

Utilisation du GPR (Ground Penetrating Radar) dans le domaine routier

Par : FISSAA Smail (CNER)

I- Introduction :

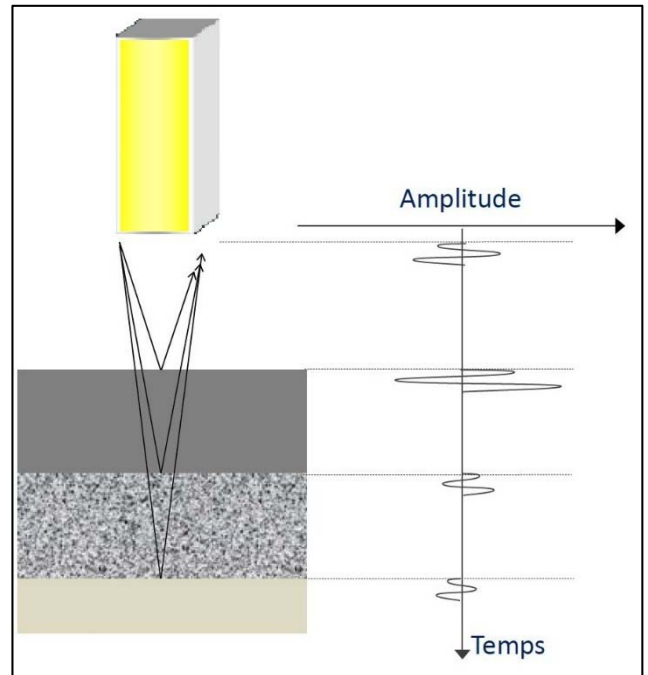
1. Principe du GPR :

Le géoradar (Ground-Penetrating Radar – GPR) est une technique géophysique non destructive permettant détecter des changements dans les structures routières.

Le fonctionnement du GPR est basé sur la propagation et la réflexion d'ondes électromagnétiques.

L'antenne émettrice envoie une impulsion électromagnétique vers le sol. Quand cette impulsion rencontre une interface entre deux matériaux différents, une partie de son énergie est réfléchie, tandis que l'autre pénètre plus profondément.

La profondeur de pénétration dépend de la fréquence des ondes.



2. Fréquences utilisées :

Une fréquence élevée permet d'avoir une grande précision dans la détection, mais sur une faible profondeur, tandis qu'une fréquence plus faible permet d'atteindre des profondeurs plus élevées mais avec une diminution de la qualité du signal.

Faible fréquence	Haute fréquence
Grande profondeur	Faible profondeur
Faible résolution	Haute résolution
Géologie & géophysique	Chaussées et tabliers de ponts

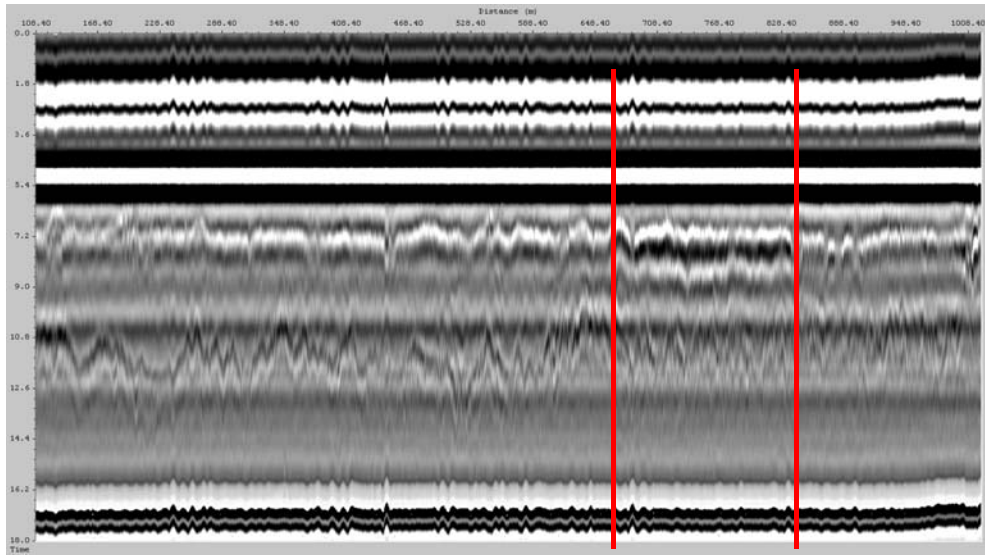
Pour le domaine routier, la fréquence adaptée est entre 1 GHz et 2 GHz pour une pénétration de 0,5m à 1m.

Le CNER dispose d'une antenne aérienne de fréquence 1GHz.

II- Applications du GPR :

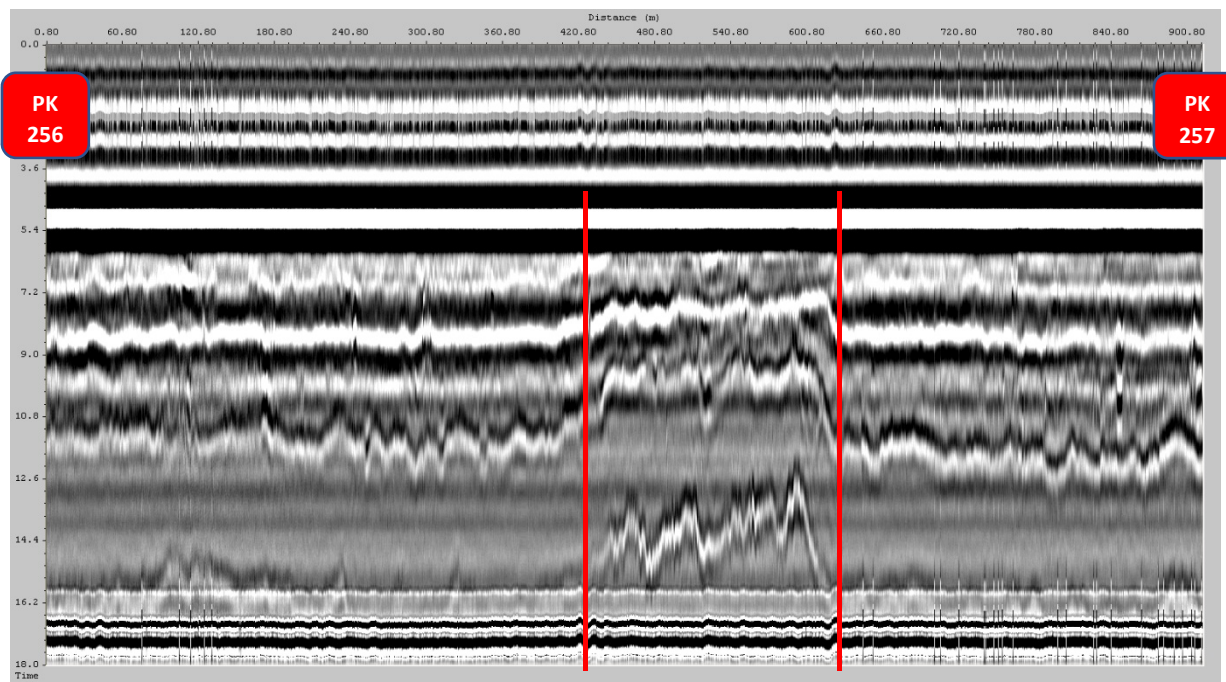
1. Détection de variations dans les structures – zones homogènes :

Les interfaces entre les couches peuvent être visualisées le long d'une section donnée, ce qui peut être utilisé pour détecter les variations dans la structure de chaussée et ainsi déterminer les zones homogènes. On peut voir également le nombre d'interfaces et leurs positions relatives.

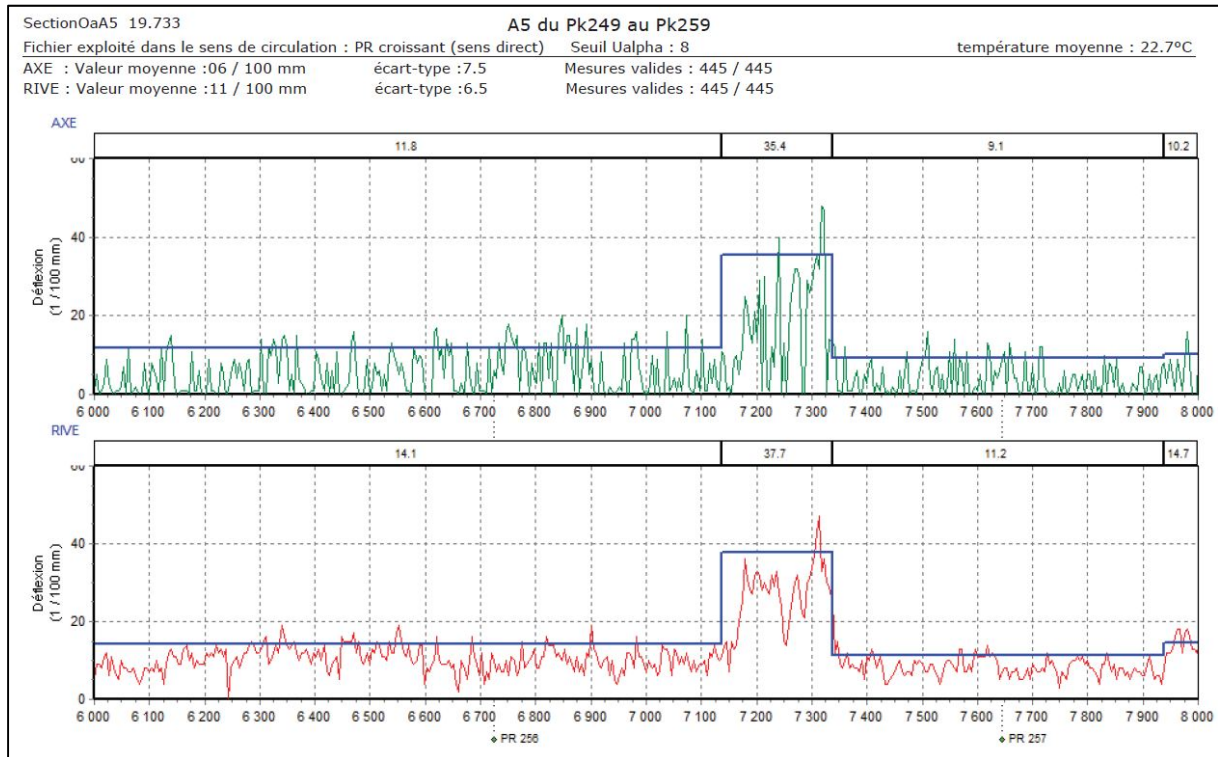


Section d'étalonnage du CNER (RP4027)

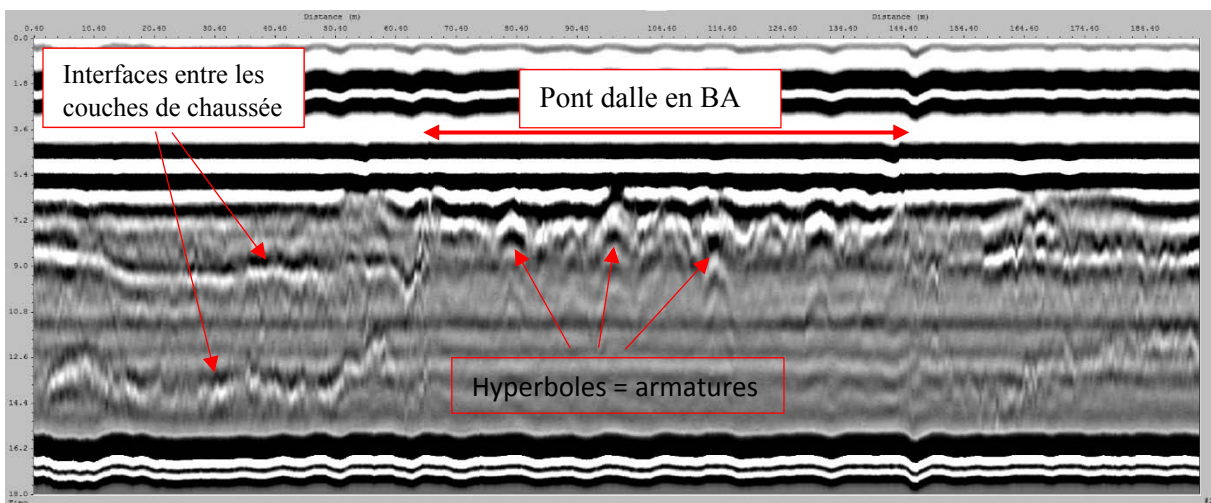
Le cas suivant représente la section de l'autoroute A5 (Kenitra - Rabat) entre PK 256 et PK 257. On peut voir la présence d'une zone de changement de structure sur une longueur d'environ 200m.



En comparant les résultats du GPR aux mesures de déflexion, on peut constater une augmentation de la déflexion sur la même section, sachant que la section ne présente aucune différence visuelle percevable par rapport aux sections qui l'entourent.



La section suivante représente un Pont dalle en béton armé (Pont sur la RP 4301 franchissant Oued Korifla). On peut voir la structure de chaussée de part et d'autre du pont. Au niveau de la dalle, on peut voir les armatures sous forme d'hyperboles, qui est la signature typique d'un réflecteur local.



2. Estimation des épaisseurs des couches de chaussée :

Le système GPR permet de calculer le temps que mets l'onde entre chaque interface de changement de matériau. Pour déterminer l'épaisseur des couches, il faut connaître la vitesse de propagation dans chaque matériau, qui est calculée par la formule :

$$V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Avec :

c : vitesse de la lumière

ϵ_r : permittivité diélectrique relative du matériau.

A titre d'exemple, on a $\epsilon_{r \text{ air}} = 1$ ($V = c$)

$$\epsilon_{r \text{ eau}} \sim 81$$

Pour les matériaux routiers, on a des ordres de grandeurs de ϵ_r , mais qui varient considérablement en fonction de la présence de l'eau.

Matériau	ϵ_r
Asphalte sec	2 - 5
Asphalte humide	6 - 12
Béton sec	4 – 8
Béton humide	8 – 15
Bitume	2,7
Sable sec	2,5 - 6
Sable humide	10 – 25
Glace	2,5 – 4
Sol sec	4 – 10
Sol humide	10 – 30
Sol gelé	4 – 8
Calcaire sec	7
Calcaire humide	8

3. Détection de singularités :

Le GPR permet également de détecter la présence de singularités sous le sol. On peut citer notamment :

- Présence de cavité ;
- Présence de zone humide ;
- Détection de goudjous / barres d'ancrage (chaussées en béton) ;
- Localisation de réseaux (conduite / câble).

Toutefois, il faut utiliser la fréquence adaptée (la fréquence est inversement proportionnelle à la taille minimale détectable de l'objet).

III- Utilisations du GPR dans le domaine routier :

1. Implantation de la campagne géotechnique (phase étude) :

Les études géotechniques routières sont basées sur la réalisation de sondages (ou de carottes pour les chaussées en matériau lié) le long de la route avec un pas constant (généralement 1 ou 2 par Km pour les sondages manuels). Ce pas constant résulte principalement du manque ou absence d'information préalable sur les propriétés du sol et / ou de la structure existante.

Le GPR, étant un outil d'investigation non destructif qui fournit un certain nombre d'informations sur la structure de chaussée, peut venir réduire ce manque d'information et ainsi rendre la campagne géotechnique efficace et ciblée. Le principe consiste à découper la route étudiée en sections homogènes à l'aide du géoradar. On peut ensuite déterminer le nombre de prélèvement nécessaires par section homogène (selon l'importance du projet et la variation des autres paramètres).

2. Contrôle de qualité des travaux :

En estimant les épaisseurs des couches de chaussée, le GPR peut être utilisé comme moyen de contrôle après travaux, Mais cela nécessite une connaissance préalable de la structure en place. Et malgré ça, l'estimation reste assez grossière (grande marge de variation de ϵ_r) et nécessite un calibrage avec des carottes.

En pratique, on peut adopter deux approches dans l'utilisation du GPR :

- Utiliser les mesures GPR pour mieux implanter les carottes ;
- Utiliser des carottes pour mesurer les épaisseurs réelles sur des points choisis, et déterminer la permittivité diélectrique ϵ_r des matériaux en place par calcul inverse.

IV- Conclusion :

Le GPR est un outil important dans le domaine routier, et peut avoir plusieurs applications vu les nombreux avantages qu'il procure :

- Essai non destructif ;
- Rapidité d'exécution des mesures ;
- Exhaustivité et continuité des données ;
- Possibilité d'effectuer les mesures sans couper le trafic ;

Néanmoins, pour certaines applications où la précision est primordiale, il faut le coupler avec le carottage.