

INTRODUCTION GENERALE



1. Introduction

Le RADAR est l'une des merveilles du vingtième siècle. C'est un système électromagnétique utilisé pour détecter la présence des objets mobiles et déterminer leur trajectoire, leur vitesse, leur point de contact le plus proche, et d'autres données, tout en transmettant des ondes radioélectriques, dont la longueur d'onde varie de quelques centimètres à environ 1 m. Il en extrait alors l'information nécessaire sur la cible à partir du signal échoïque. Son histoire de détection a débuté par les travaux du physicien britannique James Clerk Maxwell, en 1864, qui a prédit mathématiquement que les radiations, qui seront connues ensuite sous le nom d'ondes électromagnétiques, ont quelques propriétés communes avec les ondes lumineuses. En particulier, la vitesse de propagation et la réflexion par les objets métalliques et diélectriques. Ceci a été démontré par le physicien allemand Heinrich Rudolf Hertz en 1886. L'ingénieur allemand Christian Hülsmeyer fut le premier, en 1904, à suggérer l'utilisation d'échos radio dans un appareil de détection afin d'éviter les collisions en navigation. Ensuite, en 1917, Nikola Tesla établit les principes théoriques (fréquences et niveaux de puissance) du futur radar. En 1922, un dispositif similaire fut proposé par l'inventeur italien Guglielmo Marconi. Par la suite, le radar fut développé progressivement, grâce à l'action de nombreux savants, ingénieurs et techniciens. Plus tard, et au cours de la deuxième guerre mondiale (Bataille d'Angleterre), Wattson Watt a pu réaliser un détecteur radio que les américains lui ont attribué le nom de RADAR qui est la contraction de l'expression "Radio Detection And Ranging", qui signifie détection de la présence et mesure de la distance d'objets à l'aide d'ondes électromagnétiques, ou tout simplement "radiorepérage". Depuis cette époque, le radar n'a cessé de se perfectionner tant sur le plan technologique que par la variété mises en jeu. Ce système permet de détecter la présence d'objets (cibles) qui ne peuvent être visibles en estimant leurs positions d'après le temps de retour du signal émis par le radar après sa réflexion par un objet, et leurs vitesses grâce au changement de fréquence du signal par effet Doppler [1].

Les premières utilisations opérationnelles du radar eurent lieu pendant la seconde guerre mondiale afin de détecter depuis la côte l'approche de formations aériennes, et de navires. Les radars ont aujourd'hui une très grande variété d'applications dans de nombreux domaines tels que: militaire, maritime, météorologie, circulation (sécurité routière),

scientifique etc. Au point de vue militaire, il a modifié progressivement les caractéristiques de la guerre aérienne en supprimant presque complètement la surprise dans le déroulement des opérations; en effet, il permet de détecter, non sans quelques limitations, à grande distance, les avions et les navires, de suivre leur route, de jour comme de nuit, à travers les nuages, les brouillards et les fumées artificielles. Grâce à lui, l'alerte peut être déclenchée avec préavis, les populations averties et parfois protégées, les moyens de réaction sont ainsi dirigés vers les agresseurs. Le radar reste ainsi un élément indispensable à la mise en œuvre d'une aviation moderne. Associé à des ordinateurs électroniques 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 défense aérienne. La propriété première du radar, à savoir une grande précision des mesures de la distance a aussi permis de mesurer avec précision la distance de la terre à différents astres soit avec des ondes radio soit aussi avec le laser. Dans le domaine civil, les applications du 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 de visibilité très réduite. En météorologie, il permet de suivre les ballons-sondes, de mesurer le plafond des couches nuageuses au-dessus des aéroports et d'avertir les équipages de la présence de perturbation sur leur route, ce qui permet de les éviter. Sur les routes, il permet la surveillance de la vitesse des automobilistes, et par conséquent, participe à l'amélioration de la sécurité de la circulation routière. Enfin, il est largement utilisé dans l'exploration spatiale puisqu'il rend possible l'étude du sol des planètes entourées de nuages, par exemple, Venus. Le mot radar s'applique donc à une vaste gamme de matériels et d'installations allant d'équipements de bord, de volume et de poids très réduits, à de très gros ensembles servis par des centaines de personnes. Cependant, en dépit de cette extrême diversité d'aspects et d'emplois, les mêmes principes de base se retrouvent sur tous les types d'équipements. Ce sont donc surtout ces principes qui sont étudiés dans la littérature radar et de surcroît leurs prolongements actuels, c'est-à-dire les radars modernes [2].

Le principe de ce système est basé sur les propriétés des ondes radio, qui se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière. Un émetteur diffuse, au moyen d'une antenne, un faisceau d'ondes électromagnétiques concentré dans une direction souhaitée. Lorsque ces ondes rencontrent un objet, elles se réfléchissent toutes ou en partie, formant ce qu'on appelle un écho radar. Cet écho, renvoyé vers le radar, est capté par l'antenne qui joue alors, cette fois-ci, le rôle du récepteur. Le signal réfléchi, après avoir été amplifié, est numérisé et transformé sous forme de spots (plots) lumineux visualisables sur un écran qui donnent une

représentation polaire plane de l'espace balayé par le radar. Le signal échoïque est un mélange de signaux provenant de plusieurs sources telles que cibles, bruit thermique propre aux composantes des systèmes radar et de fouillis (clutter) qui représente le signal provenant de la réflexion d'objets indésirables comme le sol, la mer, les nuages, la pluie, le brouillage (jamming), les reliefs, la forêt, les oiseaux, les insectes ou parfois même les objets métalliques appelés chaff, émanant des avions pour masquer une cible que le radar veut réellement détecter [2].

Les fouillis (clutter) ont généralement des puissances inconnues à cause de la fluctuation aléatoire de l'énergie électrique. La détection s'effectue donc dans un environnement non stationnaire. L'utilisation d'un seuil fixe induit une détection vulnérable aux variations du milieu dans lequel évoluent les cibles d'intérêt. C'est pour cette raison que nous sommes conduits à utiliser des techniques à seuillage adaptatif pour maintenir un Taux de Fausse Alarme Constant 'TFAC' (CFAR: Constant False Alarm Rate). Par conséquent, il est toujours désirable de concevoir des stratégies de détection optimale dans le sens de Bayes ou celui de Neyman-Pearson. De tels systèmes ne sont réalisables que dans le cas où la détection est effectuée en milieu Gaussien. En effet, comme un environnement non Gaussien (lognormal, Weibull, K ,...), ne permet pas de connaître le comportement statistique du clutter, une expression exacte du rapport de vraisemblance ne peut être obtenue. De ce fait, à l'exception des cas où les paramètres des distributions log-normal, Weibull, K ou autres sont connus, une forme générale d'un récepteur radar pour le cas non Gaussien n'est pas toujours disponible. L'évaluation des performances d'un critère par rapport à un autre, conduit à la notion de coût et de perte (cost and loss) [3].

2. Objectifs

L'estimation des paramètres du modèle de clutter Gaussien composé est un problème qui est largement étudié. Pratiquement, ce problème possède une grande importance en télédétection et surveillance radar puisqu'il y a une relation corrélative directe entre la qualité d'estimation et le pouvoir de détection. Dans ce travail, nous allons présenter les méthodes d'estimation des paramètres de distribution K et Pareto en présence du bruit thermique où les expressions des moments sont aussi données. Au premier lieu, trois méthodes d'estimation sont présentées pour le modèle $K+B$ (K plus bruit) à savoir l'approche des moments d'ordre supérieur HOME (High Order Moments Estimator), l'approche des moments fractionnaires d'ordre positif /négatif FPNOME (Fractional Positif/Negatif Order Moments Estimator) et

l'approche $[z\log(z)]$. Dans le cas des échos radar à une seule impulsion, les estimés du paramètre de forme utilisant les approches existantes FPNOME et $[z\log(z)]$ possèdent une optimisation numérique de la fonction d'erreur quadratique. Pour remédier ce problème du temps d'exécution, une nouvelle technique d'estimation appelée MFPNOME (FPNOME modifiée) est proposée. Cette approche exploite des opérations de seuillage entre deux méthodes FOME avec des moments d'ordres positif et négatif. L'estimation des paramètres du modèle Pareto+B (Pareto plus bruit est aussi considéré dans ce travail. Après la présentation des approches d'estimation HOME, FPNOME et $[z\log(z)]$, nous introduisons également une technique de seuillage entre deux méthodes d'estimation FPNOM avec deux ordres positif et négatif.

Alors, l'apport de ce travail de recherche est le développement d'un nouveau estimateur des paramètres des distributions K+B et de Pareto+B assurant un temps de calcul réduit avec des améliorations de la qualité d'estimation par rapport la méthode numérique de $[z\log(z)]$. Dans ce travail, on a introduit la méthode de seuillage avec un seul et double seuils d'estimation.

3. Organisation du mémoire

Après une introduction générale sur le système radar et la problématique de l'estimation du clutter de mer de haute résolution, on se propose de prendre en compte les contenus de ces chapitres suivants :

- Le premier chapitre évoque des notions radar. De ce fait, on présente un bref rappel sur le fonctionnement et les différents types des systèmes radar. Les distributions de clutter et le problème d'estimation des paramètres et les critères des performances sont aussi discutés dans ce chapitre.

- Le chapitre 2 valide deux techniques de seuillage pour l'amélioration de l'estimation des paramètres de la distribution K+B. Les méthodes d'estimation HOME, FPNOME, $[z\log(z)]$ et MFPNOME sont considérées comme des outils de comparaison dans cette étude.

- Le chapitre 3 présente aussi les mêmes techniques de seuillage pour l'estimation des paramètres de la distribution Pareto+B. Avec l'utilisation des mêmes méthodes d'estimation, des comparaisons des performances d'estimation sont effectuées par une série de simulation.

Enfin, ce mémoire se termine par une conclusion générale sur les principaux résultats d'estimation obtenus.