



**L'HOMME CONNECTÉ**

*Localisation et suivi de cibles occultées par un  
milieu opaque  
- application du Radar ULB -*

*Alain Gaugue, Jamal Khamlichi et Michel Ménard*

Laboratoire Informatique, Image et Interaction (L3i)  
Université de La Rochelle

# Localisation à travers un milieu opaque

## Voir à travers les « murs »



### Applications :

- ✓ Militaires (prise d'otage, guerres urbaines,...),
- ✓ Sécurité civile (détection de caches ou de personnes sous des décombres,...),
- ✓ Archéologie (détection de sites,...),
- ✓ Contrôle non destructif (BTP,...).

## Localisation et suivi de cibles occultées par un milieu opaque

- ✓ Spécificités des dispositifs de localisation « à travers »
- ✓ Prototype de dispositif de localisation
- ✓ Chaîne de traitement
- ✓ Perspectives

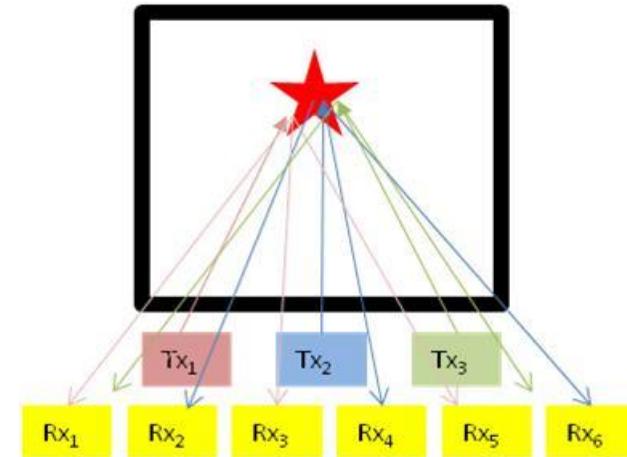
# Spécificités du système de localisation « à travers »

## Caractéristiques principales

- ✓ Radar courte portée
- ✓ Capacité de l'onde à traverser le mur
- ✓ Capacité à détecter deux cibles rapprochées (pouvoir séparateur)

## Choix technologiques possibles

- ✓ Longueur d'onde (centimétrique...au X)
- ✓ Technique d'émission (pulsée, FMCW, bruit)
- ✓ Architecture du radar (mono/multistatique, MIMO)
- ✓ Traitements (formation d'images, détection, suivi,...)

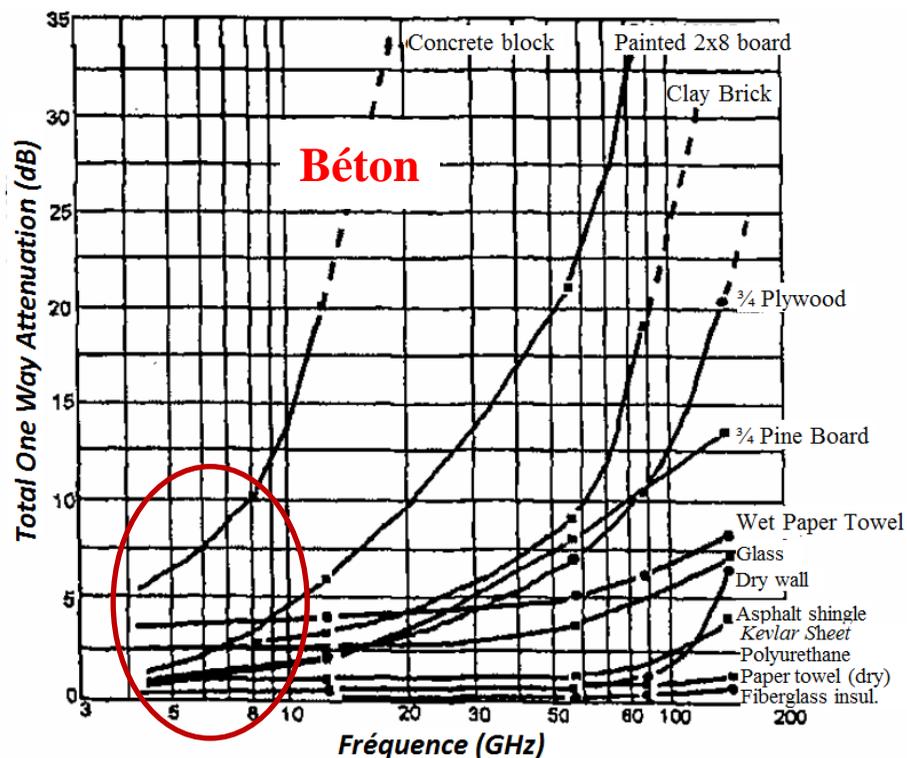


# Choix de la fréquence

## Radar UWB en onde centimétrique

### Atténuation

[L.M. Frazier, SPIE 2938, 1999]

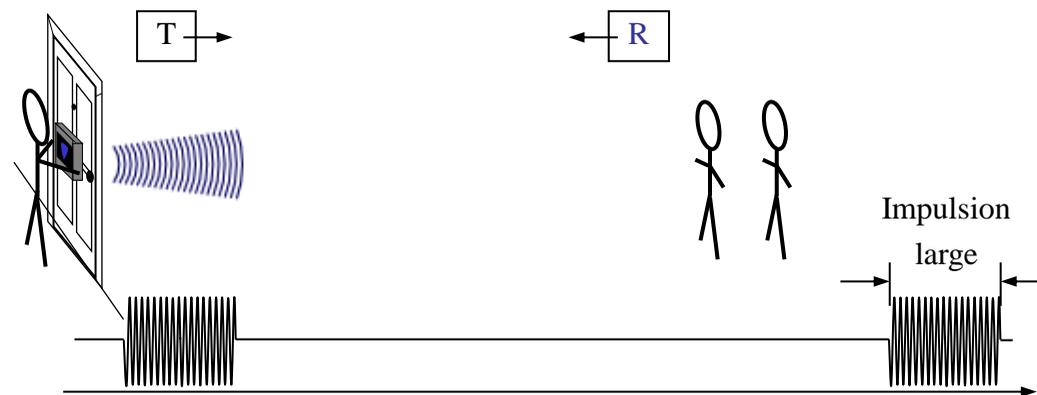


A. Gaugue & J-L. Politano

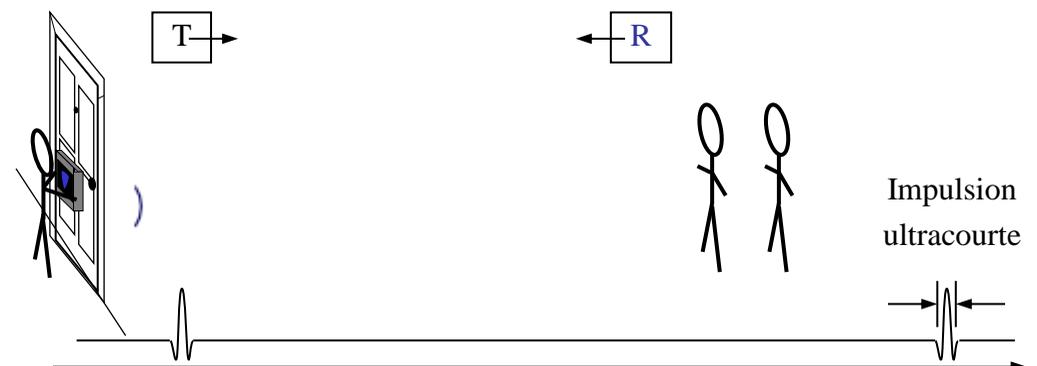
SPIE Passive Millimetre-Wave Imaging, vol. 5989, 2005

### Résolution

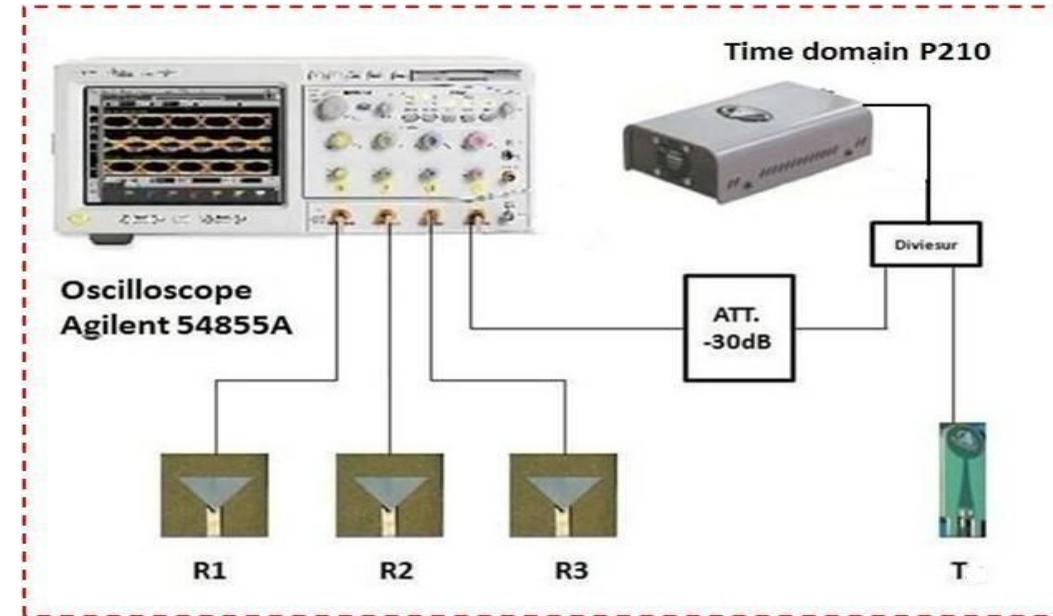
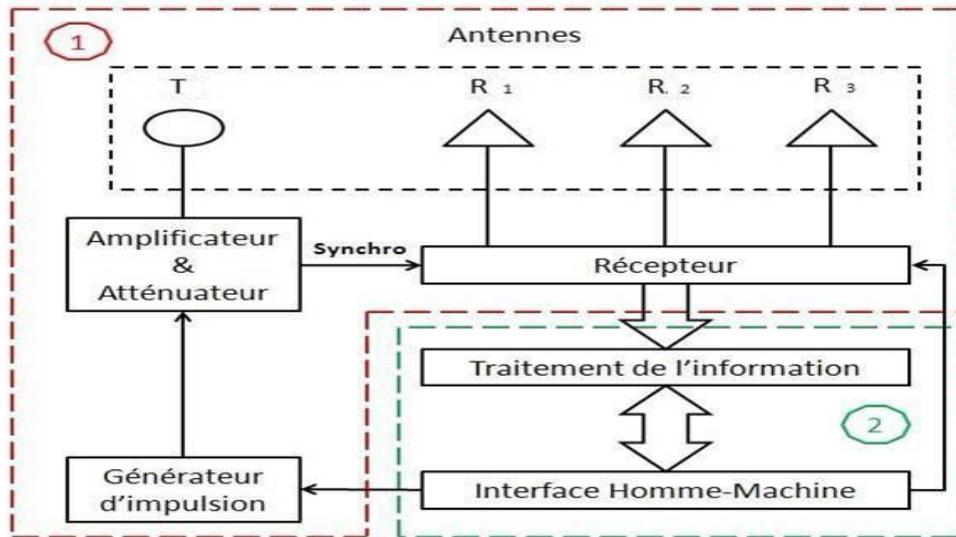
Système bande étroite: Impulsion large



Système large bande: Impulsion brève

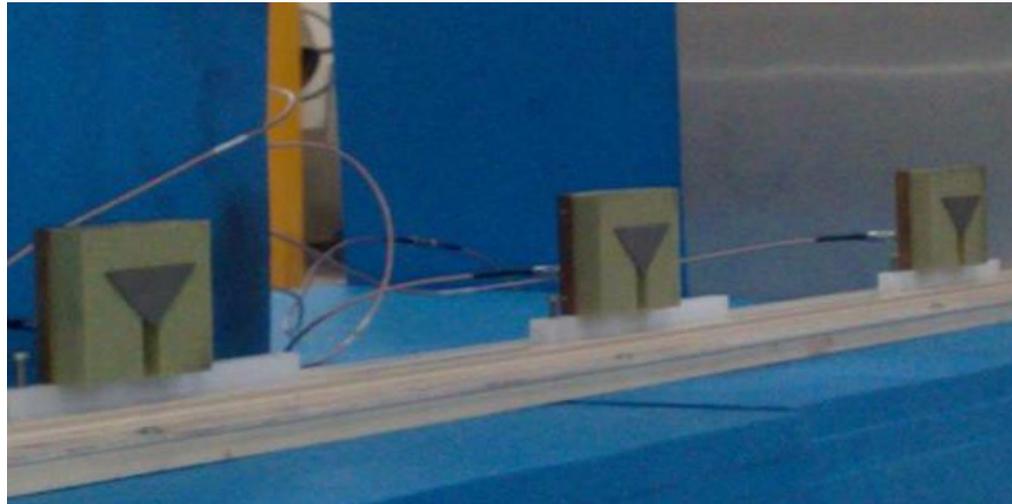


# Plateforme de localisation : radar UWB multistatique



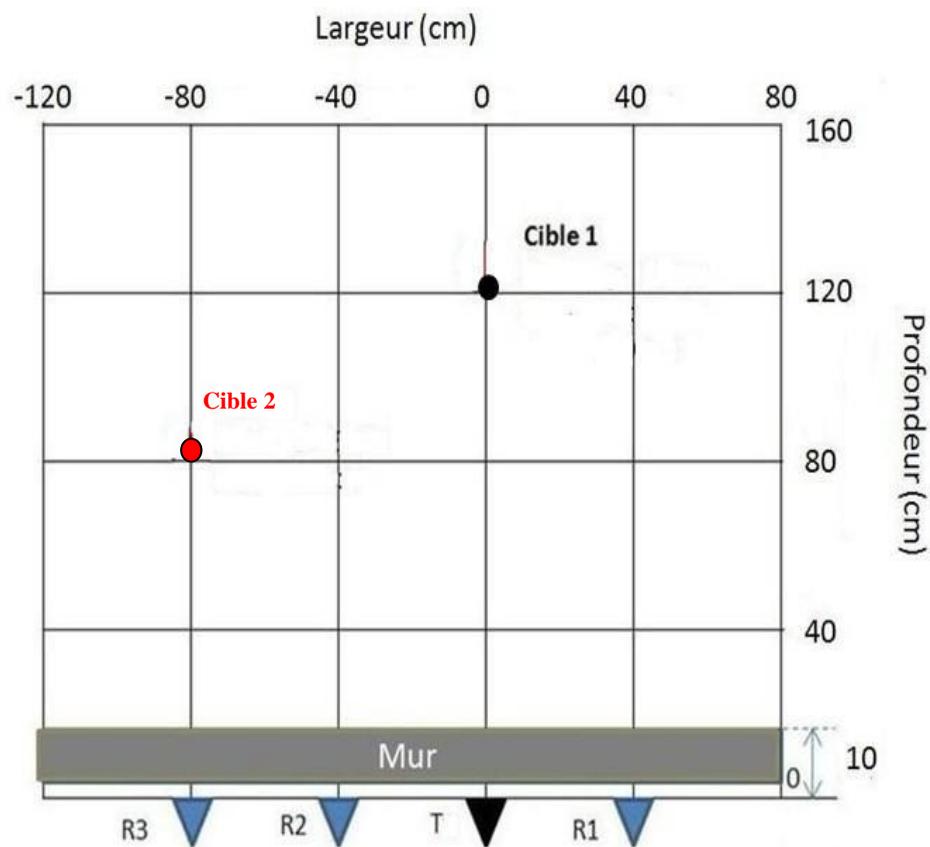
## Caractéristiques :

- ✓ Émetteur : 3 - 6 GHz Pulson® P210
- ✓ 1 antenne Tx omnidirectionnelle, 3 dB
- ✓ 3 ou 4 antennes Rx,  $\pm 45^\circ$ , 6 dB
- ✓ Acquisition par oscilloscope, (20 GSps, 6 GHz Bw)
- ✓ Traitement sur PC



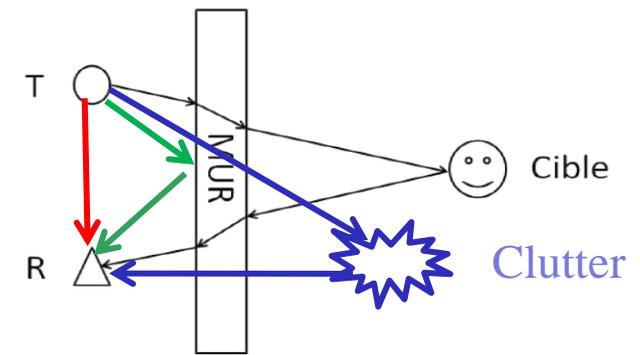
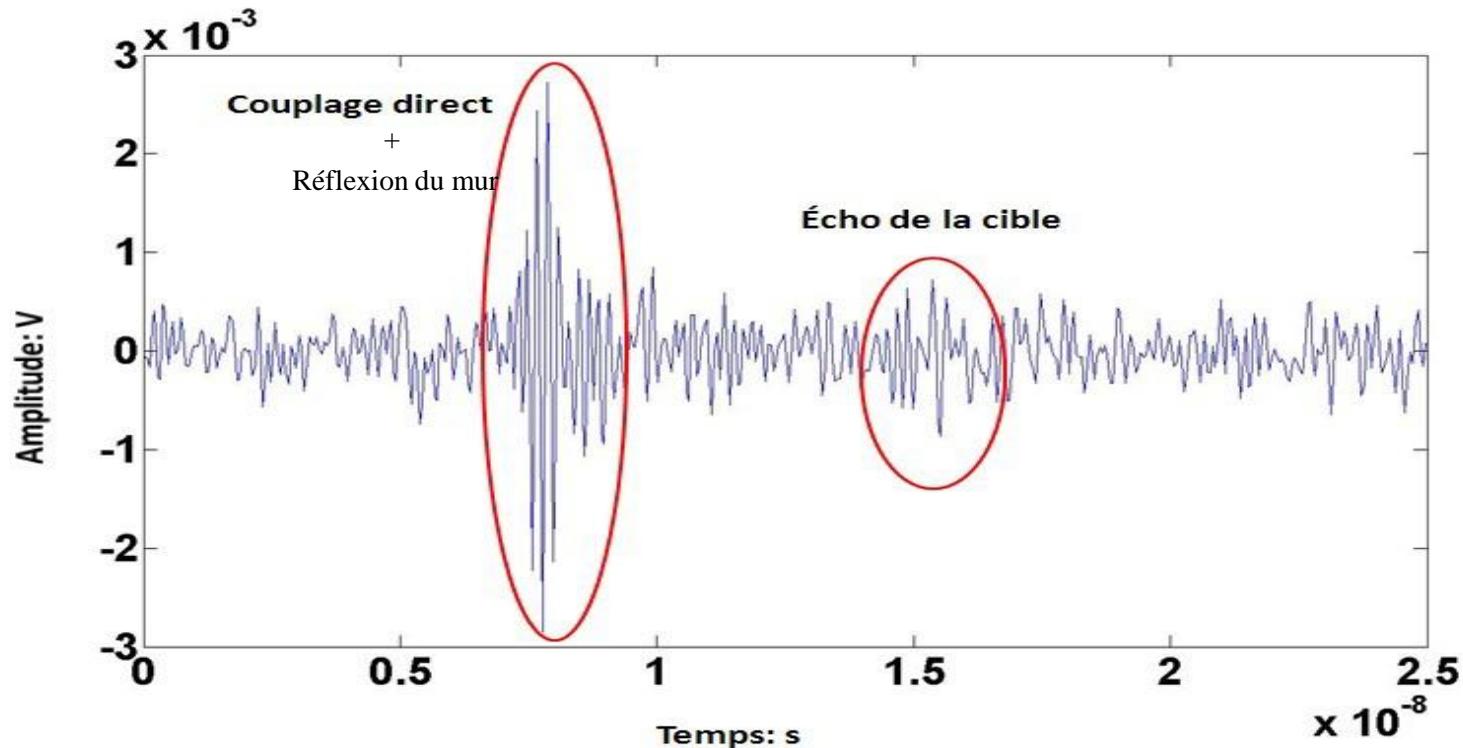
# Plateforme de localisation : radar UWB multistatique

## Exemple de scène de mesure



# Plateforme de localisation : radar UWB multistatique

## Exemple d'acquisition

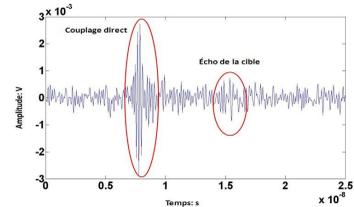


**Problématique de la localisation, extraire les paramètres clés de la scène**

- ✓ nombre de personnes
- ✓ Leurs localisations
- ✓ Environnement

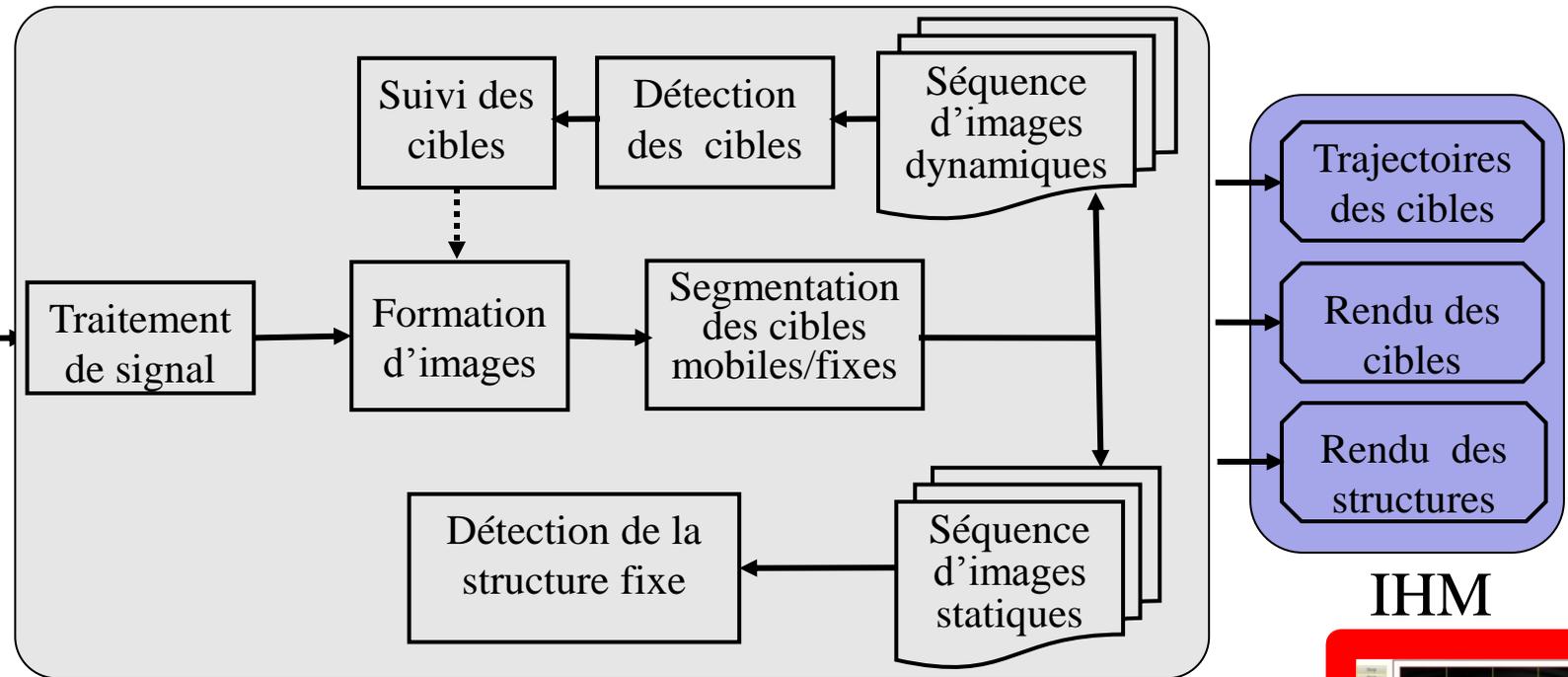
# Chaîne de traitement

## Synoptique

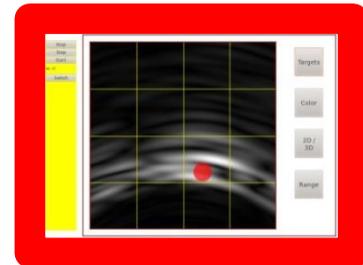


### Acquisition

Signaux  
ULB reçus



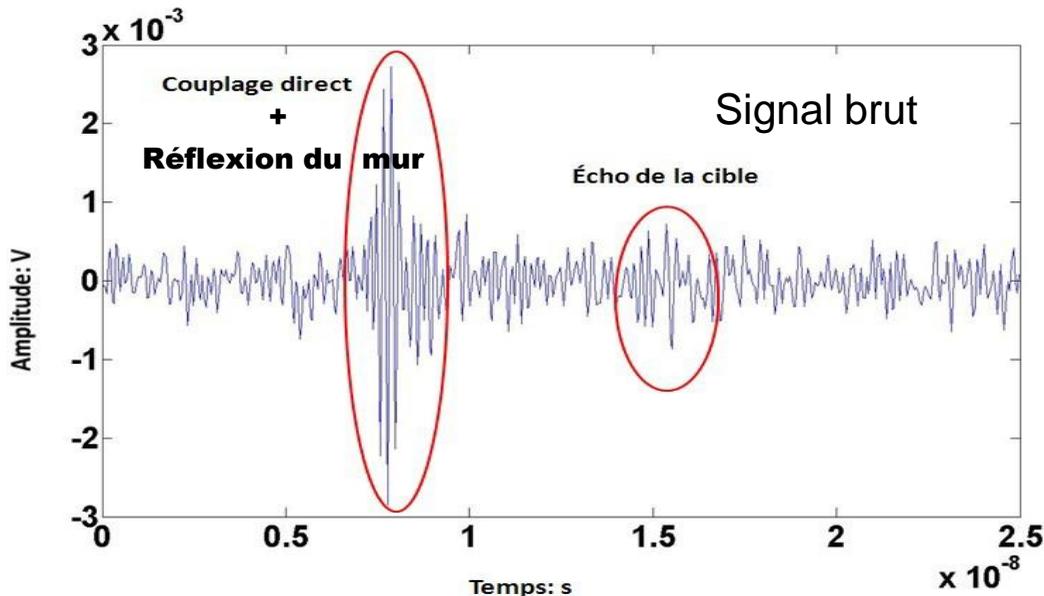
IHM



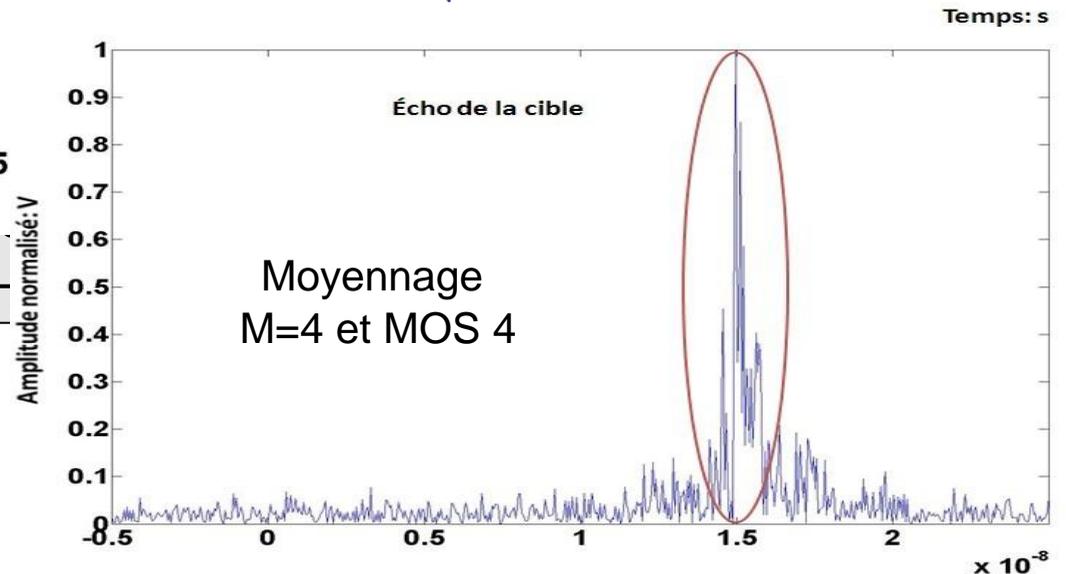
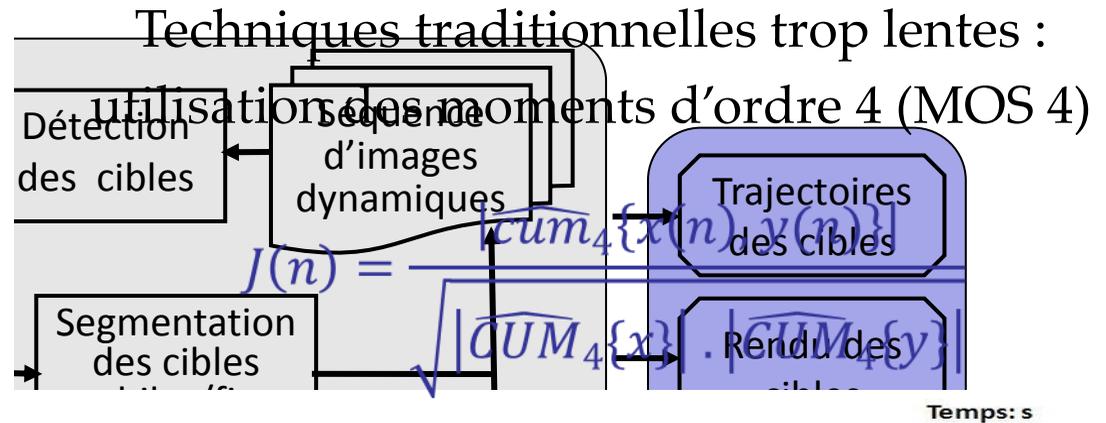
O. Benhamed Daho, J. Khamlichi, M. Ménard, A. Gaugue, Proc. EURAD, pp. 222-225, 2012.

# Chaîne de traitement

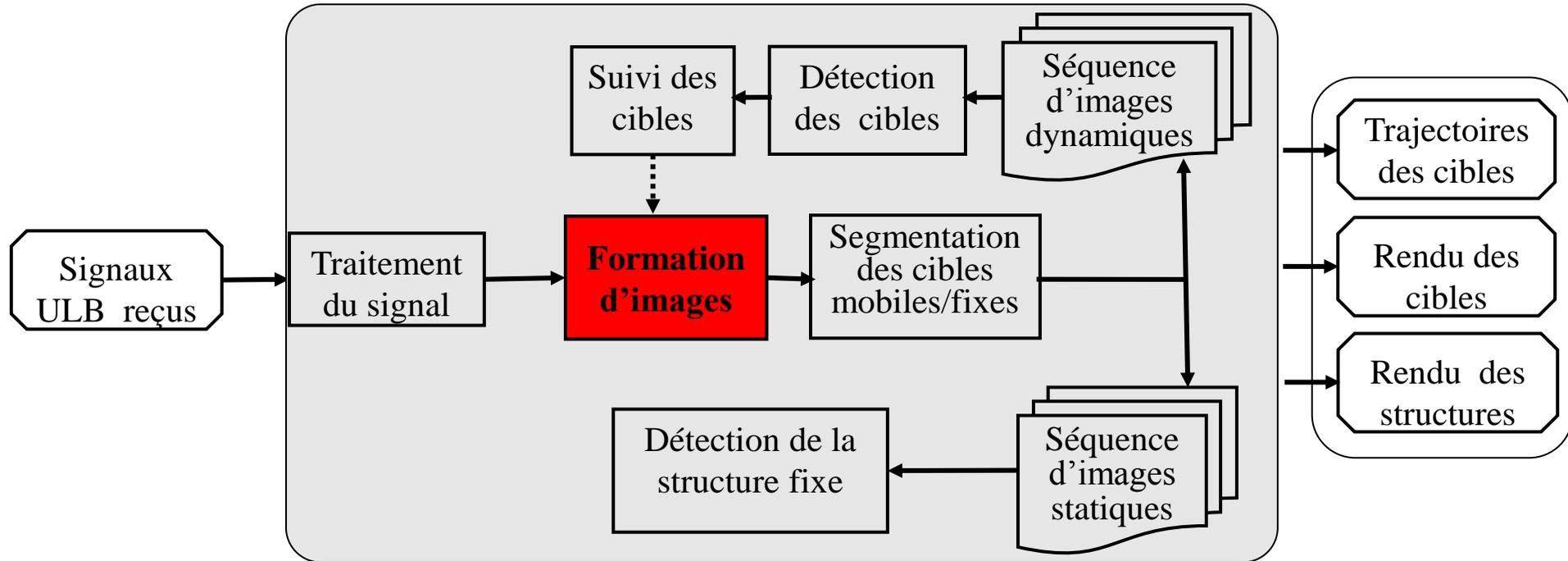
## Traitement du signal



Suppression des 1ers échos par fenêtrage temporel + MOS



## Formation d'images

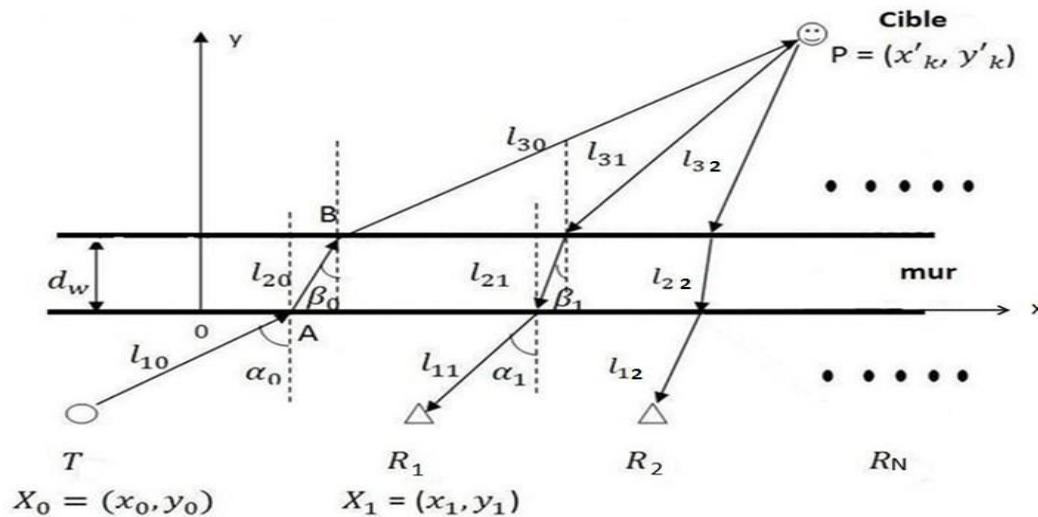


- ✓ Méthodes cohérentes (filtrage adapté,...)
- ✓ Méthodes à haute résolution (Capon, retournement temporel,...)
- ✓ Méthodes incohérentes (Trilatération, rétroprojection,...)

# Chaîne de traitement

## Formation d'images : trilatération

### Avec mur



$$\sin \beta_i = \sqrt{\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}} \sin \alpha_i$$

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

### Loi de cosinus du triangle (ABP)

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

### Distance calculée de propagation

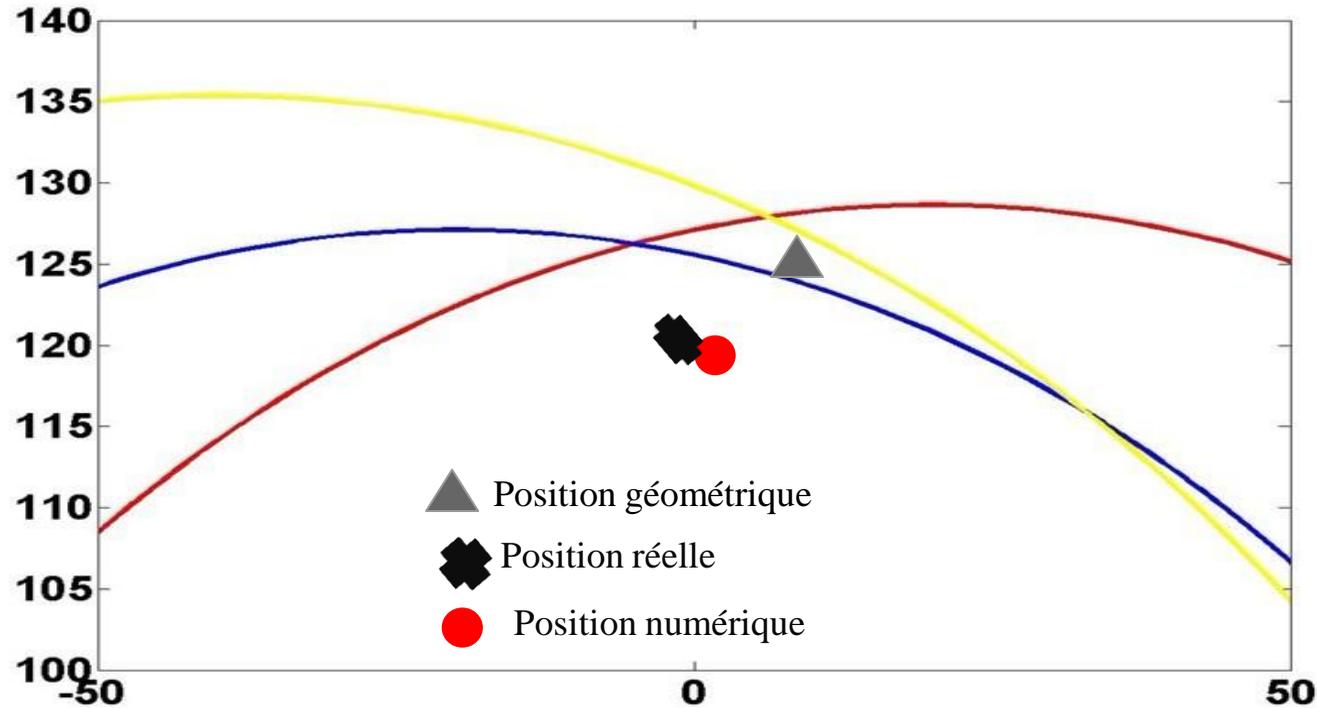
$$d_k = (l_{k10} + l_{k20} \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} + l_{k30} + l_{k1j} + l_{k2j} \sqrt{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}} + l_{k3j})$$

Minimisation de l'erreur entre le temps approximé et le temps mesuré

$$q = \sum_{j=1}^{j=N} \left( d_0 - \left( l_{k10} + l_{k20} \sqrt{\epsilon_{mur} / \epsilon_{air}} + l_{k30} + l_{k1j} + l_{k2j} \sqrt{\epsilon_{mur} / \epsilon_{air}} + l_{k3j} \right) \right)^2$$

X. Zhao, A. Gaugue, C. Lièbe, J. Khamlichi and M. Ménard; Eurad. Paris France, 2010.

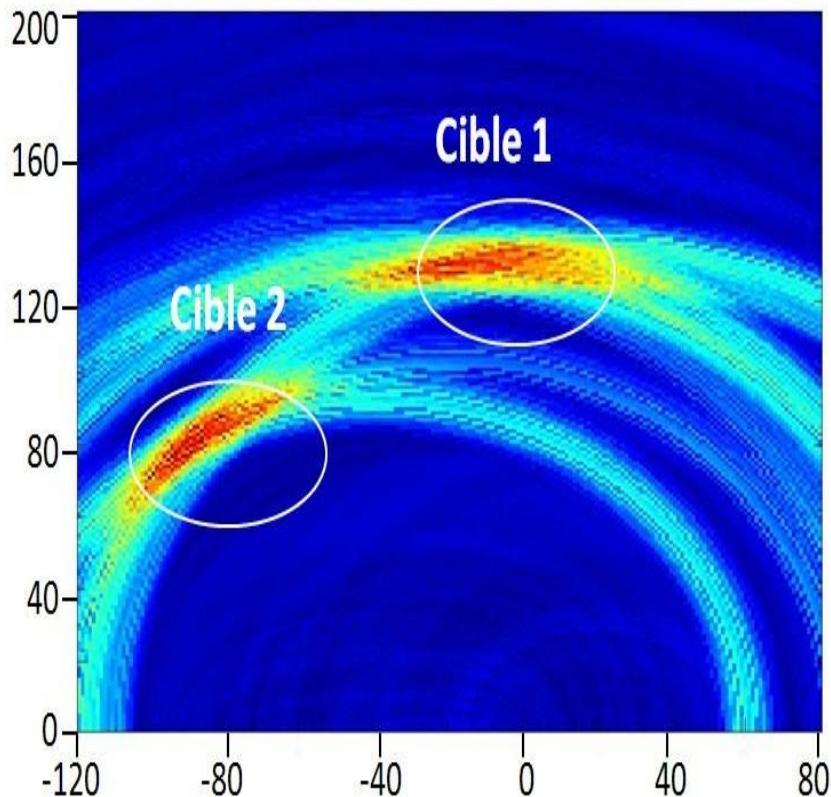
## Formation d'images : trilatération



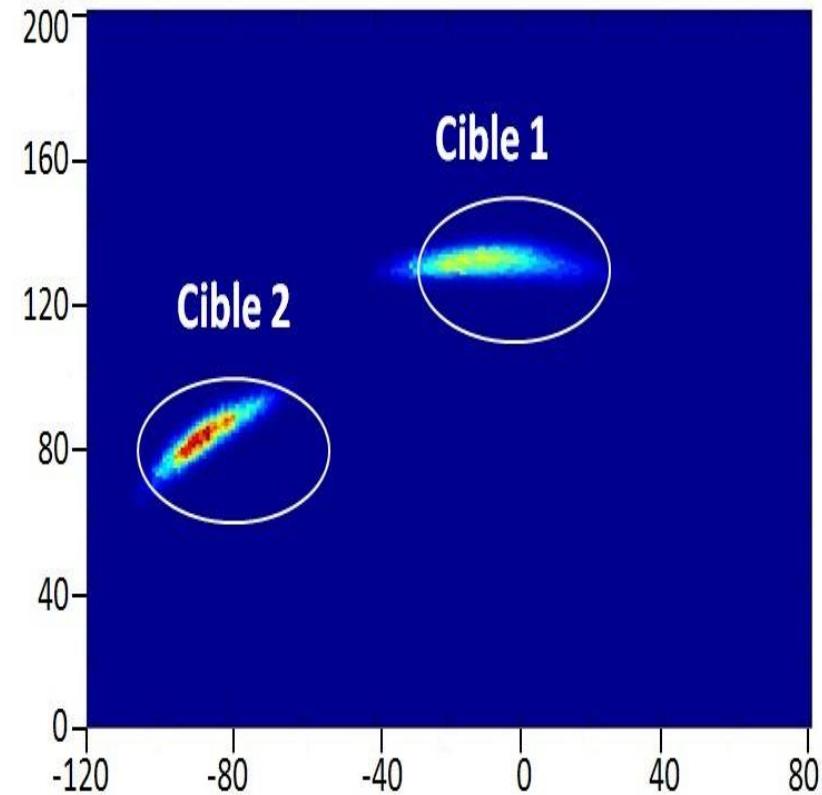
Méthodes	Position estimée	Erreur	Position réelle
Géométrique	(11,3; 123,3)	9,89%	(0; 120)
Numérique	(2,1; 118,5)	2,16%	

## Formation d'images : amélioration de la rétroprojection

$$\eta(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \int_{-T/2}^{T/2} S_i(t_i + \theta) \times S_{ref1}(t_{ref1} + \theta) \times S_{ref2}(t_{ref2} + \theta) d\theta$$



Rétroprojection conventionnelle

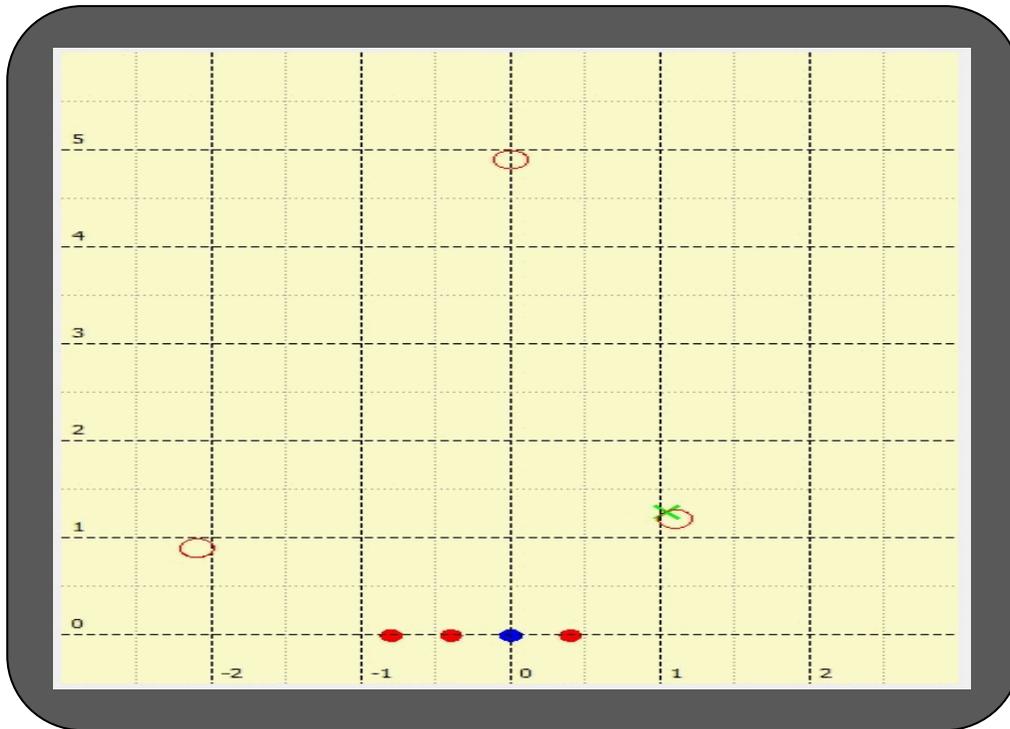


Rétroprojection bicross corrélée

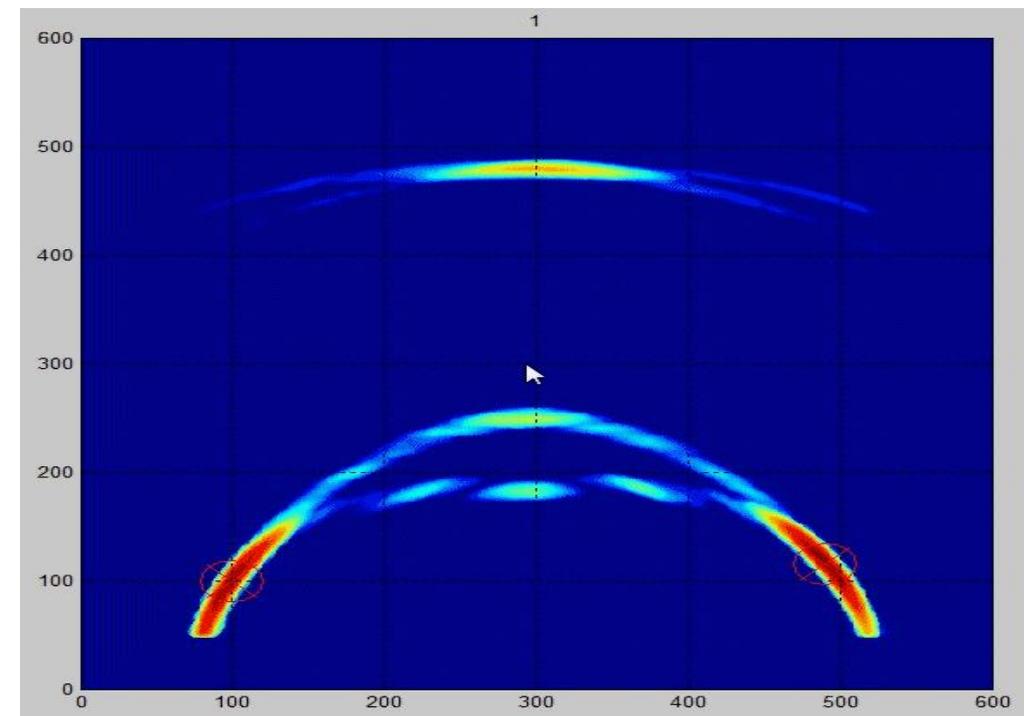
# Chaîne de traitement

## Formation d'images

### Trilatération

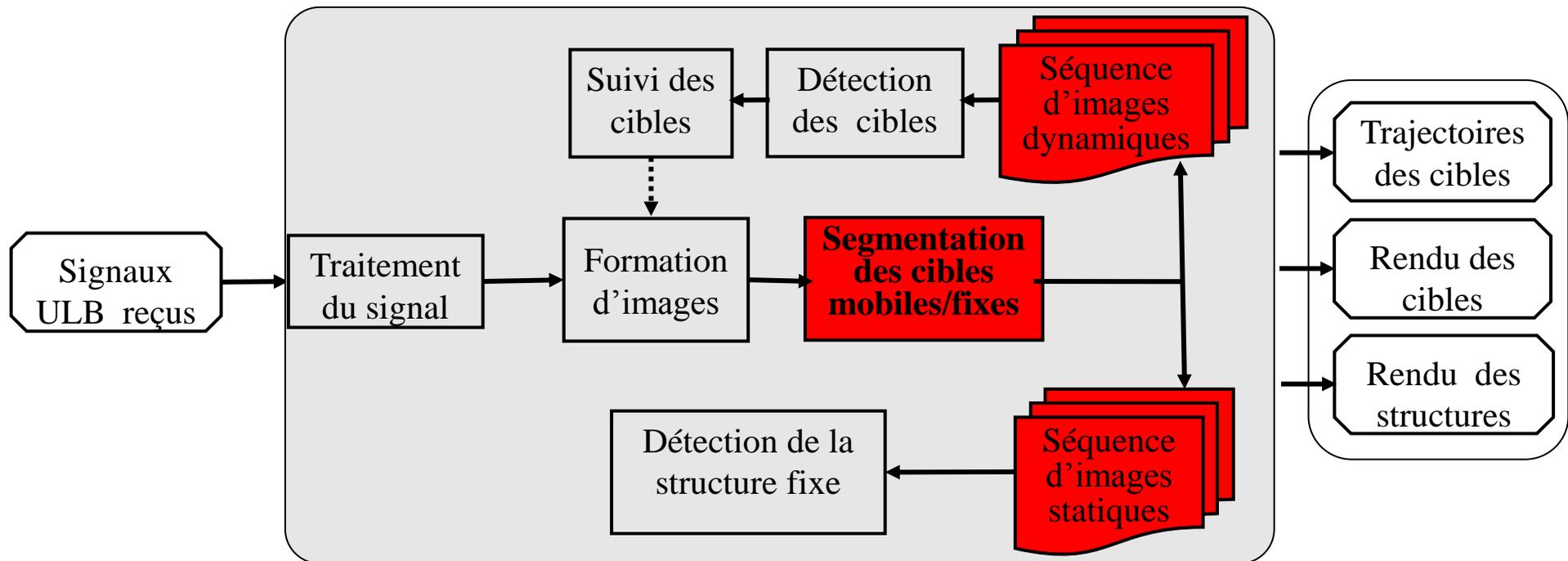


### Rétroprojection

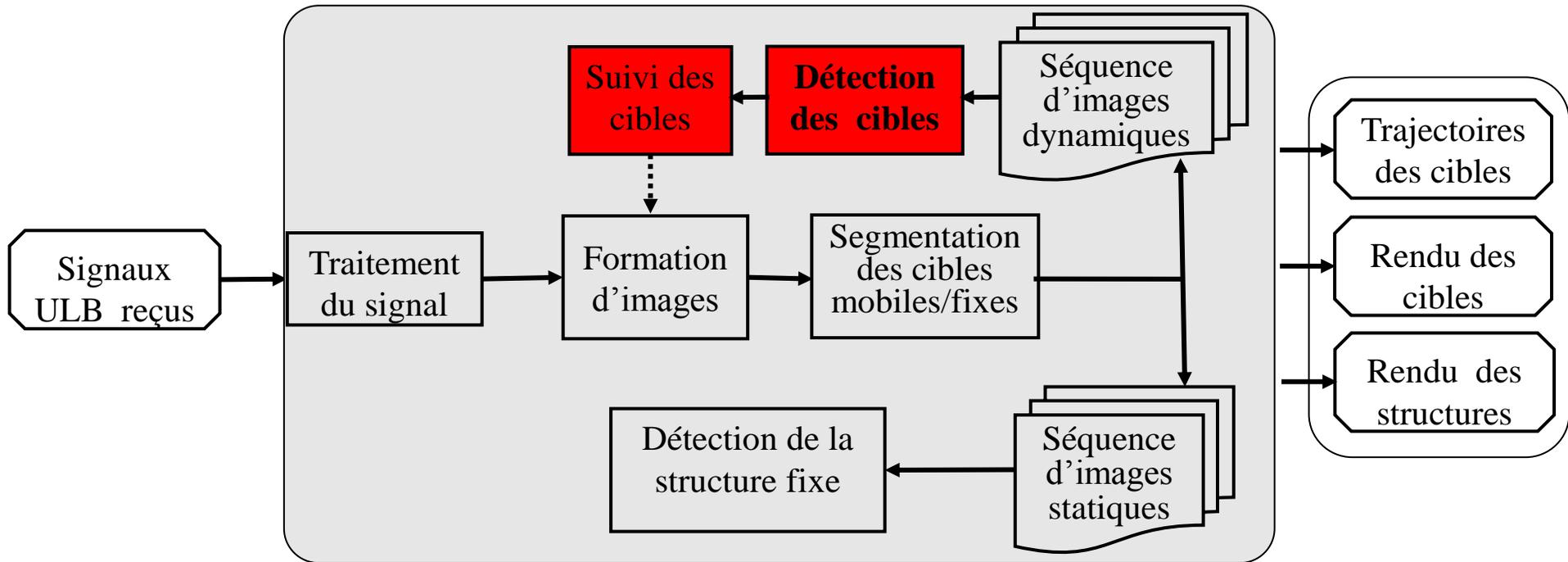


O. Benhamed Daho, J. Khamlichi, M. Ménard, A. Gaugue ; Ultra-Wideband Short-Pulse vol. 10, 2014.

## Segmentation cibles fixes/mobiles

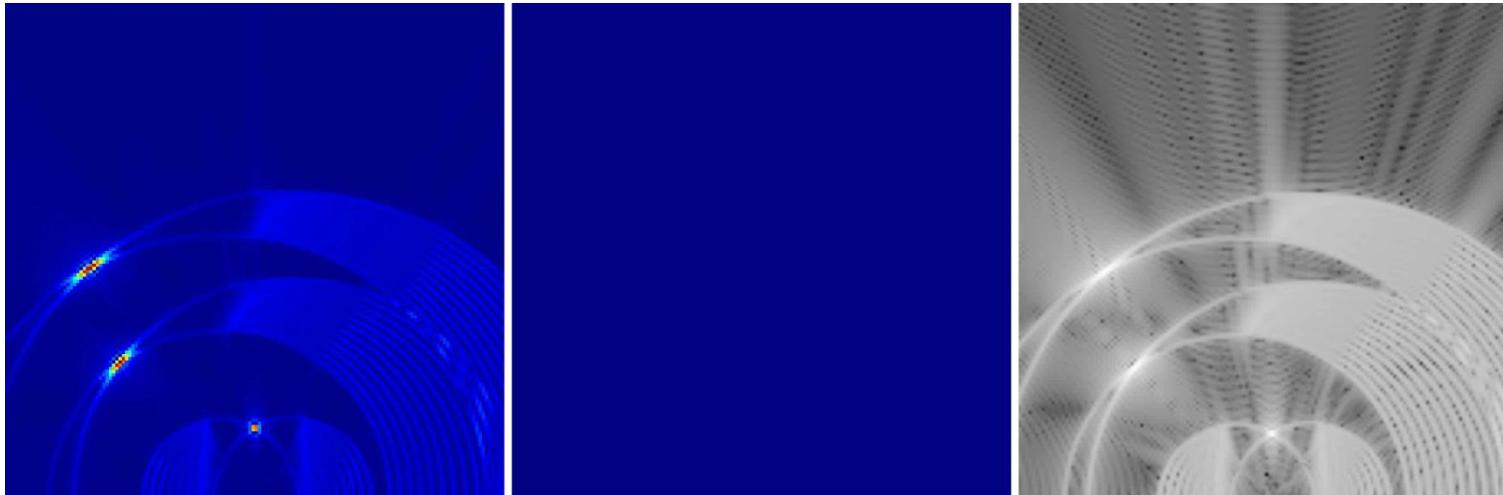
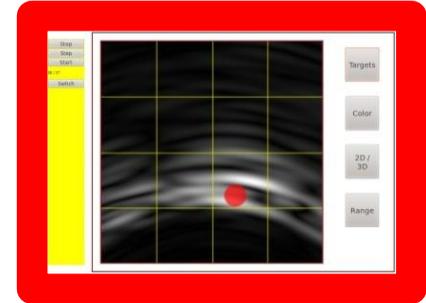
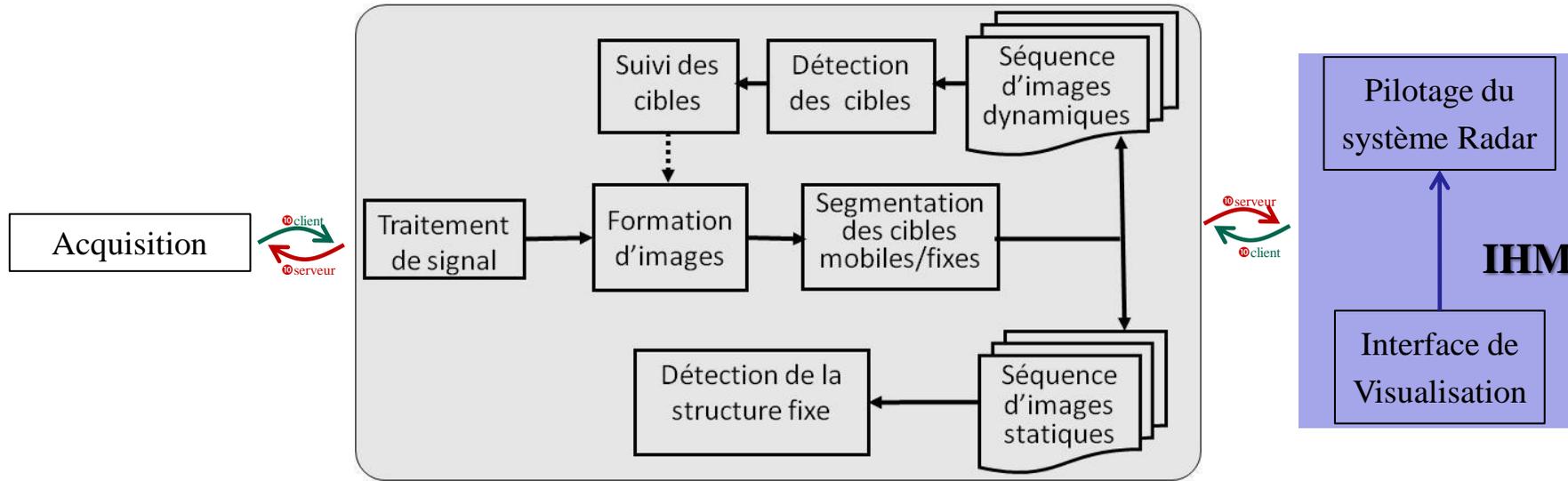


## Suivi des cibles



# Chaîne de traitement

Recueillir, traiter, identifier, suivre, visualiser.



# Conclusions & Perspectives

**Détecter et localiser...en 2D n'est plus un défi**

**Le futur :**

- ✓ détecter une posture,
- ✓ détecter une activité
- ✓ ...

**...le tout dans un environnement**

**Besoins :**

- ✓ nouvelles plateformes d'acquisition  
pour localiser en 3D  
pour accroître la précision de détection
- ✓ nouveaux algorithmes de traitements



# L'HOMME CONNECTÉ

*Questions ?*