

Imagerie pour le Sonar à Ouverture Synthétique Multistatique

CAROLINE HERVÉ¹, JEAN-PIERRE SESSAREGO¹, RÉGINE GUILLERMIN¹, FRANÇOISE SCHMITT², FRANCK DAOUT²

¹Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (CNRS – UPR 7051), 31 Chemin Joseph Aiguier, 13402 Marseille Cedex 20

²Groupe d'Electromagnétisme Appliqué, Université de Paris X, 1 Chemin Desvalières, 92410 Ville d'Avray

RÉSUMÉ

Objectif :

Etudier et évaluer les performances d'un système Sonar à Ouverture Synthétique Multistatique [1] pour la détection, la localisation et la classification de cibles en Acoustique Sous-Marine (ASM).

Modélisation des cibles :

Calcul du champ diffracté par un objet cylindrique de section quelconque à partir d'une Représentation en Intégrale de Frontière [2] et de l'Approximation de Kirchhoff [3][4].

Algorithmes d'Imagerie :

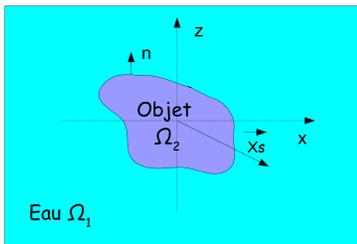
Adaptation de 3 algorithmes d'imagerie dédiés au Radar Bistatique [5] : l'algorithme de Filtrage Adapté, l'algorithme de Rétro-Projection et le PFA (Polar Format Algorithm).

Performances en configuration multistatique comparé au monostatique :

Etude de la résolution pour chaque Configuration et images de différents objets à partir de données expérimentales.

I PROBLEME DIRECT EN 2D

1. Représentation en intégrale de frontière du champ diffracté par un objet cylindrique de section quelconque



LE Théorème de Green permet d'écrire :

$$P^d(\vec{X}_s, \omega) = \int_{\Gamma_{12}} \left\{ P(\vec{X}) \vec{n} \cdot \vec{\text{grad}} G(\vec{X}, \vec{X}_s) - G(\vec{X}, \vec{X}_s) \vec{n} \cdot \vec{\text{grad}} P(\vec{X}) \right\} d\Gamma(\vec{X})$$

Avec $G(\vec{X}, \vec{X}_s)$ la fonction de Green en 2D en champ libre :

$$G(\vec{X}, \vec{X}_s) = -\frac{j}{4} H_0^{(2)} \left[k_1 \|\vec{X} - \vec{X}_s\| \right]$$

2. Modélisation du champ diffracté par un objet cylindrique de section quelconque par l'approximation de Kirchhoff

Chaque point du contour Γ_{12} de la cible est assimilée à un petit dioptré plan (approximation de Kirchhoff), le champ diffracté et sa dérivée normale s'écrivent donc de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \vec{k}_i &= k_1 \vec{e}_x \cos \theta_i + k_1 \vec{e}_z \sin \theta_i \\ \vec{k}_r &= k_1 \vec{e}_x \cos \theta_r + k_1 \vec{e}_z \sin \theta_r \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \vec{k}_i &= k_2 \vec{e}_x \cos \theta_i + k_2 \vec{e}_z \sin \theta_i \\ \vec{k}_r &= k_2 \vec{e}_x \cos \theta_r + k_2 \vec{e}_z \sin \theta_r \end{aligned} \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{aligned} P^d &= \sigma P^i \\ \frac{\partial P^d}{\partial n} &= -\sigma \frac{\partial P^i}{\partial n} \end{aligned} \right.$$

tel que,

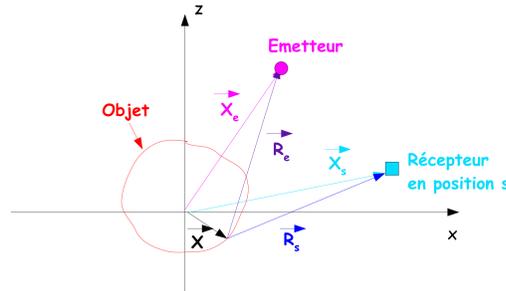
$$\sigma(\vec{X}) = \frac{z^{(2)} - z^{(1)}}{z^{(2)} + z^{(1)}}$$

Avec

$$z^{(1)} = \frac{\rho^{(1)} c^{(1)}}{\cos \theta_i}$$

et

$$z^{(2)} = \frac{\rho^{(2)} c^{(2)}}{\cos \theta_r}$$



Modélisation du champ diffracté obtenue en introduisant l'approximation de Kirchhoff dans la représentation en intégrale de frontière :

$$P^d(\vec{X}_s, \omega) \approx \int_{\Gamma_{12}} O(\vec{X}, \vec{X}_s, \omega) H(\vec{X}, \vec{X}_s, \omega) d\Gamma(\vec{X})$$

Hypothèse de champ lointain : $\|\vec{X}\| \ll \|\vec{X}_e\|$ et $\|\vec{X}\| \ll \|\vec{X}_s\|$

$$O(\vec{X}, \vec{X}_s, \omega) = \sigma(\vec{X}) [\vec{X}_e + \vec{X}_s] \cdot \vec{n}$$

Où $\vec{X}_{e/s} = \frac{\vec{X}_{e/s}}{\|\vec{X}_{e/s}\|}$
Et

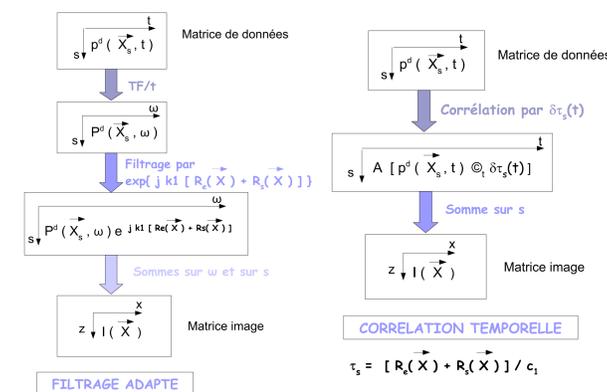
$$H(\vec{X}, \vec{X}_s, \omega) = \frac{-e^{-jk_1(\|\vec{X}_e\| + \|\vec{X}_s\|)} P_0(\omega)}{8\pi \sqrt{\|\vec{X}_e\| \|\vec{X}_s\|}} e^{+jk_1(\vec{X}_e + \vec{X}_s) \cdot \vec{X}}$$

II ALGORITHMES D'IMAGERIE

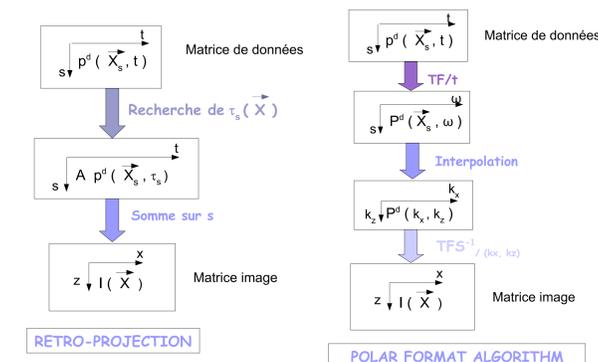
1. Introduction

Trois algorithmes d'imagerie utilisés en radar bistatique sont à l'étude : le Filtrage Adapté ou Corrélation Temporelle, l'algorithme de Rétro-Projection (également utilisé en imagerie médicale) et le Polar Format Algorithm. Ils impliquent une approximation "Points brillants" (même réponse suivant les angles et suivant la fréquence).

2. Filtrage Adapté ou encore Corrélation temporelle

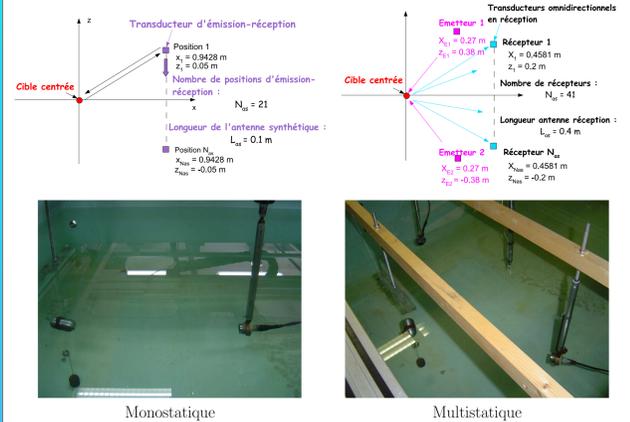


3. Rétro-Projection(gauche) et PFA (droite)

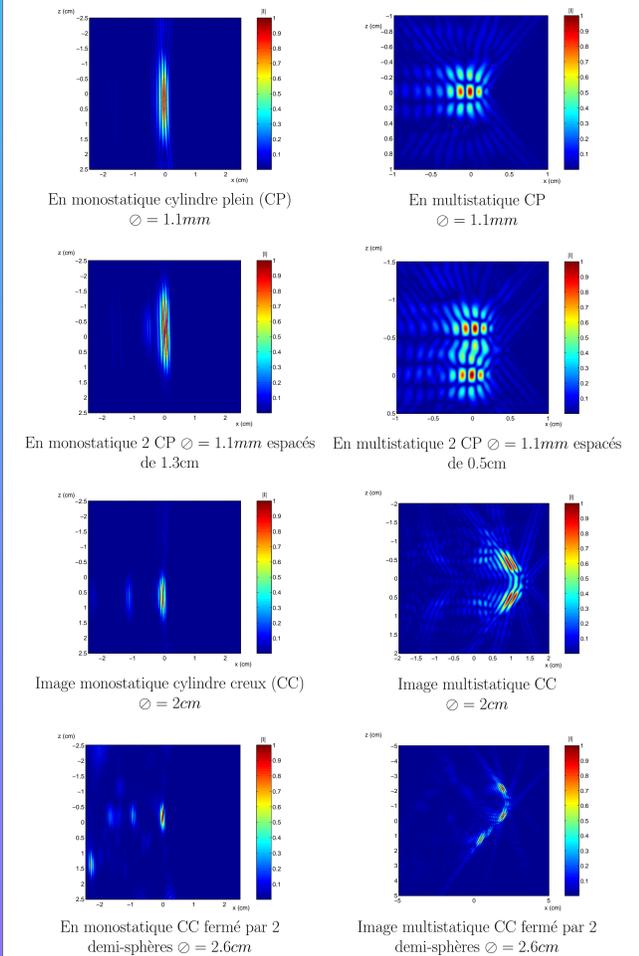


III PERFORMANCES EN CONFIGURATION MULTISTATIQUE COMPARÉ AU MONOSTATIQUE

1. Géométries des deux configurations



2. Images reconstruites à partir de données expérimentales avec l'algorithme de Rétro-Projection



IV CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- Pbm direct : Vérifier la validité de l'approximation de Kirchhoff pour des cylindres circulaires élastiques.
- Introduire l'Approximation de Kirchhoff dans les algorithmes d'imagerie car réponses des cibles élastiques plus complexes en ASM qu'en radar ("points brillants").
- Comparer les performances des 3 algorithmes.
- Expérimentation en cuve limitée par les transducteurs, taille cue : meilleure résolution pour la configuration multistatique, faire étude théorique avec fonction d'ambiguïté.
- Objectif de fin de thèse : avoir un algorithme performant dans une configuration donnée pour classifier des cibles en ASM avec un SOS Multistatique.

Références

- [1] F.Daout, F.Schmitt, R.Guillermin, J.P.Sessarego, *Processeur d'Image pour un Sonar Multistatique*, Colloque National de Recherche en IUT, Rouen, Mai 2005.
- [2] Régine Guillermin, *Caractérisation d'Objets Enfouis dans les Sédiments Marins par Imagerie Acoustique*, Thèse de l'Université de la Méditerranée Aix-Marseille II, 2000.
- [3] J.-P. Sessarego Contribution à l'Etude des Problèmes Liés à l'Imagerie et à la Reconnaissance Acoustique de Formes, Thèse de l'Université de Provence - Aix-Marseille I, 1982.
- [4] Norman Bleistein, *Mathematical Methods For Wave Phenomena*, Computer Science and Applied Mathematics, San Diego : Academic Press, 1984, p.283.
- [5] F.Daout, G.Ginolhac, F.Schmitt, M.Lesturgie, *Passive Bistatic Imagery of Targets Modelled by NEC*, International Conference on Radar Systems, Toulouse, Octobre 2004.