



Méthode de détection et localisation de cible derrière un mur:

# Trilatération

Projet : vision à travers les murs

Doctorant: Xiaowei Zhao

Encadrants: Alain Gaugue, Jamal Khamlichi, Michel Ménard

# Principe de la technique

Une technique mathématique permettant de déterminer la position relative d'un point en utilisant la géométrie des triangles, elle utilise les distances entre un minimum de deux points.

# État de l'art

Domaines utilisés:

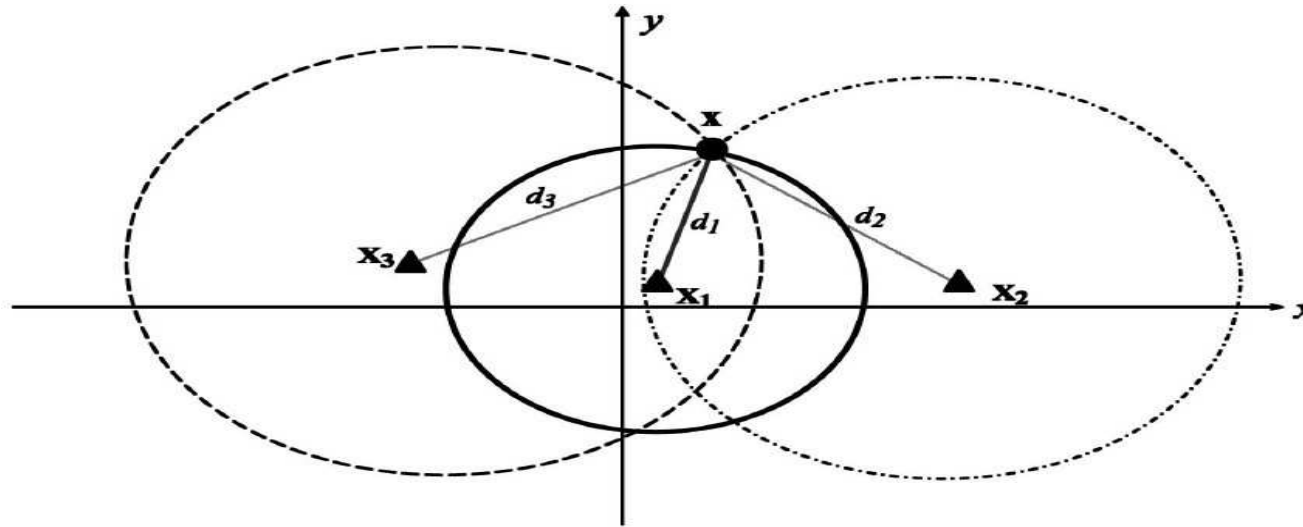
1. Navigation (GPS);
2. Recherche (Localisation dans un environnement limité)

Basée sur les méthodes de mesure de distance:

1. RSSI (Received Signal Strength Indication);
2. TDoA (Time difference of Arrival);
3. ToA (Time of Arrival);
4. AoA (Angle of Arrival);
5. Mélange de ToA/AoA, ToA/RSSI ou TDoA/AoA.

La méthode de mesure de distance choisie: ToA

# Modèle de radar monostatique sans mur



$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$



$$d_i^2 - d_1^2 = R_i^2 - R_1^2 - 2x_{i1}x - 2y_{i1}y$$

Où

$$R_1 = x_1^2 + y_1^2, \quad R_i = x_i^2 + y_i^2$$

$$x_{i1} = x_i - x_1, \quad y_{i1} = y_i - y_1$$

pour  $i = 2, 3$ .

Réécrit

$$Wx = \beta$$

Où

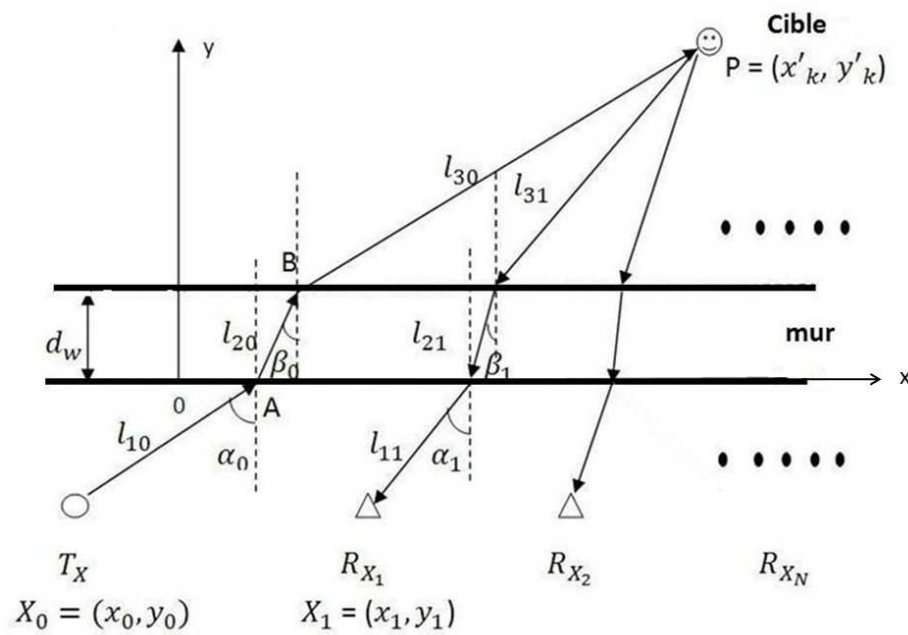
$$W = \begin{bmatrix} x_{21} & y_{21} \\ x_{31} & y_{31} \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_2^2 \\ \beta_3^2 \end{bmatrix}, \beta_i^2 = \frac{d_i^2 - d_1^2 - R_1^2 + R_i^2}{2}, \quad i = 2, 3.$$



3 Position de la cible:

$$x = W^{-1}\beta$$

# Modèle de radar multistatique avec mur



Loi de Snell:  $\sin \beta_i = \sqrt{\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}} \sin \alpha_i$

$$\beta_i = \sin^{-1}\left(\frac{\sin \alpha_i}{\sqrt{\epsilon}}\right), \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

$$l_{1i} = \frac{-y_i}{\cos \alpha_i}, \quad l_{2i} = \frac{d_w}{\cos \beta_i}, \quad l_{3i} = \frac{y'_k - d_w}{\cos \alpha_i}, \quad \text{avec } i = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

loi de triangle (A,B,P)

$$(x'_k - (x_i - y_i \tan \alpha_i, 0))^2 + (y'_k)^2 = l_{2i}^2 + l_{3i}^2 - 2l_{2i}l_{3i} \cos(\pi + \beta_i - \alpha_i)$$

Méthode de convergence

$$(1) + \alpha_i + v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

$$\tau_{0i} = \frac{l_{10}}{c} + \frac{l_{20}}{\frac{c}{\sqrt{\epsilon_2}}} + \frac{l_{30}}{c} + \frac{l_{1i}}{c} + \frac{l_{2i}}{\frac{c}{\sqrt{\epsilon_2}}} + \frac{l_{3i}}{c}, \quad \text{avec } i = 1, 2, 3, \dots$$

$$d_0 = c\tau_{0i} = l_{10} + l_{20} \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} + l_{30} + l_{1i} + l_{2i} \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} + l_{3i}$$

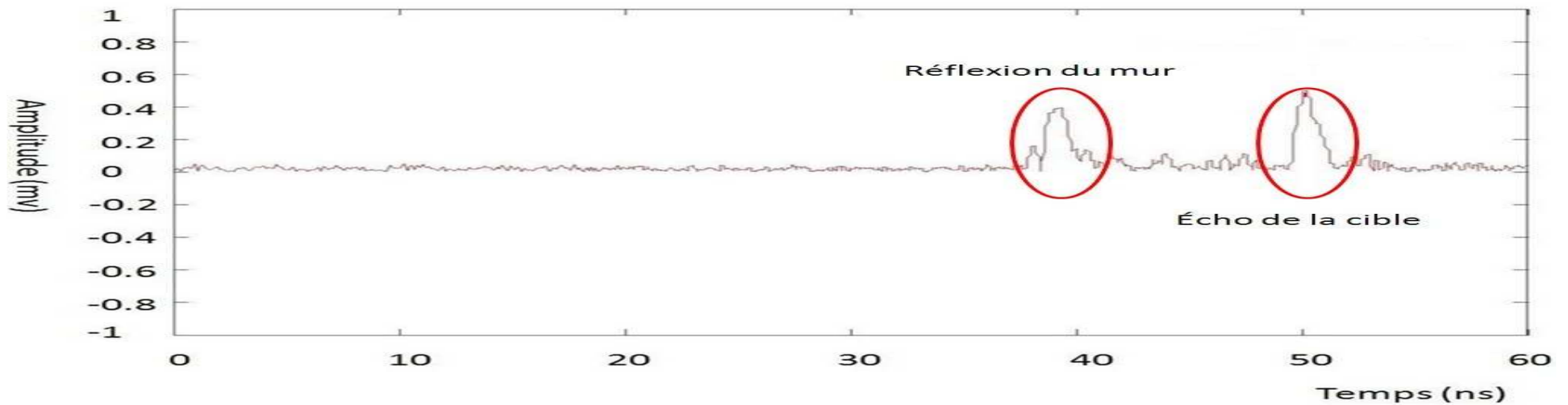
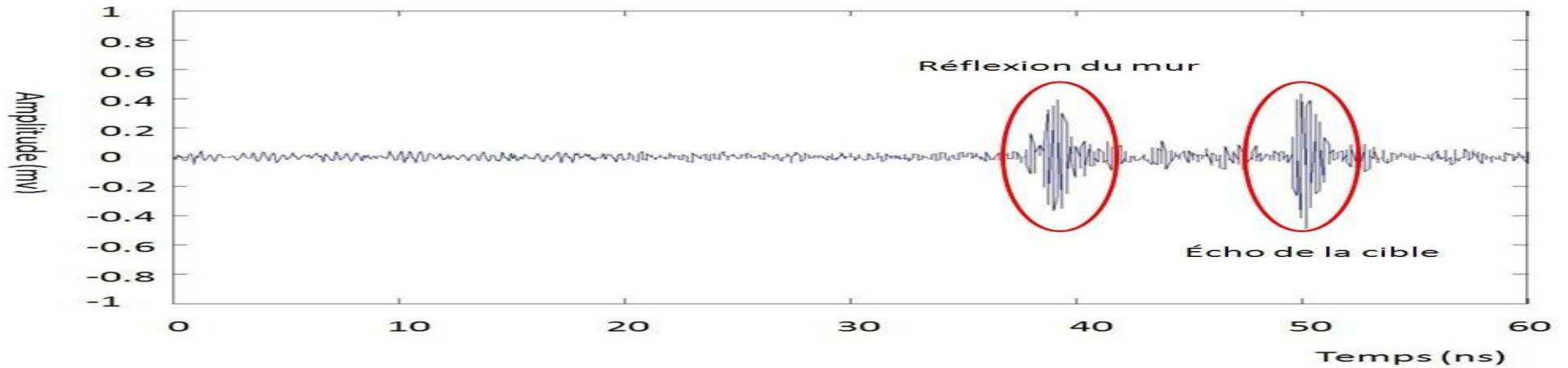
$$q = \sum_{i=1}^{\infty} (d_0 - (l_{k10} + l_{k20} \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} + l_{k30} + l_{k1i} + l_{k2i} \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} + l_{k3i}))^2$$

4 Méthode de Brent

$$(x'_k, y'_k)$$

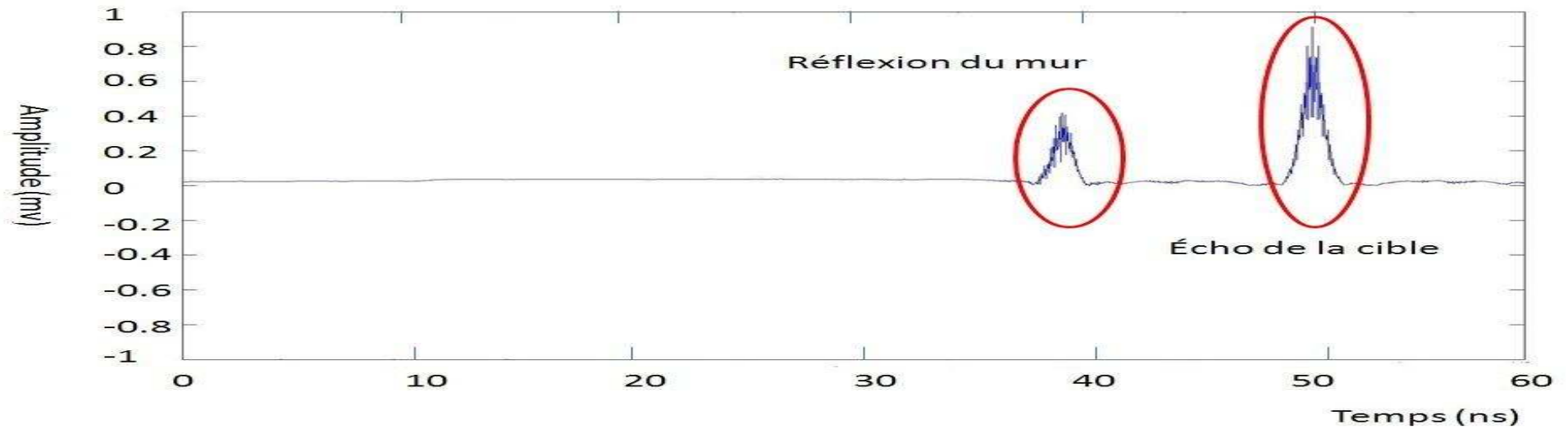
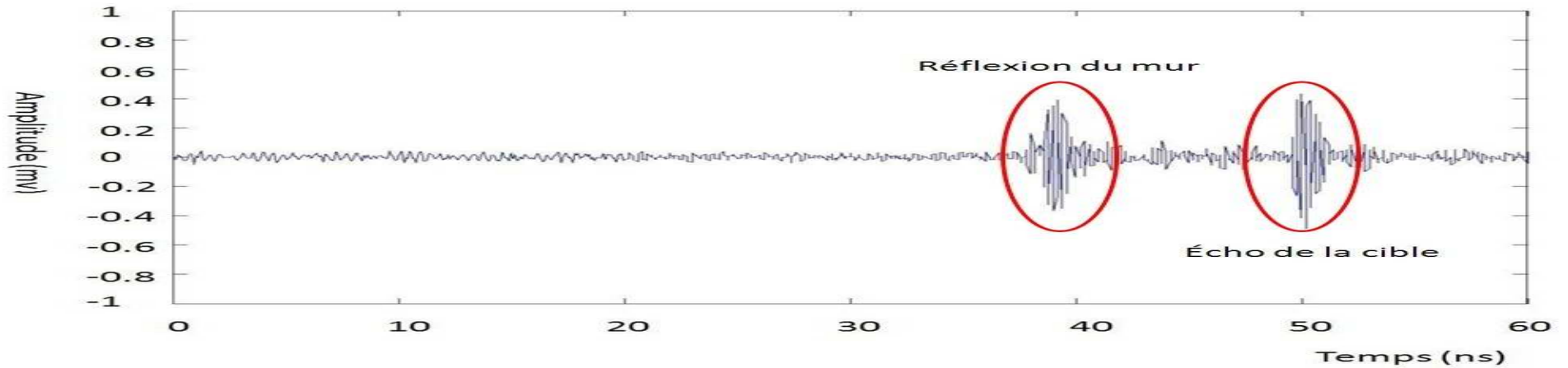
# Méthodes de traitement du signal

## Transformé de Hilbert

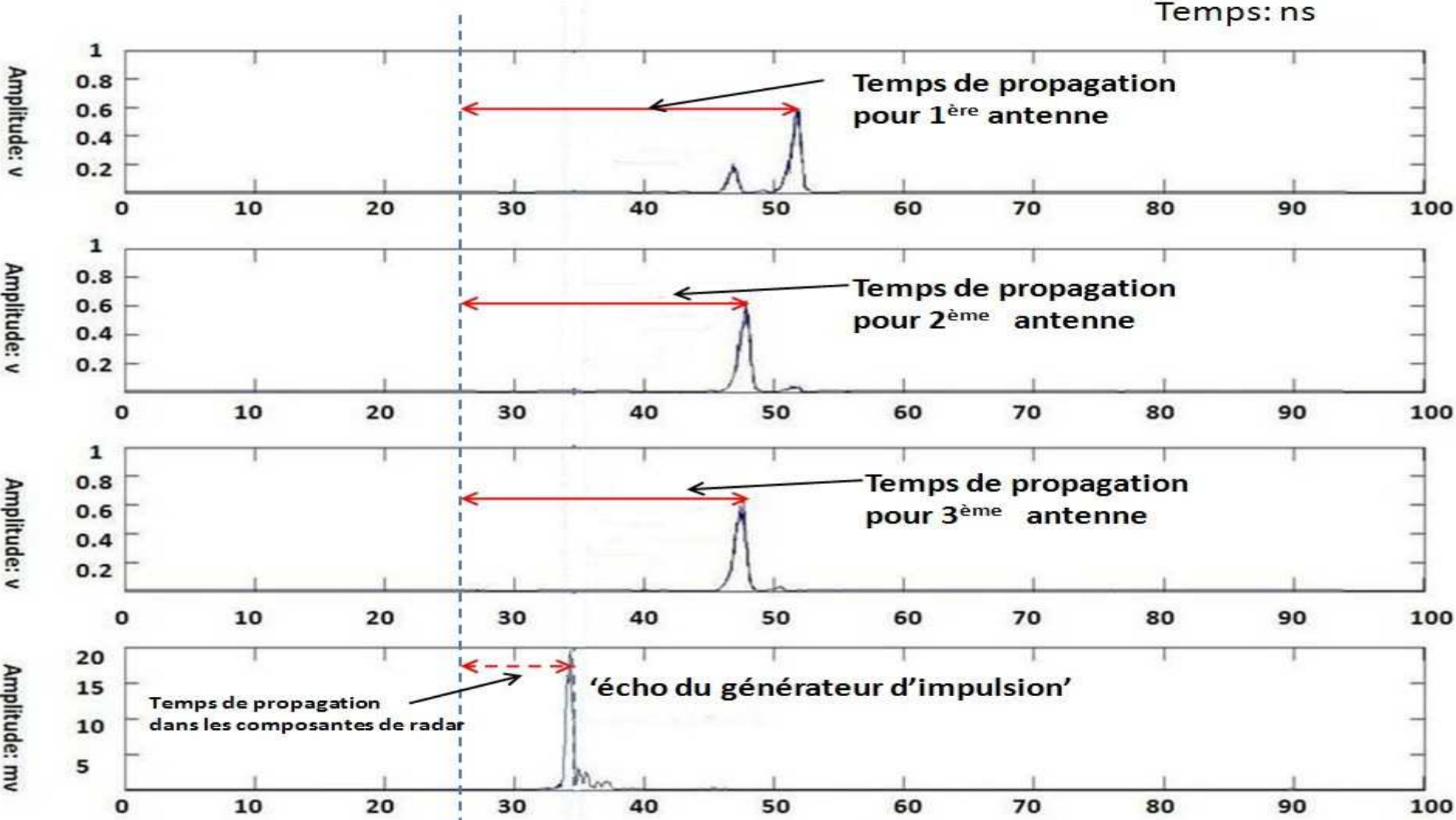


# Méthodes de traitement du signal

## Moment d'ordre supérieur

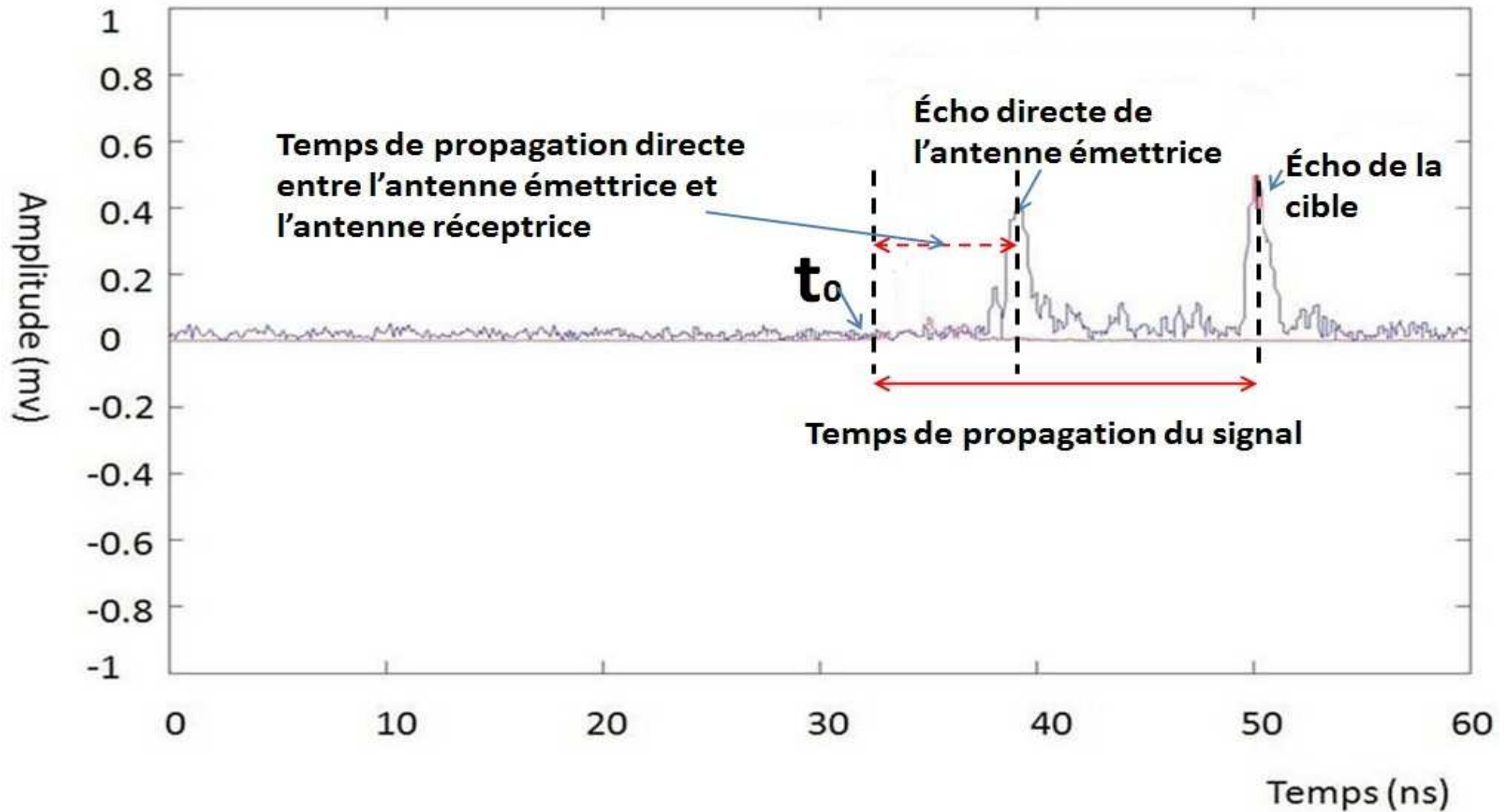


# La mesure du temps de propagation (1)

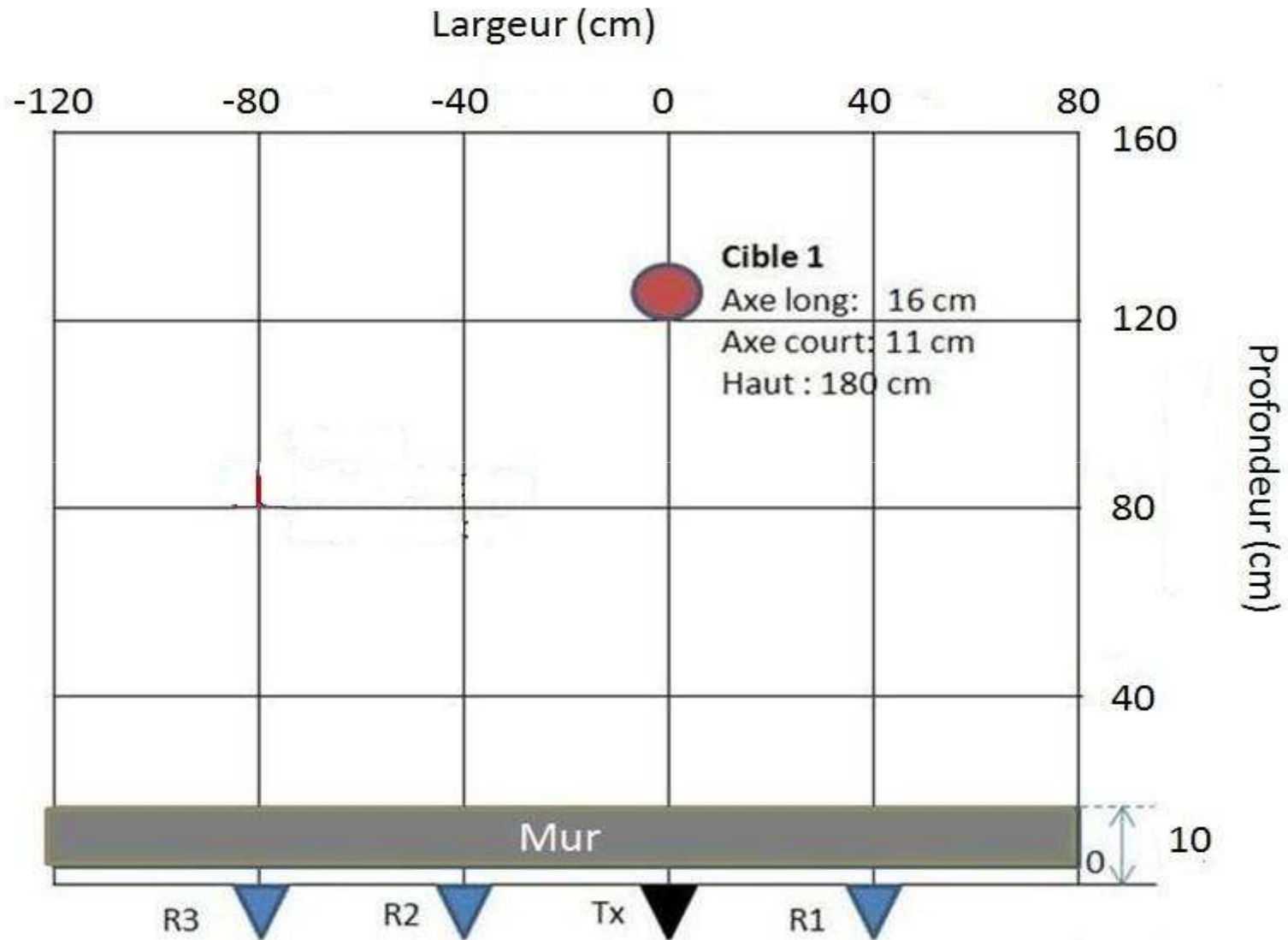




# La mesure du temps de propagation (2)



# La scène de mesure

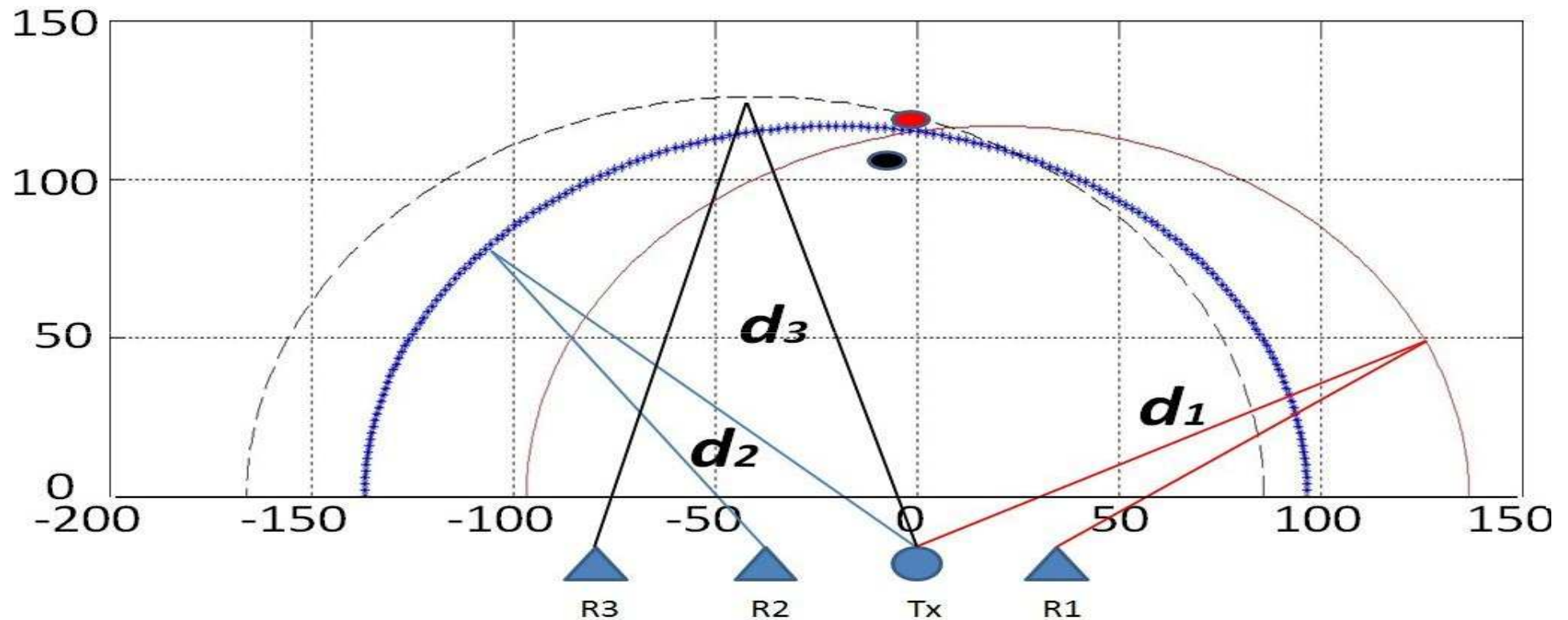


# Résultat des manipulations

● : Position exacte de la cible 1 (0cm, 120cm)

● : Position estimée de la cible 1 (-1,5cm, 105cm)

Unité: cm



Une erreur de l'ordre de 10% peut être due à plusieurs causes: cible non ponctuelle, erreur de position mesurée, constante diélectrique du mur inconnu, etc.

# Avantages, inconvénients et travaux futurs

## Avantages:

1. Bonne précision;
2. Adapté pour le suivi de cible mobile;
3. Le temps de calcul n'est pas long.

## Inconvénients:

1. Ne pouvoir pas présenter une image complète de la scène;
2. Ne pouvoir pas localiser deux ou plus de cibles en même temps.

## Travaux futurs:

1. Détection et localisation en 3D;
2. Optimisation de logiciel de localisation.

*MERCI POUR VOTRE ATTENTION!*