

I. Objectifs

- **OK** Correction d'amplitude à appliquer aux points sources en fonction de leur distance par rapport à la position moyenne des microphones
- Débruitage de CSM :
 - **OK** lire et tester NOVEM Leclère 2015 et Fan Finez 2015
 - étudier l'impact sur la fft2D de la CSM (lire Petigny 2015)
- réfléchir à des critères de validité débruitage/imagerie
- Étudier le cas NASA4 (jet) et comparer avec les résultats de C. Bahr
- **OK** Comparer l'optimisation de diagonale : CVX vs linprog

II. Optimisation de diagonale : Hald vs Dougherty

2.1. Version de Hald

Hald propose de résoudre

$$\arg \min_d \left\{ \sum_i d_i \right\} \quad (1)$$

sous contrainte que

$$CSM - \text{diag}(d) \text{ hermitienne.} \quad (2)$$

Cette condition peut aussi être vréifiée en imposant que la plus petite valeur propre de la CSM modifiée soit positive.

2.2. Version de Dougherty

Dougherty formule le même problème :

$$\arg \min_d \left\{ \sum_i d_i \right\} \quad (3)$$

sous contrainte que

$$V'(CSM - \text{diag}(d))V \geq 0 \quad (4)$$

où V sont les vecteurs propres de la CSM modifiée.

En théorie, cette contrainte impose que les valeurs propres de la CSM modifiée restent positives, ce qui paraît identique au problème tel qu'il est formulé par Hald. En pratique, le problème est résolu itérativement, puisque V dépend de d :

$$V^i(d^{i-1}) = V^{i-1} \cup \text{vecteurs propres de } CSM - \text{diag}(d^{i-1}) \quad (5)$$

Dougherty propose d'initialier V par une matrice identité. Les résultats ci-après sont initialisés par les vecteurs propres de la CSM originale.

2.3. Comparaison sur le cas test b1

On compare ici l'effet de chaque algorithme sur la CSM.

L'algorithme de Dougherty converge lentement. La diagonale peut même prendre des valeurs négatives si aucune borne supérieure pour d n'est imposée. La convergence est plus rapide si on impose que $0 \leq d \leq \text{diag}(CSM)$.

La résolution itérative de Dougherty ne garantie pas de maintenir la CSM semi-définie positive (même en bornant d correctement), contrairement à celle de Hald. Note : la première itération de la formulation de Dougherty donne bien la même pondération d que celle de Hald.

III. DR basée sur la cohérence

Finez et al. proposent une reconstruction basée sur l'hypothèse que le champ acoustique est parfaitement cohérent :

$$\frac{|S_{ppij}|^2}{S_{ppi}S_{ppj}} = 1 \quad (6)$$

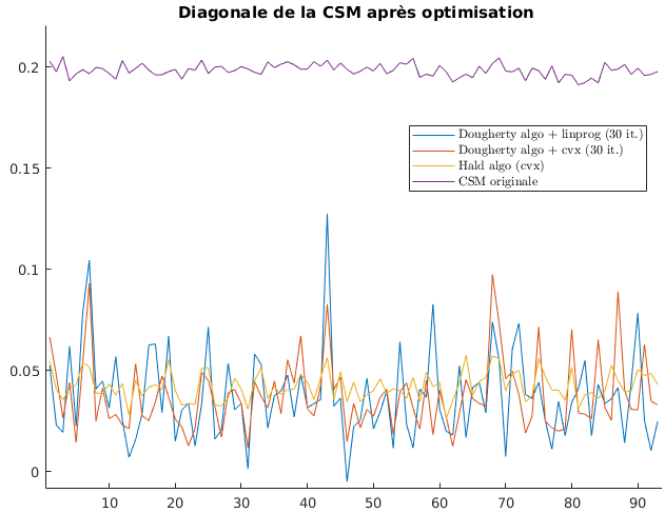


FIGURE 1 – Comparaison des diagonales reconstruites.

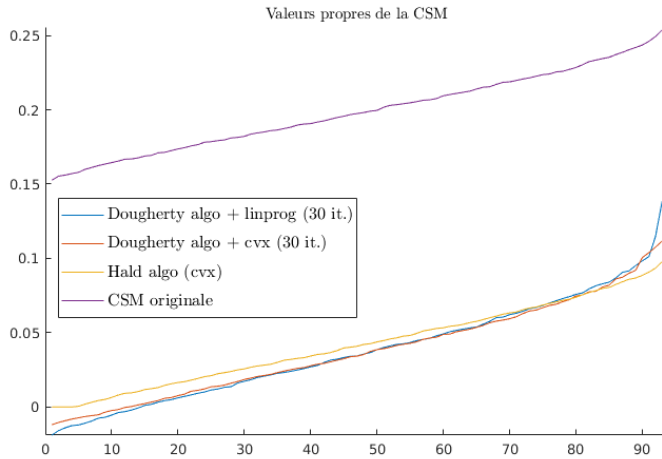


FIGURE 2 – Comparaison des valeurs propres des CSM à diagonale optimisée.

La diagonale est alors reconstruite à partir des éléments extra-diagonaux. Cette méthode ne modifie pas l'interspectre et fait également l'hypothèse que le bruit ne contamine que la

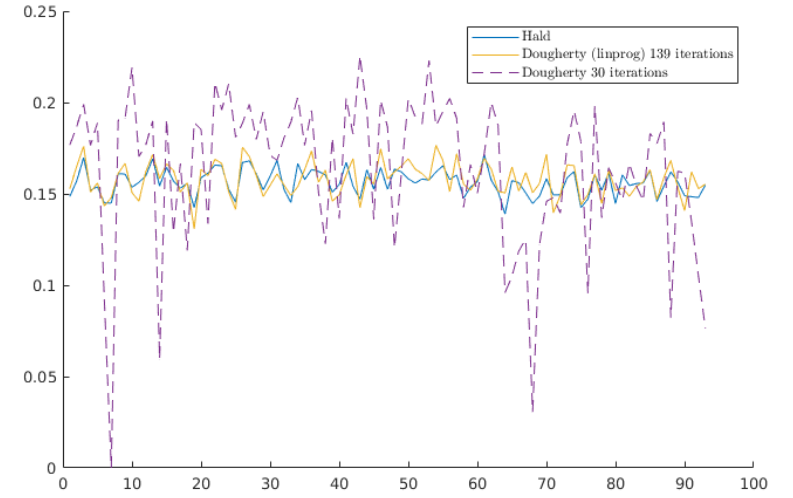


FIGURE 3 – Vecteur d pour 30 et 139 itérations sur la formulation de Dougherty, comparé au vecteur d pour l'algorithme de Hald (qui converge en 13 itérations).

Note : comme la taille de V augmente à chaque itération, le temps de calcul augmente à chaque nouvelle itération.

diagonale de la CSM. Or, si le bruit a une longueur de corrélation supérieure au plus petit espacement intermicrophonique, les éléments extra-diagonaux de la CSM sont porteur de bruit et l'hypothèse de cohérence est difficile à vérifier.

La figure 4 montre que la diagonale est reconstruite avec une amplitude de l'ordre de celle des éléments extra-diagonaux.

Cette méthode ne garantit pas que la CSM reste positive.

IV. Comparaison avec Alternate projection, SLDR

Les méthodes ci-dessus sont comparées avec 2 autres méthodes de débruitage :

- SLDR : (*sparse and low-rank decomposition*) fondée sur l'hypothèse que la CSM peut s'écrire comme la somme d'une matrice à rang réduit (ie résultant d'un nombre de source petit

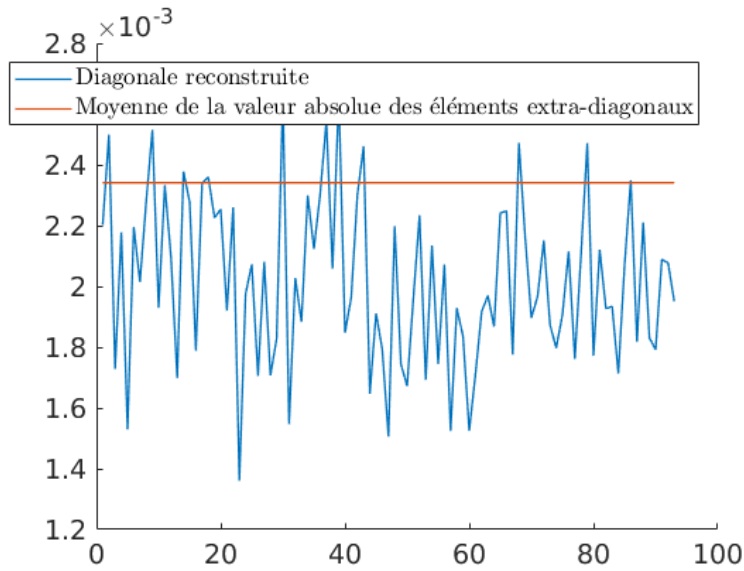


FIGURE 4 – *Diagonale reconstruite par la méthode basée sur la cohérence.*

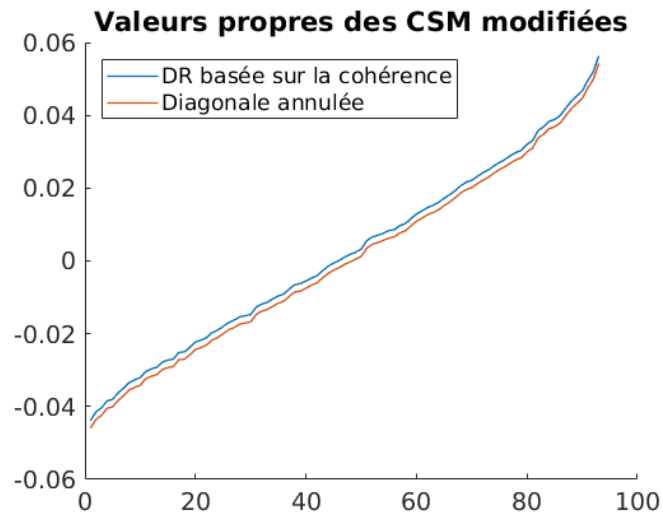


FIGURE 5 – *Valeurs propres des CSM reconstruites par les méthodes diagonale annulée et basée sur la cohérence.*

devant le nombre de microphones) et d'une matrice parcimonieuse (ie bruit impactant quelques valeurs de la CSM, la diagonale par exemple). Cette méthode modifie l'ensemble de la CSM.

- Alternate Projections :
 - Initialisation : la diagonale est mise à 0,
 - les valeurs propres négatives de la CSM sont annulées
 - une nouvelle CSM est calculée à partir des vecteurs propres restants
 - la diagonale de cette CSM remplace celle de la CSM originale
 - répéter.

Les méthodes de Dougherty, Hald et alternate projection résolvent le même problème de différentes manières. Elles donnent 3 solutions non-optimales proches. Pour toutes ces méthodes l'information qui était présente sur la diagonale de la CSM est perdue.

V. Perspectives

Critère de validation Établir un ou des cas analytiques permettant de faire varier les paramètres suivants :

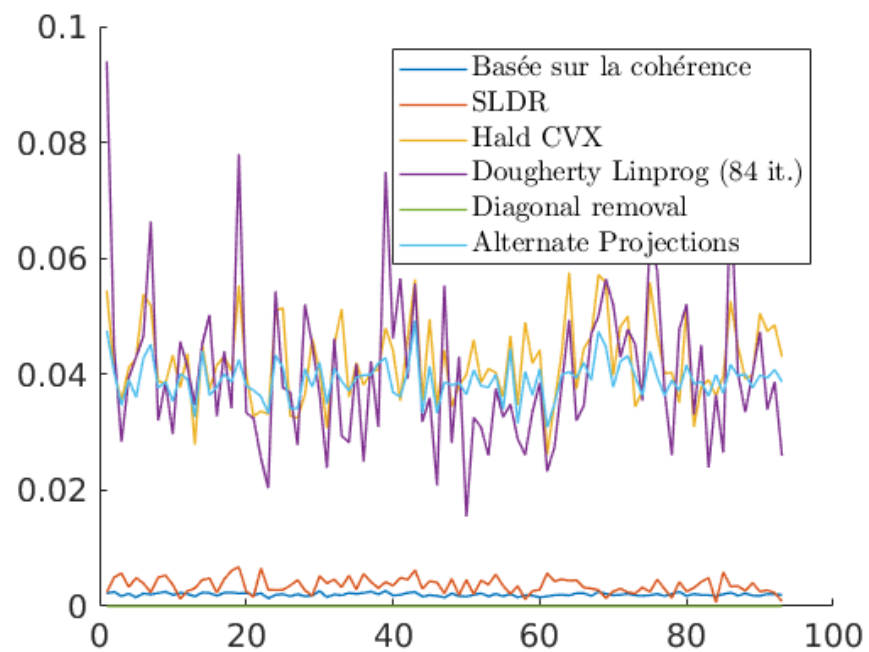
- Rang de la CSM
- Type de bruit (sur la diagonale ou non, variabilité d'un micro à un autre...)
- Norme nucléaire de la CSM plus ou moins élevée
- Nombre de snapshots
- SNR
- Matrice de propagation (qui dépend de la fréquence et de la géométrie)

Autre critère : décomposition en nombres d'ondes

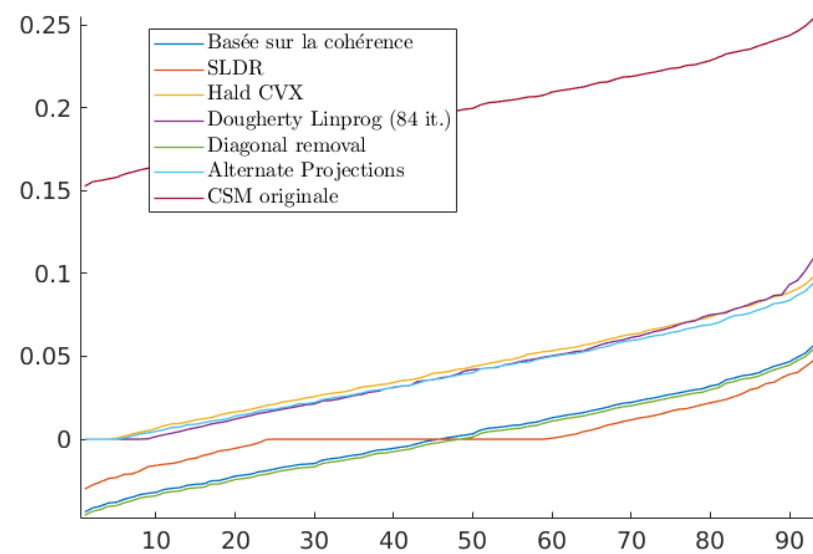
Étudier le code EM de Jérôme

Coder la soustraction successive d'une valeur moyenne de bruit

État de l'art : Débruitage avec mesure de bruit de fond



(a) Autospectres estimés par les différentes méthodes



(b) Valeurs propres de la CSM modifiées par les différentes méthodes

Cas NASA4