

# ***Introduction Générale***

## **1. Introduction**

Le terme radar est universellement adopté pour désigner un matériel électronique répondant à certaines exigences, il est devenu de plus en plus très nécessaire dans notre vie quotidienne. Le radar est un système électromagnétique sert à détecter et localiser des objets (cibles) lointaines. Son fonctionnement est basé sur la transmission d'une onde radioélectrique et la détection du signal d'écho réfléchi par la cible. Le problème principal de la détection radar est que la cible d'intérêt est noyée dans un bruit ambiant considéré comme un processus aléatoire. Ce bruit perturbe les performances de détection et provient généralement de l'électronique du radar (bruit thermique), modélisé à juste titre comme du bruit blanc Gaussien [1-4]. Dans plusieurs cas, le radar doit faire face à l'environnement situé tout autour de l'objet à détecter : c'est le cas des radars terrestres de surveillance qui scrutent l'horizon du sol. Ceux-ci sont alors perturbés par des échos indésirables des réflecteurs constitutifs du sol, du sur-sol ou encore de la mer [4]. Ces signaux parasites constituent ce que l'on nomme le clutter. Dans le domaine militaire, le radar a modifié progressivement les caractéristiques de la guerre en supprimant presque complètement la surprise dans le déroulement des opérations. En effet, il permet de détecter et de localiser à grande distance, les objectifs mobiles (navires, avions, bateaux... etc.), de suivre leurs routes de jour ou de nuit, à travers les nuages, les brouillards, les fumées...etc. Grâce à lui, l'alerte peut être déclenchée avec préavis et les moyens de réaction sont dirigés vers les agresseurs. Le radar associé à des calculateurs qui traitent instantanément les informations reçues et les transforment pour les visualiser et les exploiter immédiatement, il est plus que jamais à la base des systèmes de la défense aérienne. La première propriété du radar à savoir une grande précision des mesures de la distance, est utilisée pour le guidage des tirs d'artillerie de la marine et des canons anti-aériens [4]. Dans les avions eux-mêmes, il détecte des objectifs environnant et, associé aussi à des calculateurs (ordinateurs), il commande le tir des engins air-air. Sur le champ de bataille terrestre, des radars appropriés permettent de détecter des objectifs mobiles de tailles très réduites. Dans le domaine civil, les applications radar sont devenues nombreuses et importantes, allant du contrôle de la circulation aérienne, si dense actuellement, avec des matériels de grande portée, à celui de l'atterrissage dans des conditions [1-4].

L'objectif principal dans la détection du signal radar est donc la conception d'une structure optimale du récepteur selon certains critères qui sont déterminés par le type d'environnement de

détection de la cible. En réalité, les modèles statistiques des signaux reçus ne sont pas disponibles *a priori* mais ils peuvent changer avec le temps. Les techniques de détection à taux de fausse alarme constat (CFAR: Constant False Alarm Rate) est utile dans des situations où le signal réfléchi de la cible est contaminé par un bruit non stationnaire (clutter) [2]. Dans le détecteur CFAR, l'algorithme du seuil de détection utilise les valeurs des cellules adjacentes de la cellule sous test (CUT: Cell Under Test) afin d'estimer la puissance du clutter en maintenant une probabilité de fausse alarme,  $P_{FA}$  dans une valeur faible et constante généralement entre  $10^{-8}$  et  $10^{-3}$ . Cependant, la détection CFAR basée sur plusieurs impulsions a été souvent considérée dont celui-ci est dû aux nombreux avantages tels que l'amélioration des performances de détection ainsi que la simplicité d'utilisation avec un coût minimum [2-5].

## 2. Etat de l'art

La distribution Pareto généralisée a été retenue comme un modèle statistique du clutter de mer à haute résolution [6-8]. Dans ce cas, la distribution de la texture est une distribution Gamma inverse et le speckle obéit à la distribution exponentielle (la détection quadratique est considérée). La distribution Pareto généralisée a une forme analytique qui facilite le développement des algorithmes d'estimation de ses paramètres dans le cas de mono impulsions tels que les méthodes du MLE (maximum likelihood estimator), des moments et  $[z \log(z)]$ . La tâche d'estimation des paramètres des distributions représentant les statistiques du clutter de l'environnement est vraiment nécessaire pour le design et le fonctionnement des procédures de la détection CFAR [8, 9]. Cependant, plusieurs travaux de recherche ont été concentrés sur l'estimation des paramètres de la distribution généralisée [6-11]. Particulièrement, ces approches d'estimation ont été développées dans le but d'améliorer la qualité des estimés des paramètres avec un temps de calcul réduit. Ces méthodes sont basées sur les moments d'ordres supérieurs (HOME :Higher Order Moment Estimator) et les moments logarithmiques dans le cas le plus général où nous avons une intégration de  $N$  impulsions [6]. L'estimation MLE est une méthode statistique courante utilisée pour estimer les paramètres de la distribution de probabilité d'un échantillon donné. Cette méthode a été développée par [11] et qui nécessite des calculs numériques et un nombre élevé des échantillons. Dans ce cadre, la détection n'est optimale que si le clutter suit parfaitement le modèle avec lequel le radar l'a caractérisé. Cette supposition n'est en réalité jamais totalement vérifiée et le taux de fausses alarmes régule en permanence la détection. L'enjeu est alors de réussir à caractériser au mieux l'environnement et donc le clutter, il s'agit là du principe de détection adaptative. L'idée majeure se base sur cette adaptation à l'environnement, par l'estimation du seuil de détection afin de maintenir une décision sur la présence des cibles. Weinberg [8] a développé quelques algorithmes CFAR assurant la constance de la probabilité de fausse alarme en dépit de variation des conditions du clutter de distribution Pareto. Dans ce travail, il a été présenté et analysé quelques des détecteurs CFAR

constant false alarm rate) tels que le GM-CFAR (Geometric mean CFAR), OS-CFAR (order-statistic CFAR), GO-CFAR (Greatest-of CFAR) et SO-CFAR (smallest-of CFAR) dans un environnement de clutter Pareto distribué homogène et non homogène [8, 12].

### **3. Motivations**

La première partie du travail présenté dans ce mémoire s'intéresse à décrire en premier lieu le modèle de la distribution Pareto et Pareto généralisée où l'expression des moments d'ordre quelconque est aussi présentée. L'application des méthodes d'estimation est très importante pour la conception des algorithmes de détection CFAR lié à ce modèle statistique. Pour cela, on va présenter et détailler des méthodes les plus courantes dans le contexte scientifique radar. Pour cela, on s'intéresse à décrire les procédures d'estimation MLE, HOME, FOME (fractional order moments estimator) et  $[z \log(z)]$ . On a aussi développé une méthode d'estimation basée sur deux moments fractionnaires positif et négatif qu'on l'appelle FPNOME (fractional positive/negative order moment estimator). A travers d'une série de simulations Monte Carlo, on va analyser et comparer les performances d'estimation des paramètres utilisant des données synthétiques et des données réelles (base de données IPIX [11]).

Dans la deuxième partie de ce travail, on examine et analyse quelques détecteurs CFAR pour la détection des cibles dans un environnement de clutter de Pareto. On développera les expressions compactes de la probabilité de fausse alarme des détecteurs GM-CFAR, OS-CFAR, GO-CFAR SO-CFAR dans un environnement homogène et non homogène de distribution Pareto [8, 12]. La propriété CFAR sera étudiée pour chaque algorithme CFAR utilisant les données du radar simulées dans un environnement homogène et non homogène causé par la présence des cibles d'interférentes et le bord de clutter.

### **4. Organisation du mémoire**

Ce mémoire est structuré en trois chapitres:

Le premier chapitre évoque les concepts fondamentaux du radar. De ce fait, on présente un bref rappelle sur la théorie de la décision classique. Les différents modèles statistiques des cibles sont présentés à savoir les quatre modèles de Swerling [13]. Les modèles du clutter représentant les statistiques du clutter de mer pour des radars à haute résolution seront aussi exposés à la fin de ce chapitre.

Le chapitre 2 présente en détail les développements des méthodes d'estimation des paramètres de la distribution Pareto généralisé. Nous intéressons sur des approches d'estimation telles que

l'algorithme MLE, HOME, FOME,  $[z\log(z)]$  et FPNOME où la qualité d'estimation sera validée utilisant les données simulées et les données réelles

Le chapitre 3 présente le développement des algorithmes CFAR fonctionnant dans un environnement de clutter homogène et hétérogène. Dans ce contexte, on s'intéresse à analyser les algorithmes GM-CFAR, OS-CFAR, SO-CFAR et GO-CFAR pour un clutter de distribution Pareto. La propriété CFAR est bien vérifiée par l'élaboration des expressions compactes de la probabilité de fausse alarme de chaque détecteur.

Enfin, une conclusion vient résumer les apports essentiels du présent travail ainsi que les directions futures de quelques problèmes d'estimation et de détection CFAR sont aussi envisagées.