



**HAL**  
open science

## Radiogoniométrie parcimonieuse

Thomas Aussaguès, Anne Ferréol, Alice Delmer, Pascal Larzabal

► **To cite this version:**

Thomas Aussaguès, Anne Ferréol, Alice Delmer, Pascal Larzabal. Radiogoniométrie parcimonieuse. Journée des doctorants en STIC du plateau de Saclay 2024, Jun 2024, Gif-sur-Yvette, France. hal-04669622

**HAL Id: hal-04669622**

**<https://hal.science/hal-04669622v1>**

Submitted on 8 Aug 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

**CONTEXTE**

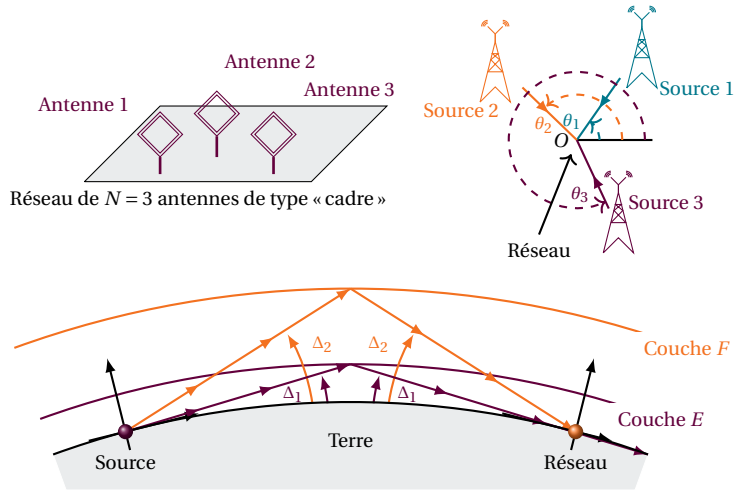
**Goniométrie** : estimation des directions d'arrivées  $\theta_1, \dots, \theta_M$  de sources à partir d'un réseau d'antennes

-  metteurs : balises, radars, communications étatiques
- Applications : recherche de victimes, industrie 4.0, guerre électronique

**Application visée : la gamme HF**

- Ondes de fréquences comprises entre 1 MHz et 30 MHz
- Canal HF **difficile** : propagation par réflexion, multi-trajets, corrélation temporelle, estimation 2D (azimuth  $\theta$  et  levation  $\Delta$ ), faible Rapport Signal sur Bruit (RSB), grand nombre de sources...

**Objectif** : développement d'algorithmes de goniométrie adaptés au canal HF traitant un grand nombre de sources

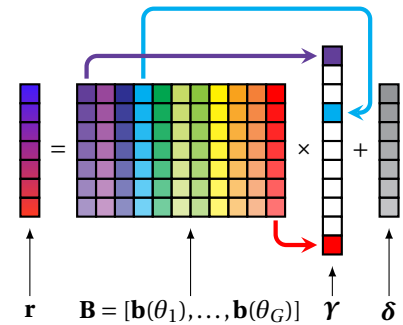

**REPRÉSENTATION PARCIMONIEUSE DE L'OBSERVATION**

Pour identifier + de sources : modèle de la covariance vectorisée [2]

$$\mathbf{r} = \mathbf{B}_0 \boldsymbol{\gamma}_0 + \boldsymbol{\delta}$$

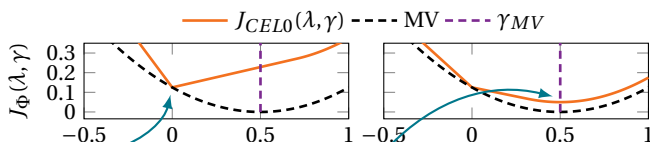
- Identification d'au plus  $N^2 - 1$  vs.  $N - 1$  sources avec le modèle classique
- Décomposition de l'observation  $\mathbf{r} = \mathbf{B}_0 \boldsymbol{\gamma}_0 + \boldsymbol{\delta} = \mathbf{B} \boldsymbol{\gamma} + \boldsymbol{\delta}$
- Les directions correspondent aux indices des composantes non nulles de  $\boldsymbol{\gamma}$
- Problème sous-déterminé : impossible d'utiliser les moindres carrés
- Ajout d'une pénalité  $\Phi$  (norme  $\ell_0$ , CEL0 [3]) favorisant la parcimonie

$$\hat{\boldsymbol{\gamma}} = \underset{\boldsymbol{\gamma}}{\operatorname{argmin}} J_{\Phi}(\boldsymbol{\lambda}, \boldsymbol{\gamma}) \quad \text{avec} \quad J_{\Phi}(\boldsymbol{\lambda}, \boldsymbol{\gamma}) = \underbrace{\frac{1}{2} \|\mathbf{r} - \mathbf{B}\boldsymbol{\gamma}\|_2^2}_{\text{Attache aux données}} + \underbrace{\Phi(\boldsymbol{\lambda}, \boldsymbol{\gamma})}_{\text{Pénalité}}$$


**RÉGLAGE DU PARAMÈTRE  $\lambda$** 

- $\lambda$  ajuste le poids de la pénalité  $\Phi$  par rapport au terme d'attache aux données

**Objectif** : choisir  $\lambda$  tel que l'argument ( $\boldsymbol{\gamma}_{MV}$ ) du min. du critère du max. de vraisemblance (MV) coïncide avec celui de  $J_{\Phi}$

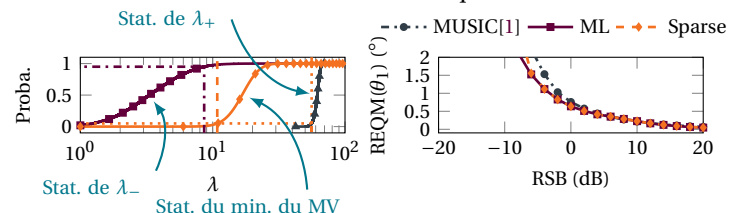


**X Mauvais réglage**  $\gamma$  : le min. de  $J$  ne se trouve pas en  $\gamma_{MV}$  **✓ Bon réglage** : le min. de  $J$  se trouve en  $\gamma_{MV}$

- On montre que l'intervalle  $[\lambda_-, \lambda_+]$  de Nikolova [4] et Delmer [5] permet d'obtenir ce résultat
- Proposition [6] d'un choix de  $\lambda$  appartenant à l'intervalle exploitant la statistique du min. du critère MV
- Calcul de la statistique du min. du critère MV : asymptotiquement  $\chi^2$     $N^2 - M$  degrés de liberté

**PERFORMANCES**

- Le choix de  $\lambda$  proposé appartient à l'intervalle  $[\lambda_-, \lambda_+]$
- La méthode parcimonieuse a les mêmes performances que le MV : les deux estimateurs sont équivalents



**Mise en œuvre à moindre c t du maximum de vraisemblance par les méthodes d'estimation parcimonieuses**

- G. BIENVENU et L. KOPP. "Optimality of high resolution array processing using the eigensystem approach". In : *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing* 31.5 (1983), p. 1235-1248.
- Joseph S. PICARD et Anthony J. WEISS. "Direction finding of multiple emitters by spatial sparsity and linear programming". In : *2009 9th International Symposium on Communications and Information Technology*. 2009, p. 1258-1262.
- Emmanuel SOUBIES, Laure BLANC-F RAUD et Gilles AUBERT. "A Continuous Exact  $\ell_0$  penalty (CEL0) for least squares regularized problem". In : *SIAM Journal on Imaging Sciences* 8.3 (juill. 2015), pp. 1607-1639 (33 pages).
- Mila NIKOLOVA. "Relationship between the optimal solutions of least squares regularized with  $\ell_0$ -norm and constrained by  $k$ -sparsity". In : *Applied and Computational Harmonic Analysis* 41.1 (2016), p. 237-265.
- Alice DELMER, Anne FERRÉOL et Pascal LARZABAL. "On regularization Parameter for  $\ell_0$ -Sparse Covariance Fitting Based DOA Estimation". In : *ICASSP 2020 - 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. 2020.
- Thomas AUSSAGUÈS et al. "Looking for Equivalence between Maximum Likelihood and Sparse DOA Estimators". In : *2024 32th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*. 2024.