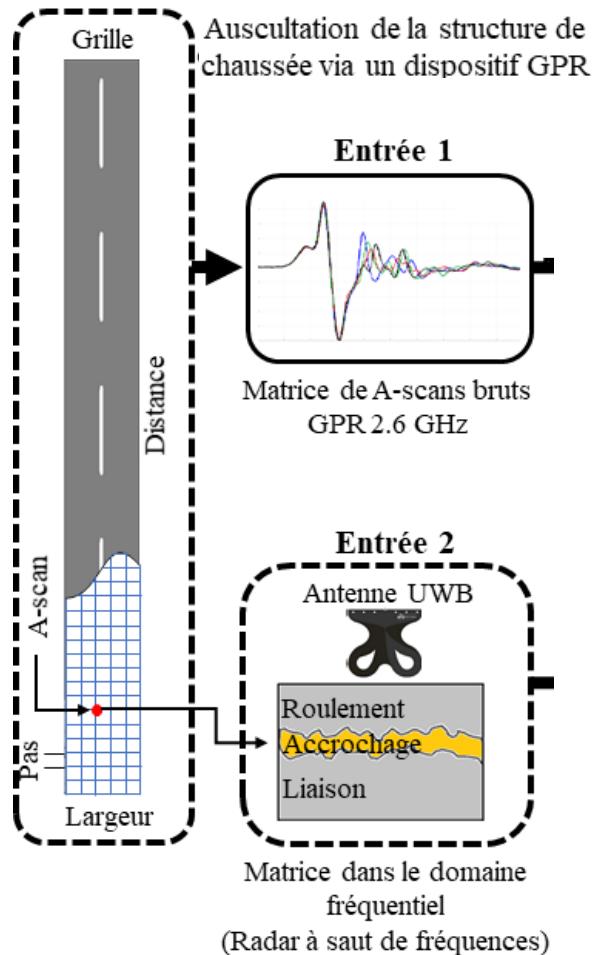
$$\left. \begin{array}{l} \min_{\omega, b} = \frac{1}{2} \|\omega\|^2 + C \sum_{i=1}^n \xi_i \\ \text{Avec } y_i (\omega^T x_i + b) \geq 1 - \xi_i \end{array} \right\} \text{avec } C \geq 0 \quad \forall 1 \leq i \leq n$$

Détection de décollements significatifs

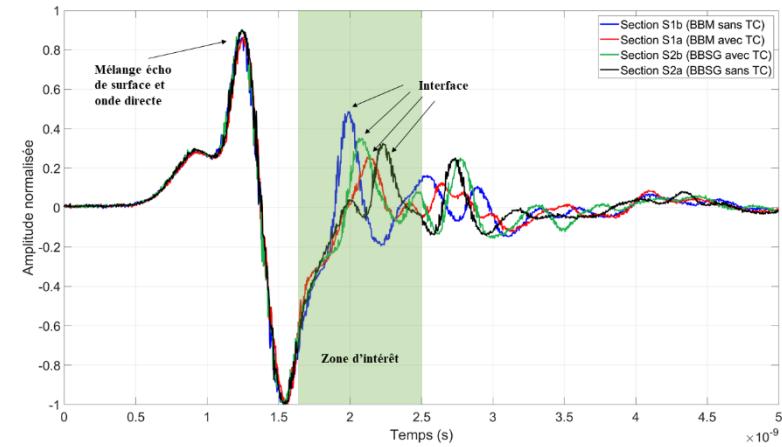


[Todkar et. 2019]

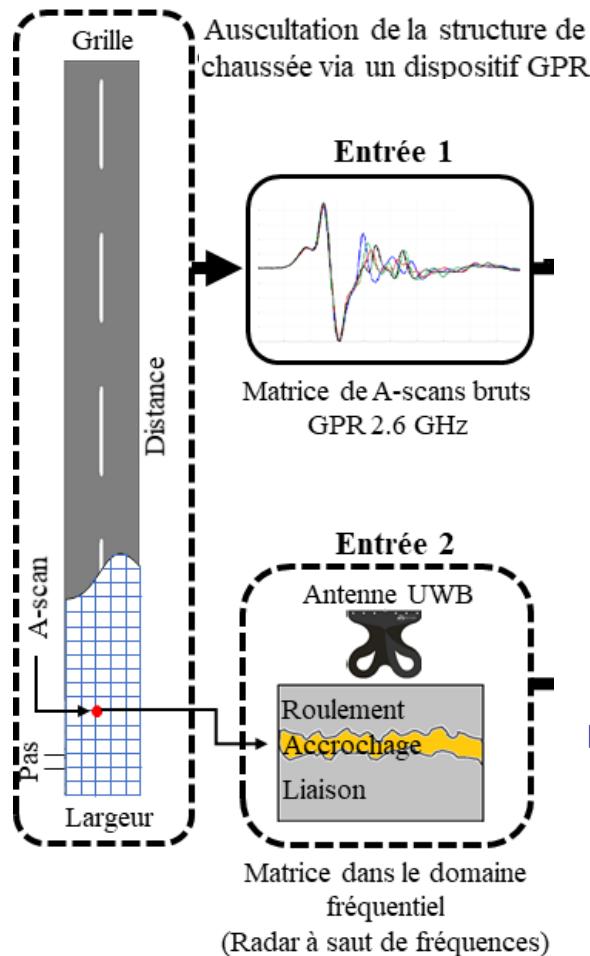
Méthodologie



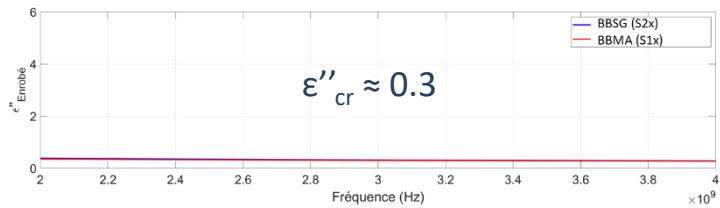
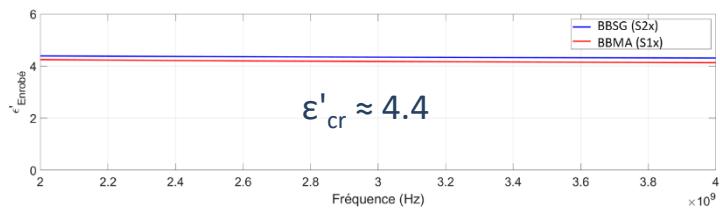
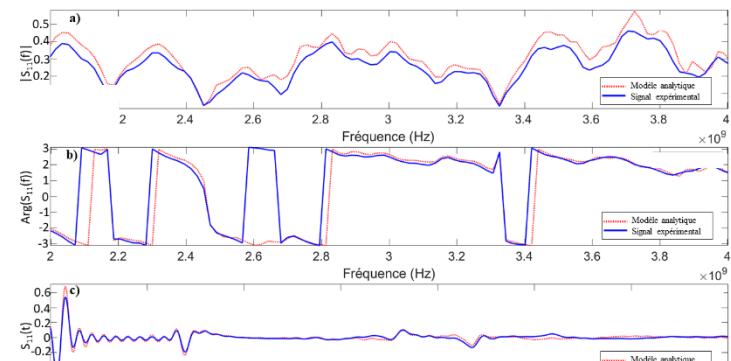
► Acquisition GPR à 2.6 GHz antennes couplées au sol



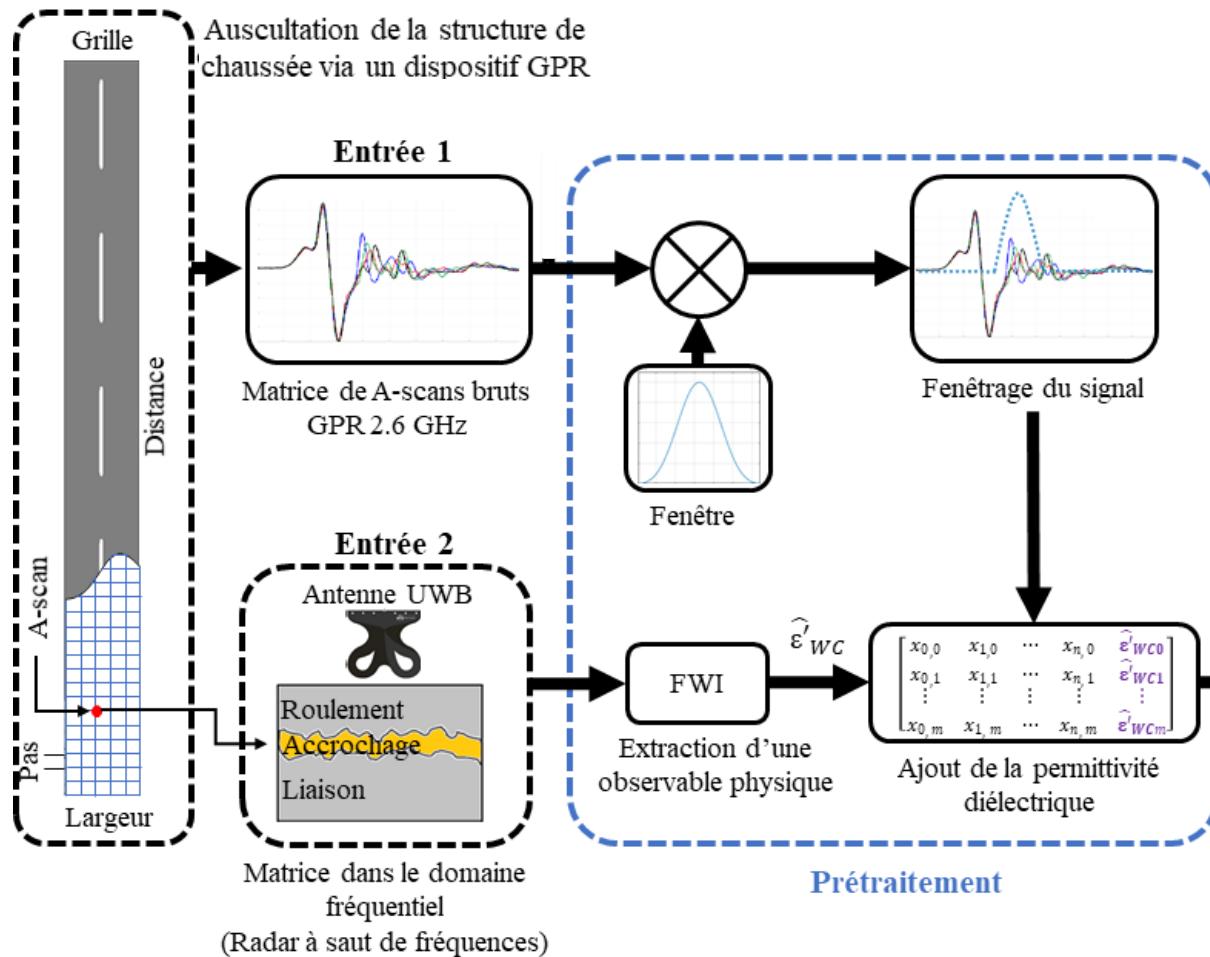
Méthodologie



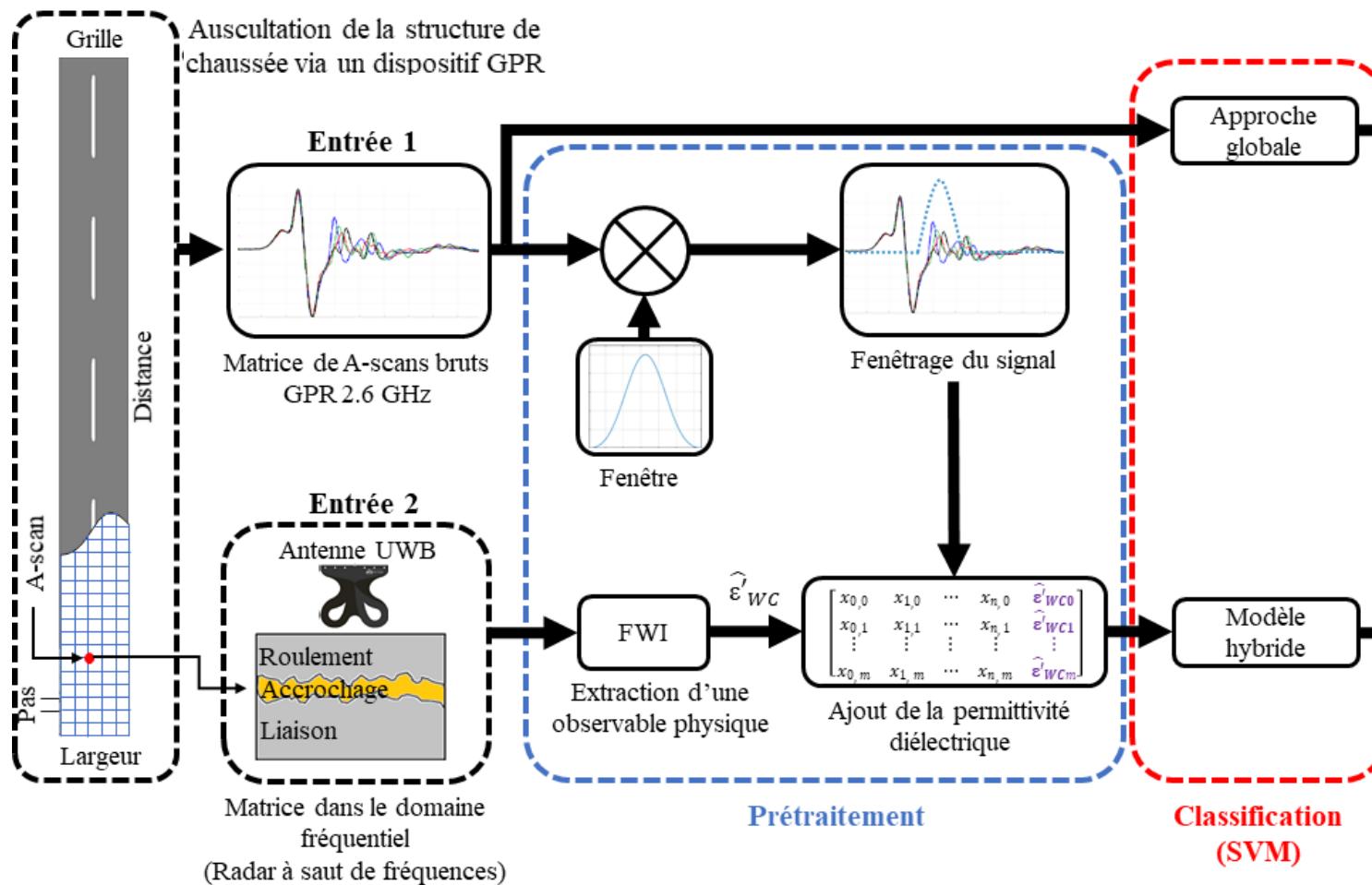
► Extraction et ajout d'un *a priori* extrait par FWI :
Permittivité diélectrique de la couche de roulement



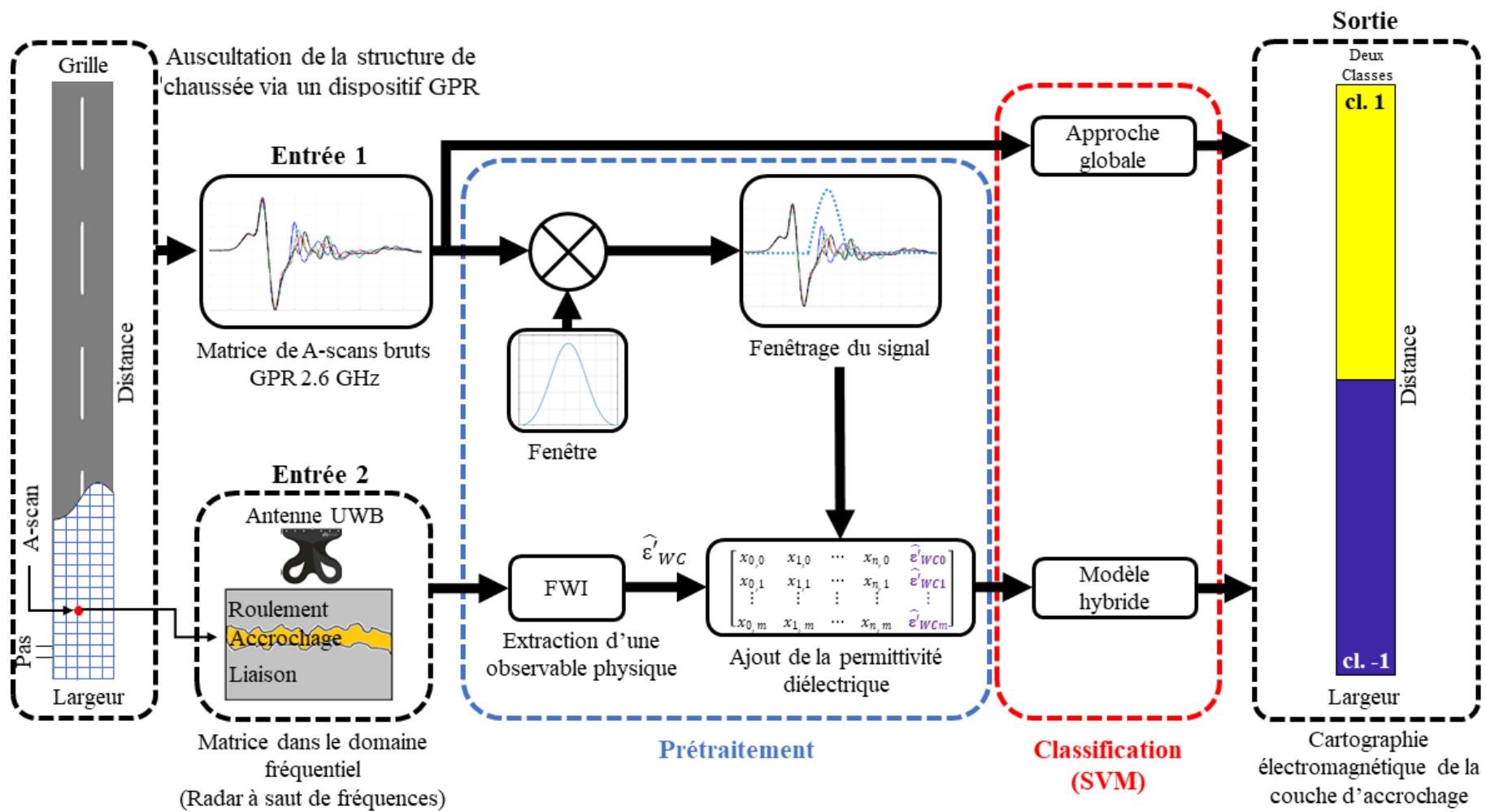
Méthodologie



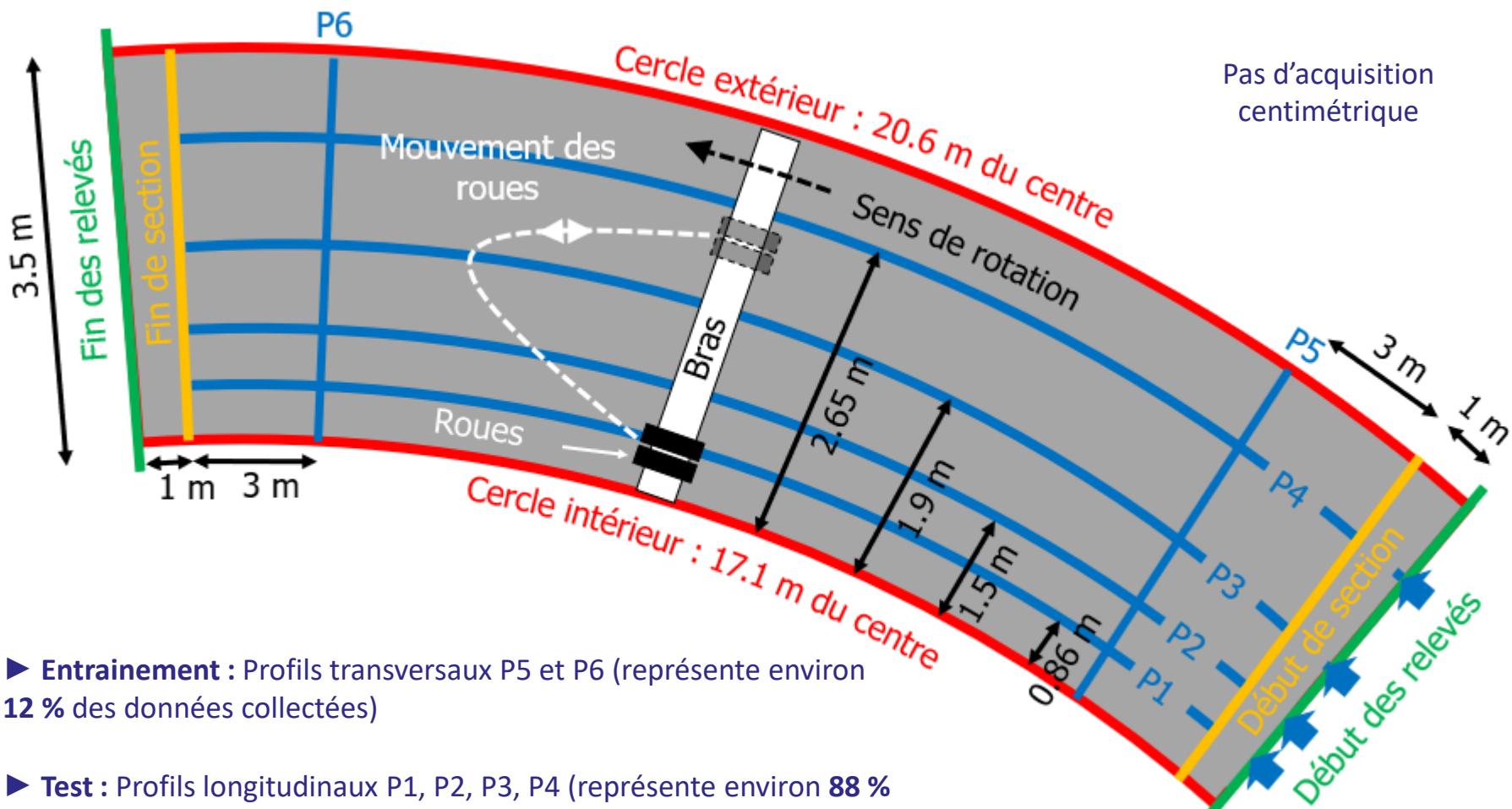
Méthodologie



Méthodologie

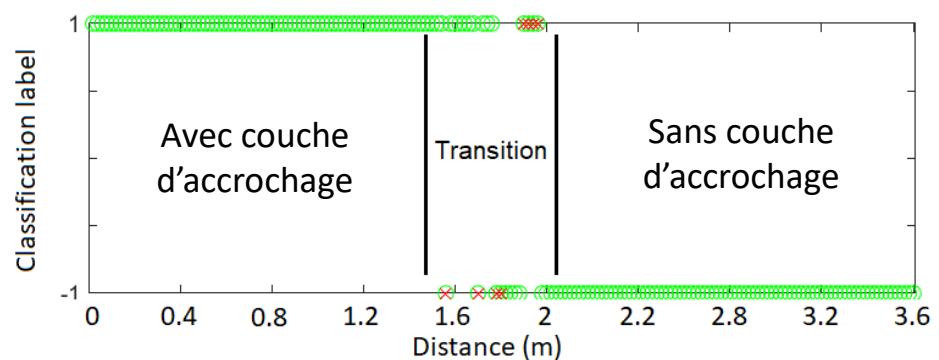
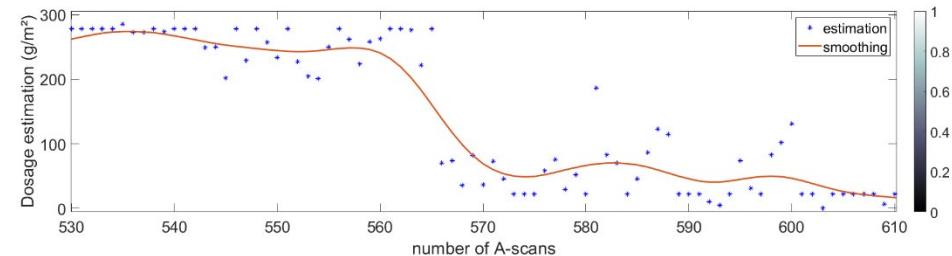
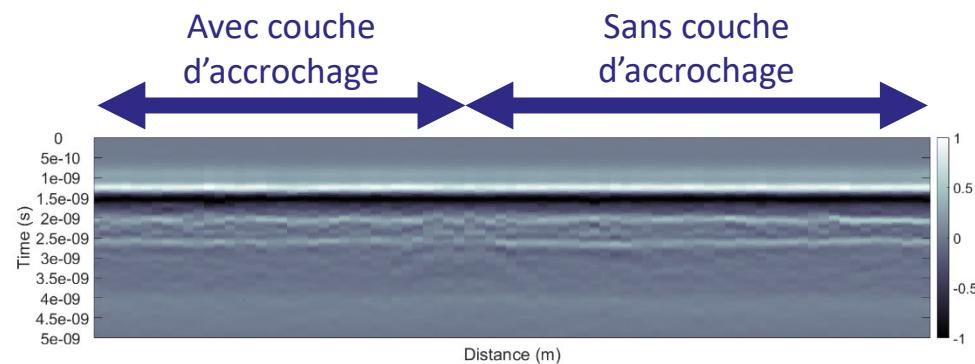
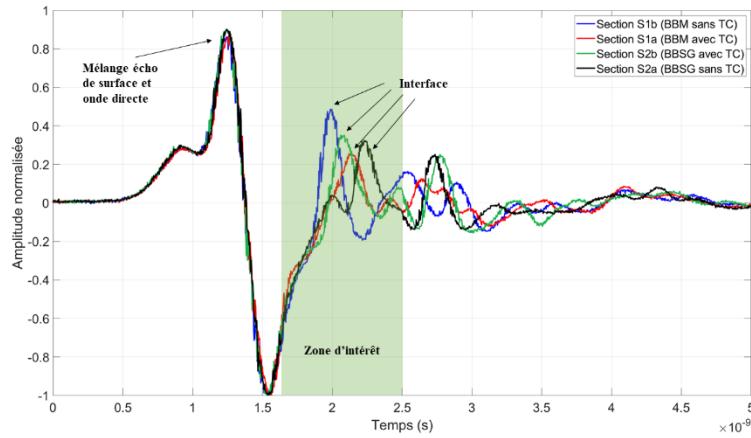


Protocole de collecte des données

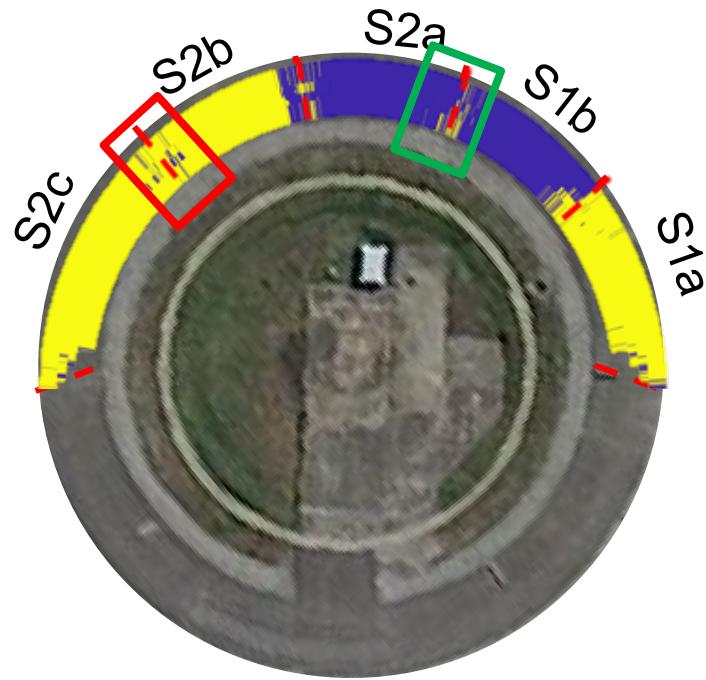
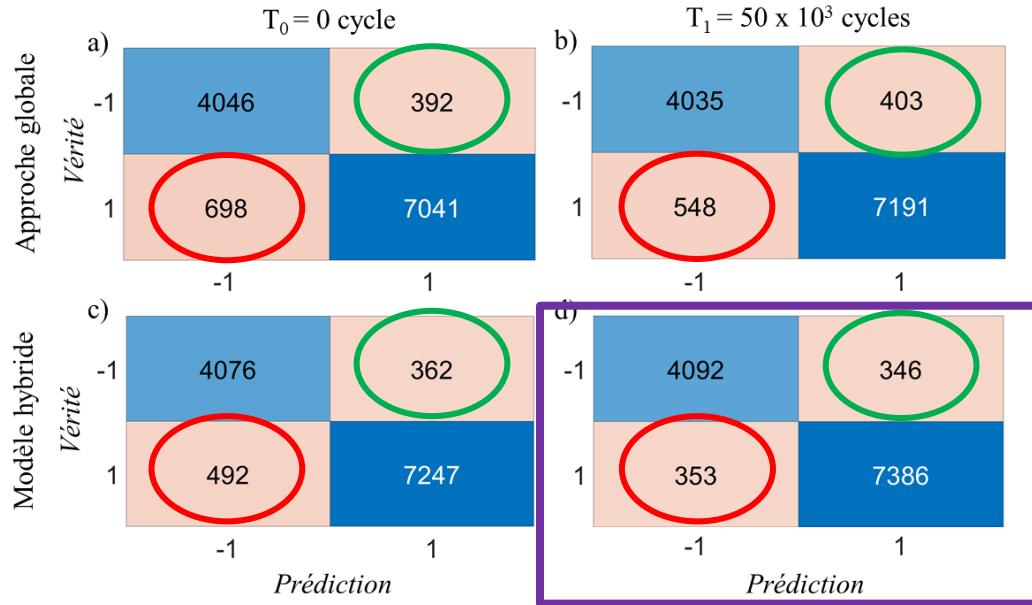


Résultats

► GPR à 2.6 GHz antenne couplées au sol



Résultats



Nombre de cycle	Approche	Performances DSC (en %)	Temps d'exécution (en s)
0	Globale	91	169,62
	Hybride	93	71,58
50 000	Globale	92	149,14
	Hybride	94	73,06

Conclusions

Conclusions

Confirmation de l'hypothèse du comportement diélectrique de la couche d'accrochage

1

Discrimination des zones avec et sans couche d'accrochage par des méthodes de machine learning

2

Validation de la méthodologie de traitement hybride des données ML/FWI

3

Possibilité de validation d'un chantier à la livraison en termes de répandage de la couche d'accrochage par des méthodes ND

4

Merci de votre attention

Grégory ANDREOLI, PHD

Université Gustave Eiffel MAST/EMGCU

Campus Méditerranée

304 Chemin de la Croix Blanche

13300 Salon de Provence

gregory.andreoli@univ-eiffel.fr

+33 (0)4 94 90 57 79 81