

# ÉTUDIER LA PERTINENCE DES COPULES POUR AMÉLIORER LES PERFORMANCES DE DÉTECTION D'OBJETS PAR RADAR AÉROPORTÉ POLARIMÉTRIQUE

ROXANE LEDUC\*, AUDREY GIREMUS, ERIC GRIVEL,  
ADRIEN GILLIOT, YOAN VEYRAC, AND VINCENT CORRETJA

RÉSUMÉ. Ces dernières années, les radars aéroportés polarimétriques ont suscité un intérêt croissant pour détecter des objets maritimes. En fournissant une diversité de données issues d'une même scène, ils offrent de nouvelles possibilités d'exploitation, à condition que les corrélations entre ces données soient modélisées de manière adéquate. L'objectif de notre travail est d'examiner l'apport de la théorie des copules pour caractériser et quantifier ces dépendances, puis d'évaluer le gain de performance qu'une telle approche peut apporter à la détection d'objets.

## 1. CONTEXTE

Pour les générations passées et actuelles de radars de surveillance aéroportés, la polarisation, généralement horizontale (HH)<sup>1</sup> ou verticale (VV), est déterminée lors de la phase de conception. Cette configuration n'est pas nécessairement la plus adaptée au scénario d'emploi du radar car le fouillis de mer ne renvoie pas nécessairement des échos de même puissance selon l'orientation du champ électromagnétique, particulièrement autour de l'angle de Brewster. La prochaine génération de radars aéroportés devrait disposer de capacités polarimétriques, c'est-à-dire pouvoir observer une scène sous différentes polarisations. Cependant, afin d'améliorer la détection d'objets la dépendance entre les données issues des plans de polarisation HH et VV doit être prise en compte dans le traitement conjoint des données. Pour ce faire, nous proposons d'évaluer l'apport d'un outil statistique, à savoir les copules (elliptiques, Archimédiennes, etc.), qui permettent d'établir une loi conjointe entre des variables aléatoires. Elles structurent le type et le niveau de dépendance entre ces variables et permettent notamment de séparer les lois marginales de la structure de dépendance.

## 2. LES TROIS PREMIÈRES ÉTAPES DE NOS TRAVAUX

**1/ Proposition d'une modélisation du fouillis de mer polarisé** qui intègre la dépendance entre les canaux polarimétriques via la théorie des copules. Le fouillis étant souvent modélisé par un vecteur aléatoire sphériquement invariant (comprenant une composante spéculaire et une composante de texture), nous avons introduit la copule au niveau de la densité de probabilité jointe de la texture.

**2/ Choix de la copule la plus adaptée au jeu de données traité** : la méthode proposée qui combine le critère d'information d'Akaike et le test de Cramér-Von-Mises a l'avantage de fournir une expression analytique de la copule, utile pour l'étape 3. La démarche a d'abord été validée par simulations sur données synthétiques. En l'appliquant à des données réelles<sup>2</sup>, la copule de Gumbel a été sélectionnée.

**3/ Mise en œuvre de tests de détection d'objets en présence de fouillis de mer** : compte tenu de leur équivalence asymptotique, notre démarche se concentre sur le développement et l'analyse des tests du rapport de vraisemblance généralisé et de Wald, en incluant leurs variantes robustes adaptées aux situations où le modèle statistique peut être mal spécifié. L'objectif est d'assurer une détection fiable même dans des contextes complexes et incertains. Par ailleurs, afin de réduire la complexité de calcul, nous proposons une approximation de la distribution des données, validée par analyse théorique et simulation basée sur la divergence de Kullback-Leibler.

Les premiers résultats montrent que notre démarche peut améliorer la probabilité de détection dans certains scénarios, notamment lorsque les données polarisées présentent une corrélation suffisante.

RL/AG/EG : LABORATOIRE IMS, TALENCE. prenom.nom@ims-bordeaux.fr

AG/YV/VC : THALES DMS, MÉRIGNAC. prenom.nom@fr.thalesgroup.com

*Mots-clés.* Radar polarimétrique, copules, détection, fouillis de mer, MLRT.

1. Dans ce cas l'onde électromagnétique émise par le radar et l'onde réfléchie reçue par l'antenne sont toutes deux polarisées horizontalement.

2. IPIX, <http://soma.ece.mcmaster.ca/ipyx/dartmouth/datasets.html>