



Imagerie optomicroonde temps réel à acquisition mono-canal utilisant un **sommateur optomicroonde.**

Zérihun TEGEGNE, Cyril DECROZE, Philippe DI BIN, Thomas FROMENTEZE,
Christelle AUPETIT-BERTHELEMOT



Imagerie Microonde

Applications

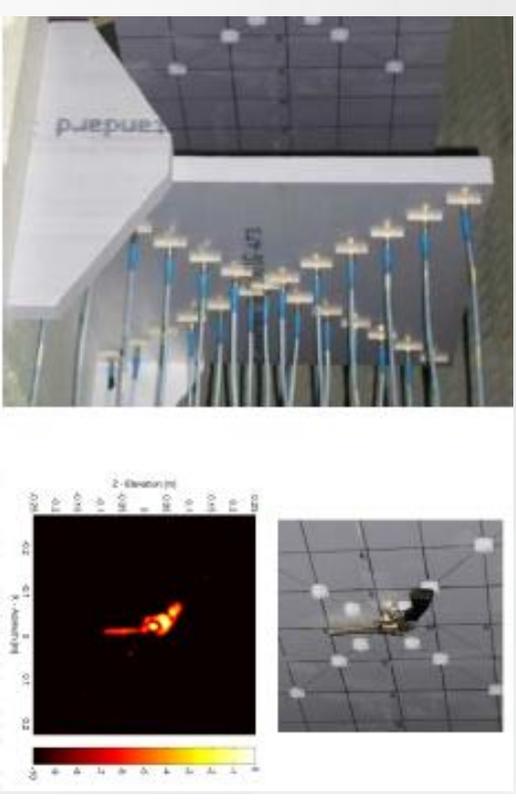
- Imagerie à travers les murs
- Analyse de bagages
- GPR
- Géolocalisation Indoor
- Détection d'armes dissimulées
- Détection et positionnement de cibles
- ...

Intérêt des fréquences microondes ou millimétriques :

- Bonne pénétration à travers les matériaux non conducteurs
- Non Ionisantes (contrairement aux Scanner à rayons X)

Techniques existantes :

- Passives (Radiométrie) : détection du bruit EM d'origine thermique (domaine millimétrique)
- Actives (radars) : émission d'un signal rétrodiffusé par la scène à imager



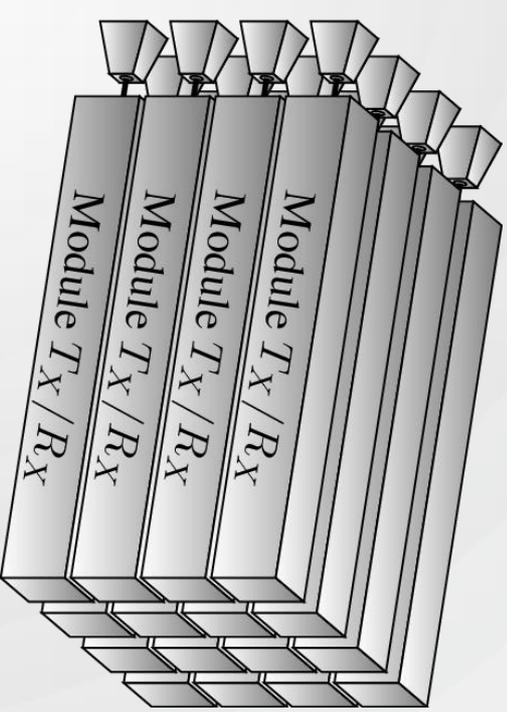
X. Zhuge et al, "Short-Range Ultra-Wideband Imaging ...", PhD Thesis, Delft University

Analyse d'une scène

- Balayage mécanique
- Balayage électronique
- Formation de faisceau numérique

Propriétés recherchées

- Résolution
- Imagerie temps réel – Acquisition monocoup
- Compacité
- Simplicité – Acquisition monocanal
- ...

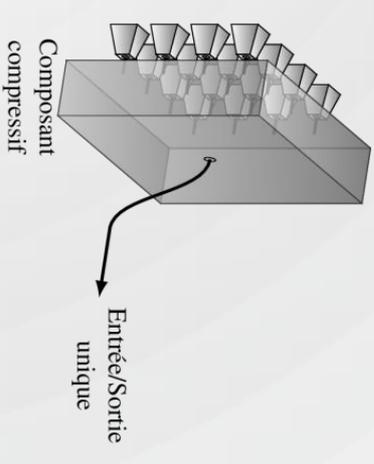
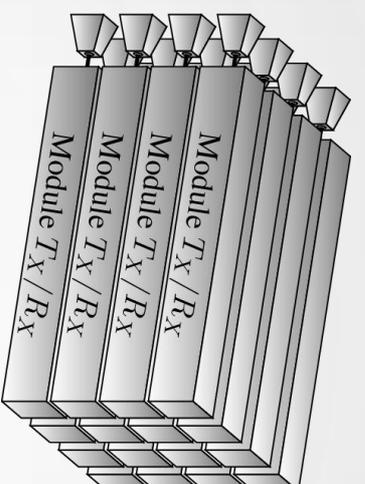


Limites et défis

- Acquisitions à très haut rythme (Shannon)
- Débit d'information gigantesque
- Consommation et dissipation
- Complexité
- Coût

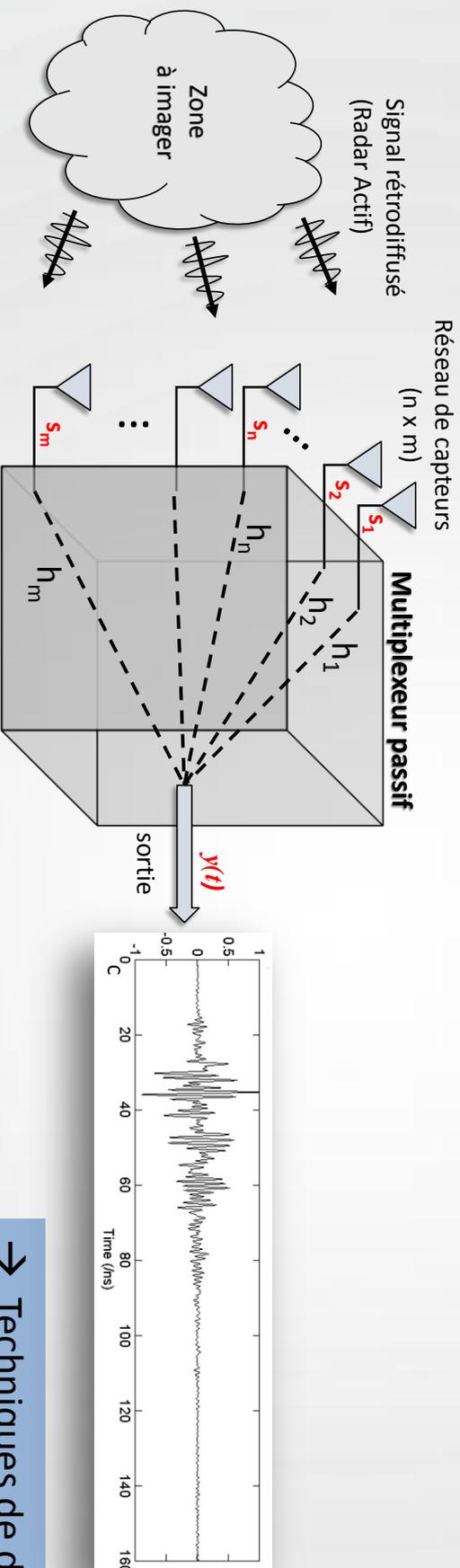
Nécessité de simplification du système d'acquisition

- Monocanal
- Monocoup



Développement de multiplexeurs passifs analogiques

- **Reconstruction numérique des formes d'onde reçues par chaque antenne**

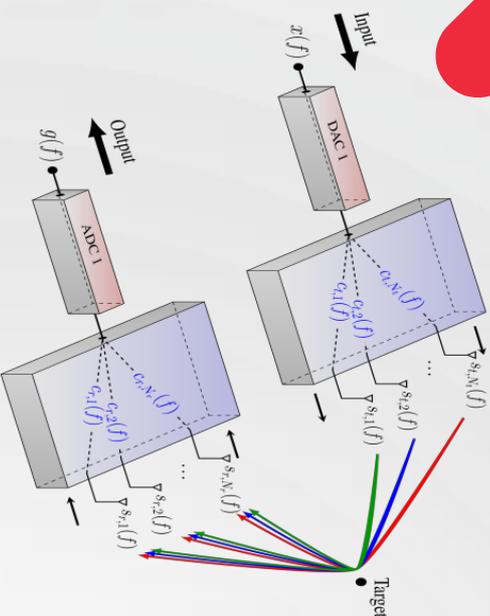


Réponses impulsionnelles décorélées

- ➔ Diversité temporelle et spatiale
- ➔ Composant chaotique, codage analogique de fréquences, ...

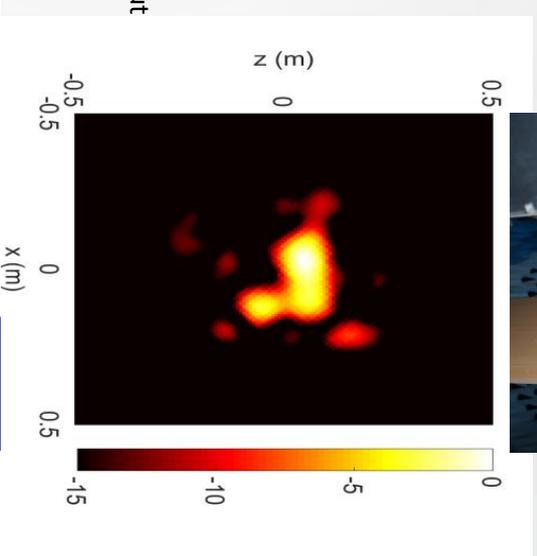
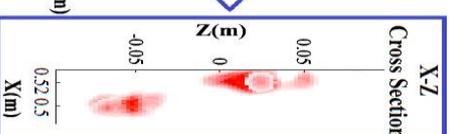
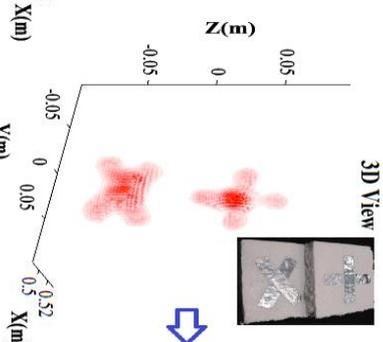
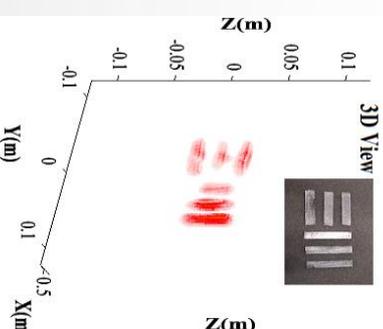
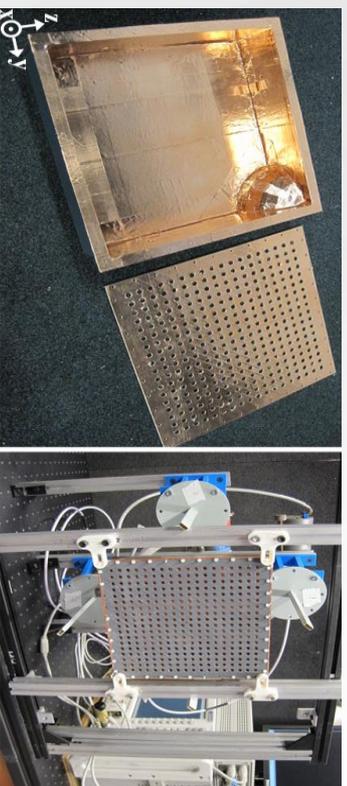
- ➔ Techniques de deconvolution
- ➔ Estimation des signaux reçus
- ➔ Beamforming numérique
- ➔ Imagerie microonde

Imagerie MIMO ULB par mesure en transmission unique (Bande 2-10 GHz)



Fromenteze, T., Kpre, E. L., Carsenat, D., Decroze, C., & Sakamoto, T. (2016). Single-shot compressive multiple-input multiple-outputs radar imaging using a two-port passive device. *IEEE Access*, 4, 1050-1060. (2016)

Imagerie 3D à haute résolution (bande 18-26 GHz)



Fromenteze, T., Yurduseven, O., Imani, M. F., Gollub, J., Decroze, C., Carsenat, D., & Smith, D. R. (2015). Computational imaging using a mode-mixing cavity at microwave frequencies. *Applied Physics Letters*, 106(19), 194104. (2015)



Imagerie Opto-Microonde active

Objectifs de l'introduction de l'optique

- Réduction des volumes et masses
- Simplification de l'architecture
- Permettre l'augmentation du nombre d'antennes
- Réduction des pertes
- Ajout de fonctionnalités spécifiques à l'optique (retards vrais...)

Défis et limites potentielles

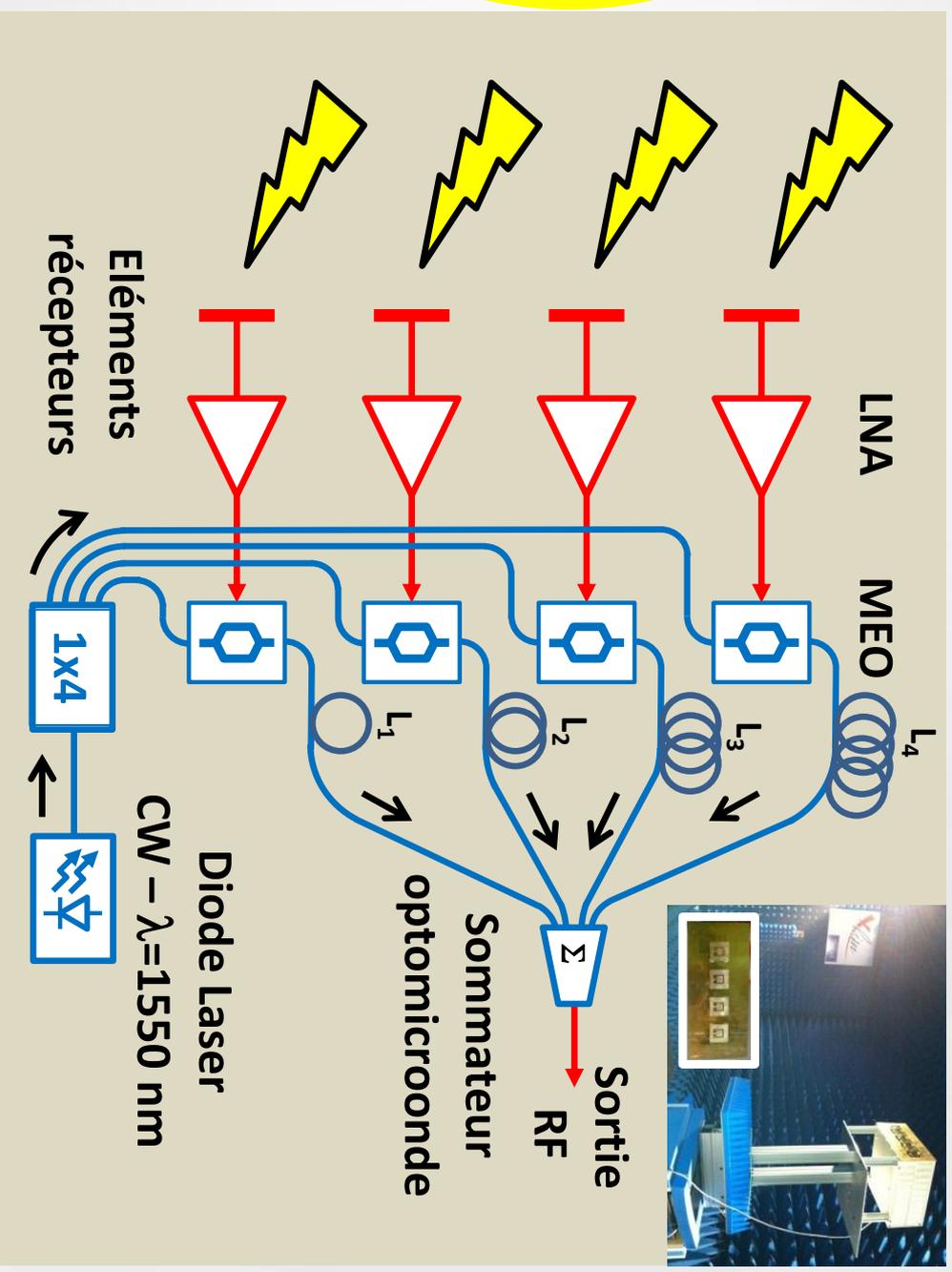
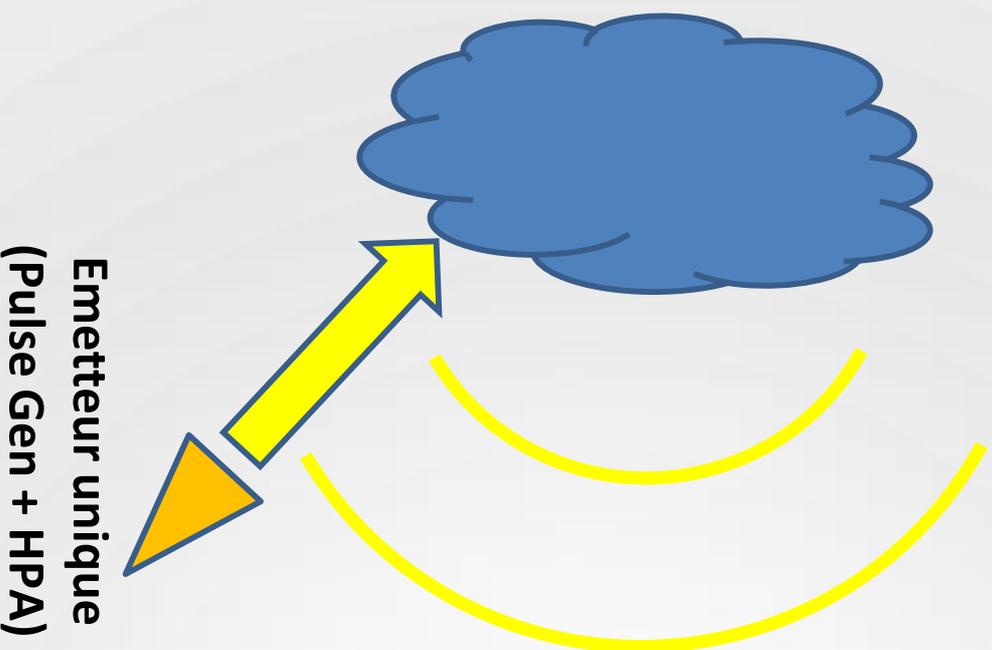
- Facteur de bruit (Dynamique)
- Stabilité
- Fréquence de fonctionnement
- Coût

Solution développée

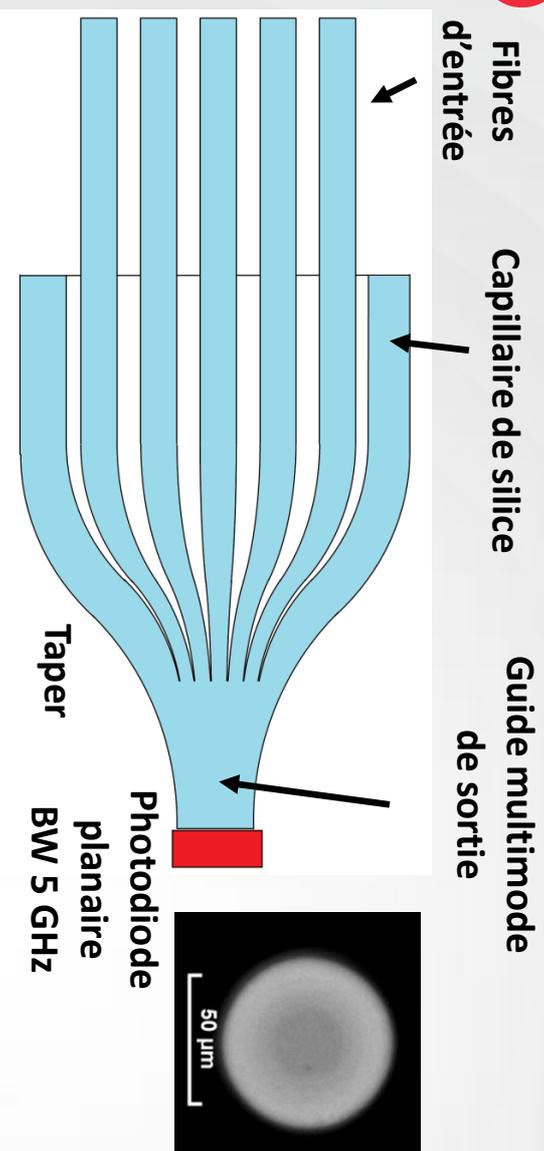
- Décorrélation par multiplexage temporel (retards)
- Utilisation d'un sommateur optomicroonde

Imagerie Opto-Microonde Active

Demonstration de faisabilité

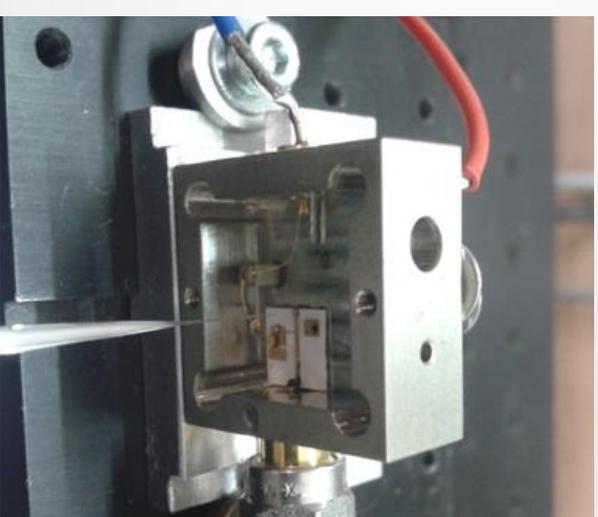


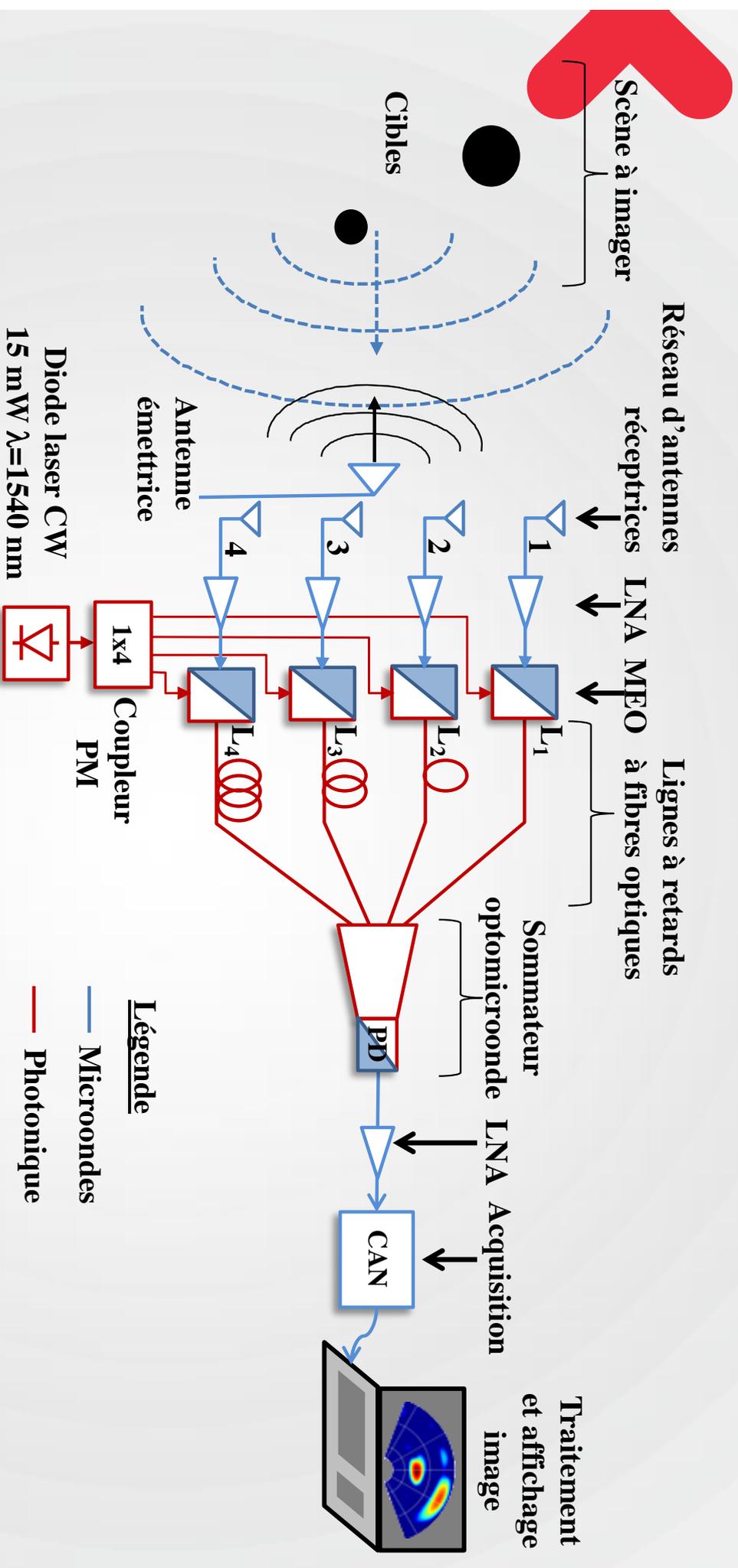
Sommateur optomicroonde



Caractéristiques

- 14 fibres d'entrée
- Photodiode 80 μm
- BW 5 GHz
- Pertes < 1,5 dB
- Montage prototype



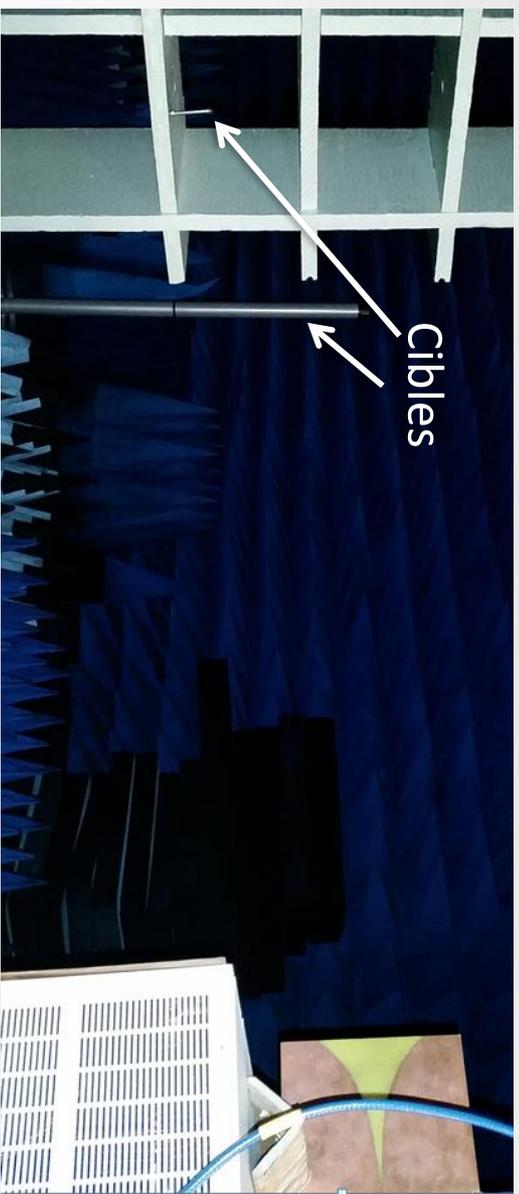
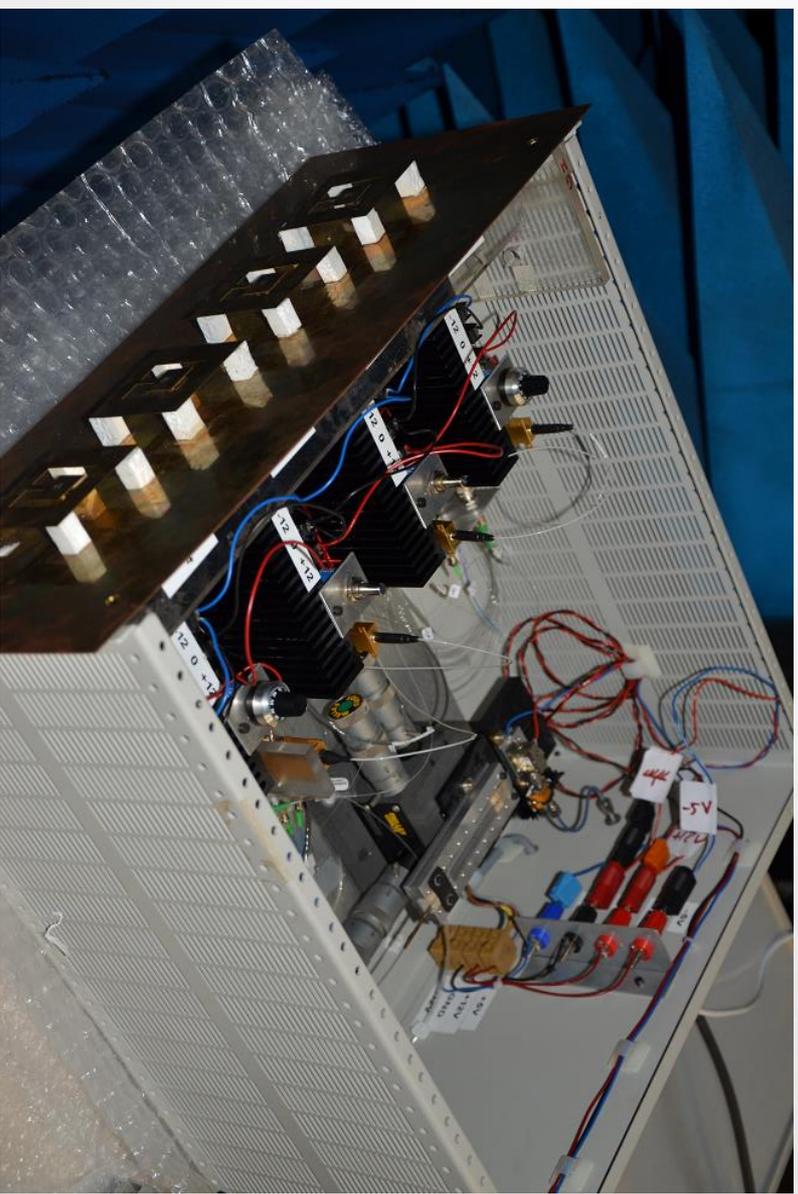
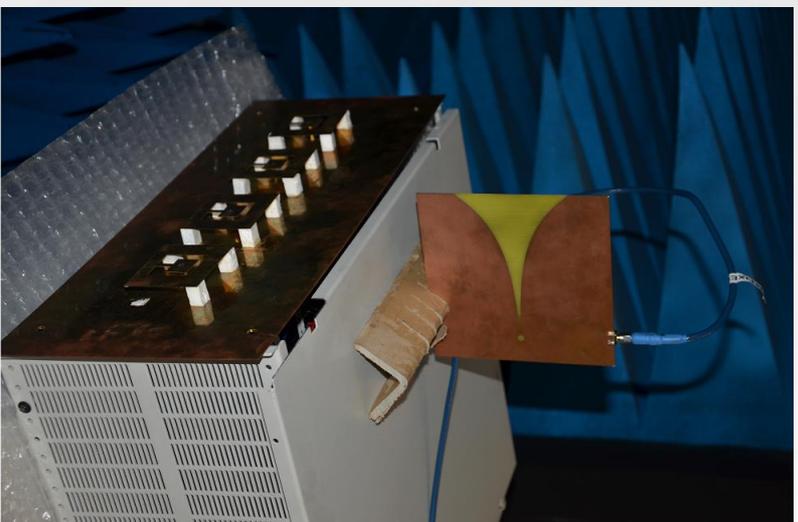


Caractéristiques générales

- Antenne : 4 x patches; $f_0 = 2$ GHz; BW 500 MHz
- LNA antennes : Gain 30 dB; NF 1,5 dB
- MEO 10 GHz
- Sur-longueur de fibre optique par voie $\Delta L = 6$ m
- Sommateur 14 voies; BW 5 GHz
- LNA Sortie : Gain 25 dB; NF 1,5 dB
- CAN : Oscilloscope 20 GHz; 40 Gech/sec
- Signal émis : impulsion gaussienne; $f_0 = 2$ GHz; 2 ns FWHM; 20 dBm

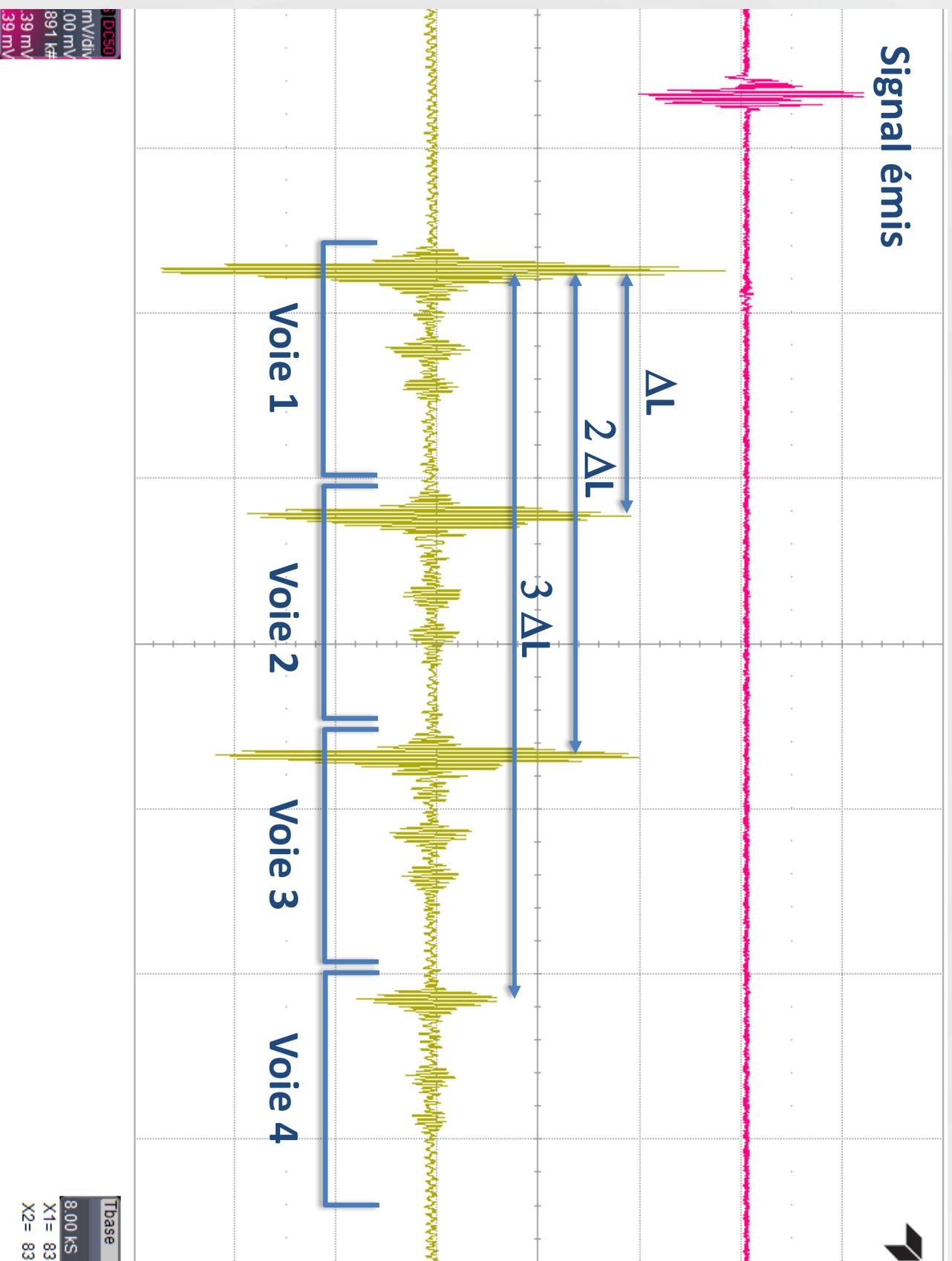


Banc de test Imagerie Opto-microonde

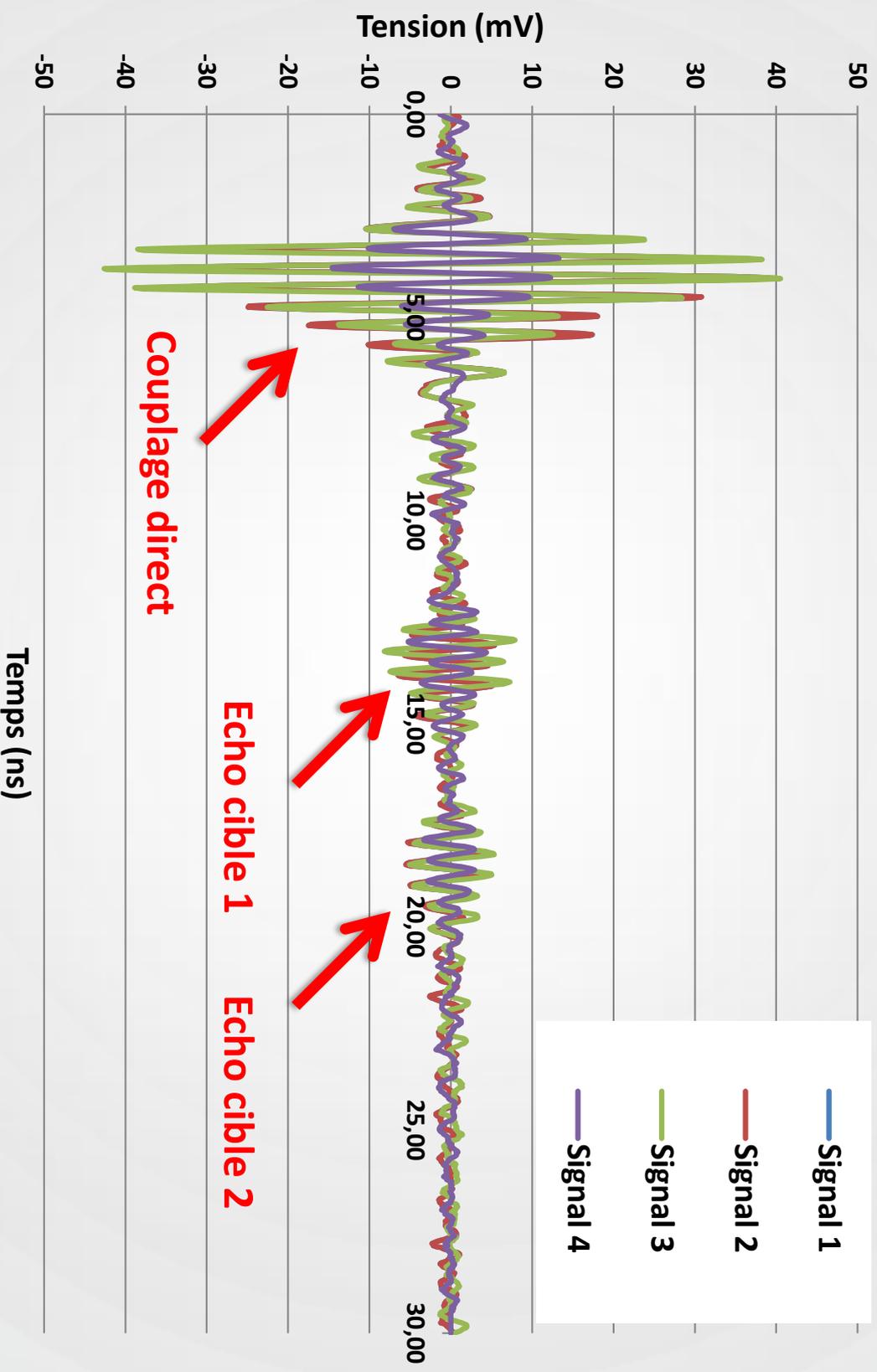


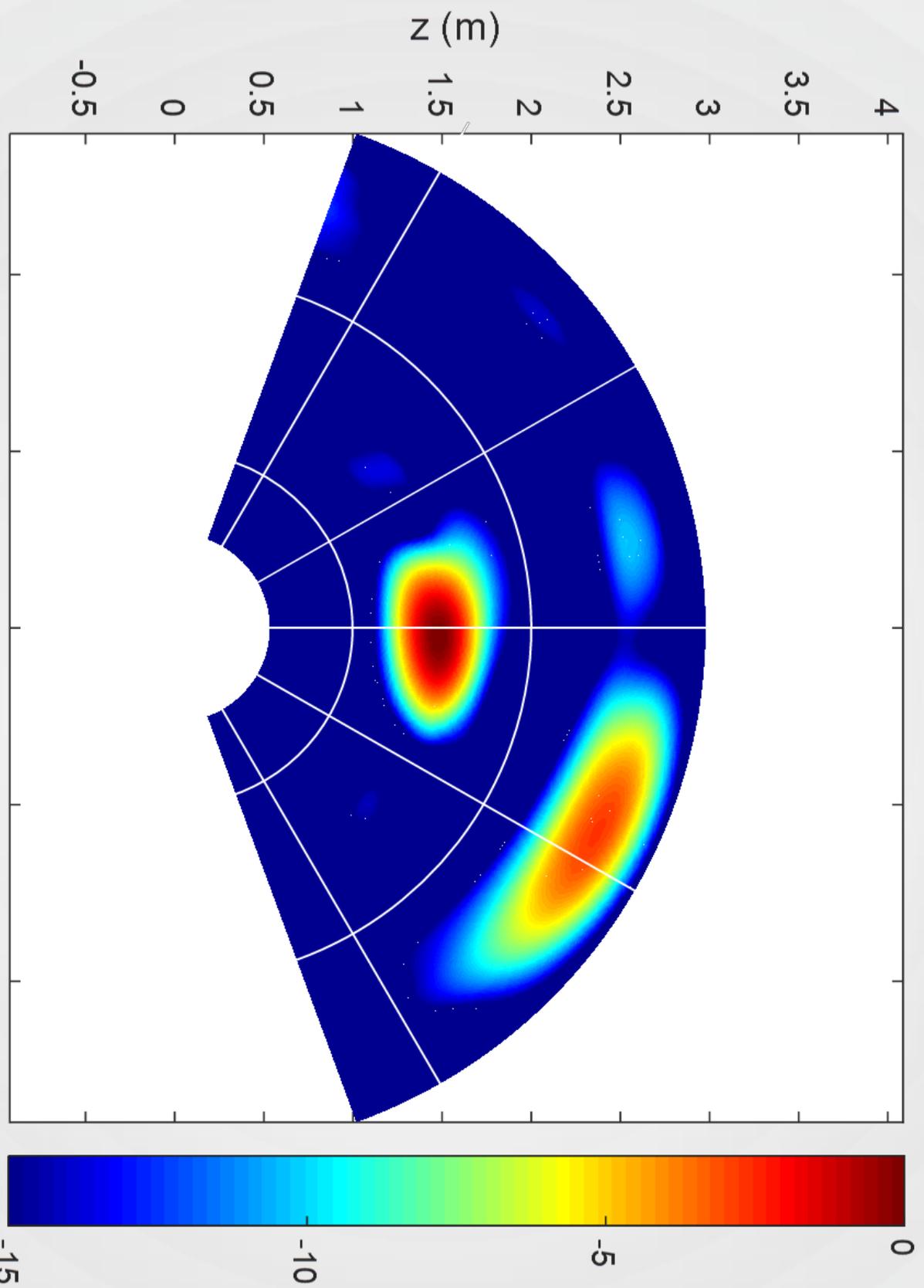
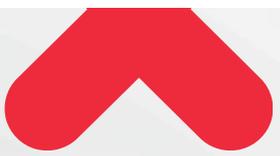


Signal émis



Superposition des 4 signaux reçus resynchronisés





Conclusion - Perspectives

Les bons points...

- Démonstration de principe de l'imagerie opto-microonde réalisée
- Dynamique 13 dB (lobes secondaires du réseau)
- Résolution est celle attendue (limitée par le réseau 4 antennes)
- Banc d'essai disponible pour évolution

Pour le futur...

- Nombre d'antennes
- Montée en fréquence et en BW
- Intégration (modulateur+LNA; sommateur+TIA)
- Transferts des données entre CAN et PC
- Architecture MIMO
- Signal émis
- Mélange fréquentiel (down conversion)