

# Découvrir les secrets cachés du béton : ce que le GPR peut (et ne peut pas) révéler

## Obtenez des résultats optimaux de vos contrôles non destructifs des structures en béton

Le radar à pénétration de sol (GPR) est rapidement devenu une méthode non destructive populaire pour les investigations sur le béton en raison de sa gamme d'utilisations industrielles, de la simple prévention des coups à l'analyse de la capacité structurelle. Le GPR est l'outil par excellence pour la cartographie des objets dans le béton armé, produisant des images claires d'objets métalliques tels que les barres d'armature ou les câbles de post-tension. Le GPR est tellement efficace pour cartographier les armatures que l'on oublie parfois les limites de ce qu'il peut ou ne peut pas trouver. Cela peut conduire à des informations incomplètes sur ce qui se trouve dans le béton. Il est important de connaître la science qui se cache derrière un appareil de balayage GPR pour comprendre ses capacités et ses limites, et ce qu'il peut faire pour l'opérateur.

Les appareils GPR sont constitués d'une ou plusieurs antennes contenant un émetteur et un récepteur. L'émetteur émet des ondes électromagnétiques dans le béton et lorsque les ondes rencontrent les limites du matériau, un pourcentage de l'énergie de l'onde est réfléchi et reçu par l'antenne. Les temps de réflexion et l'énergie sont enregistrés et lorsque les données sont collectées sur une certaine distance, une image en coupe transversale du béton est obtenue (figure 1). Les objets sont souvent représentés sous forme d'hyperboles, car plus l'appareil se rapproche de l'objet, plus le temps d'arrivée de l'onde de retour diminue. Lorsque l'appareil se trouve directement au-dessus de l'objet, le temps d'arrivée est le plus court possible, ce qui crée le pic de l'hyperbole. Lorsque l'appareil s'éloigne, le temps d'arrivée augmente et la seconde moitié de l'hyperbole se forme. Si l'objet n'est pas un point unique mais constant sur la longueur du balayage, comme le côté opposé du béton (paroi arrière), il n'y a pas d'hyperbole formée. Au lieu de cela, un temps d'arrivée constant de la réflexion apparaît comme une bande sur la section transversale.

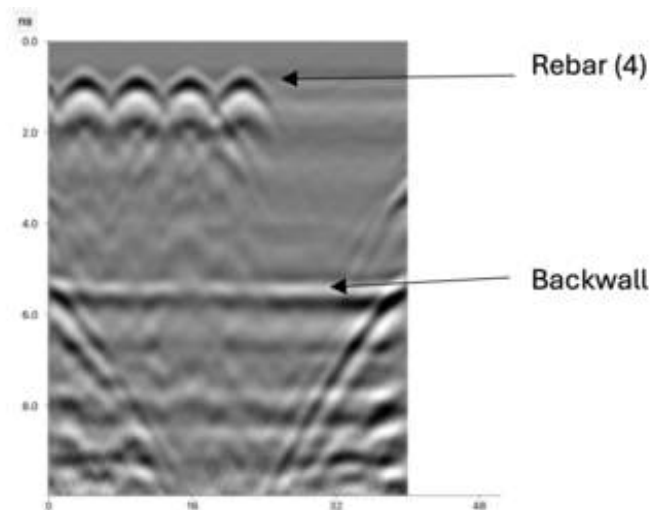


Figure 1: Typical GPR image, called radargram, with rebar and backwall

Si les ondes se réfléchissent lorsqu'elles rencontrent une limite matérielle, le point crucial est que la réflexion des ondes dépend d'une seule propriété matérielle : la constante diélectrique. La constante diélectrique, ou permittivité relative, est la capacité d'un matériau à conduire l'électricité. Le béton a généralement une valeur comprise entre 7 et 12, en fonction de la composition du mélange et de la teneur en eau. Si l'onde radar croise un matériau dont la constante diélectrique est très différente lorsqu'elle traverse le béton, une partie de l'énergie de l'onde sera réfléchi en fonction de l'importance de la différence. Les métaux sont des conduits électriques fantastiques et ont une constante diélectrique infinie. Cette différence infinie entre le béton et les métaux est la raison du fort signal de retour et de l'hyperbole claire pour les renforts en acier tels que les barres d'armature.

L'air et le plastique sont d'autres matériaux que l'on trouve couramment dans le béton. L'air peut être le côté opposé d'une dalle surélevée ou un défaut interne substantiel comme un manque de consolidation, un nid d'abeille ou une fissure de délamination. L'air a une constante diélectrique de 1. La réflexion est donc plus faible que celle des métaux, mais elle est souvent visible sur le scanner. Toutefois, ces réflexions sont rarement des hyperboles nettes. La face opposée du béton apparaîtra comme une bande, comme nous l'avons vu précédemment. Un vide est rarement bien formé, et l'hyperbole apparaîtra plus probablement déformée (figure 2). Le plastique est couramment utilisé pour les conduits électriques et a une constante diélectrique d'environ 4. La différence entre le béton et le plastique est beaucoup plus faible que pour les autres matériaux et il est plus difficile de la distinguer sur un balayage GPR en raison de la faiblesse de son signal.

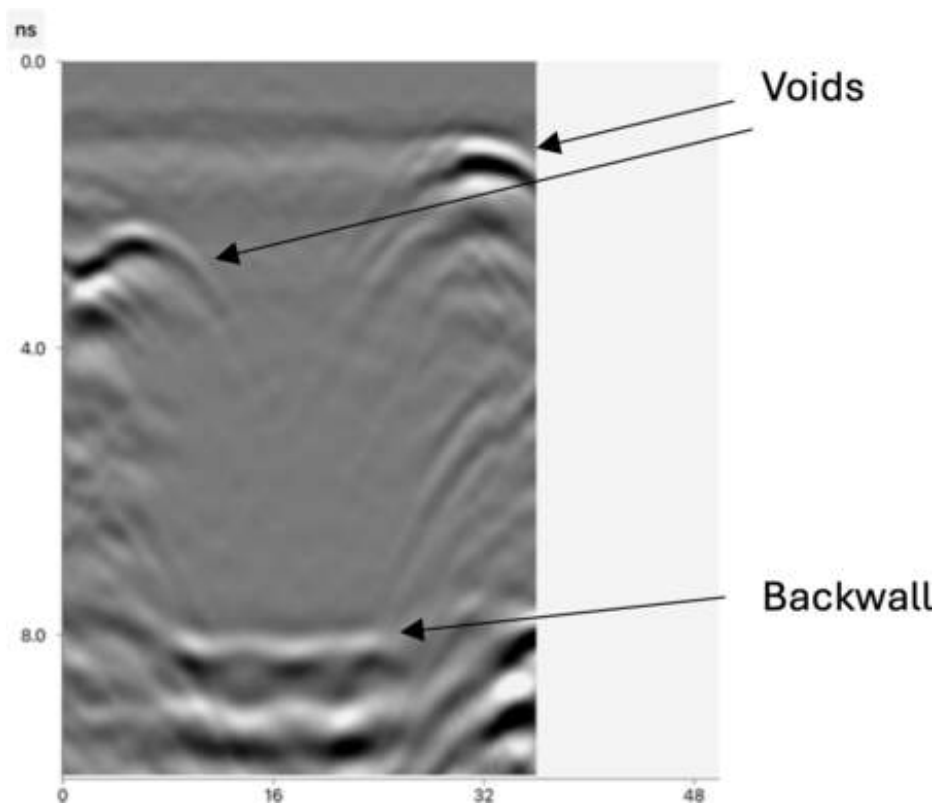


Figure 2: GPR scan showing air in concrete

Considérez l'équation ci-dessous pour la vitesse de propagation d'une onde. Le temps d'arrivée est mesuré par l'appareil et la vitesse de la lumière est une valeur connue. Si la constante diélectrique est estimée, soit en utilisant la correspondance d'hyperboles, soit en calibrant à partir d'une profondeur connue, la profondeur de n'importe quel objet peut être calculée. La constante diélectrique du béton étant très variable, il est important de l'étalonner en fonction des différents mélanges de béton.

Équation 1 :

$$v = \frac{d}{t} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

Où ?

$v$  est la vitesse de l'onde

$d$  est la distance à l'objet

$t$  est l'heure d'arrivée

$c$  est la vitesse de la lumière

$\epsilon$  est la constante diélectrique.

La teneur en eau du béton peut également affecter la constante diélectrique et doit être étalonnée. La constante diélectrique de l'eau est de 81, ce qui est beaucoup plus élevé que celle du béton. Lorsque le béton est saturé, la constante diélectrique du système augmente et l'eau diffuse l'énergie des ondes. Cela crée des images floues qu'il est difficile, voire impossible, d'interpréter. Le GPR ne doit pas être utilisé sur du béton frais, car la technologie est considérablement limitée jusqu'à ce que le béton soit complètement durci et que la teneur en eau diminue.

La profondeur de visualisation du GPR dépend de plusieurs facteurs, notamment ceux liés à la structure, au béton, à l'environnement et à la température [L'appareil GPR](#). Les objets métalliques reflètent 100 % de l'énergie des ondes, ce qui signifie que l'objet métallique apparaîtra clairement, mais que rien ne sera visible sous le métal. Cela peut être un problème pour visualiser des barres d'armature empilées ou des objets passant sous la grille de barres d'armature (figure 3). Il s'agit d'un problème majeur pour le béton armé de fibres d'acier, car les fibres ne permettent pas aux ondes de passer, de sorte qu'il n'y a pas de pénétration visuelle en profondeur. L'espacement serré des barres d'armature peut également constituer un problème lorsque l'onde n'a pas l'espace nécessaire pour traverser efficacement une grille (figure 3). Là encore, les objets sous-jacents, y compris la paroi arrière, peuvent être dissimulés, ce qui complique les mesures d'épaisseur. Certains appareils GPR peuvent effectuer une polarisation croisée, qui fait pivoter l'orientation de l'antenne de manière à ce qu'une plus grande quantité d'énergie d'onde puisse passer à côté d'un objet. Il en résulte une hyperbole dont les queues sont plus courtes pour les objets métalliques, mais qui permet d'obtenir une paroi arrière plus nette.

La saturation et la qualité du béton sont d'autres facteurs qui déterminent la profondeur de pénétration potentielle. Lorsque les ondes GPR interagissent avec l'eau, l'énergie est perdue et la pénétration en profondeur est réduite (figure 3). Dans le cas d'un béton de mauvaise qualité, les vides et les fissures sont plus nombreux, chacun d'entre eux entraînant une limite supplémentaire à franchir et une perte d'énergie correspondante due à la réflexion. Plus le béton est de mauvaise qualité, moins la pénétration en profondeur est importante.

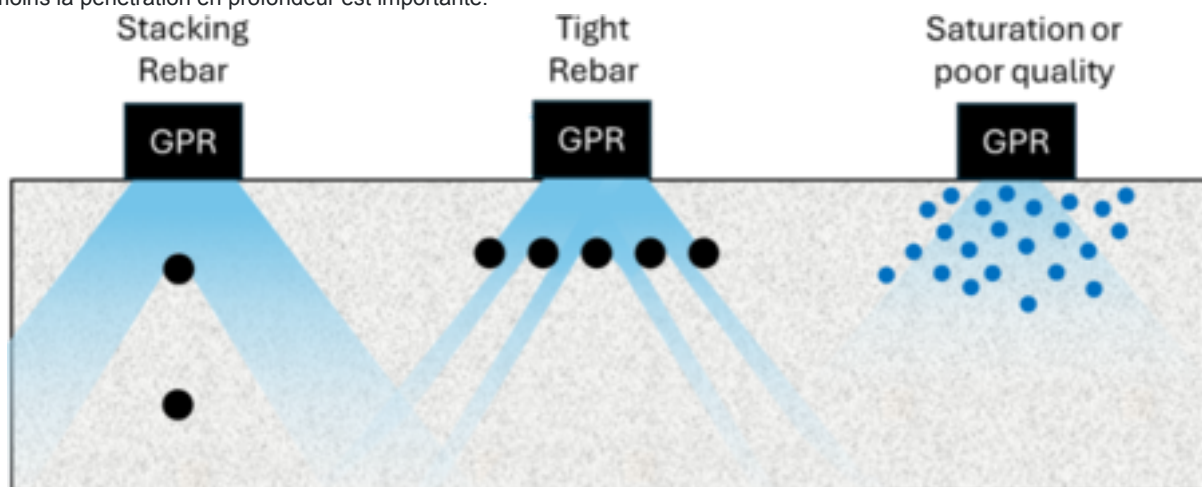


Figure 3: Factors limiting GPR imaging

Il est possible de contrôler la profondeur de pénétration. Lorsque l'émetteur émet des ondes électromagnétiques, il le fait à une fréquence spécifique, ce qui détermine le nombre d'ondes se produisant au cours d'une période donnée. Cela définit la résolution de l'image. Plus la fréquence est élevée, meilleure est la résolution, mais plus la pénétration en profondeur est faible. Les fréquences plus basses n'offrent pas une résolution nette, mais permettent d'obtenir des images d'objets plus profonds. Certains appareils permettent à l'utilisateur de choisir la profondeur de pénétration souhaitée en proposant plusieurs options d'antennes, chacune ayant une fréquence d'impulsion spécifique. Une méthode plus récente, appelée onde continue à fréquence échelonnée, offre une gamme très étendue de fréquences permettant d'obtenir à la fois une résolution et une pénétration en profondeur.

Le GPR est une excellente méthode de cartographie des objets dans l'industrie du béton. Cependant, il est important de comprendre les limites de l'appareil, ainsi que la qualité et l'état du béton, afin d'accroître la confiance dans un balayage. L'étalonnage de la constante diélectrique à chaque fois qu'il y a un changement dans le béton est essentiel pour une estimation précise de la profondeur. Il faut tenir compte de la qualité et de l'environnement du béton pour s'assurer qu'il est suffisamment sec pour permettre un balayage correct et obtenir la profondeur de pénétration souhaitée. De même, la fréquence choisie pour l'antenne, qu'il s'agisse d'une fréquence pulsée ou d'une fréquence par paliers, est importante lorsqu'il s'agit de donner la priorité à la résolution ou à la pénétration en profondeur.

Katelyn Gennuso, Ph.D., est consultante en solutions pour Proceq - A Screening Eagle Company, membre du CSDA. Elle est titulaire d'un doctorat en génie civil de l'Université de Pittsburgh, axé sur les chaussées en béton. Katelyn est une ingénieure civile expérimentée dans les aspects techniques des essais non destructifs, souvent dans l'analyse des structures en béton. Elle peut être contactée à l'adresse [Katelyn.Gennuso@screeningeagle.com](mailto:Katelyn.Gennuso@screeningeagle.com).



[Terms Of Use](#)  
[Website Data Privacy Policy](#)

**Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved.** The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.