



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE D'EL-OUED

N° d'ordre :

Série :

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE D'ELECTRONIQUE
Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de :

MASTER ACADEMIQUE

OPTION : Télécommunications

Présenté par :

BELMABEDI MOUSSA

THÈME

***Nouveau Détecteur radar CFAR dans un
environnement non homogène***

Soutenu le : 03 /06 /2015

Soutenue devant le jury :

Président : CHEMSA Ali .

Examineur : Khalil Abdelatif.

Examineur : Hettiri Messaoud .

Promoteur : BENCHEIKH Med LAID.

Chargé de cours U .EL-OUED

Chargé de cours U .EL-OUED

Chargé de cours U .EL-OUED

Chargé de cours

2014/2015

Dédicace

A Mes très chers parents

*Qu'Allah vous protège, vous prête une bonne santé
Et une longue vie*

A tous les membres de ma famille

*Pour m'avoir supporté durant les moments difficiles
Pour leur soutien et leur patience*

A tous mes amis

*Vous m'avez toujours encouragé pour attendre cette
étape de ma vie*

A tous ceux qui me sont chers

Qui ne méritent pas d'être oubliés.

BELMABDI MOUSSA

REMERCIEMENT

C'est avec un grand plaisir que je réserve ces lignes en signe de reconnaissance à tous ceux qui ont de près ou de loin contribué à rendre ce travail possible. Même si des fois nos expressions nous trahissent et n'expriment pas réellement nos sentiments les plus sincères.

Ma profonde gratitude va en premier, à Allah le tout puissant, le miséricordieux de m'avoir donné la force et la patience d'arriver à mettre ce travail à terme.

Puis; je voudrais remercier mon encadreur Dr .BENCHERKH M^d LAID pour son aide et pour la confiance qu'il a mise en moi, qu'il trouve ici toute ma gratitude et surtout ma parfaite considération de l'intérêt qu'il portait à ce travail depuis sa proposition de ce sujet.

Je remercie très sincèrement, les membres de jury d'avoir bien voulu accepter de faire partie de la commission d'examination.

A toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.

Merci....

BELMABDI MOUSSA.

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

ACRONYMES

INTRODUCTION GENERALE.....1

CHAPITRE I : CONCEPTS RADAR.....5

 Introduction.....5

 1.1.Définition.....5

 1.2. Système radar6

 1.2.1. Principe de fonctionnement et composants d'un système radar.....6

 1.2.2. Composition d'un système radar.....6

 1.2.3. Détection dans la chaîne de réception.....8

 1.3. Différent type de bruit.....9

 1.3.1. Bruit Thermique.....9

 1.3.2. Fouillis (clutter).....10

 1.3.3. Cibles interférentes.....10

 1.4. Modèles de distribution du clutter.....12

 1.4.1. Modèles de Rayleigh.....13

 1.4.2. Modèles log-normal.....14

 1.4.3. Modèles de Weibull.....15

 1.4.4. Modèles de clutter k-distribue.....16

 1.5.Généralité sur la détection.....16

1.5.1 Détection Classique (A Seuil Fixe).....	17
1.7. Conclusion.....	18
CHAPITRE II : TECHNIQUE DE DETECTION RADAR.....	20
II.1.Introduction.....	21
II.2. L'état de l'art de la détection CFAR.....	21
II.3.Détecteurs CA, GO et SO-CFAR.....	22
II.3.1.détecteur CA-CFAR.....	22
II.3.2.Détecteur GO-CFAR.....	24
II.3.3. Détecteur SO-CFAR.....	25
II.3.4.détecteur OS-CFAR.....	27
II.3.5. Performances des détecteurs OS-CFAR et CA-CFAR.....	29
II.4. Conclusion.....	30
CHAPITRE III : ALC-CFAR.....	32
III. introduction.....	32
III.1. étude et analyse de détecteur ALC-CFAR (adaptative linear combined CA-OS-CFAR).....	34
III.2. Performances du détecteur ALC-CFAR.....	35
III.3.Conclusion.....	37
CONCLUSION GENERALE.....	39
BIBLIOGRAPHIE.....	

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : Les Composantes De Radar.....	5
Figure I-2: Cellule sous test dans le bruit thermique en présence d'un bord de clutter.....	8
Figure I-3: Cellule sous test dans le bruit thermique et le clutter.....	8
Figure I-4: Cellule sous test dans le bruit thermique en présence des cibles interférentes.....	9
Figure I-5Présence concomitante de bruit thermique, bord de clutter et cibles interférentes.....	9
Figure I-6 : Distribution de Rayleigh ($b=1$).....	10
Figure I-7 : Distribution de log-normal ($m=1$, $a=1$).....	11
Figure I-8: Distribution de Weibull ($a=1$, $b=1$).....	12
Figure I-9 : Principe de détection avec un seuil fixe	14
Figure I-10 : l'effet de l'augmentation de la puissance du bruit sur la probabilité de fausse alarme pour un seuil fixe.....	16
Figure II-1 : schéma fonctionnel du détecteur CA-CFAR.....	20
Figure II-2 : schéma fonctionnel du détecteur GO-CFAR.....	22
Figure II-3: schéma fonctionnel du détecteur SO-CFAR.....	24
Figure II-4 : schéma fonctionnel du détecteur OS-CFAR.....	26
Figure II-5: Seuil CA et OS-CFAR en présence des cibles interférences.	28
Figure II-6: Probabilité de détection de CA et OS-CFAR dans un milieu homogène.....	29
Figure III-1 : Logique de fusion des seuils des détecteurs CA-CFAR et OS-CFAR.....	30
Figure III-2 : Architecture du détecteur ALC-CFAR.....	31
Figure III-3 : Seuils des détecteurs ALC, CA et OS-CFAR	32
Figure III-4 : Comparaison des P_d de l'ALC, CA et OS-CFAR dans un milieu homogène.....	33
Figure III-5 : Comparaison des P_d de l'ALC, CA et OS-CFAR dans un milieu non homogène.....	33
Figure III-6 : Comparaison des P_d de l'ALC-CFAR dans un milieu homogène.....	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1 : Exemples De Modélisation Du Clutter.....	13
Tableau I-1 : Détection Et Test De Deux Hypothèses H_0 Et H_1	14
Tableau II-2 : Facteur D'échelle Du CA-CFAR	22
Tableau II-3 : Facteur D'échelle Du GO-CFAR.....	23
Tableau II-4 : Facteur D'échelle Du Détecteur SO-CFAR.....	25
Tableau II-5 : Facteur D'échelle Du L'OS-CFAR En Fonction De P_{fa} Et N	27

LISTE DES ACRONYMES

ALC- CFAR	Adaptative Linear Combined CA_OS_CFAR
CA-CFAR	CELL- Averaging CFAR
CFAR	Constant False Alarm Rate
CST	Cellule Sous Test
Cut	Cellule Under Test
F_D	Fréquence Doppler
F_e	Fréquence D'Emission
GO-CFAR	Greatest Of CFAR
OS-CFAR	Ordered-Statistics CFAR
P_d	Probability De Detection
PDF	Probability Density Function
RADAR	Radio Detection and Ranging
SIR	Signal to Interference Ratio
SNR	Signal to Noise Ratio
SO-CFAR	Smallest Of CFAR
T	Facture D'Echelle

INTRODUCTION GENERALE

La détection du signal est une procédure qui peut être implémentée dans diverses applications telles que les radars, les sonars, et les systèmes de communications. Le terme RADAR est l'acronyme de Radio Détection And Ranging, qui signifie la détection et la localisation à distance d'un objet (cible) à partir du signal rétrodiffusé (écho) par le système radar.

Aujourd'hui, les radars recouvrent un large éventail de disciplines dans des domaines variés tels que le militaire, l'aéronautique, la marine, la météorologie, etc. Les échos qui apparaissent sur l'image radar ne sont pas seulement produits par la réflexion des ondes émises à partir des objets durs (bateaux, véhicules, avions, ..., etc.) mais certains échos sont produits par des obstacles indésirables (clutter) tels que, l'atmosphère, le sol, les nuages, la mer, la surface irrégulière des vagues, en particulier par la crête des vagues lorsque l'échelle radar sélectionnée est petite, etc. En pratique, le signal réfléchi par un objet est noyé dans le clutter et le bruit thermique et le problème se ramène donc à la détection d'une cible dans un environnement non stationnaire. Les premiers radars acheminaient les informations (portée azimut et portée-Doppler) directement vers un écran de visualisation. Le clutter, le bruit et les variations d'amplitude du signal de la cible étaient tous visualisés simultanément.

Aujourd'hui, par opposition à la détection visuelle, les systèmes modernes basés sur des algorithmes de traitement numérique des signaux radar font de la détection et de la poursuite automatique des cibles.

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 peuvent changer avec le temps. Dans le problème de détection des objets dans un bruit statistiquement non-stationnaire, la détection classique avec un seuil fixe ne peut être utilisée car la probabilité de fausse alarme (P_{fa}) est affectée par la puissance de celle-ci. Cependant, une nouvelle procédure CFAR (Constant False Alarm Rate) adoptée dans les années soixante a été considérée comme une technique adaptative de traitement numérique des échos radar pour la détection automatique des cibles. En outre, le contrôle en temps réel du taux de fausse alarme est assuré par l'algorithme CFAR en dépit des variations aléatoires des paramètres du clutter et ou en présence des cibles interférentes. Dans

les détecteurs CFAR. l'algorithme du seuil de détection utilise les valeurs des sorties des cellules de portée/Doppler adjacentes de la cellule sous test (CUT: Cell Under Test) pour déterminer l'estimation de la puissance du clutter qui permet à la Pfa d'être maintenue à une valeur désirée approximativement constante.

Dans ce mémoire, nous analysons les performances de détection radar, nous commençons dans le premier chapitre avec la définition du concept radar en décrivant son principe de fonctionnement et sa composition. Ensuite, nous présentons les différents types de bruit dans le système radar en citant quelques modèles de distribution, ainsi que quelques rappels sur la détection en général.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons les principales techniques de détection Radar existants, en commençant par les principes de la détection adaptatives après, nous présentons les différents types de détection CA, GO, SO, OS-CFAR.

Dans le troisième chapitre, on va présenter en premier lieu le détecteur ALC-CFAR qui combine le CA-CFAR et OS-CFAR, et en deuxième lieu faire l'analyse de la performance de ce détecteur.

CHAPITRE I : CONCEPTS RADAR

Résumé

Dans ce chapitre, nous consacrons la première partie à la définition du concept radar en décrivant son principe de fonctionnement et sa composition. Ensuite, nous présentons les différents types de bruit dans le système radar en citant quelques modèles de distribution, ainsi que quelques rappels sur la détection en général.

Introduction

I.1.Définition

Cet équipement de détection et de localisation s'est appelé successivement détection électromagnétique (France), Radio Location (Grande-Bretagne) et enfin RADAR (non du projet secret aux Etats-Unis, vulgarisé en 1945).

Le sigle **RADAR** signifie : **R**adio pour électromagnétique. **D**étection **A**nd **R**anging pour localisation.

- **Radio** : les radars fonctionnent à des fréquences comprises entre 3 MHz (ondes de surface ou par réflexion ionosphérique) et 100 GHz (courtes portées).

- **Détection** : des seules cibles utiles, définies par les spécifications de besoin des utilisateurs, donc avec rejet des signaux parasites après identification. Des paramètres discriminants sont déterminés pour séparer signaux utiles et parasites.

- **And** : simultanément.

- **Ranging** : localisation des cibles en quatre dimensions, Site, Gisement. Distance, Vitesse radiale.

Le **RADAR** est donc un instrument d'alerte (détection) et de mesure (localisation). Dans cette deuxième fonction, deux caractéristiques sont essentielles :

- précision, incertitude sur la valeur exacte de chaque paramètre de localisation.
- Pouvoir séparateur, ou résolution : possibilité de distinguer et de localiser séparément plusieurs cibles.

Détection et localisation doivent être obtenues dans un cadre espace-temps :

- Le volume surveillé (dans les quatre dimensions).
- La cadence à laquelle cette surveillance doit être renouvelée [2].

I.2. Système radar :

I.2.1. Principe de fonctionnement et composants d'un système radar

Le principe utilisé par les radars est voisin de celui de la réflexion des ondes sonores. Lorsque vous criez dans la direction d'un objet qui peut réfléchir le son de votre voix, vous entendez l'écho. Si vous connaissez la vitesse du son dans l'air, vous pouvez alors estimer la distance et la direction générale de l'objet. Le radar utilise des impulsions d'énergie électromagnétique à peu près de la même manière. Un émetteur puissant diffuse, au moyen d'une antenne (balayeur), une énergie électromagnétique sous forme d'un faisceau concentré dans la direction souhaitée. L'énergie rayonnée dans les limites du faisceau se propage vers son objectif à la vitesse de la lumière. Quand celle-ci frappe un obstacle, une fraction de cette énergie est réfléchi (écho radar) et captée à retour en un court laps de temps après la transmission, par un récepteur sensible de différentes manières en fonction des caractéristiques de l'onde émise ainsi que la forme, composition et l'état physique de la cible. Ce signal échoïque, est ensuite amplifié et transformé en signal visuel sur l'écran (indicateur), qui est parfois un moniteur d'ordinateur.

Il est nécessaire que l'impulsion soit très courte et puissante pour détecter plusieurs petits objectifs souvent rapprochés les uns des autres. Ces caractéristiques sont indiquées par le pouvoir de résolution et la sensibilité. Un radar doté d'un pouvoir de résolution élevé peut identifier séparément des objets éloignés de quelques mètres seulement les uns des autres.

Le radar détermine ainsi l'éloignement de la cible en mesurant le temps écoulé entre l'émission de l'impulsion et le retour de l'écho. Le relèvement de la cible détectée est déterminé par la direction vers laquelle pointe l'antenne du radar lorsqu'elle émet l'impulsion.

I.2.2. Composition d'un système radar

a. Synchronisateur

Le synchronisateur est le cœur du système radar, il délivre les signaux de base qui définissent les instants d'émission, et divers signaux annexes nécessaires à des opérations en

temps réel .son élément de base est une horloge de très grande stabilité à partir de laquelle sont engendrés les signaux de synchronisation

b. Émetteur

C'est l'élément responsable de générer des impulsions de courte durée qui correspond à la résolution du radar, et avec une puissance importante pour augmenter la portée de détection et avec une très haute fréquence.

c. Duplexeur

C'est un commutateur électronique qui dirige l'onde vers l'antenne lors de l'émission ou le signal échoïque depuis l'antenne vers le récepteur lors de la réception quand on utilise un radar mono statique. Il permet donc d'utiliser la même antenne pour les deux fonctions,

d. Antenne

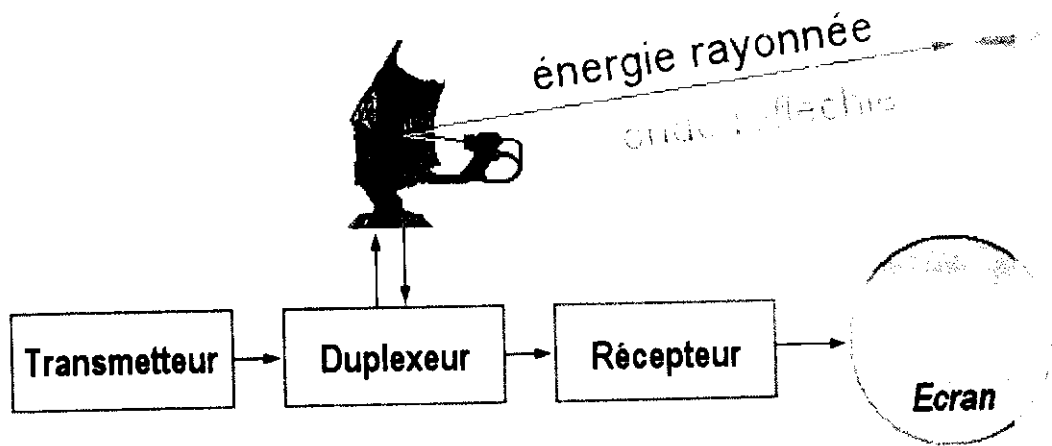
C'est l'élément le plus visible du radar et également le plus connu. Son rôle est de convertir l'énergie électrique en énergie électromagnétique dans l'espace libre dans le cas d'émission et le contraire dans le cas de réception, il est conçu de façon à concentrer l'énergie des impulsions émises en un faisceau étroit.

e. Récepteur

Le récepteur est l'élément le plus délicat et souvent le plus complexe du radar. Il doit amplifier et mesurer un signal extrêmement faible à une fréquence extrêmement haute. il assure d'abord une amélioration de la qualité de signal détecté, puis la partie de traitement de signal, et enfin la visualisation.

f. Écran

L'écran est la partie utile du radar, celle sur laquelle se font la navigation et la détection des obstacles. Les progrès de la technologie ont permis de développer des écrans couleurs et avec des cartes des zones de détection et un rayon rotatif, synchronisé avec l'antenne, balayant l'écran.



Transmetteur → Duplexeur → Antenne → Onde électromagnétique → But

Ecran ← Récepteur ← Duplexeur ← Antenne ← Onde réfléchie ← But

Figure I-1 : Les Composantes De Radar

1.2.3. Détection dans la chaîne de réception :

Au niveau de la chaîne de réception, le signal reçu possède une fréquence $\langle\langle F_c + f_d \rangle\rangle$ ou F_d est la fréquence doppler qu'est fonction de la vitesse radiale de la cible par rapport au radar. Le mélange de ce signal avec celui fourni par l'oscillateur local LO, donne un signal à la fréquence intermédiaire $F_i + f_d$. Ce dernier subit encore une amplification avant d'être filtré de façon optimale par un filtre adapté à la forme de l'impulsion émise.

La sortie du filtre adapté est un signal centré sur la fréquence intermédiaire f_i . Ensuite, le signal est démodulé à la bande de base et passe dans le filtre MTI (Moving Target Indicator) afin de séparer les cibles mobiles des cibles fixes (clutter) sur la base de la différence entre leurs vitesses radiales. À la sortie du filtre MTI, le signal passe par un détecteur quadratique pour obtenir l'enveloppe du signal.

La détection automatique des cibles radar revient à chercher dans les cellules, une par une, l'existence d'une cible dans chaque direction de l'espace balayée par le radar. La portée est divisée en plusieurs cellules de distance et le test de détection dans chaque cellule utilise une fenêtre de N cellules de distance de part et d'autre de celle-ci pour l'estimation du niveau du bruit. Un glissement de cette fenêtre le long des cellules de référence permet de couvrir toute la distance radar.

Mais la détection de signaux de la cible radar est limitée par la présence des signaux parasites divers, internes ou externes, naturels ou artificiels (bruit).

1.3. Différents types de bruits

Il existe de nombreuses sources de signaux indésirables que les radars doivent pouvoir ignorer plus ou moins, afin de se focaliser uniquement sur les cibles d'intérêt. Ces signaux peuvent avoir des origines passives et actives, internes (bruit thermique) et externes (cibles interférentes et/ou fouillis (clutter)). En général, la puissance du clutter est beaucoup plus élevée que celle du bruit thermique.

La capacité d'un radar à surmonter ces nuisances définit son rapport signal sur bruit (SNR). Plus-le SNR est grand, plus le radar, peut séparer efficacement une cible des signaux parasites.

1.3.1. Bruit thermique

Le bruit thermique est une source interne de variations aléatoires du signal, que tous les composants électroniques génèrent de façon inhérente à différents degrés. Il apparaît typiquement comme constitué de variations aléatoires superposées au signal d'écho reçu par le radar, lequel est celui qu'on recherche. Plus la puissance du signal désiré est faible, plus il est difficile de le discerner du bruit thermique (tenter d'entendre un murmure près d'une route encombrée est similaire).

Ainsi, les sources de bruit thermique les plus importunes apparaissent au niveau du récepteur et beaucoup d'efforts sont faits pour minimiser ces facteurs. Le facteur de bruit est une mesure du bruit produit par un récepteur comparé à celui produit par un récepteur idéal. Ce ratio doit être minimal. Dans le cas des radars modernes, grâce aux hautes performances de leurs récepteurs, le bruit interne est inférieur ou égal au bruit de l'environnement extérieur, sauf si le radar est pointé vers un ciel dégagé, auquel cas l'environnement est si froid qu'il génère très peu de bruit thermique

1.3.2. Fouillis (clutter)

Nous pouvons classer les clutter en deux grandes familles. Les clutter de surface qui peuvent représenter les échos de la mer et de la terre et les clutter de volume qui sont généralement liés aux phénomènes météorologiques.

Ces deux types de clutter sont tels que le rapport du signal sur clutter (Signal to Clutter Ratio, SCR) est très grand par rapport au rapport signal sur bruit (Signal to Noise Ratio, SNR). La présence des interférences induit, quant à elle, un rapport signal à interférence (Signal to interference Ratio, SIR) beaucoup plus grand que le SNR.

Le clutter peut être considéré comme homogène ou non homogène. Le non homogénéité est causé essentiellement par l'effet de bord de clutter et/ou par la présence des cibles interférentes.

Bord de clutter

Dans la détection radar, une transition entre deux milieux de natures différentes telle que la transition d'un milieu terrestre vers un milieu maritime ou d'une zone claire vers une zone nuageuse et inversement produit un changement brusque dans la puissance du clutter. Cette transition est appelée bord de clutter. Elle pose deux types de problèmes dans la détection. Le premier se produit lorsque la cellule sous test (CST) baigne dans le bruit thermique alors qu'une partie des cellules de référence contient du clutter et du bruit thermique. Dans ce cas, le niveau du seuil de détection augmente, ce qui a pour effet de dégrader la détection. Ce phénomène est appelé effet de masque (masking effect) et est illustré dans la figure 2.1. Le deuxième problème, quant à lui, se manifeste lorsque la cellule sous test baigne dans le bruit thermique et le clutter, alors qu'une partie des cellules de référence contient du bruit thermique uniquement. Dans ce cas, comme le montre la figure 2.2, le seuil de détection diminue et le nombre de fausses alarmes devient important.

1.3.3. Cibles interférentes

Ils peuvent apparaître dans une ou plusieurs cellules de référence sous forme de pics. Elles peuvent se situer en aval ou en amont de la cellule sous test. Dans ce cas, le seuil de détection augmente et par conséquent, la probabilité de détection diminue. Ce phénomène que nous avons illustré en figure 1.2, est connu sous le nom de l'effet de capture (Capture effet).

La figure 1.3 montre une situation dans laquelle il y a une mixture de tous les cas précédents.

Ceci rend donc la détection extrêmement complexe et fait de ce modèle le cas le plus général.

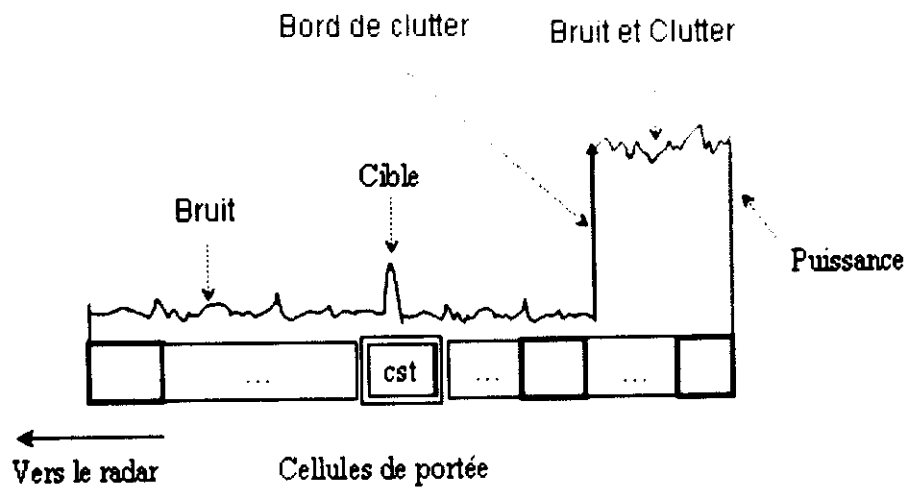


Figure I-2: Cellule sous test dans le bruit thermique en présence d'un bord de clutter

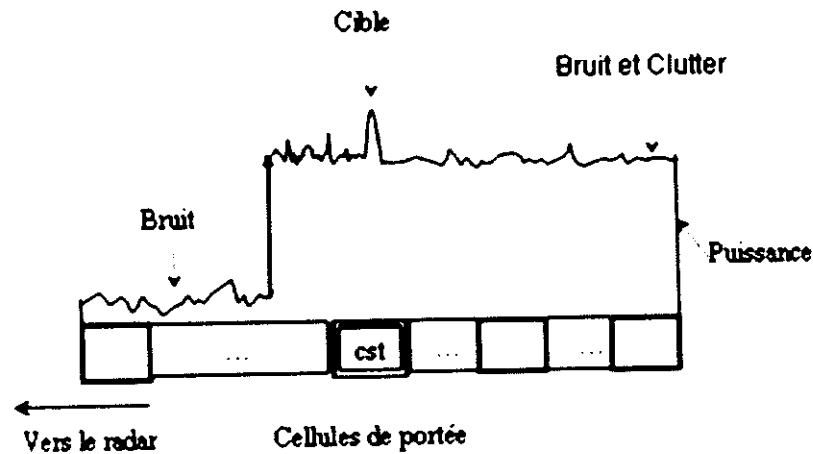


Figure I-3: Cellule sous test dans le bruit thermique et le clutter

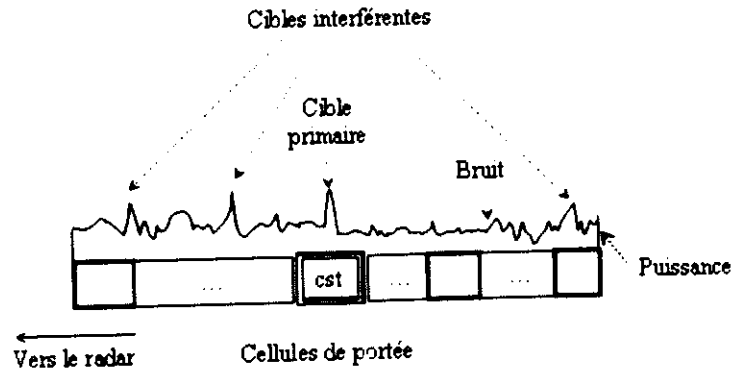


Figure I-4: Cellule sous test dans le bruit thermique en présence des cibles interférentes

a.CA-CFAR :

Le détecteur CA-CFAR (cell-averaging CFAR), propose par H.M Finn et R.S Johnson [4] en 1968, prend, comme son nom l'indique, la moyenne des échantillons dans la fenêtre de référence comme estimation du niveau de bruit dans cette fenêtre. Ce détecteur est destiné à travailler dans un environnement homogène, car ces performances en termes de détection se dégradent dans un environnement à cibles multiples ou qui présente un niveau d'interférences important.

b.GO-CFAR :

L'environnement du radar ou la non homogénéité est généralement sévère (l'effet de sol, clutter de mer, présence de plusieurs cibles...etc.) n'est pas coopératif ce qui rend les fausses alarmes difficilement contrôlables. Dans une situation d'un bord de clutter, Hansen et Sawyer [3] ont proposée en 1980 le détecteur GO-CFAR (Greatest of CFAR) qui consiste à diviser la fenêtre de référence en deux sous-fenêtres ; l'une contenant les cellules à gauche de la cellule sous test et l'autre celles à droite de la cellule sous test. L'estimation du niveau du bruit est le maximum des sommes respectives U et V de ces deux sous-fenêtres. Moore et Lawrence ont donné une analyse détaillée des capacités de régulation de fausse alarme du détecteur GO-CFAR. La performance de ce détecteur est bonne dans le cas d'un clutter de bord. Par contre, dans le cas où une ou plusieurs cibles interférences sont présentes, M. Weiss a montré que les performances de ce détecteur étaient sérieusement affectées.

c.SO-CFAR :

Weiss [5] a suggéré en 1982 l'utilisation du détecteur SO-CFAR (Smallest of CFAR), dans lequel l'estimation du niveau du bruit est le minimum des sommes respectives U et V des deux sous-fenêtres. Trunk a montré que le détecteur SO-CFAR permet d'améliorer la détection de cibles voisines. Ainsi, dans le cas de situation de cibles multiples quand une estimation a priori du niveau de la puissance de l'interférence est rendu disponible par le système radar de poursuite, il est possible de diminuer le seuil adaptatif.

d.OS-CFAR :

Plus récemment, plusieurs travaux d'ordre ont été publiés. Dans le détecteur OS-CFAR (Ordre statistique –CFAR) introduit par Rohling [7] en 1983, les échantillons dans la cellule de référence sont classés dans un ordre croissant et le $k^{\text{ème}}$ échantillon ordonné est utilisé pour estimer le niveau de bruit. La particularité de l'OS-CFAR réside dans son aptitude

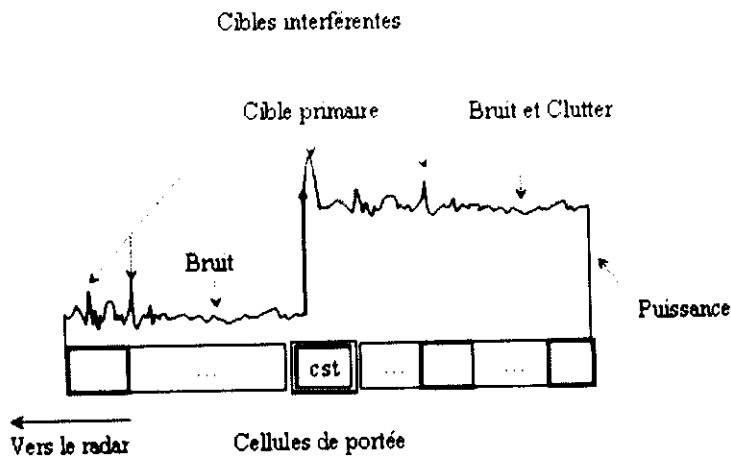


Figure I-5 : Présence concomitante de bruit thermique, bord de clutter et cibles interférentes

I.4. Modèles De Distribution Du Clutter

Plusieurs modèles mathématique ont été développés dans la littérature pour caractériser les propriétés statistique du clutter .en effet, sa connaissance est très importante pour la conception d'un détecteur a taux de fausse alarme constant .un signal généralement se compose du signal utile avec lequel est associe un bruit thermique ou présence du clutter. cependant la plupart des radars travaillent dans un environnement ou le niveau du clutter est largement supérieur a celui du bruit thermique de sorte que ce dernier devienne négligeable .

I.4.1. Modèles de Rayleigh :

La distribution de Rayleigh est fréquemment utilisée dans la modélisation du clutter et du bruit. elle peut s'écrire sous la forme suivante [1] :

$$f_X(x) = \begin{cases} \frac{2x}{b^2} e^{-\frac{x^2}{b^2}} & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{Ailleurs} \end{cases} \quad (I.1)$$

Avec b : facteur d'échelle .le moment d'ordre $\ll n \gg$ Est donne par :

$$E\{X^n\} = b^n \Gamma[1 + 2n] \quad (I.2)$$

Avec Γ : la fonction Gamma.

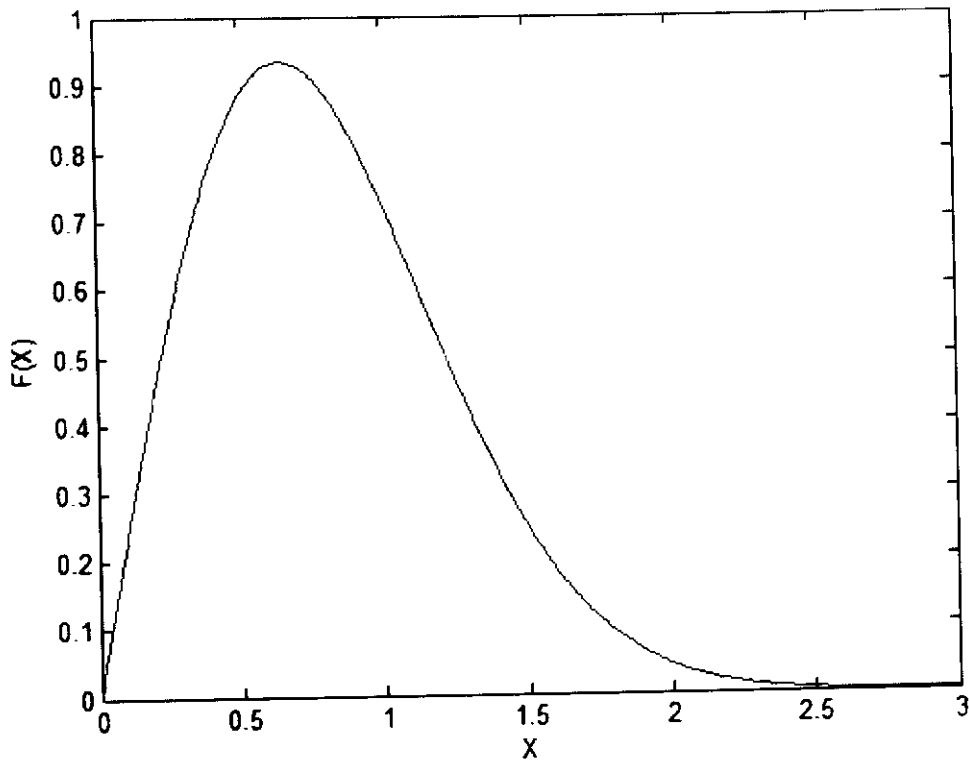


Figure I-6 : Distribution de Rayleigh (b=1).

I.4.2. Modèles log-normal

Pour une variable aléatoire X, la distribution log-normal est donnée par la formule suivante [1] :

$$f_X(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\ln^2(\frac{x}{m})}{2\sigma^2}} & \text{Si } x \geq 0 \\ 0 & \text{Ailleurs} \end{cases} \quad (I.3)$$

Avec m : paramètre de l'échelle.

σ : Paramètre de la forme.

Le moment d'ordre « n ». Est donné par :

$$E\{X^n\} = m^n \left[\frac{n^2 \sigma^2}{2} \right] \quad (I.4)$$

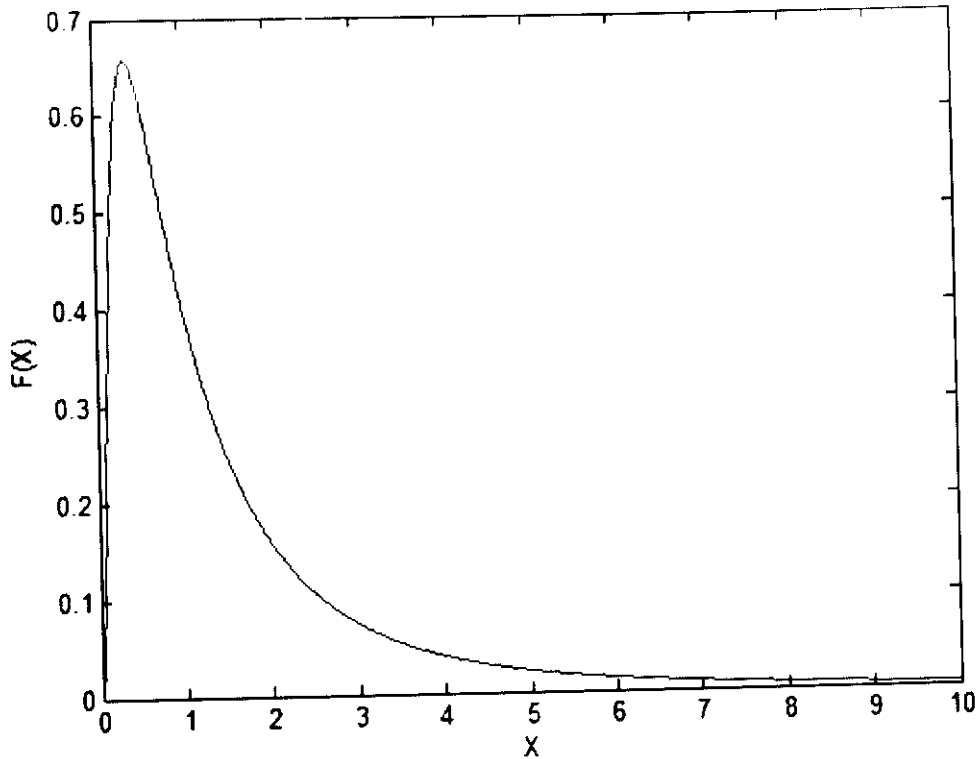


Figure I-7 : Distribution de log-normal ($m=1$, $a=1$).

I.4.3. Modèles de Weibull

La distribution Weibull est donnée par [1] :

$$f_X(x) = \begin{cases} \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{x}{a}\right)^b} & \text{Si } x \geq 0 \\ 0 & \text{Ailleurs} \end{cases} \quad (I.5)$$

Avec $b \geq 0$: le paramètre de la forme.

$a \geq 0$: Le paramètre d'échelle de la distribution.

En réalité, aucun processus physique pouvant engendrer les deux types de distribution précédents (log-normal et Weibull) n'est connu jusqu'à présent. Leur utilisation dans le radar est due seulement au fait qu'elles modélisent bien certains types de clutter.

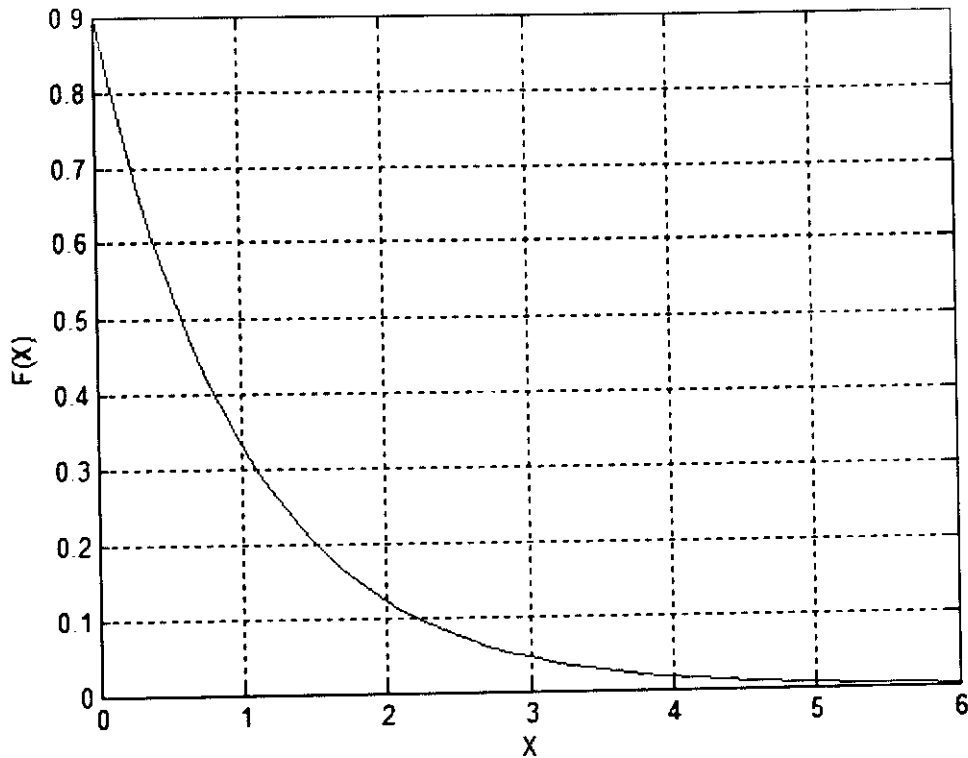


Figure I-8 : Distribution de Weibull (a=1, b=1).

I.4.4. Modèles de clutter k-distribue

Ce modèle est utilisé souvent pour modéliser le clutter de mer en utilisant deux composantes. La première, appelée « speckle », suit une loi de Rayleigh. La seconde, appelée « texture », est chi-distribuée.

L'amplitude X du clutter est considérée comme le produit des deux composantes T « texture » et S « speckle ». La PDF (Probability Density Function) est définie comme suit [1] :

$$f_X(x) = \begin{cases} \frac{4}{b\Gamma(\gamma)} \left(\frac{x}{b}\right)^\gamma K_{\gamma-1}\left(\frac{2x}{b}\right) & \text{Si } x \geq 0 \\ 0 & \text{Ailleurs} \end{cases} \quad (I.6)$$

Avec b : Le paramètre d'échelle.

$\gamma > 0$: Le paramètre de la forme.

Γ : La fonction Gamma.

K_γ : La fonction de Bessel modifiée.

Le tableau I-1 montre quelques exemples de modélisation du clutter.

Type de radar	Largeur d'impulsion	Terre ou Mer	Modélisation du clutter
Basse résolution	2	Montagnes	Gaussienne Weibull
Basse résolution	3	Collines boisées	Log-normal et Weibull
Haute résolution	0.17	foret	Log-normal et Weibull
Haute résolution	0.17	Terre cultivée	Log-normal et Weibull
Haute résolution	0.2	Mer	Log-normal et Weibull et K

Tableau I-1 : Exemples de modélisation de clutter

I.5.Généralité sur la détection

I.5.1.Détection Classique (A Seuil Fixe) :

La sortie du récepteur est considérée comme un processus aléatoire dont les échantillons sont caractérisés par une fonction densité de probabilité (PDF).

L'existence du bruit parasite rend impossible la reconnaissance du signal utile sans risque d'erreur. C'est pourquoi les problèmes liés à la détection d'un signal noyé dans un bruit relèvent des problématiques de la détection.

La détection est définie comme étant le test de deux hypothèses H_0 et H_1

H_0 : représente l'hypothèse de l'existence du bruit seul.

H_1 : représente l'hypothèse de l'existence du signal utile plus bruit.

1) lorsque H_0 est vraie et H_1 est reconnue ; l'erreur est appelé « fausse alarme ».

2) lorsque H_1 est vraie et H_0 est reconnue ; l'erreur est appelé « erreur de détection »

(missed détection).

Le tableau I-2 représente quatre situations possibles.

Vrais Reconnue	H ₀	H ₁
	H ₀	H ₁
H ₀	Pas d'erreur	Non détection
H ₁	Fausse alarme	Pas d'erreur

Tableau I-2 : détection et test de deux hypothèses H₀ et H₁

La figure I-9 : illustre les inconvénients de la détection à seuil fixe.

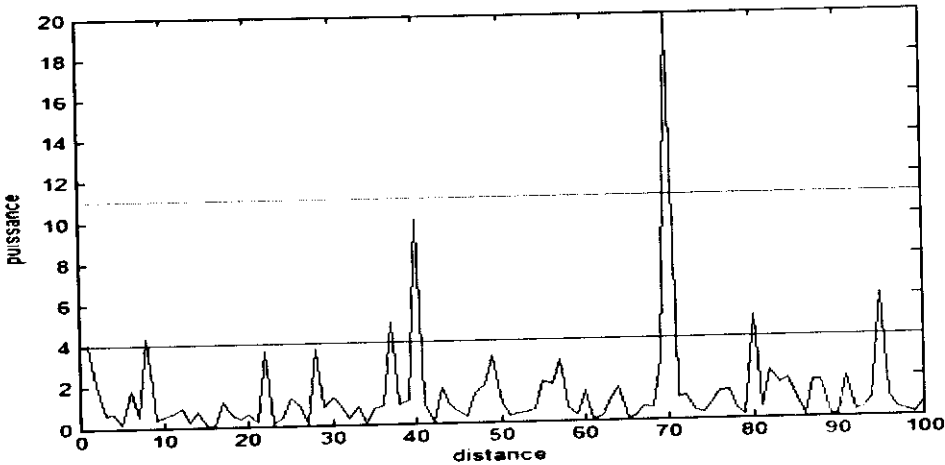


Figure I-9 : Principe de détection avec un seuil fixe.

Un seuil trop haut entrainera une perte la détection, et un seuil trop bas un taux de fausse alarme trop élevé. Dans un radar, le bruit accompagnant le signal utile à la sortie est sujet à des variations de niveau pour de nombreuses raisons. Ces variations ont pour effet de faire varier la probabilité de fausse alarme P_{fa} .

Pour un seuil fixe Q_f , la P_{fa} est donnée par :

$$P_{fa} = e^{\left(\frac{-Q_f^2}{2\sigma^2}\right)} \tag{I.7}$$

Soit P_{fanom} la probabilité de fausse alarme nominale correspondant à une puissance du bruit σ .

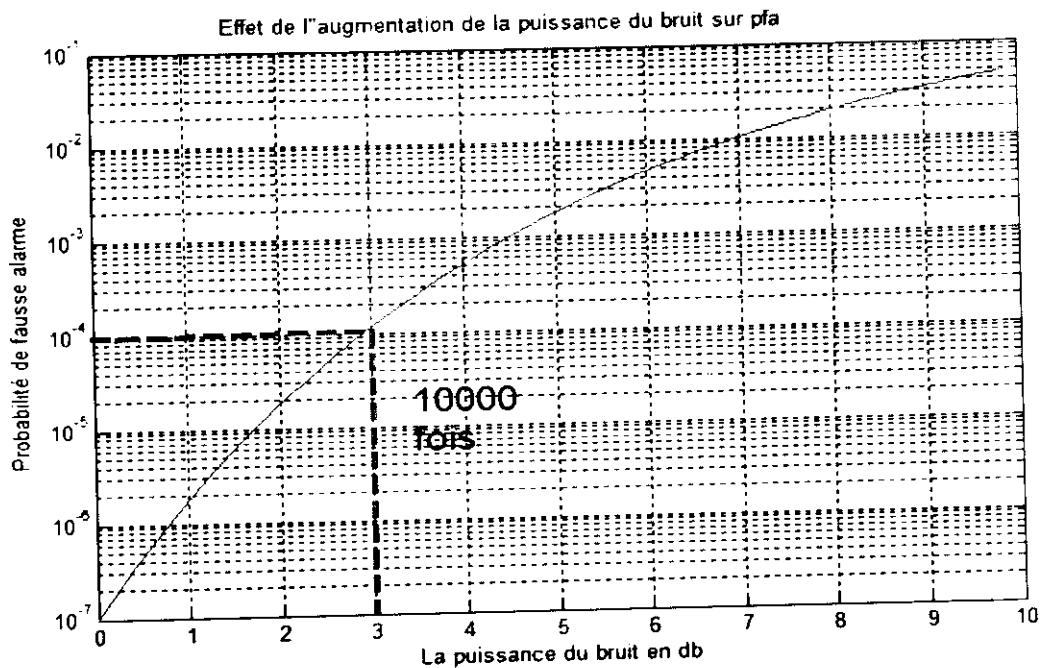
$$P_{fanom} = e^{\left(\frac{-Q_f^2}{2\sigma_{nom}^2}\right)} \tag{I.8}$$

$$\text{Des équations (1.7) et (1.8), on aura : } P_{fa} = P_{fanom} 10^{\frac{-x}{10}} \quad (1.9)$$

De la constante qu'une petite augmentation de la puissance du bruit entraîne une importante augmentation dans la probabilité de fausse alarme.

Par exemple, pour $P_{fanom} = 10^{-8}$ et $x=3\text{db}$ il correspond une probabilité de fausse alarme P_{fa} de 10^{-4} c'est à dire 10000 fois plus grande que P_{fanom} .

La figure II-2 montre l'effet de l'augmentation de la puissance du bruit sur la probabilité de fausse alarme pour un seuil fixe.



La figure I-10 : l'effet de l'augmentation de la puissance du bruit sur la probabilité de fausse alarme pour un seuil fixe.

Donc, la solution est dans l'utilisation d'un seuil adapte qui permet de :

- Perdre le minimum d'information (signaux radar).
- Minimiser les erreurs dues aux pointes du bruit.

1.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons rappellé quelques généralités sur les radars tels que ses définition, principe de fonctionnement et leurs compositions puis on a localisé notre travail au niveau de la chaîne de réception radar et on a donné quelques exemples de modélisation du clutter, et on a rappelé quelques généralités sur la détection classique et ces problèmes.

Dans le chapitre suivant, nous présentons les techniques de détection adaptative.

Chapitre II : technique de détection RADAR

Résumé

Dans ce chapitre, nous présentons les principales techniques de détection Radar existants, en commençant par les principes de la détection adaptatives après nous présentons les différents types de détection CA, GO, SO, OS-CFAR.

II.1.introduction

La détection est définie comme étant l'opération qui consiste à prendre une décision sur la présence ou l'absence de cible. Le principe de base de la détection d'une cible est de comparer le signal reçu noyé dans un clutter, après quelques traitements, à un seuil calculé a priori. Si le signal composite (signal plus clutter) dépasse ce seuil, la présence de la cible est déclarée. Dans le cas contraire, l'absence de cible est déclarée.

La détection radar classique est basée sur un seuillage fixe et nécessite un opérateur radar expérimenté pour la prise de la décision. La non stationnarité de l'environnement fait qu'une petite augmentation dans la puissance du bruit conduit à augmenter sensiblement la probabilité de fausse alarme, ce qui peut provoquer non seulement la saturation de l'opérateur du PPI (écran de visualisation), mais aussi celle du système radar lui-même. Les chercheurs dans le domaine de détection ont pensé à une détection adaptative, c'est-à-dire à un seuillage adapté au niveau du bruit et des signaux indésirables tout en maintenant une probabilité de fausse alarme constante.

II.2.L'état de l'art de la détection CFAR :

La détection CFAR a été introduite pour la première fois par H.M. Finn et R.S. Johnson en 1968. La nouveauté de ce détecteur était l'utilisation d'une technique de détection basée sur un seuil adaptatif, en remplacement de la détection classique, à seuil fixe. Depuis la publication de leur article en 1986, Finn et Johnson ont ouvert la voie à un grand nombre de scientifiques à travers le monde, et plusieurs travaux s'appuyant sur le seuil adaptatif ont été publiés et de nouveaux travaux continuent toujours d'être publiés.

à travailler dans des situations à cibles multiples, mais ce dernier perd ses performances dans un milieu homogène. Le détecteur ALC-CFAR a été alors proposé afin de combiner la performance de CA-CFAR et OS-CFAR selon l'homogénéité du milieu.

II.3.Détecteurs CA, GO et SO-CFAR:

II.3.1.détecteur CA-CFAR:

a-Principe:

Une fenêtre de référence de N cellules est subdivisée en deux sous fenêtre de $N/2$ cellules situées de part et d'autre de la cellule sous test. Le calcul de seuil adaptatif est obtenu par la somme arithmétique des cellules référence multiplié par un facteur d'échelle, T , afin de maintenir la probabilité de fausse alarme P_{fa} constante. Les cellules de garde, adjacentes à la cellule de test, sont exclues de calcul car elles peuvent contenir une partie de la puissance de la cible.

La décision est une décision partielle, elle est effectuée par la comparaison du signal dépasse ce seuil sous test et le seuil adaptatif calcule. Si l'écho de la cellule sous test dépasse le seuil, une cible est déclare présente dans l'espace d'observations. La figure II-1 montre l'architecteur de détecteur CA-CFAR.

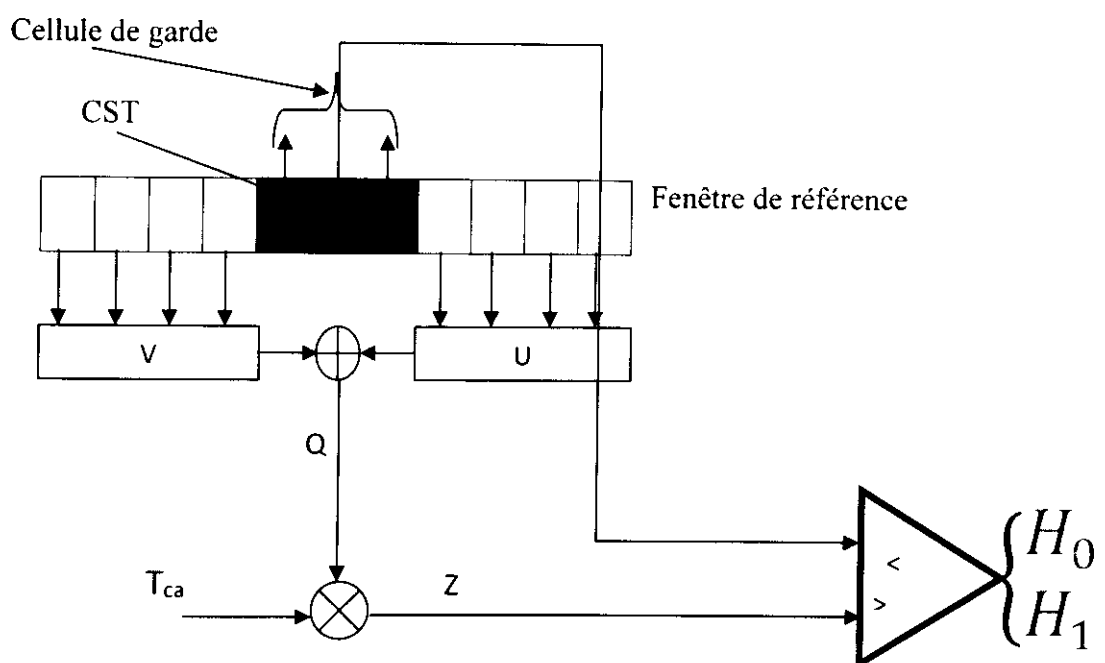


Figure II-1 : schéma fonctionnel du détecteur CA-CFAR

b-étude probabilisée de CA-CFAR

Pour déterminer la probabilité de détection et probabilité de fausse alarme d'une seule cible dans le détecteur CA-CFAR, nous supposons :

- La cible se présente dans la cellule sous test (hypothèse H1).
- Les deux fenêtres de référence ne contiennent que du bruit (hypothèse H0).

La puissance du bruit est donnée par l'expression suivant :

$$Q = \sum_{i=1}^N X_i \quad (\text{II.1})$$

Avec N : le nombre de cellules de référence ;

X_i : L échantillon dans la cellule i.

Sa probabilité de détection P_d est donnée par [8] :

$$p_d = \left(\frac{1+S+T_{ca}}{1+S} \right) \quad (\text{II.2})$$

Avec S : le rapport signal sur bruit.

T_{ca} : le facteur d'échelle du détecteur CA-CFAR.

Pour trouver la probabilité de fausse alarme, il suffit de poser $S=0$ dans la relation (II.2) de P_d , on peut obtenir :

$$P_{fa} = (1 + T_{ca})^{-N} \quad (\text{II.3})$$

Dans un détecteur CA-CFAR, l'expression de la probabilité de la P_{fa} dépend directement des deux facteurs qui sont le nombre de cellule de référence N et le facteur d'échelle du détecteur CA-CFAR T_{ca} .

L'expression du facteur d'échelles est tirée a partir de l'expression (II.3) de la P_{fa}

Tel que :

$$T_{ca} = P_{fa}^{(-1/N)} - 1 \quad (\text{II.4})$$

Donc, ce facteur d'échelles est détermine a partir de la probabilité de fausse alarme désirée et du nombre de cellules de référence par résolution de l'équation (II.3) (tableau II-1).

Tableau II-1 : facteur d échelle du CA-CFAR

Pfa \ N	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷
8	0.77	1.37	2.16	3.21	4.62	6.49
16	0.33	0.53	0.77	1.05	1.37	1.73
24	0.21	0.33	0.46	0.61	0.77	0.95
32	0.15	0.24	0.33	0.43	0.53	0.65

II.3.2.Détecteur GO-CFAR

a. Principe:

Le GO-CFAR [3] (Greatest Of CFAR) est le premier type de détecteur CFAR modifié. Il a été proposé par Hansen et Sawyer. L'estimation du niveau du bruit est le maximum des sommes des sortie des deux fenêtres U et V (figure II-2). Pour ce détecteur, Q est donnée par :

$$Q = \max(U, V)$$

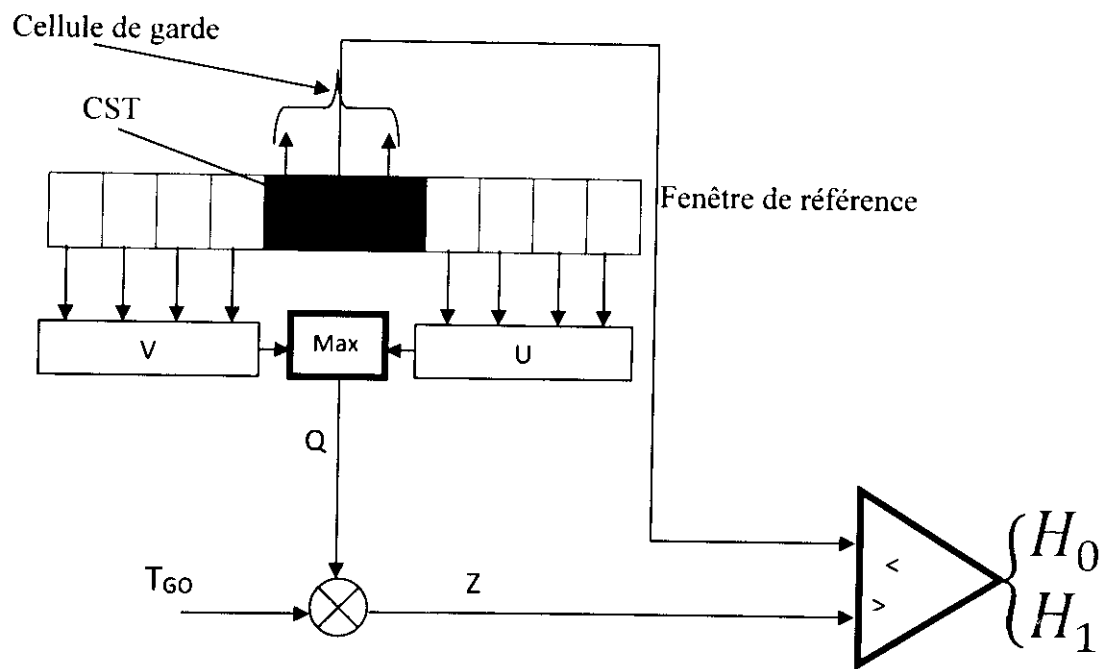


Figure II-2 : schéma fonctionnel du détecteur GO-CFAR

b. Etude probabiliste de GO-CFAR

La probabilité de détection GO-CFAR est donnée par :

$$P_d = 2\left(1 + \frac{T_{GO}}{1+S}\right)^{-N/2} - 2 \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} \frac{\left(\frac{N}{2}-1+j\right)!}{\left(\frac{N}{2}-1\right)!j!} \left(2 + \frac{T_{GO}}{1+S}\right)^{-\left(\frac{N}{2}+j\right)} \quad (II.5)$$

Avec :

S : le rapport signal sur bruit ;

T_{GO} : le facteur d'échelle du détecteur GO-CFAR ;

N : nombre de cellules de référence du détecteur GO-CFAR.

Pour trouver la probabilité de fausse alarme, il suffit de poser $S=0$ dans la formule (II.5) de P_d , nous obtenons :

$$P_d = 2(1 + T_{GO})^{-N/2} - 2 \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} \frac{\left(\frac{N}{2}-1+j\right)!}{\left(\frac{N}{2}-1\right)!j!} (2 + T_{GO})^{-\left(\frac{N}{2}+j\right)} \quad (II.6)$$

Les valeurs de la facture d'échelle TGO sont représentées dans le tableau II-2.

Tableau II-2 : facteur d'échelle du GO-CFAR

$P_{fa} \backslash N$	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-6}
8	1.3607	2.2921	3.6259	5.4068	7.7865	10.965
16	0.5733	0.93	1.3962	1.8687	2.4485	3.0859
24	0.376	0.59	0.8344	1.118	1.4381	1.7579
32	0.276	0.43	0.6	0.801	0.9827	1.2216

II .3.3. Détecteur SO-CFAR

a-principe :

Le SO-CFAR (Smallest of CFAR) est un autre type modifié de détecteur CFAR [3]. L'estimation du niveau du bruit est le minimum des sommes des sorties des deux fenêtres U et V (figure II-3). Pour ce détecteur, Q est donnée par :

$$Q = \min (U, V) \quad (II.7)$$

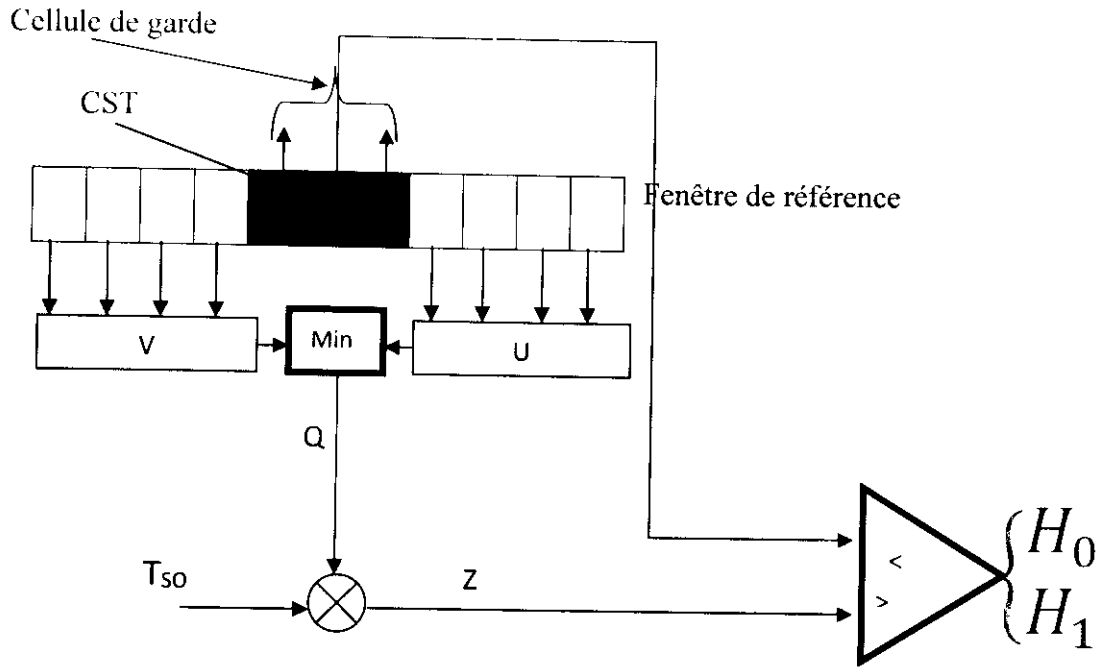


Figure II-3: schéma fonctionnel du détecteur SO-CFAR

b- étude probabiliste de SO-CFAR :

La probabilité de détecteur P_d d'un détecteur SO-CFAR est donnée par l'expression suivante [3] :

$$P_d = 2 \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} \frac{\left(\frac{N}{2}-1+j\right)!}{\left(\frac{N}{2}-1\right)!j!} \left(2 + \frac{T_{SO}}{1+S}\right)^{-\left(\frac{N}{2}+j\right)} \quad (\text{II.8})$$

Pour trouver la probabilité de fausse alarme, il suffit de poser $S=0$ dans la relation (II.8) de P_d . on obtient :

$$P_d = 2 \sum_{j=0}^{\frac{N}{2}-1} \frac{\left(\frac{N}{2}-1+j\right)!}{\left(\frac{N}{2}-1\right)!j!} (2 + T_{SO})^{-\left(\frac{N}{2}+j\right)} \quad (\text{II.9})$$

Les valeurs du facteur d'échelle T_{so} sont représentées dans le tableau II-3.

Tableau II-3 : facteur d'échelle du SO-CFAR

$N \backslash P_{fa}$	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
8	2.7474	5.6915	10.8931	20.1497	36.6091	65.8748
16	0.9100	1.6196	2.4795	3.6237	5.1412	7.1864
24	0.5340	0.8700	1.3187	1.7963	2.3830	3.0654
32	0.3750	0.5950	0.8519	1.1684	1.5248	1.8812

II.3.4. détecteur OS-CFAR

a-principe et architecture :

Ce type de détecteur a été introduit en premier par Rohling [7] pour remédier aux problèmes rencontrés par les détecteurs CA, SO et GO-CFAR en présence de cibles interférentes. Les échantillons sont ordonnés selon leurs amplitudes croissantes pour obtenir la suite d'échantillons ordonnés suivante :

$$X_1 \leq X_2 \leq X_K \leq X_{N-1} \leq X_N$$

Avec X_1 est plus petit échantillon et X_N le plus grand. l'échantillon d'ordre K est ensuite choisi pour le seuil :

$$Q = X_K \quad (\text{II.10})$$

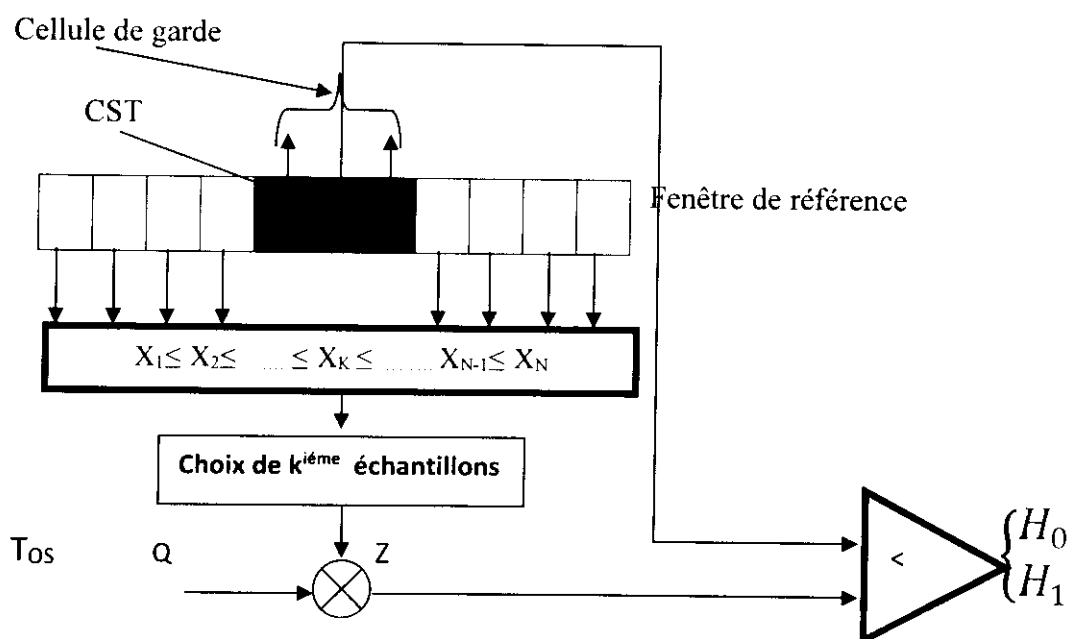


Figure II-4 : schéma fonctionnel du détecteur OS-CFAR

Ce détecteur offre une certaine immunité aux cibles interférentes. En effet, les échos provenant de ces dernières occupent les positions les plus hautes dans la suite ordonnée et ne seront pas pris en compte dans l'estimation de la puissance du bruit.

Il est évident que, si m est le nombre de cibles interférentes qui apparaissent dans la fenêtre de référence, il faut choisir le paramètre K tel que $K \leq N-m$, si cette condition n'est pas vérifiée, l'échantillon choisi correspondra à un écho d'une cible interférente et de ce fait la détection de la cible primaire se trouve compromise. L'analyse de l'effet du paramètre K sur la performance de détection dans un clutter de type gaussien a été étudiée et la valeur préconisée pour K égale à $3N/4$ [4].

b- Etude probabiliste :

Rohling [4] a montré que la probabilité de l'OS-CFAR peut s'exprimer sous la forme suivante :

$$P_d = K \binom{N}{K} \frac{(T_d + N - K)!(K-1)!}{(T_d + N)!} \quad (\text{II.11})$$

$$T_d = \frac{T_{os}}{1+S}, \quad \binom{N}{K} = \frac{N!}{(N-K)!K!}$$

S : le rapport signal à bruit ;

K : l'ordre de la cellule que nous allons prendre pour l'estimation du seuil ;

T_{os} : le facteur d'échelle.

En remplaçant S par zéro dans l'expression (II.11), nous trouvons l'expression de P_{fa}

$$P_{fa} = K \binom{N}{K} \frac{(T_{os} + N - K)!(K-1)!}{(T_{os} + N)!} \quad (\text{II.12})$$

Dans un détecteur OS-CFAR, la probabilité de détecteur est en fonction du rapport signal sur bruit S , le nombre de cellules de référence N , l'ordre K et du facteur d'échelle T_{os} .

Ce facteur d'échelle T_{os} peut être déterminé à partir de la résolution de l'équation (II.12) de probabilité de fausse alarme ou bien à partir de la courbe P_{fa} en fonction de T_{os} .

Le tableau II-4 représente les valeurs du facteur d'échelle T_{os} pour différentes P_{fa} et différents nombre de cellules N .

$N \backslash P_{FA}$	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
8	5.8745	11.088	18.778	30.0845	46.7	71.0963
16	4.4342	7.4288	11.082	15.54	20.955	27.537
24	4.026	6.509	9.346	12.5914	16.2967	20.5247
32	3.8417	6.088	8.5849	11.345	14.023	17.7789

Tableau II-4 : facteur d'échelle du l'OS-CFAR en fonction de P_{fa} et N

II.3.5. Performances des détecteurs OS-CFAR et CA-CFAR:

Nous avons simulé le fonctionnement de l'OS-CFAR et CA-CFAR en présence de cibles interférence. Les paramètres de simulation ont été effectués pour $N=16$ et $P_{fa} = 10^{-5}$.

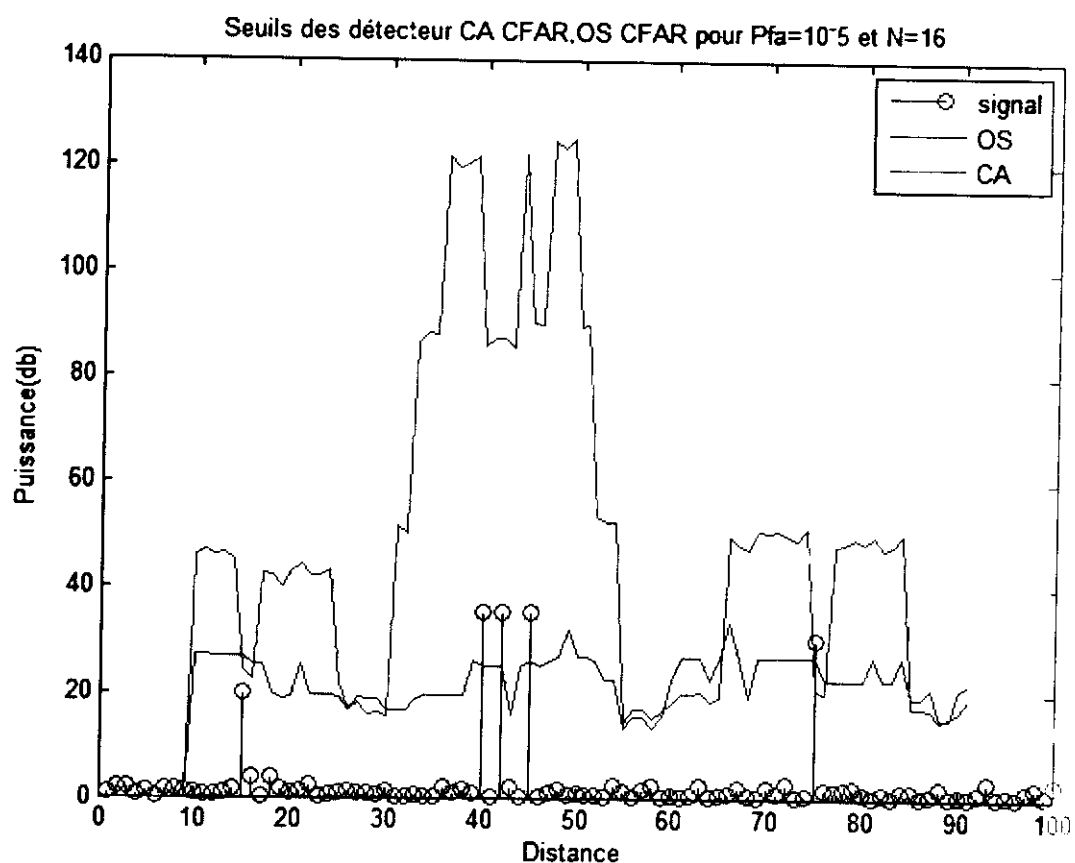


Figure II-5: Seuil CA et OS-CFAR en présence des cibles interférences.

Nous constatons que les deux détecteurs CA-CFAR et OS-CFAR détectant les cibles dans le milieu homogène. Cependant, les cibles interférents présentent aux cellules distantes 40,42 et 45, elles sont rate par CA-CFAR et détectées par l'OS-CFAR.

Le détecteur OS-CFAR présente de meilleures performances en présence de cibles interférentes, mais il présente des pertes CFAR supplémentaire dans un milieu homogène comparativement au détecteur CA-CFAR comme le montre la figure II-6.

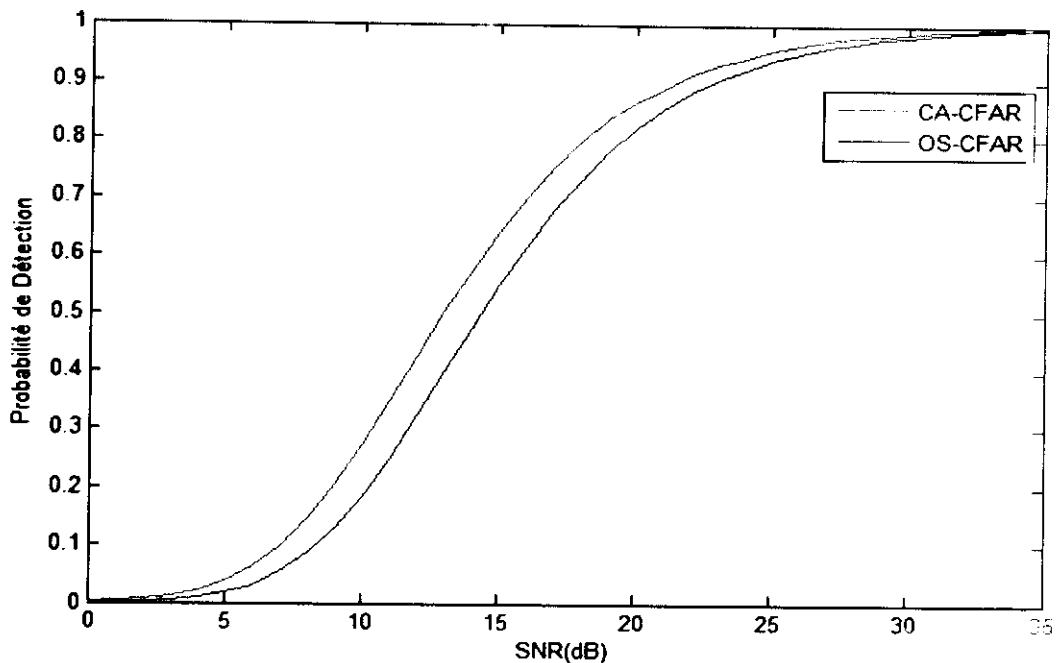


Figure II-6: Probabilité de détection de CA et OS-CFAR dans un milieu homogène.

La simulation montre que le CA-CFAR présente de meilleures performances en termes de probabilité de détection que l'OS-CFAR dans un milieu homogène sans présence de cibles interférences.

II.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, on a définie et expliqué les principaux techniques de détection Radar existants, commençant par les principes de base de la détection adaptatives, présentant les différents type de détection CA, GO, SO, OS-CFAR. et après on a consacré notre étude à la comparaison entre les détecteurs CA et OS-CFAR

On a remarqué que les deux détecteurs CA-CFAR et OS-CFAR sont complémentaire entre eux, dans le prochain chapitre on va expliquer et analyser un nouveau détecteur qui combine ces deux détecteurs.

CHAPITRE III : ALC-CFAR.

Résumé

Dans ce chapitre, on va présenter en premier lieu le détecteur ALC-CFAR qui combine entre le CA-CFAR et OS-CFAR, et en deuxième lieu faire l'analyse de la performance de ce détecteur.

III. Introduction

De nombreux détecteurs CFAR ont été développés pour fonctionner efficacement dans les différents types de milieux que sont rencontrés. Toutefois, un seul type de CFAR est insuffisant dans un environnement qui évolue dynamiquement. Un système radar expert peut résoudre ce problème par l'analyse de l'environnement. Il emploie un ou plusieurs détecteurs CFAR pour l'analyse des données, et combine les résultats de détection pour rendre les décisions adéquates.

Le seuil du détecteur ALC-CFAR est déterminé à partir de la combinaison des seuils des deux détecteurs CA-CFAR et L'OS-CFAR. Cette combinaison pourra se faire par l'intermédiaire d'un coefficient adaptatif alpha (α).

III.1. Etude et analyse de détecteur ALC-CFAR (adaptive linear combined CA-OS-CFAR) :

a-Estimation du degré d'homogénéité

La seule manière pour que la fusion entre ces deux détecteurs soit optimal et donne des résultats satisfaisants, est que celle-ci se fasse automatiquement avec le changement de l'environnement. En effet, on doit mettre au point un détecteur qui utilise la détection CA-CFAR quand le clutter est homogène et tend vers la détection OS-CFAR dès que l'environnement présente des signes de non-homogénéité [6].

Pour cela, nous avons tout d'abord défini un paramètre adaptatif alpha, qui nous renseignera sur l'état de l'environnement, et qui rendra compte du taux de son homogénéité cela en variant selon la présence ou non de cibles interférentes.

Alpha sera défini dans un premier temps par le rapport entre la moyenne des cellules de référence et la valeur maximum de ces dernières

Alpha = moyenne des cellules de référence / la valeur max des cellules de référence

Ainsi en l'absence de cibles interférence dans les cellules de interférence, sa moyenne sera une simple moyenne de bruit, qui est proche de son maximum. Alpha tendra alors vers 1, ce qui rend compte de l'homogénéité de l'environnement.

Mais dans le cas où il y a présence d'une ou plusieurs cibles interférence, on aura un maximum qui correspond à un écho d'une cible interférant, ce qui causerait la diminution du coefficient Alpha. Plus cette diminution est importante, plus elle nous indique la non homogénéité du clutter.

On remarquera tout d'abord qu'Alpha varie entre 0 et 1, vu que la moyenne des échantillons est toujours inférieure à leur maximum.

Dans le cas critique où Alpha est égale à 1 ou qu'il s'en rapproche, cela voudra dire que la moyenne des cellules avoisinent leurs maximums indiquant un environnement qui ne contient que la moyenne des cellules avoisinent leurs maximums indiquant un environnement qui ne contient que du bruit. Dans ce cas, nous opterons pour l'utilisation du détecteur CA-CFAR. Mais plus le maximum des cellules est important. Plus Alpha diminue, indiquant la non-homogénéité de l'environnement. On utilisera la détection OS-CFAR dans ce cas.

Cette logique est illustrée à la figure II-13

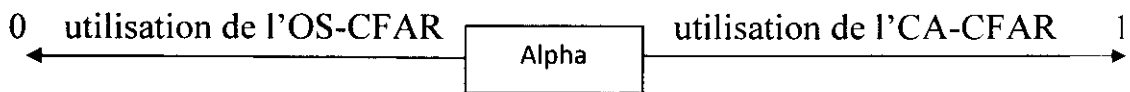


Figure III-1 : Logique de fusion des seuils des détecteurs CA-CFAR et OS-CFAR.

b-Logique de combinaison pondérée

Pour rendre la fusion possible, le seuil de détecteur l'ALC-CFAR sera défini par l'équation suivante :

$$\text{Seuil}_{\text{ALC-CFAR}} = \alpha * \text{Seuil}_{\text{CA-CFAR}} + (1-\alpha) * \text{Seuil}_{\text{OS-CFAR}}$$

Cette équation est déduite des critères arrêtés précédemment, en effet, dans les cas limites : Pour $\alpha=1$: $\text{Seuil}_{\text{ALC-CFAR}} = \text{Seuil}_{\text{CA-CFAR}}$.

Pour $\alpha=0$: $\text{Seuil}_{\text{ALC-CFAR}} = \text{Seuil}_{\text{OS-CFAR}}$.

Pour $0 < \alpha < 1$: $\text{Seuil}_{\text{ALC-CFAR}} = \alpha * \text{Seuil}_{\text{CA-CFAR}} + (1-\alpha) * \text{Seuil}_{\text{OS-CFAR}}$.

La faiblesse de cette approche se manifeste dans le cas de la présence de plus d'une cible interférente dans la cellule de références. Le coefficient Alpha augmente avec le nombre croissant de cibles. Comme ces cibles de forte amplitude interviennent dans l'estimation de moyenne du bruit, la détection CA-CFAR malgré que le clutter soit sévèrement inhomogène.

Pour remédier à ce problème, nous avons pensé à éliminer ces cibles de l'estimation de la moyenne. Pour ce faire, nous ne prenons pas en compte les (N-K) échantillons max

après l'ordonnancement dans l'opération de moyenne. Le facteur K étant d'ordre de l'échantillon d'estimation du seuil du détecteur OS-CFAR. Nous aboutirons alors à l'équation

$$Alpha = \frac{(\sum_1^K \text{échantillons}) - (\sum_K^N \text{échantillons})}{(K) * max} \quad (III.1)$$

c-Architecture de détecteur ALC-CFAR

L'architecture de détecteur ALC-CFAR est présentée dans la figure III-1.

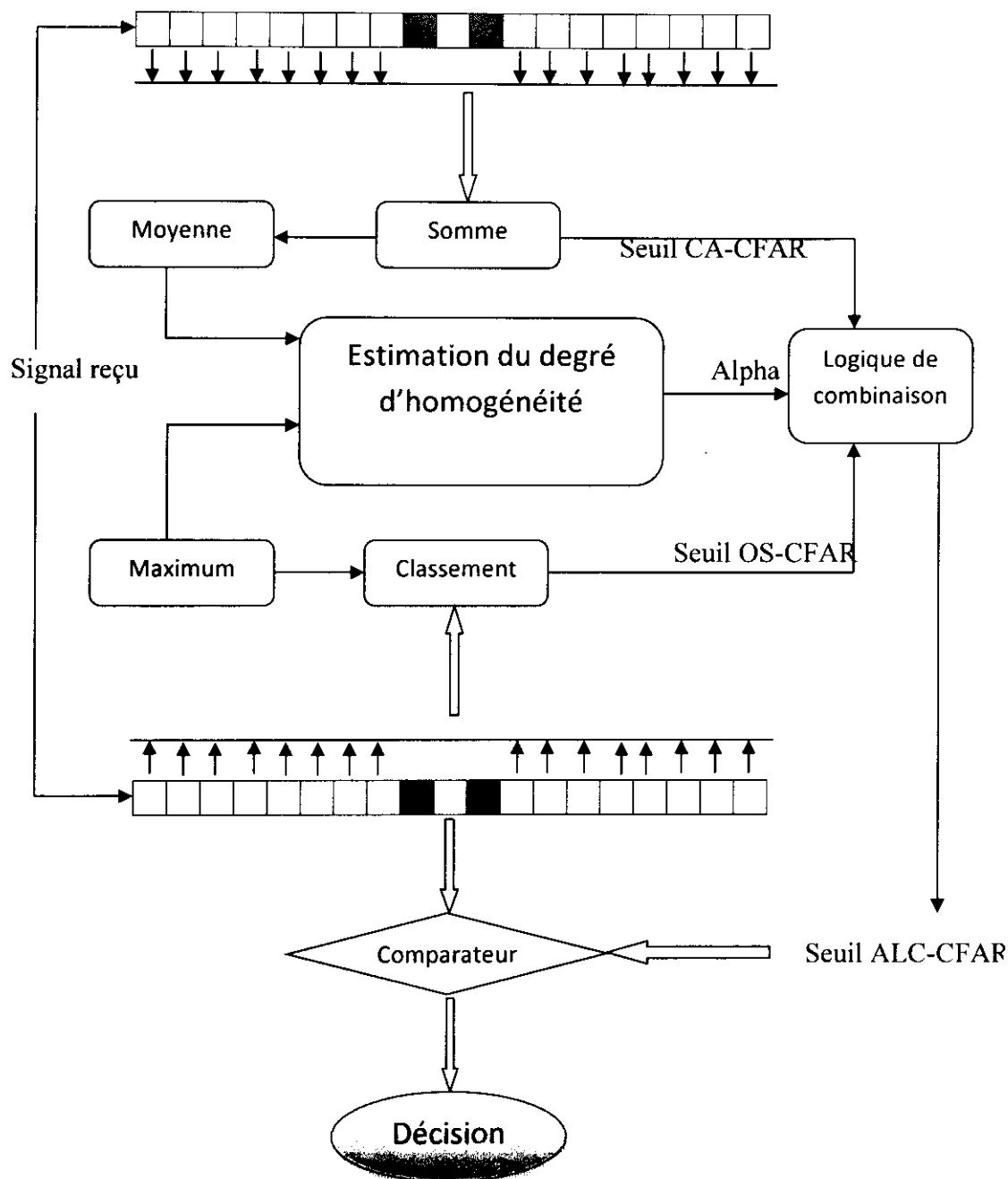


Figure III-2 : Architecture du détecteur ALC-CFAR

L'ALC-CFAR combine son fonctionnement entre les deux détecteurs CA-CFAR et OS-CFAR selon l'estimation du degré d'homogénéité et utilise la logique de combinaison pour bien estimer le seuil ALC-CFAR.

III.2. Performances du détecteur ALC-CFAR :

Nous avons simulé sous Matlab le comportement du le comportement du détecteur ALC-CFAR compare avec les détecteurs OS-CFAR et CA-CFAR dans un environnement homogène et en présence de cibles interférentes.

La figure III-3 présente un signal radar en présence de cinq cibles

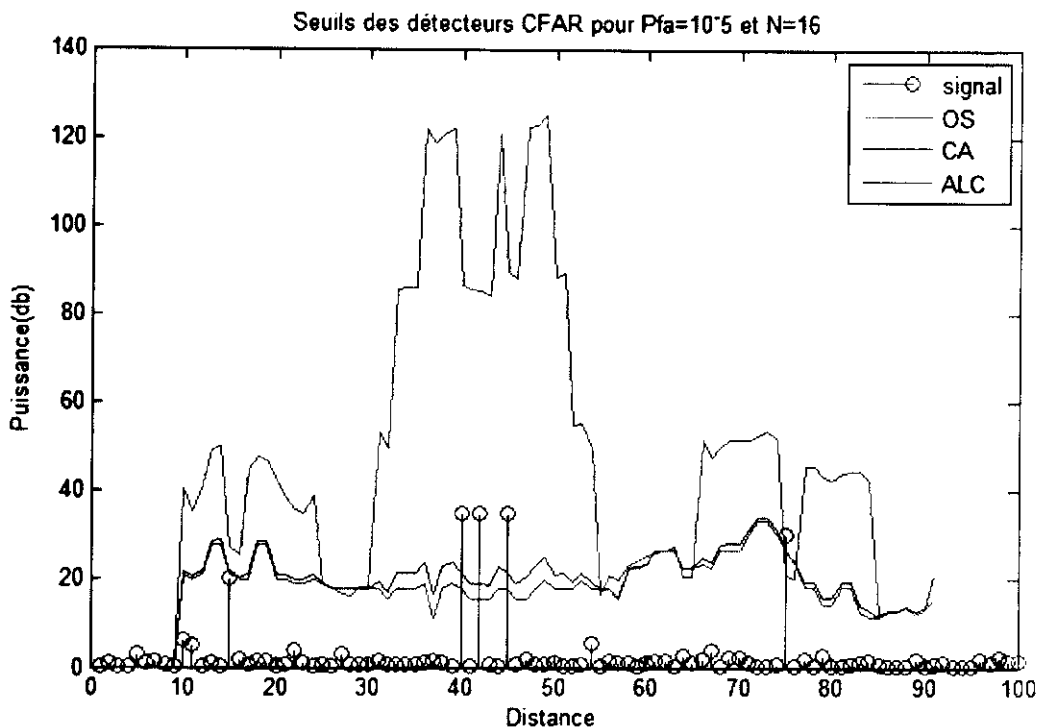


Figure III-3 : Seuils des détecteurs ALC, CA et OS-CFAR

Nous remarquons les trois détecteurs détectent la cible dans le milieu homogène, mais pour le cas des cibles interférentes elles sont détectées par OS-CFAR et ALC-CFAR et ratées par le CA-CFAR. Pour une comparaison précise, nous avons simulé la probabilité de détection en fonction SNR pour chaque détecteur dans un milieu homogène et dans le cas de présence des cibles interférentes.

La Figure III-4 présente les probabilités de détection des détecteurs CA, OS et ALC-CFAR dans un milieu homogène.

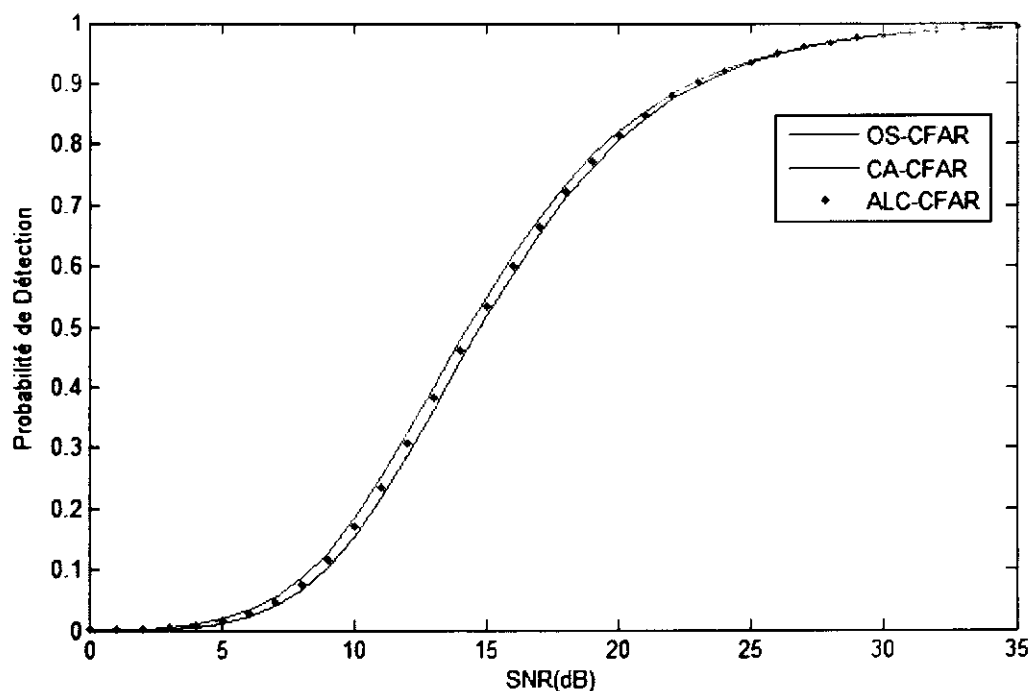


Figure III-4 : Comparaison des P_d de l'ALC, CA et OS-CFAR dans un milieu homogène.

Nous remarquons que la probabilité de détection de l'ALC-CFAR est intermédiaires entre CA-CFAR que présente de meilleures performances dans un milieu homogène et à celle de l'OS -CFAR.

La Figure III-5 présence les probabilités de détection des détecteurs CA, OS et ALC-CFAR dans un milieu non homogène.

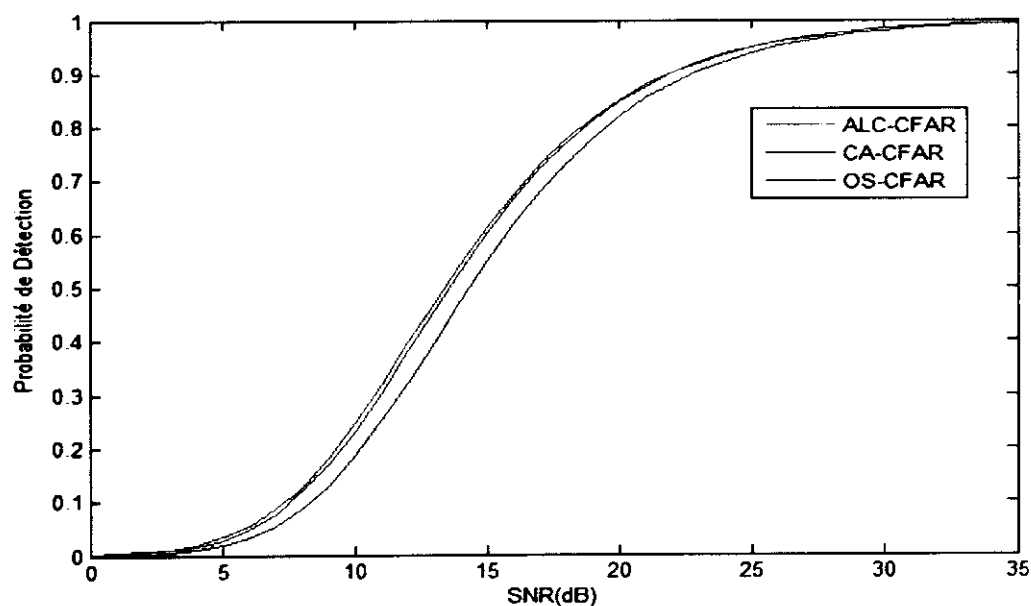


Figure III-5 : Comparaison des P_d de l'ALC, CA et OS-CFAR dans un milieu non homogène.

Nous remarquons que la probabilité de détection de l'ALC-CFAR est proche OS-CFAR que présentent de meilleures performances dans un milieu non homogène.

La Figure III- 6 présente les probabilités de détection de détecteur ALC-CFAR dans un milieu homogène lorsque en augmente le nombre de cellule sous test $N=16, 24$ et 32 .

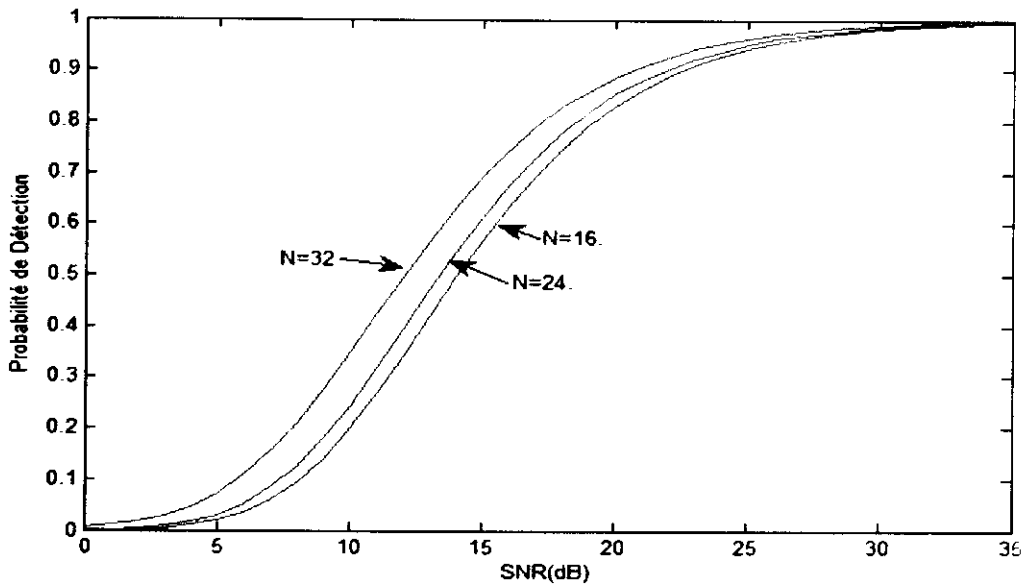


Figure III-6 : Comparaison des P_d de l'ALC-CFAR dans un milieu homogène.

Nous remarquons que lorsque on augmente le nombre de cellules sous test N la probabilité de détection de l'ALC-CFAR augmente et en aura une meilleure probabilité de détection.

Nous concluons alors que l'ALC-CFAR présente de bonnes performances dans les deux milieux (homogène et non homogène).

Le CA-CFAR et l'OS-CFAR sont complémentaires, alors que L'ALC-CFAR englobe les performances de ces deux détecteurs.

III.3.Conclusion

Ce chapitre a été consacré le détecteur ALC-CFAR qui combine entre CA-CFAR et OS-CFAR. On a étudié et analysé ce dernier et comparé sa performance avec CA et OS-CFAR dans un milieu homogène et non homogène et on a conclu que ALC-CFAR représente une bonne performance dans les deux milieux.

CONCLUSION GENERALE

Les détecteurs CFAR peuvent être utilisés avec profit dans de nombreuses applications telles que les radars, les systèmes de télécommunications, ...etc. Le principe du détecteur CFAR est basé sur l'estimation du niveau du bruit autour de la cellule sous-test ; cette estimation permet d'adapter le seuil de détection à la variation du bruit.

Plusieurs détecteurs CFAR ont été développés dans la littérature. Dans le détecteur CA-CFAR le niveau du clutter est estimé par la moyenne arithmétique des échantillons. Les deux variantes du CA-CFAR, qui sont le GOCFAR et le SO-CFAR ont été proposées pour améliorer la détection dans un environnement non homogène. Le détecteur OS-CFAR a été proposé pour contourner l'effet de capture, en estimant le niveau de la puissance du bruit par une méthode basée sur l'ordre statistique.

Dans le chapitre II, nous avons montré que le CA-CFAR a des performances meilleures dans le milieu homogène, néanmoins, il se dégrade rapidement en présence des cibles interférentes. En outre, il a été montré aussi que le détecteur OS-CFAR donne des bonnes performances dans un milieu non-homogène, mais ces performances se dégradent dans le cas des milieux homogène.

A cet effet, dans le chapitre III, il a été proposé une combinaison entre le détecteur CA-CFAR et le détecteur OS-CFAR par une logique basée sur la non l'homogénéité du bruit dans les cellules de référence à travers le paramètre α . Ce dernier, qui est le rapport entre la moyenne et le maximum, permet une certaine mesure de cette homogénéité. Les résultats obtenus à travers les simulations ont montré que ce détecteur garde les performances du détecteur CA-CFAR dans le cas d'un milieu homogène et les performances de l'OS-CFAR dans le cas d'un milieu non-homogène.

En perspective, nous suggérons la continuation dans cette direction par la proposition d'une autre technique qui prend en charge le problème de dégradation des performances de ce détecteur proposé dans le cas d'un milieu très sévère. En outre, l'implémentation de ce détecteur en temps réel dans un processeur de traitement du signal représente aussi un axe à explorer.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Barkat M. "Signal detection and estimation", Second Edition, ArtechHouse, London/Boston, 2005.
- [2] KRATTOU Mohamed Riad, " Etude de la détection radar dans un milieu homogène", MASTER en Télécommunications, 2012/2013.
- [3] G.V.Hansen and J.H. Sawyers, Detestability Loss due to greatest-of-selection in cell averaging CFAR, IEEE Transactions on aerospace & Electronics Systems, 16:115-118, 1980.
- [4] H.M.Finn and R.S Johnson, Adaptive Detection Mode with Threshold Control As A Function Of Spatially Sampled Clutter Estimate, RCA Review, 29(3):414-464, Septembre, 1968.
- [5] M.WEISS? Analysis of Some Modified Cell-Averaging CFAR Processors In Multiple Target Situation, IEEE Transactions On Aerospace & Electronics Systems, Jan.1982.
- [6] B. Magaz, A. Belouchrani and M. Hamadouche, A New Adaptive Linear Combined CFAR Detection in presence Of Interfering Targets, Progress In Electromagnetic Research, vol.34,P167-187.2001.
- [7] J H Rohling, radar CFAR thresholding in clutter and multiple target situations, IEEE transactions on aerospace and electronic systems, AES-19,608-621, July 1983.
- [8] Skolnik, M. I. RADAR handbook, McGraw-hill, 3rd edition, USA, 2008.
- [9] A.D. Maio, A farina, G. Foglia, Knowledge-aided radar detector & their application to live data,IEEE Transactions On Aerospace & Electronics Systems, VOL.46(1):170-183,2010.
- [10] W.J.Conver, Practical Nonparametric Statistical, 3rd edition, New York, 1991.
- [11] Magaz Boualam et Bellabas Aheéne, " Amélioration de la qualité de détection radar par l'exploitation des KBS (Knowledge Based Systems", ingénieur d'état en défense aérienne, option : détection, 2013.

Résumé

La détection du signal est une procédure qui peut être implémentée dans diverses applications telles que les radars, les sonars et les systèmes de communications. Le terme RADAR signifie la détection et localisation à distance d'un objet (cible) à partir du signal rétrodiffusé (écho) par le système radar. Aujourd'hui, les radars recouvrent un large éventail de disciplines dans des domaines variés tels que l'aéronautique, militaire, la marine, la météorologie, la circulation automobile.... etc. les échos qui apparaissent sur l'image radar ne sont pas seulement produits par la réflexion des ondes émises à partir des objets durs (bateaux, véhicules, avions.... etc.) mais certains échos sont produits par des obstacles indésirables (clutter) tels que l'atmosphère, le sol, les nuages, la mer et la surface irrégulière des vagues.

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.

Dans ce contexte, le but de ce travail est l'analyse des performances de détection radar pour des milieux non Gaussien.

Mots clés : Radar, détecteurs CFAR, détecteurs ALC-CFAR, modèle de cible, clutter.

Abstract

Signal detection is a procedure that can be implemented in various applications such as radar, sonar, and communications systems. The RADAR term means detection and remote location of an object (target) from the backscattered signal (echo) by the radar system. Today's radars cover a broad range of varied disciplines in areas such as aerospace, military, marine, meteorology, traffic ... etc... Echoes that appear on the radar image are not only produced by the reflection of waves emitted from hard objects (boats, vehicles, planes, ..., etc.), but some echoes are produced by unwanted obstacles (clutter) such the atmosphere, soil, clouds, the sea and the irregular surface waves.

The main objective in the detection of radar signal is the design of an optimal receiver based on criteria that are determined by the type of environment of target detection. In this context, the aim of this work is performance analysis of radar detection for non-Gaussian environment.

Keywords: Radar, CFAR detectors, target model, ALC-CFAR detectors, clutters.

