



MESURE DES ANGLES D'ELEVATION ET D'AZIMUTH UTILISANT DES REFLECTOMETRES CINQPORT

GET– Telecom Paris, CNRS UMR 5141
46 rue Barrault 75634 Paris Cedex 13 – France

A.Judson Braga, V. Yem Vu, S. Martínez López,
B.Huyart, J.C. Cousin

sofia.martinez@enst.fr



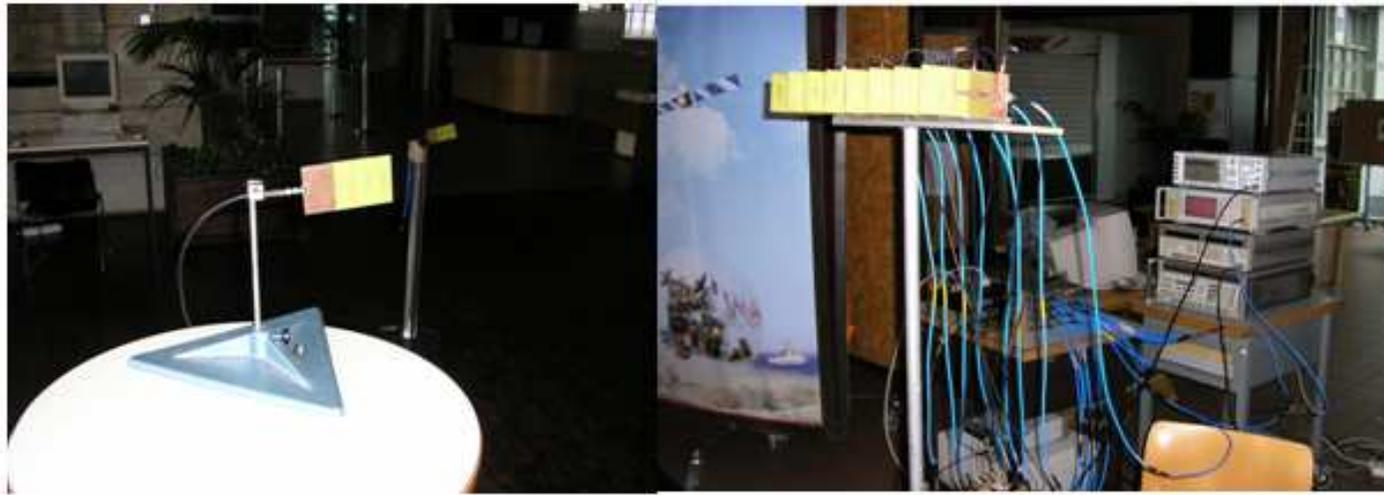
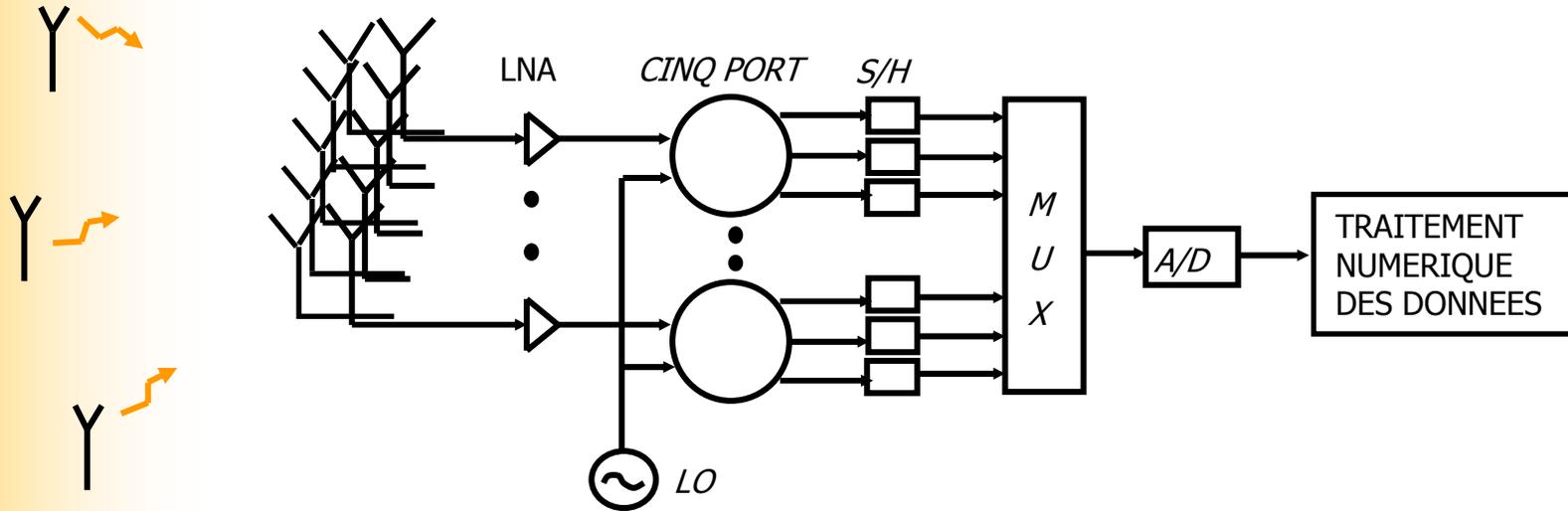
PLAN

- **INTRODUCTION**
- **DESCRIPTION DU SYSTEME DE MESURE**
 - ⇒ DISPOSITIF EXPERIMENTAL
 - ⇒ RESEAU D'ANTENNES
 - ⇒ LE CINQPORT
 - ⇒ ESTIMATION DES ANGLES D'ARRIVEE
- **RESULTATS DES MESURES**
 - ⇒ SOURCES DECORRELEES
 - ⇒ SOURCES CORRELEES
- **CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

INTRODUCTION

- Applications de la mesure d'angles d'arrivées:
 - ⇒ Localisation
 - ⇒ Sondeurs de canal
 - ⇒ SDMA
- Objectifs:
 - ⇒ Estimation conjointe de l'angle d'élévation et d'azimuth
 - ⇒ Système simple, bas coût, robuste et précis

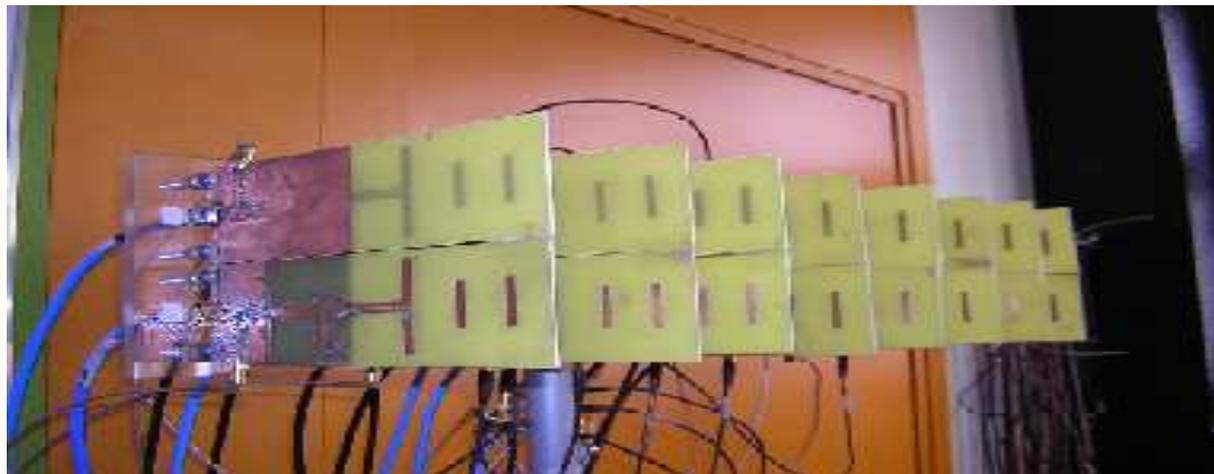
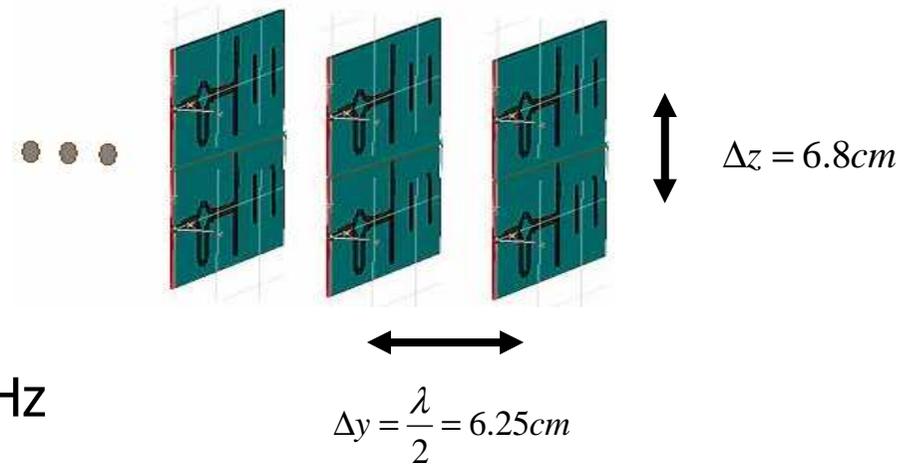
DISPOSITIF EXPERIMENTAL



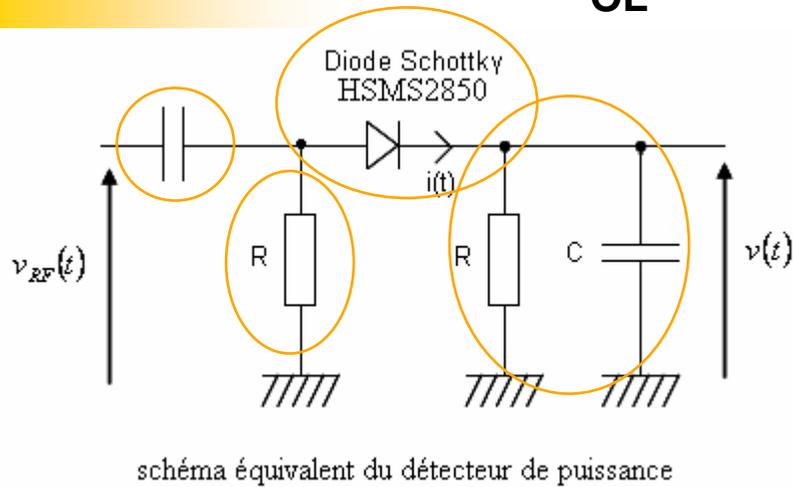
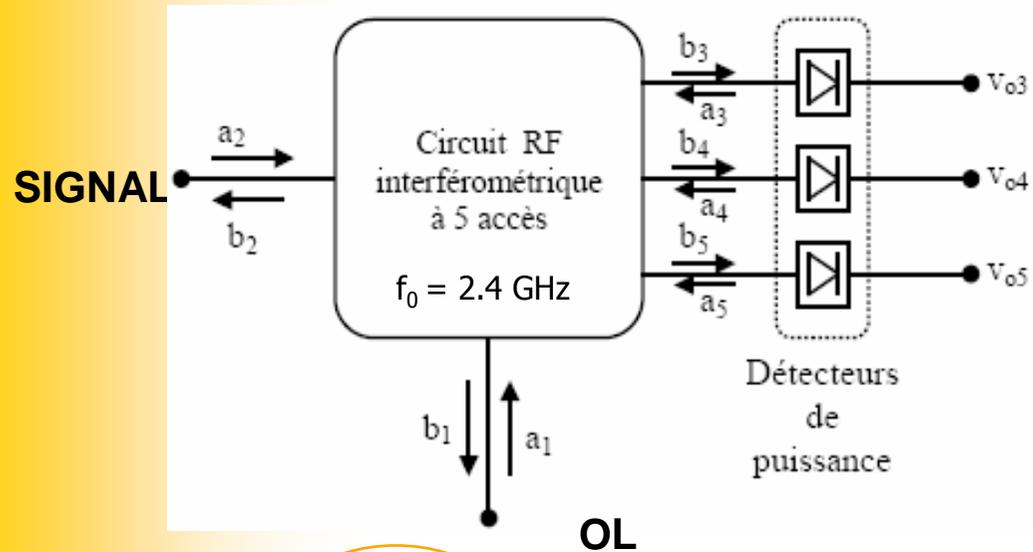
RESEAU D'ANTENNES (7x2)

Caractéristiques des antennes

- ⇒ Quasi-Yagui
- ⇒ Faible couplage
- ⇒ Polarisation verticale
- ⇒ Fréquence de travail: 2.4 GHz



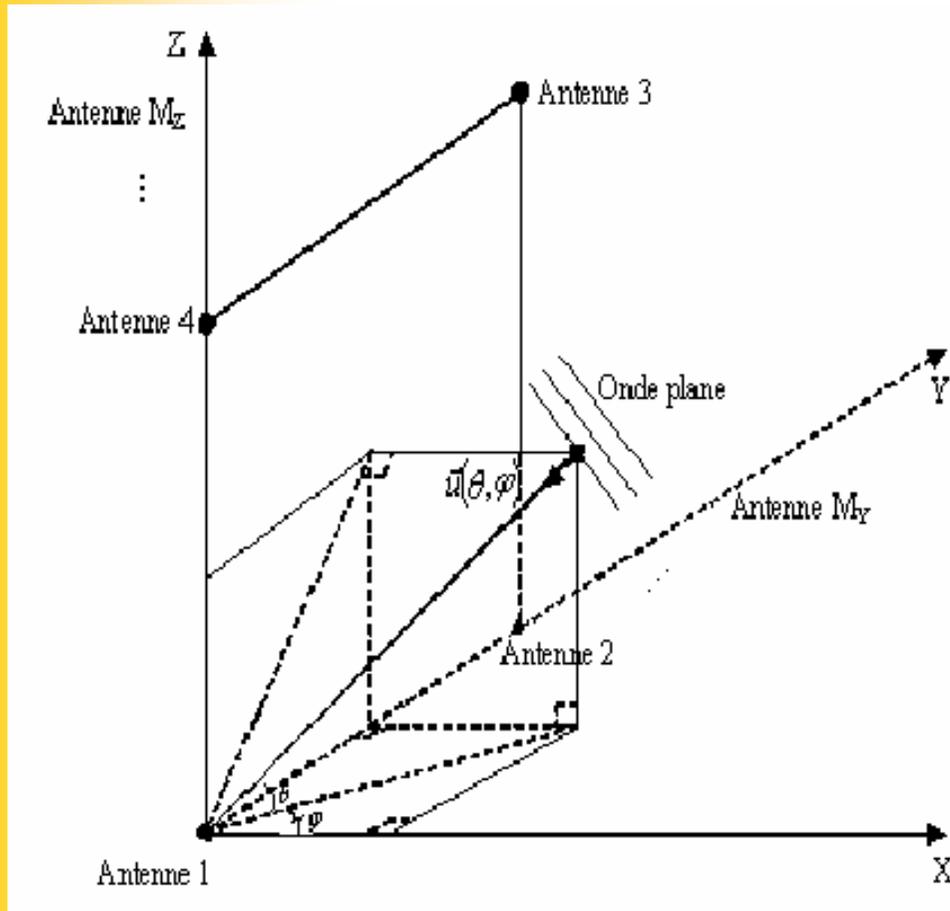
LE CINQ PORT EN TECHNOLOGIE MICRORUBAN



$$\frac{a_2}{a_1} = aP_3 + bP_4 + cP_5 + d$$

CALIBRAGE

ESTIMATION CONJOINTE DE L'AZIMUTH ET DE L'ELEVATION



Différence de phase du signal de l'antenne m par rapport à l'antenne de référence:

$$\Delta\Psi = \frac{2\Pi}{\lambda} \vec{L}_m \cdot \vec{u}(\theta, \varphi)$$

φ : azimuth
 θ : élévation

\vec{L}_m : vecteur position de l'antenne m
 $\vec{u}(\theta, \varphi)$: vecteur unitaire du signal reçu

$$a(\theta, \varphi) = \begin{bmatrix} 1 \\ \dots \\ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(\Delta y \cos \theta \sin \varphi + \Delta z \sin \theta)} \\ \dots \\ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}((M_y - 1)\Delta y \cos \theta \sin \varphi + (M_z - 1)\Delta z \sin \theta)} \end{bmatrix}$$

ESTIMATION CONJOINTE DE L'AZIMUTH ET DE L'ELEVATION

$$\mathbf{x}[k] = \mathbf{A} \cdot \mathbf{s}[k] + \mathbf{n}[k]$$

X[k] : données mesurées
s[k] : signaux
n[k] : bruit additif

A : matrice formée par la concaténation des vecteurs directionnels $\mathbf{a}(\theta, \varphi)$ correspondants aux N trajets dans le canal



ESTIMATION PARAMETRIQUE

METHODE A HAUTE RESOLUTION: MUSIC

- **MUSIC**

$$R_x = \frac{1}{T} x[k]x[k]^H$$

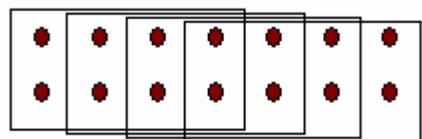
Décomposition en vecteurs propres

→ sous-espace signal et sous-espace bruit (E_N)

$$P_{MUSIC}(\theta) = \frac{a^H(\theta, \varphi)a(\theta, \varphi)}{a^H(\theta, \varphi).E_N.E_N^H a(\theta, \varphi)}$$

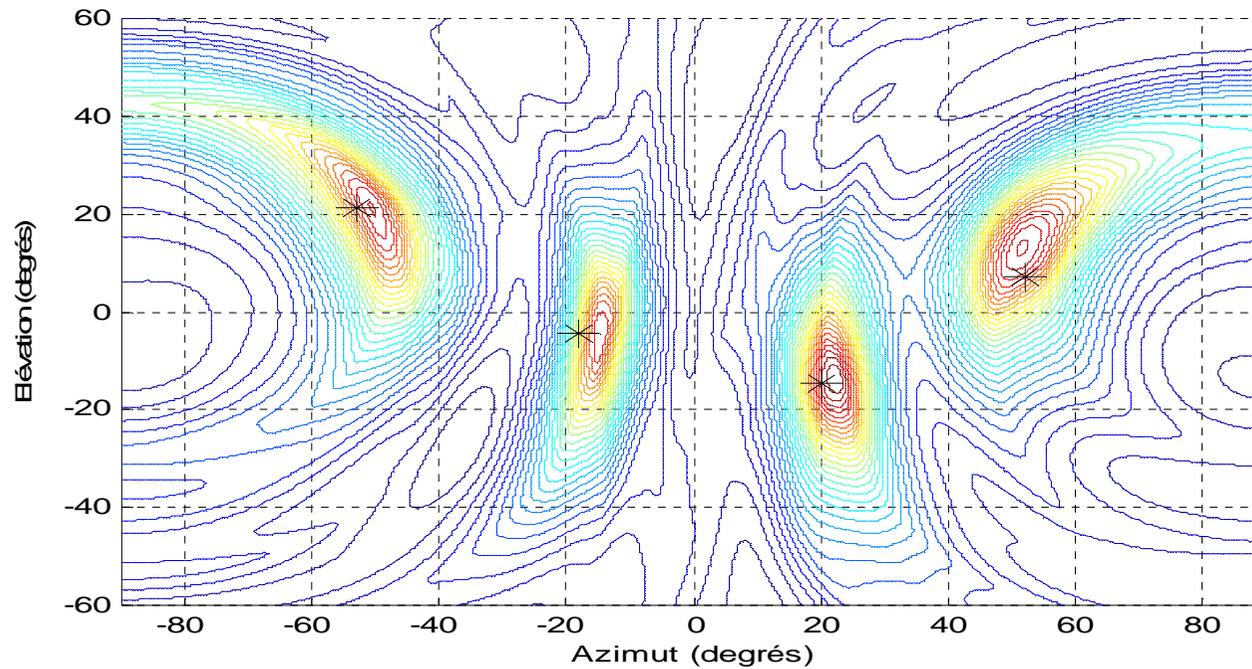
- **SIGNAUX CORRELES: LISSAGE SPATIAL**

Division en sous-réseaux → Compromis
nombre/taille de sous-réseaux



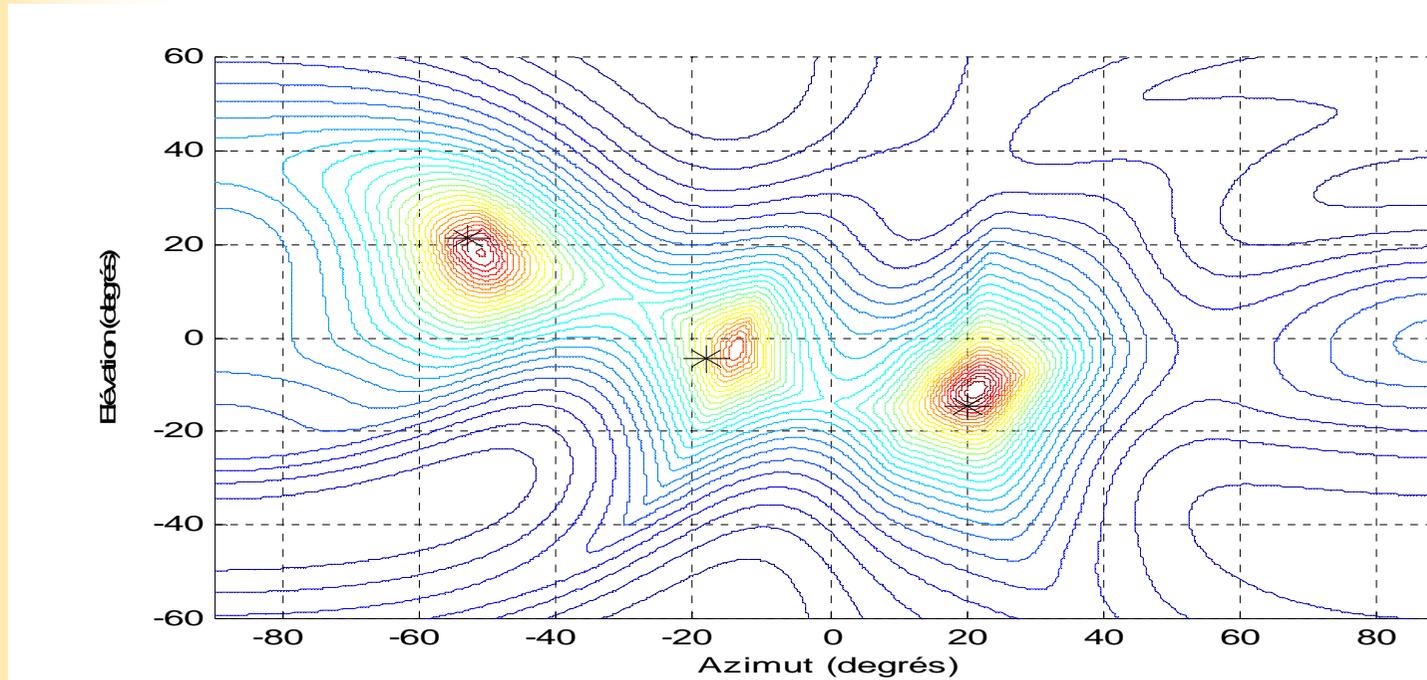
$$R_{LS} = \frac{1}{L} \sum_1^L R_i$$

RESULTATS: sources décorréées



	Azimuth théorique(°)	Azimuth mesuré(°)	Erreur en azimuth (°)	Elévation théorique(°)	Elévation mesurée(°)	Erreur en élévation (°)
Antenne 1	-53	-50.25	2.75	-21	-20.75	0.25
Antenne 2	-18	-14.75	3.25	-4.5	-5.5	1
Antenne 3	20.5	22.5	2.5	-14.5	-13.25	0.75
Antenne 4	52	51.5	0.5	7	12.75	5.75

RESULTATS: Sources corrélées



	Azimuth théorique(°)	Azimuth mesuré(°)	Erreur en azimuth (°)	Elévation théorique(°)	Elévation mesurée(°)	Erreur en élévation (°)
Antenne 1	-53	-51	2	-21	18	3
Antenne 2	-18	-13.5	4.5	-4.5	-2	2.5
Antenne 3	20.5	21.5	1	-14.5	-11	3.5

CONCLUSIONS

- Validation de la plateforme pour une estimation conjointe des angles d'élévation et azimuth
- Erreurs dues aux réflexions parasites créées par l'environnement
- Avantages:
 - ⇒ Système simple
 - ⇒ Précision du cinqport
 - ⇒ Calibrage corrige les imperfections → composants bas coût
- Inconvénients:
 - ⇒ Nombre de sources détectées < nombre d'antennes
 - ⇒ Connaissance à priori du nombre de sources (ex: MLD)
 - ⇒ Chaque cinqport utilise trois voies

BIBLIOGRAPHIE

- KRIM, H.; and VIBERG, M., *"Two Decades of Array Signal Processing Research"*, IEEE Signal Processing Magazine, pp. 67-94, July 1996.
- SOUSA, F. Rangel de; HUYART, Bernard; NEVEUX, Guillaume; and Garcia A. , Beatriz. *"Five-port junction: In the way of general public applications"*. In: EUMC 2002, Milan. Proceedings of the 32nd EuMC 2002.
- BRAGA, A. Judson; VU, Y. Van; HUYART, Bernard; and COUSIN, J. C., *"Wideband spatio-temporal channel sounder using music and enhanced 2D-SS"*. In: ECPS 2005, Brest. Proceedings of ECPS 2002.
- SCHMIDT, Ralph O., *"Multiple emitter location and signal parameter estimation," IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. ap-34, no. 3, pp. 276-280, march 1986.