



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des Nouvelles technologies de  
L'information et de la communication  
Département D'électronique et des  
Télécommunications

## Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

# MASTER

Spécialité : Télécommunications

Option : Système des Télécommunications

**Par : OUGGAD Saïd**

**BENNOUR Yacine**

### Thème

*Automatique CMLD-CFAR basé sur les réseaux de neurones artificiels : Application à l'acquisition dans les systèmes DS/CDMA*

*Devant le jury composé de:*

Mr. MOAD M. Esayeh	MAA	Président	UKM Ouargla
Mr. BEN SID Khaled	MCB	Examineur	UKM Ouargla
Mme. BENKRINAH Sabra	MCB	Encadreuse	UKM Ouargla
Mr. HASSANI M. Fouad	Doctorant	Co-encadreur	UMK Biskra

2019/2020

## *Remerciements*

*D'abord, nous remercions Dieu le tout puissant. C'est grâce à lui que nous avons eu le foie et la force pour accomplir ce travail.*

*Nous voudrions exprimer notre profonde gratitude et notre respect à Mr Hassani Med Fouad et Mme. Benkrinah Sabra, Pour nous aider dans ce travail et nous encourager à constamment.*

*Nous remercions également tous les professeurs du département de l'électronique qui ont contribué à notre développement et à l'accès à cette étape de la science.*

*Nous aimerions également remercier nos familles pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de notre parcours éducatif de notre enfance à nos jours.*

*Enfin, nous remercions tous nos amis que nous avons rencontrés à travers des études et au-delà qui ont contribué à notre succès et nous ont encouragés à poursuivre notre chemin et atteindre nos objectifs.*

*Merci à tous et à toutes.*

# *Résumé*

## *Automatique CMLD-CFAR basé sur les réseaux de neurones artificiels : Application à l'acquisition dans les systèmes DS/CDMA*

Dans un système DS-CDMA, les clients sont identifiés par des codes pseudo-aléatoires quasi-orthogonaux permettant théoriquement à un très grand nombre d'abonnés d'accéder aux services simultanément (grande capacité) tout en utilisant la totalité de la bande passante (haut débit).

L'objectif de ce projet de maîtriser et d'évaluer les performances de détecteur ACMLD-CFAR. Le système étudié repose sur la stratégie de recherche série à structure simple. Il utilise un détecteur adaptatif réalisé à base des réseaux de neurones artificiels multicouches et entraîné par l'algorithme de rétro-propagation d'erreur. Nous avons travaillé sur le processeur ACMLD-CFAR qui emploie un seuil adaptatif dans le processus d'acquisition.

Le processeur ACMLD-CFAR est comparé avec deux autres détecteurs adaptatifs que nous avons choisis. Les résultats obtenus montrent l'efficacité des systèmes utilisant les algorithmes de censure automatique dans le processus d'acquisition. Il est démontré clairement que le système proposé fournit la probabilité de détection la plus efficace.

**Mots clés :** Automatique CMLD, réseaux de neurones multicouches, DS/CDMA, acquisition du code, taux de fausse alarme constant.

## *Abstract*

In DS-CDMA system, users are identified by quasi-orthogonal pseudo-random codes theoretically allowing a very large number of subscribers to access services simultaneously (high capacity) while using the entire bandwidth (high speed).

The objective of this project is to control and evaluate the performance of the ACMLD-CFAR detector. The study system is based on the simple structure serial search strategy. It uses an adaptive detector based on multilayer artificial neural networks and trained by the error back propagation algorithm. We have worked on the ACMLD-CFAR processor which uses an adaptive threshold in the acquisition process.

The ACMLD-CFAR processor is compared with two other adaptive detectors that we have chosen. The obtained results show the efficiency of systems using automatic censoring algorithms in the acquisition process. It is clearly demonstrated that the proposed system provides the most efficient detection probability.

**Key words :** Automatic CMLD, multilayer neural networks, DS/CDMA, code acquisition, constant false alarm rate.

## ملخص

في نظام DS-CDMA ، يتم التعرف على المستخدمين من خلال رموز شبه عشوائية شبه متعامدة تسمح نظرياً لعدد كبير جداً من المشتركين بالوصول إلى الخدمات في وقت واحد (سعة عالية) أثناء استخدام كل عرض النطاق الترددي (عالي التدفق)

الهدف من هذا المشروع هو مراقبة وتقييم أداء كاشف ACMLD-CFAR. يعتمد النظام المدروس على استراتيجية البحث التسلسلي الهيكلية البسيطة. يستخدم كاشفاً متكيفاً تم إنشاؤه على أساس الشبكات العصبية الاصطناعية متعددة الطبقات ويتم تدريبه بواسطة خوارزمية الانتشار العكسي للخطأ. لقد عملنا على معالج ACMLD-CFAR الذي يستخدم عتبة تكيفية في عملية الاستحواذ.

تتم مقارنة معالج ACMLD-CFAR بكاشفين تكيفيين آخرين اخترناهما. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها كفاءة الأنظمة التي تستخدم خوارزميات الرقابة التلقائية في عملية الاستحواذ. من الواضح أن النظام المقترح يوفر أكثر احتمالية كفاءة للكشف.

**كلمات مفتاحية:** كاشف تلقائي متوسط مستوى ثابت، الاستعمال المتعدد بتقسيم الرموز بمتتالية مباشرة، اكتساب الرمز، نسبة الإنذار الخاطئ الثابتة، الشبكات العصبية متعددة الطبقات.

AMRT	Accès Multiple par Répartition de Temps
AMRF	Accès Multiple par Répartition de Fréquences
AMRC	Accès Multiple par Répartition de Codes
AMT-CFAR	Automatic Trimmed-Mean-CFAR
AWGN	Additive White Gaussian Noise
CDMA	Code Division Multiple Access
CFAR	Constant False Alarm Rate
CMLD-CFAR	Censored Mean Level Detectors
CA-CFAR	Averaging Constant False Alarm Radar
CUT	Cellule Under Tesst
DS-CDMA	Direct Sequence-CDMA
DTRNN	Discrete Time Recurrent Neural Networks
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FH-CDMA	Frequency Hopping-CDMA
FFH-CDMA	Fast Frequency Hopping-CDMA
IEEE	Institut des ingénieurs électriciens et
GO-CFAR	Greatest Of –CFAR
LMS	Least Mean Squares
MGF	Moment Generating Functions
MLP	Multi Layer Percepton
MNN	Memory Neural Network
OS-CFAR	Oder Statistics CFAR
PN	Pseudo-Noise
RF	Radio Frequency
RN	Réseaux de Neurones
RNAs	Réseaux de Neurones Artificiel
SFH-CDMA	Slow Frequency Hopping-CDMA
SO-CFAR	Smallest OF-CFAR
SNR	Signal to Noise Ratio
TDMA	Time Division Multiple Access
TM-CFAR	Trimmed Mean
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System

**Liste des Figures**

Figure(I-1) : Illustration des mécanismes de propagation.....	<b>4</b>
Figure(I-2) : Schéma d'un multiplexage temporel (TDMA).....	<b>6</b>
Figure(I-3) : Schéma d'un multiplexage en fréquence (FDMA).....	<b>7</b>
Figure(I-4) : Schéma Accès multiple par répartition de codes (CDMA).....	<b>7</b>
Figure(I-5) : Étalement d'une séquence de donnée.....	<b>10</b>
Figure(I-6) : Schéma général d'un système à étalement de spectre DS.....	<b>10</b>
Figure(I-7) : Circuit général d'acquisition.....	<b>12</b>
Figure(I-8) : Principe de l'acquisition sérielle.....	<b>13</b>
Figure(I-9) : Principe d'acquisition parallèle .....	<b>13</b>
Figure(I-10) : Principe d'acquisition hybride.....	<b>14</b>
Figure(II-1) : Neurone artificiel.....	<b>19</b>
Figure(II-2) : Fonction D'activation pour RNs.....	<b>20</b>
Figure(II-3) : Architecture d'un réseau de neurones récurrent à Mémoires.....	<b>21</b>
Figure(II-4) : Un réseau de neurone non bouclé.....	<b>21</b>
Figure(II-5) : Exemple d'un réseau MLP.....	<b>22</b>
Figure(II-6) : L'algorithme de la recherche aléatoire.....	<b>24</b>
Figure(II-7) : Schéma fonctionnel du système proposé.....	<b>25</b>
Figure(III-1) : Organigramme d'apprentissage.....	<b>29</b>
Figure(III-2) : Exemple d'apprentissage et test essai N°1.....	<b>30</b>
Figure(III-3) : Exemple d'apprentissage et test essais N°2.....	<b>30</b>
Figure(III-4) : Exemple d'apprentissage et test essais N°3.....	<b>31</b>
Figure(III-5) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et CMLD CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs Pfa.....	<b>32</b>

Figure(III-6) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et Os CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs $P_{fa}$ .....	<b>33</b>
Figure(III-7) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et CMLD CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs d'interférences.....	<b>34</b>
Figure(III-8) : Probabilité de détection d détecteurs ACMLD et Os CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs d'interférences.....	<b>34</b>
Figure(III-9) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et CMLD CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs de corrélation.....	<b>35</b>
Figure(III-10) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et Os CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs de corrélation.....	<b>36</b>
Figure(III-11) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et CMLD CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs $r_o$ .....	<b>37</b>
Figure(III-12) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD, CMLD et os en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs $r_o$ .....	<b>37</b>



---



---

**Sommaire**

Remerciement.....	i
Résumé.....	ii
Liste des abréviations .....	iv
Liste des figures .....	v
Sommaire .....	vi
Introduction Générale .....	1
<b>Chapitre I : Notion sur les phénomènes de propagation et les détecteurs CFAR</b>	
I-1 Introduction .....	4
I-2 Onde RF.....	4
I-3 Notion sur les phénomènes de propagation .....	5
I-3-1 Réflexion.....	5
I-3-2 Diffusion.....	5
I-3-3 Diffraction.....	5
I-3-4 Dispersion .....	5
I-4 Phénomène de trajets multiples .....	5
I-4-1 Effet positif de trajets multiples.....	5
I-4-2 Effet négatif de trajets multiples .....	5
I-5 : Décalage en fréquence (Doppler shift).....	6
I-6 : Méthodes d'accès aux réseaux.....	6
I-6-1 Accès multiple par répartition de codes ou (TDMA) .....	6
I-6-2 Accès multiple par répartition de codes ou (FDMA).....	7
I-6-3 Accès multiple par répartition de codes ou (CDMA).....	7
I-6-3-1 Caractéristiques du CDMA.....	8
I-6-3-2 Principe du CDMA.....	8
I-7 Technique d'étalement de spectre.....	9
I-7-1 Principe de l'étalement de spectre.....	9
I-8 Étalement de spectre par séquence directe (DS-CDMA).....	10
I-8-1 Avantages.....	11
I-8-2 Inconvénients.....	11
I-9 Synchronisation des systèmes DS-CDMA.....	11
I-10 Phase d'acquisition.....	11
I-11 Stratégies d'acquisition.....	12

I-11-1 Acquisition série.....	12
I-11-2 Acquisition parallèle.....	13
I-11-3 Acquisition hybride.....	14
I-12 Détecteurs CFAR .....	15
I-12-1 CA-CFAR.....	15
I-12-2 GO-CFAR .....	15
I-12-3 OS-.CFAR .....	15
I-12-4 CMLD-CFAR.....	15
I-12-5 TM-CFAR.....	15
I-12-6 ATM-CFAR .....	16
I-13 Conclusion .....	16
<b><i>Chapitre II : Réseau de neurone et ACMLD CFAR</i></b>	
II-1 Introduction .....	18
II-2 Application des RNAs à l'acquisition des séquences PN dans les systèmes DS/CDMA.....	18
II-3 Neurone formel.....	18
II-4 Fonction d'activation.....	19
II-4-1 Réseaux de neurone sans couche (bouclé).....	20
II-4-1-1 Réseau de neurone à mémoire.....	20
II-4-2 Réseau de neurones non bouclés.....	21
II-4-2-1 Réseau MLP .....	21
II-5 Algorithmes d'apprentissage .....	22
II-5-1 Apprentissage supervisé.....	22
II-5-2 Apprentissage par renforcement.....	23
II-5-3 Apprentissage non supervisé.....	23
II-6 Algorithme de la rétro-propagation.....	23
II-6-1 Propagation.....	23
II-6-2 Rétro-propagation.....	23
II-7 Méthode de Recherche aléatoire (méthode de Monte-Carlo).....	23
II-8 Description du système proposé .....	24
II-9 Variables de décision.....	25
II-10 Probabilité d'une fausse alarme.....	26
II-11 Probabilité de détection.....	27
II-12 Conclusion.....	27

*Chapitre III : Résultats et discussions*

III.1 Introduction.....	29
III-2 Organigramme d'apprentissage.....	29
III-3 Architecture de RNAs utilisé .....	31
III-4 Résultats Et Discussions.....	32
III-5 Conclusion .....	38

*Conclusion Générale*

1-Conclusion.....	40
2- Perspectives.....	41
Références .....	43
Annexe .....	45

# **Introduction Générale**

### 1- Introduction Générale

Récemment, les intérêts dans l'accès multiple à répartition par les codes à séquence directe (Direct Sequence Code Division Multiple Access - DS/CDMA -), pour des transmissions mobiles s'étaient développés considérablement. Pour récupérer l'information transmise dans les systèmes DS/CDMA, le signal reçu devrait être désétaillé, par l'utilisation d'un code pseudo aléatoire (PN) généré localement. Ceci signifie que la synchronisation entre les codes reçus et les codes localement générés est exigée avant la détection de données. Par conséquent, l'établissement rapide de la synchronisation du code est l'une des problèmes importants dans les systèmes DS/CDMA.

Le processus de la synchronisation est habituellement réalisé dans deux étapes : l'acquisition et la poursuite (Tracking) [1]. L'acquisition se rapporte à la synchronisation brute de la séquence reçue avec les séquences localement générées à une fraction de la durée d'un chip (la durée de bit de la séquence PN), alors que la deuxième étape doit réaliser l'alignement fin des deux séquences, c.-à-d., le récepteur détermine où chaque symbole commence et se termine.

La transmission de l'information sur la voie radio dans les systèmes mobiles s'effectue soit depuis une station de base vers un mobile (ou un ensemble de mobiles), ce qu'on appelle une liaison descendante, soit depuis un mobile vers la station de base ce qui est appelé liaison montante. Les conditions de propagation sont très variables et dépendent de l'environnement.

De ce fait, dans beaucoup de cas, l'acquisition initiale du code doit être accomplie dans des environnements très dégradés (Le rapport signal/bruit peut être très faible, la présence des brouilleurs, la possibilité de l'évanouissement du canal « fading », et l'existence de l'interférence multi-accès, qui nous permet de dire que les niveaux reçus de signal dans les communications mobiles sont inconnus. Alors les techniques des seuils fixes ne peuvent pas être appliquées parce qu'elles peuvent avoir comme conséquence un nombre excessif de fausses alarmes. Cette raison suggère l'utilisation des techniques adaptatives (seuil Adaptatif) dans le traitement des signaux, qui devrait être déterminé selon la puissance du bruit de l'environnement. [2]

Beaucoup de processeurs à Taux de Fausse Alarme Constant TFAC (CFAR, Constant False Alarm Rate) utilisés dans les systèmes radar ont été également appliqués dans les problèmes d'acquisition des séquences PN dans des systèmes DS/CDMA, pour combattre la variabilité et l'instabilité de la probabilité de détection et la probabilité de fausse alarme.

L'objectif de ce travail est d'acquérir les séquences PN en utilisant la technique de seuillage adaptatif par un algorithme qui a été nommé ACMLD-CFAR (Automatic Censored Mean Level

Detector-CFAR), pour maintenir un taux de fausse alarme constant dans des environnements non homogènes. C'est un algorithme de censure automatique, qui nous permet d'estimer le nombre des cellules interférentes dans la fenêtre de référence automatiquement et en temps réel et éliminer avant d'estimer la puissance du bruit. [2]

L'estimation du nombre des cellules interférentes est faite, pour la première fois dans ce travail, par les réseaux de neurones artificiels (plus précisément, le perceptron multicouches).

### **2- Organisation du mémoire**

*Dans le premier chapitre* de ce mémoire, nous avons exposé les différents phénomènes affectant le signal transmis par une onde radio ; ainsi que les techniques d'accès utilisées dans le domaine des télécommunications CDMA. Le principe de l'étalement de spectre est aussi introduit à ce niveau. Ensuite, la synchronisation du code pseudo aléatoire PN utilisée dans les systèmes DS-SS-SSA. Finalement, nous avons introduit quelques types des détecteurs CFAR.

*Dans le deuxième chapitre*, nous avons donné quelques notions de base sur les RNAs, la description du système proposé, suivi du principe d'algorithme ACMLD-CFAR. Ensuite, nous avons introduit les développements mathématiques pour le calcul de la probabilité de fausse alarme et la probabilité de détection.

*Le troisième chapitre*, nous fournit l'architecture de RNAs utilisé et l'organigramme de l'algorithme d'apprentissage. Enfin, les performances du détecteur ACMLD-CFAR avec les détecteurs CMLD-CFAR et OS-CFAR pour différentes valeurs du nombre de cellules interférentes, différentes valeurs de corrélation et différentes valeurs de  $P_{fa}$  sont comparées. Nous avons observé les performances les plus efficaces du détecteur ACMLD-CFAR, par rapport au détecteurs CMLD et OS-CFAR.

# **Chapitre I :**

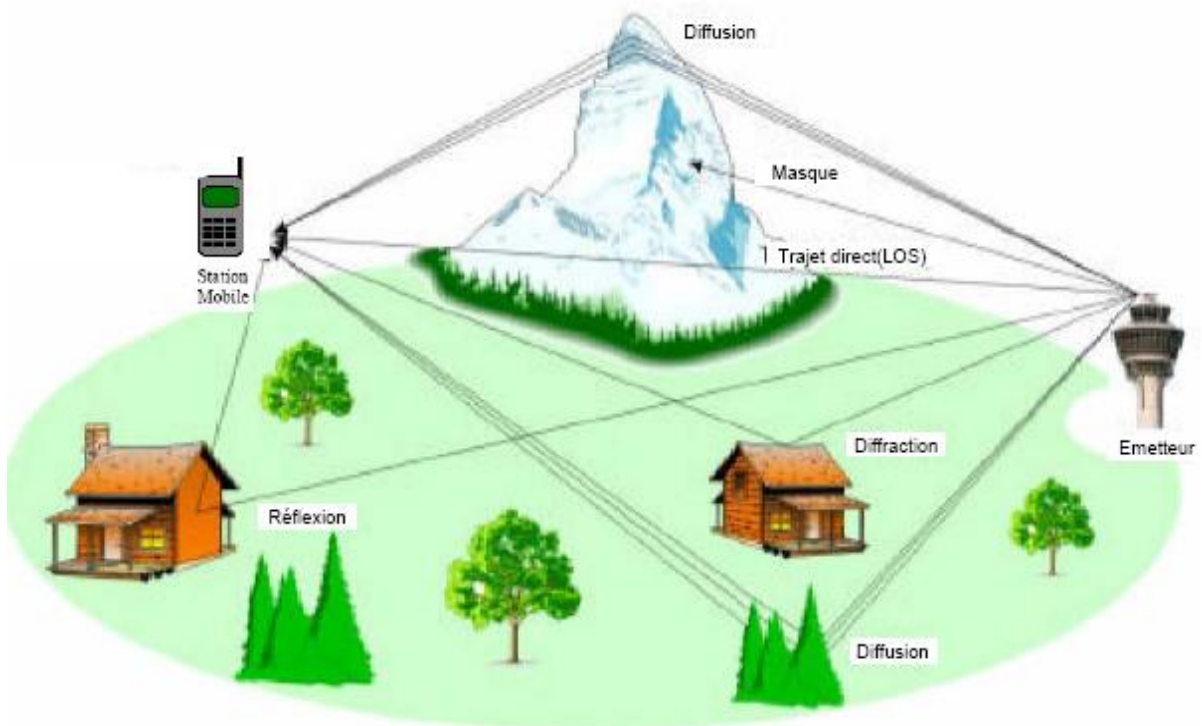
*Notions sur les phénomènes de propagation et les détecteurs  
CFAR*

## I-1 Introduction

Dans le premier chapitre nous allons présenter des notions de base sur la communication RF (Radio Frequency) et les différents phénomènes liés à la propagation de l'onde électromagnétique, les méthodes d'accès aux réseaux et la technique d'étalement de spectre. Ensuite, nous focalisons sur quelques types des détecteurs CFAR.

## I-2 Onde RF

L'onde RF se propage traversant l'espace dans plusieurs directions, peut rencontrer un certain nombre d'obstacles. Les différents obstacles qui constituent le milieu de propagation permettent à l'onde émise d'emprunter plusieurs trajets avant d'atteindre l'antenne réceptrice. Chaque trajet suit un chemin différent avec un retard, une phase, une amplitude et un angle d'arrivée propre. Le signal reçu est la combinaison de ces trajets multiples. C'est le phénomène des trajets multiples, qui peut limiter la vitesse de transmission dans les réseaux sans-fil. En rencontrant un obstacle, une partie de l'énergie de cette onde radio est absorbée, une partie peut être réfléchiée et une partie continue à se propager avec une puissance atténuée. Il en résulte quatre catégories de phénomènes principaux qui affectent la propagation du signal : la réflexion, la diffraction, la diffusion et la dispersion [1].



Figure( I -1) : Illustration des mécanismes de propagation.



### I-3 Notion sur les Phénomènes de propagation

**I-3-1 Réflexion** : lorsqu'une onde électromagnétique se heurte à une surface lisse dont les dimensions sont grandes devant la longueur d'onde du signal.

**I-3-2 Diffusion** : lorsque l'onde entre en collision avec une surface irrégulière ou encore une surface dont les dimensions sont de l'ordre de la longueur d'onde. L'énergie réfléchie est diffusée dans toutes les directions.

**I-3-3 Diffraction** : lorsque le trajet de l'onde entre l'émetteur et le récepteur est obstrué par un corps volumineux de dimensions grandes devant la longueur d'onde, causant la formation d'ondes secondaires derrière l'objet.

**I-3-4 Dispersion** : La dispersion se produit lorsque l'onde tombe sur une surface multi-angle non lisse. Ce phénomène a lieu lorsqu'une onde rencontre une multitude d'obstacles par unité de volume de dimension du même ordre de grandeur ou plus petite que la longueur d'onde  $\lambda$ . Dans ce cas, l'onde incidente est reflétée dans plusieurs directions avec des atténuations différentes.

### I-4 Phénomène de trajets multiples

Dans un système de communication sans-fil, l'environnement du système de transmission interfère avec l'onde transmise selon différents mécanismes. Le récepteur peut recevoir l'onde réfléchie sur une surface comme le sol, les bâtiments ...etc. Ces répliques sont plus ou moins retardées selon les longueurs de trajets et plus et moins atténuées selon la distance parcourue et les phénomènes de base rencontrés. Ils se combinent à la réception de façon constructive ou destructive donnant naissance à des évanouissements [3].

#### I-4-1 Effet positif de trajets multiples

Les multi trajets rendent possible des communications dans les cas où l'émetteur et récepteur ne sont pas en visibilité directe. Lorsque cette condition est réalisée, les trajets multiples permettent aux ondes radio de franchir les obstacles pour assurer une certaine continuité du service radio.

#### I-4-2 Effet négatif de trajets multiples

Les trajets multiples présentent de nombreux inconvénients, les plus importants sont :

**I-4-2-1 Dispersion des retards (Delay-spread)** : Pour les différents trajets dans le canal, chaque trajet passe avec des longueurs différentes. Ainsi les signaux associés vont arriver avec des retards différents.

**I-4-2-2 Évanouissement (ou fading) de Rayleigh** : La distribution Rayleigh est définie lorsque l'enveloppe du signal est variée. Le canal transmet au récepteur un grand nombre de trajets multiples. La façon constructive de ce phénomène est réalisée quand les signaux multiples reçus s'additionnent et produisent un signal résultant plus puissant que le signal du trajet direct seul.

### I-5 Décalage en fréquence (Doppler shift)

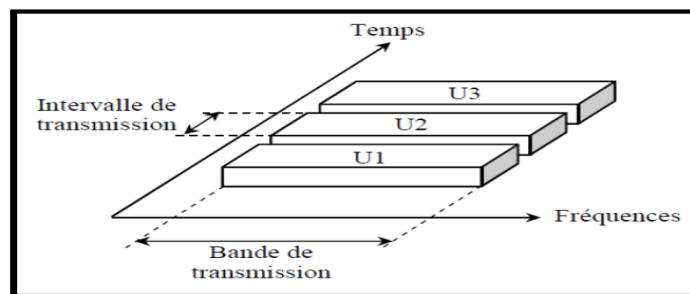
Le mouvement de l'émetteur ou du récepteur introduit un étalement dans le domaine fréquentiel, appelé décalage Doppler. Si  $F_m$  est le décalage Doppler maximum, la bande du spectre Doppler est :  $B_d=2F_m$ .

### I-6 Méthodes d'accès aux réseaux

Les trois principales techniques d'accès multiple utilisées dans les systèmes de communication sont l'accès multiple par répartition en fréquence FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) ou AMRF (Accès Multiple par Répartition en Fréquence), l'accès multiple par répartition en temps TDMA (*Time Division Multiple Access*) ou AMRT (Accès Multiple par Répartition en Temps) et l'accès multiple par répartition encode CDMA (*Code Division Multiple Access*) ou AMRC (Accès Multiple par Répartition en Codes) [4].

#### 1-6-1 Accès multiple par répartition dans le temps ou " (TDMA)"

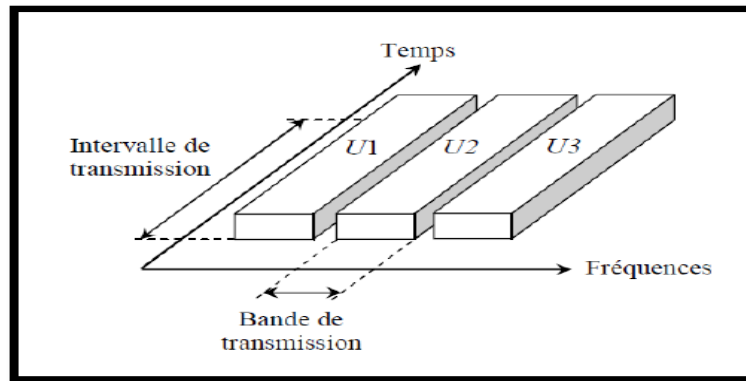
Dans les systèmes TDMA, la bande passante est utilisée par tous les utilisateurs mais la division se fait sur l'intervalle du temps. Une fréquence porteuse est partagée entre différents abonnés en time slot. La plupart des systèmes radiofréquences utilisant le TDMA sont dits synchrones, ce qui signifie donner des périodes d'émissions à chaque utilisateur afin de ne pas causer d'interférences d'accès multiples (IAM), chaque signal nécessite un intervalle de temps au quel intervalles qui lui est attribué et les récepteurs respectent également les intervalles qui leur sont associés pour reconfigurer la séquence d'informations.



**Figure (I-2) :** Schéma d'un multiplexage temporel (TDMA).

### I-6-2 Accès multiple par répartition de fréquences ou " (FDMA)"

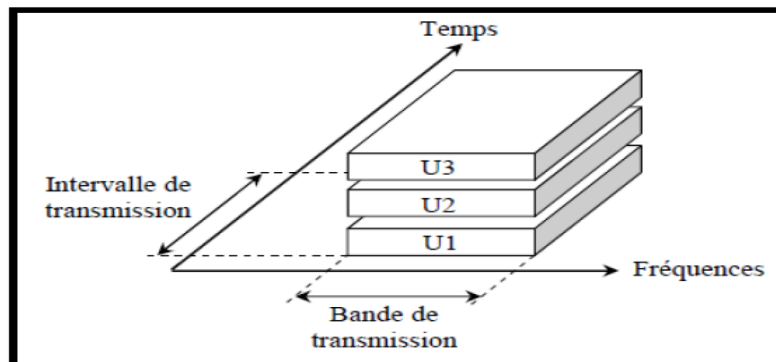
L'accès multiple par répartition dans les fréquences (AMRF ou FDMA en anglais) est une Technique de multiplexage largement utilisée dans les systèmes de communication radio Fréquences. Elle est considérée comme la méthode d'accès multiple la plus ancienne. Le FDMA consiste à diviser la bande passante du canal en  $U$  (nombre d'utilisateurs) bandes de Fréquences d'intersection nulle. Les utilisateurs émettent leurs signaux de manière continue, Chaque signal est transmis par une fréquence différente comme décrit la **figure (I-3)**.



**Figure (I-3) :** Schéma d'un multiplexage en fréquence (FDMA).

### I-6-3 Accès multiple par répartition de codes ou (CDMA)

Accès multiple par répartition de code ou (CDMA *Code Division Multiple Access*) est une technique de multiplexage plus récente que TDMA et FDMA. Dans cette technique les utilisateurs partagent le même espace fréquentiel et transmettent sur les mêmes intervalles temporels **la figure (I -4)**. La technique d'étalement de spectre est utilisée pour affecter à chaque utilisateur un code ou une séquence unique qui détermine les fréquences et les puissances utilisés.



**Figure (I -4) :** Schéma Accès multiple par répartition de codes (CDMA) [5].

**a) Avantages CDMA**

- Protection excellente contre le bruit, les interférences et le piratage.
- Une flexibilité importante que les deux autres techniques (TDMA et FDMA).
- Large couverture.
- Diversité de fréquence.

**b) Inconvénients CDMA**

- La synchronisation temporelle des codes difficile.
- Le taux de transmission ne change pas si tous les codes utilisés dans le même système.

**I-6-3-1 Caractéristiques du CDMA**

Les caractéristiques principales de ce type de système sont les suivants [5] :

Utilisation élevée des fréquences : 7 à 10 fois comme l'analogique actuel et TDMA/FDMA.

- Zone de couverture plus large : rayon jusqu'à 30 Km.
- Réemploi de la fréquence universelle : utilisation en commun d'une seule bande de fréquence par tous les sites de cellule.
- Réduction des interférences : forte résistance aux bruits, transmission par paquets.

**I-6-3-2 Principe du CDMA**

L'avènement fulgurant des systèmes de communication numériques a contribué au développement des systèmes de communication personnels et des systèmes radio mobiles cellulaires tels que la téléphonie sans fil. Ceci s'est traduit par une augmentation considérable du nombre d'utilisateurs, ayant des taux de transmission différents, doivent partager les mêmes ressources d'un tel système dans le but d'accès au même réseau pour divers services. D'où le recours à une technique d'accès multiple plus performante, soit la technique CDMA [4]. Dans un système CDMA, le signal provenant de chaque utilisateur est étalé par son propre code d'étalement puis transmis à travers le canal radio. A la réception, le signal reçu est désétalé par le même code d'étalement utilisé à l'émission afin de récupérer les données initialement transmises.

Le système CDMA basé sur l'étalement de spectre permet non seulement d'améliorer la capacité du système de communication mais permet aussi une bonne gestion de la bande de fréquence disponible. La technique d'étalement en CDMA est utilisée par différentes méthodes. Les méthodes les plus généralement utilisées sont : FH-CDMA et DS-CDMA.

a) FH-CDMA (*Frequency Hopping-CDMA*) : dans le CDMA à saut de fréquence les données émises sur des fréquences différentes qui changent périodiquement, ce change est indiqué par le code d'étalement. On distingue deux types de CDMA à saut de fréquence :

b) 1- Le modèle de saut de fréquence est dit « lent » (*SFH-CDMA*) : lorsque plusieurs séquences des codes sont émises à la même fréquence.

2-Le modèle de saut de fréquence est dit « rapide » (*FFH-CDMA*) lorsque l'émission des chips d'un même code se fait sur plusieurs fréquences.

c) DS-SS-CDMA (*Direct Sequence-CDMA*) : dans le système CDMA, le codage des données s'effectue de manière directe [5].

## I.7 Technique d'étalement de spectre

Apparues dans les années 40 grâce à la théorie de l'information développée successivement par N.Wiener et C.E.Shannon, les techniques d'étalement de spectre étaient tout d'abord destinées aux communications numériques sécurisées telles que les télécommunications militaires. Avec l'essor des systèmes de radiocommunications mobiles, les techniques d'étalement de spectre sont devenues dans différents standards tels que IS-95, UMTS, IEEE802.11 [6].

### I-7-1 Principe de l'étalement de spectre

L'étalement de spectre est par définition un moyen de transmission d'un signal donné, utilisant une bande de fréquence beaucoup plus large que celle employée par les techniques classiques en utilisant une séquence de code. Les propriétés d'un tel système de transmission sont nombreuses.

La figure (I-5) montre un exemple schématique pour l'étalement d'un signal de données. Le signal de données, avec une cadence de  $T_s$  (durée symbole), est multiplié par la séquence d'étalement de cadence  $T_c$  (temps chip). Le rapport  $T_s/T_c$  est appelé facteur d'étalement  $G$ . En réception on ré-multiplie le signal par le code et on l'intègre (corrélation) pour retrouver l'information émise [6].

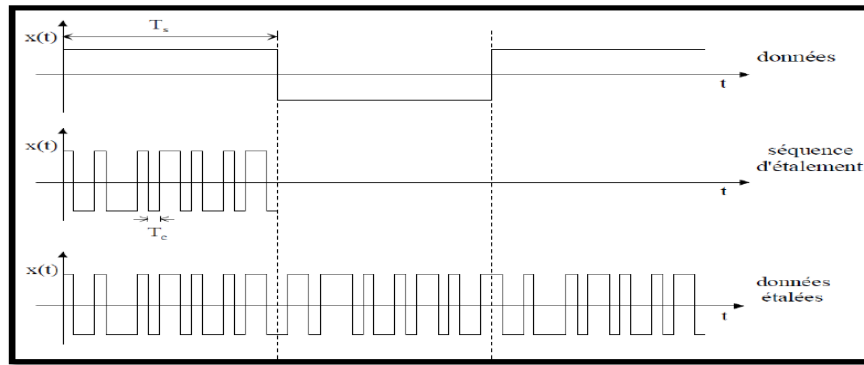


Figure (I-5): Étalement d'une séquence de donnée

**I-8 Étalement de spectre par séquence directe (DS-SS):**

L'étalement de spectre en séquence directe (DS-SS) le plus largement technique utilisé.

Elle consiste à multiplier le message d'information transmis de débit  $R_b$  par un code pseudo-aléatoire de débit  $R_c$  plus faible, le rapport entre les deux définir le gain d'étalement :

$$G = R_c / R_b \text{ donc } G = T_b / T_c \text{ (I-1)}$$

Où :  $T_b = 1/R_b$  est la durée d'un bit chip.  $G$  est habituellement un entier, supérieur à 1 puisqu'il mesure l'étalement du spectre et représente le nombre de chips par d'information et  $T_c = 1/R_c$  est la durée d'une impulsion rectangulaire du code, appelée bit d'information. On appelle également ce rapport gain de traitement (*processing gain*). En ce sens, il représente une mesure de la résistance à l'interférence et au brouillage intentionnel obtenue en augmentant la largeur de bande du signal transmis [1-6].

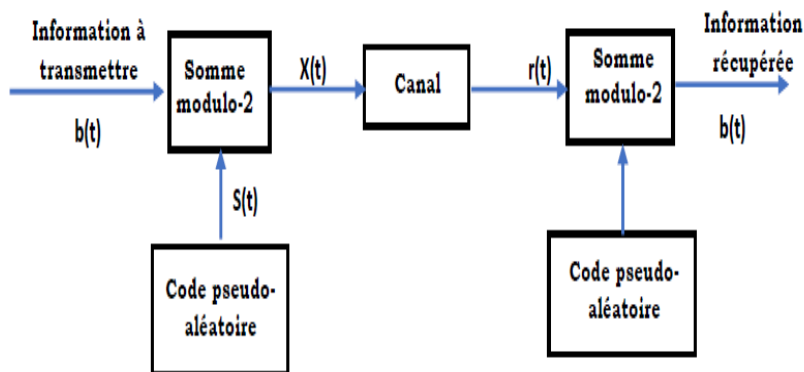


Figure (I-6) : Schéma général d'un système à étalement de spectre DS [6].

### I-8-1 Avantages

- L'utilisation d'un seul porteur offrant un générateur de fréquence simple.
- La DS-CDMA présente une grande résistance aux trajets multiples. Dans ce cas les interférences entre les différents trajets seront réduites.
- L'augmentation du nombre d'utilisateurs dépend seulement du nombre des codes utilisés et non pas de la capacité du canal radio qui reste limitée et rare.
- Une robustesse vis-à-vis des brouilleurs.

### I-8-2 Inconvénients

- L'efficacité spectrale de la DS-CDMA est faible : le débit utile par utilisateur est faible par rapport à la largeur de bande occupée.
- Le DS-CDMA est sensible à l'effet proche-lointain : les signaux venant des utilisateurs les plus proches de la station de base et donc reçus avec un niveau de puissance élevé interfèrent avec les signaux plus faibles des utilisateurs lointains.

Un mécanisme de contrôle de puissance doit être mis en œuvre pour ajuster les niveaux de puissance des utilisateurs en fonction de la distance qui les séparent de la station de base.

### I-9 Synchronisation des systèmes DS-CDMA

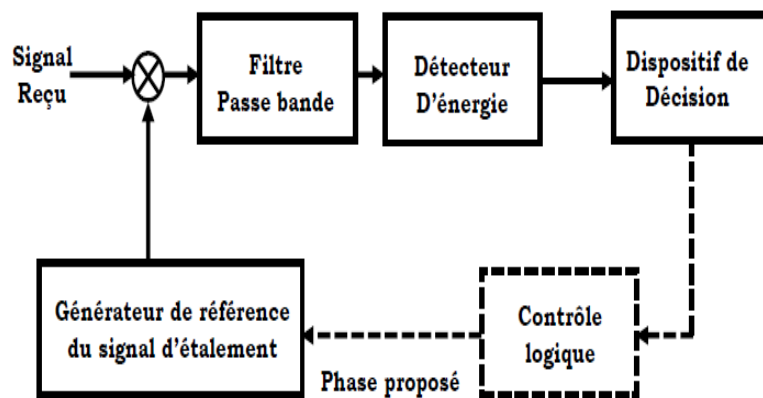
La synchronisation est une tâche très importante dans les systèmes à séquence directe. Elle s'effectue en deux étapes : l'acquisition qui est une synchronisation initiale et la poursuite, qui est une synchronisation précise. L'acquisition est la tâche la plus importante et la plus difficile. Elle synchronise le code reçu et le code généré localement avec une certaine précision. Par rapport à l'acquisition, la poursuite du code est une tâche relativement simple à accomplir : elle peut être effectuée par une boucle à verrouillage de phase (PLL) [7].

### I-10 Phase d'acquisition

Le but principal de l'acquisition du code PN est de réaliser la synchronisation grossière entre l'émetteur et le récepteur. Ceci est réalisé par la multiplication du signal reçu par des versions décalées du code local. Un détecteur est employé pour réaliser cette opération. Chaque position relative entre les codes (de l'émetteur et du récepteur) est appelée « cellule ». Le nombre total des cellules nécessaires pour vérifier l'acquisition est appelé « la région d'incertitude ». Cette région est exploitée par une procédure connue sous le nom d'une stratégie de recherche. L'acquisition du code PN est un processus en boucle fermée commandé par le bloc de la stratégie de recherche.

Le but de l'acquisition est la synchronisation du code généré localement avec le récepteur et le code reçu. Dans cette section, on va introduire les diverses techniques utilisées pour effectuer

cet alignement. Elles sont toutes basées sur le principe décrit par la **figure (I-7)**. Le récepteur admet une phase proposée par hypothèse pour la séquence d'étalement et essaye de dés-étaler le signal reçu par cette même phase. Si la phase proposée est assortie avec la séquence du signal reçu, le signal à bande large sera dés-étalés correctement, et va donner l'information à bande étroite originale. On emploie alors un filtre passe-bande d'une largeur de bande similaire à celle du signal à bande étroite pour récupérer l'énergie du signal utilisé pour le dés-étalement. Puisque la phase proposée est égale à celle du signal reçu, le filtre passe-bande va regrouper toute l'énergie. Dans ce cas, le récepteur décide qu'une synchronisation grossière est achevée ; et va activer la boucle de poursuite pour effectuer une synchronisation fine. Dans le cas contraire, c.-à-d., si la phase proposée est différente de celle du signal reçu, le filtre passe-bande récupérera seulement une petite portion de l'énergie. Le récepteur décide alors que la phase proposée est incorrecte, et refait l'essai avec d'autres phases [8].



**Figure (I-7)** : Circuit général d'acquisition [7].

### I-11 Stratégies d'acquisitions

Les méthodes d'acquisition peuvent être classées selon la stratégie de recherche approuvée en trois systèmes : Système d'acquisition série, parallèle et hybride. [3]

#### I-11-1 Acquisition série

Dans cette méthode, le circuit d'acquisition fait un cycle pour tester toutes les phases possibles, une après l'autre (en série), comme indiqué sur la **figure (I-8)**. Ce type de circuits n'est pas trop complexe. Tandis que, la pénalité du temps associée à un coup manqué est grande. En plus, on doit choisir un temps d'intégration plus long, pour réduire la probabilité du manque. Ceci résulte en un temps d'acquisition relativement long [3].



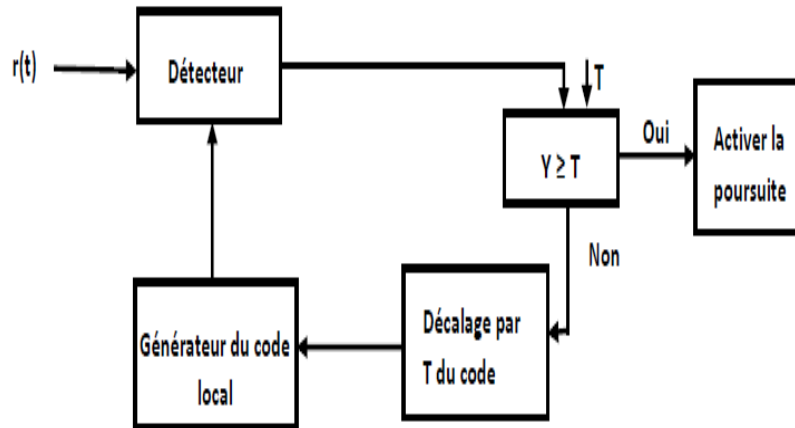


Figure (I-8) : Principe de l'acquisition sérielle [3].

### I-11-2 Acquisition parallèle

Dans un système d'acquisition totalement parallèle, le temps d'acquisition du code peut être considérablement réduit par rapport à la première technique, de sorte que toutes les phases du test de code sont simultanément testées, comme indiqué sur la **figure (I-9)**. Malgré cela plus compliqué que la première stratégie. Cependant, dans cette technique il est possible d'obtenir un très long code PN, par ce que le nombre de détecteur placés en même temps nous fournit le plus grand nombre possible des codes PN [3].

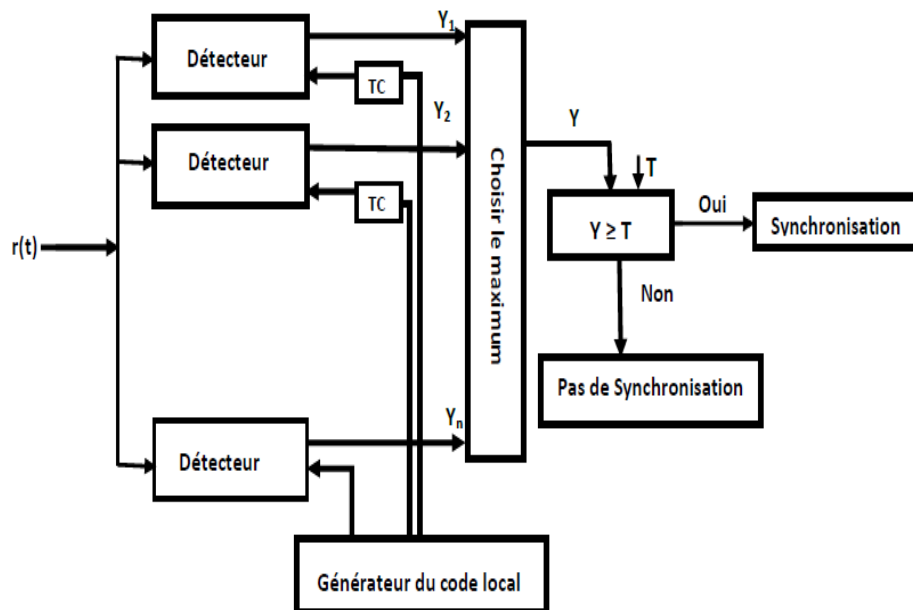


Figure (I-9) : Principe d'acquisition parallèle.

### I-11-3 Acquisition hybride

Résultant d'un mélange entre les deux méthodes précédentes (recherches série et parallèle). L'objectif est de diminuer le temps d'acquisition de la première technologie et la complexité des dispositifs dans la deuxième méthode. En cas d'absence de synchronisation, la phase de recherche est actualisée par  $N$  cellules jusqu'à ce que la synchronisation soit détectée [3].

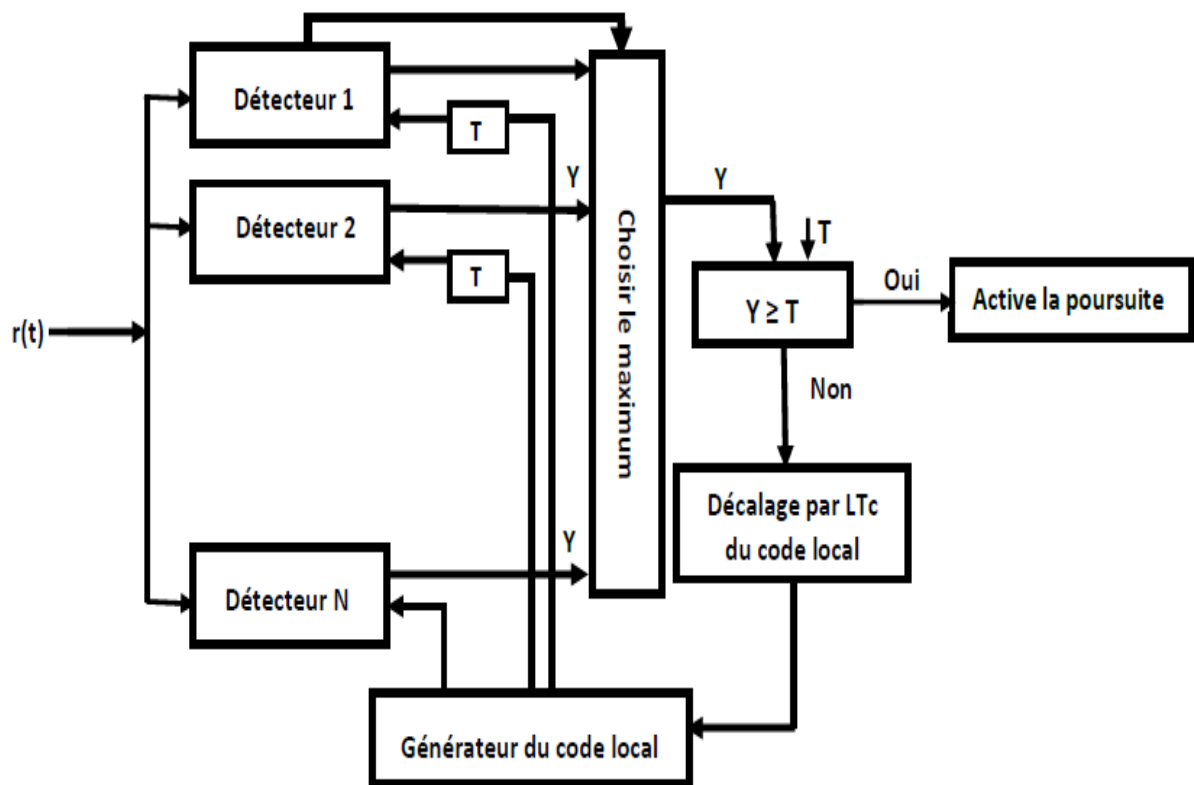


Figure (I-10) : Principe d'acquisition hybride. [3].

**I-12 Détecteurs CFAR :**

Plusieurs techniques CFAR ont été employées dans l'acquisition du code DS/CDMA pour combattre la variabilité et l'instabilité de la probabilité de détection  $P_d$  et la probabilité de fausse alarme  $P_{fa}$ .

On va citer quelques détecteurs CFAR utilisés dans le domaine de la détection et appliqués ensuite à l'acquisition des séquences PN dans les systèmes DS/CDMA.

**I-12-1 CA-CFAR**

**Finn et Johnson** qui a été proposé ce détecteur. Cet algorithme estime en temps réel la puissance du bruit qui est égale à la somme ou la moyenne arithmétique des échantillons dans la fenêtre de référence [9].

**I-12-2 GO-CFAR :**

**Hansen et sawyers** a été proposée ce détecteur. Cet algorithme utilise le maximum des sommes des sorties des deux fenêtres (amont et aval) qui se trouvent dans les deux côtés de la cellule sous test. Le but de cette amélioration est de corriger le problème de l'effet de masque [6].

**I-12-3 OS-CFAR**

**Rohling** a proposé le détecteur Os-CFAR (*Order static's*), pour lequel les échantillons des cellules de références sont ordonnés d'une façon croissante et la puissance du bruit est prise égale au  $K^{\text{ième}}$  échantillon. Ce rang est choisi de manière à maximiser la probabilité de détection [6].

**I-12-4 CMLD-CFAR**

**Rickard et Dillard** ont proposé le CMLD (*Censored Mean Level Detector*), Le principe de ce détecteur est d'estimer le niveau de bruit par le calcul de la moyenne de cellules non censurés après la censure de cellules contenant le réplique de signal provenant des trajets multiples, donc les sorties des cellules de références sont rangées en fonction de leurs magnitudes dans un ordre croissant après les censure des K cellules des interférences les cellules restantes sont collectes pour obtenir une estimation du niveau de bruit. La valeur de seuil adaptative a été mesuré à travers le multiplicateur pour obtenir la probabilité de fausse alarme [11].

**I-12-5 TM-CFAR :**

Dans le cas de traitement du signal reçu en présence aussi de l'effet de capture et l'effet de masque, le détecteur à niveau moyen censuré TM-CFAR (Trimmed Mean) a été présenté comme un hybride entre le CA, OS- et CMLD-CFAR, dans lequel les plus petits et les plus grands échantillons de bruit sont censurés et l'estimation du niveau de bruit est obtenu à partir des échantillons de bruit restants [10].

**I-12-6 ATM-CFAR**

Dans les systèmes de communication sans-fil, le type de l'environnement dans lequel se déroule le processus de communication est très important. L'environnement multi-trajets affecte le signal transmis, car ce dernier et avant qu'il atteigne le récepteur, il se reflète souvent dans les bâtiments, les arbres, les terrains de cet environnement, ou peut également causer un retard entre les utilisateurs.

Pour cette raison, les chercheurs ont constaté que chaque détecteur parmi ceux proposés auparavant, avait une erreur relative qui pourrait provoquer un défaut dans la détection du signal. Par conséquent, Sofwan et Barkat ont proposé un nouvel algorithme appelé ATM CFAR (Automatic Trimmed-Mean-CFAR) qui est l'un des derniers algorithmes de détection les plus efficaces dans les milieux non homogènes [12].

**I-13 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté les techniques de multiplexage utilisé dans les systèmes radio mobiles. Le principe de la d'étalement du spectre à séquence directe est bien détaillé en décrivant ces principaux avantages et inconvénients. Nous avons ainsi cité le principe d'étalement de code PN. Ensuite nous avons introduit le principe de l'acquisition initiale de la séquence PN et les différentes stratégies des recherches.

Finalement nous avons donnons quelques types des détecteurs CFAR appliqués dans les problèmes d'acquisition des séquences PN dans des systèmes DS/CDMA.

# **Chapitre II :**

*Réseaux de neurones et ACMLD-CFAR*

### I-1 Introduction

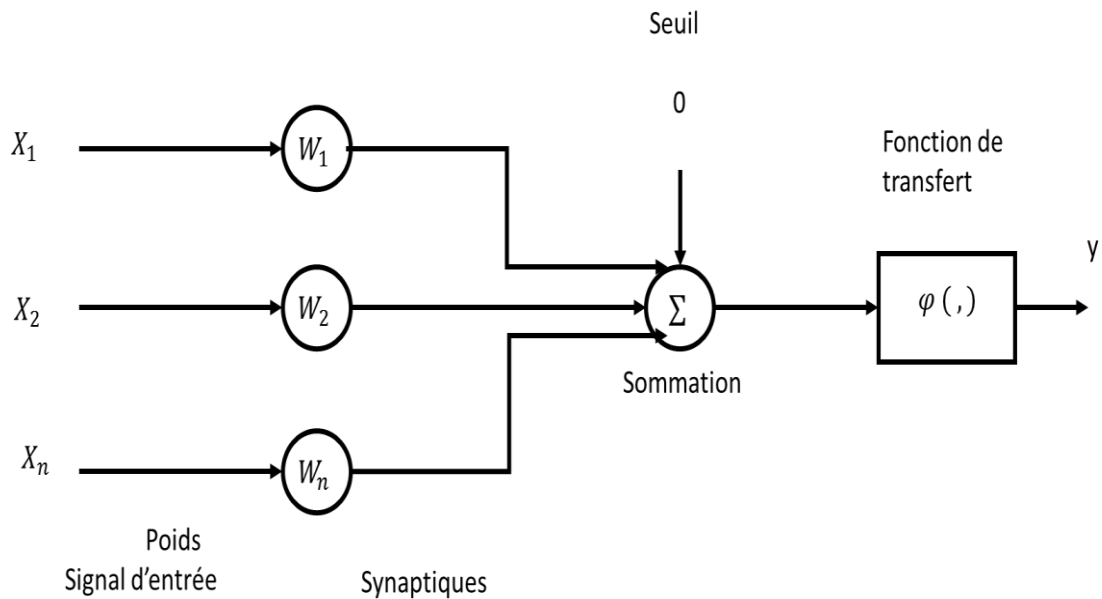
Nous commençons donc ce chapitre, en premier lieu, par l'application des réseaux de neurones (RNs) en DS /CDMA. Nous présenterons ensuite les définitions essentielles, nous expliquons ce qu'est un neurone formel, ce qu'est un réseau de neurones, ce qu'est l'apprentissage des RN (nous précisons notamment les différences entre l'apprentissage supervisé et l'apprentissage non supervisé). Ensuite, on va proposer un algorithme CFAR basé sur les réseaux de neurones Artificiels RNAs (Réseaux de Neurones Artificiels), cet algorithme utilise spécifiquement le perceptron multicouches MLP.

### II-2 Application des RNAs à l'acquisition des séquences PN dans les systèmes DS/CDMA

La technique des réseaux de neurones artificiels est considérée comme l'une des techniques de l'intelligence artificielle. Cette technique est largement utilisée dans différents domaines d'affaire, Les activités de recherches récentes ont prouvé que les RNAs sont des processus non linéaires, qui peuvent être entraînés et généralisés à partir des données disponibles, sans qu'il soit nécessaire d'estimer n'importe quel paramètre statistique ; ils peuvent être adaptés pour les applications d'identification et de classification. Puisque l'acquisition des codes PN peut être considérée comme un problème de détection, et n'importe quel problème de détection peut être traité comme un problème de classification, il est possible de le résoudre en utilisant les RNAs [6-13].

### II-3 Neurone formel

Le neurone formel (ou artificiel) n'est qu'une simplification extrême du neurone biologique, son intérêt réside principalement dans ses poids synaptiques, qui vont permettre au réseau de neurone d'apprendre. Le neurone artificiel avec ses entrées pondérées et sa correspondante fonction d'activation est montré dans la **figure (II.1)**. Les entrées scalaires individuelles (qui forment le vecteur d'entrée  $X$ ) sont pondérées chacune avec une valeur appropriée  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  de la matrice des poids  $W$ . La somme des entrées pondérées et de la polarisation forme l'entrée de la fonction d'activation (ou de transfert)  $f$  pour produire la sortie scalaire du neurone.












**Figure (II-1) :** Neurone artificiel.

#### II-4 Fonction d'activation

La fonction d'activation (ou fonction de seuillage, ou encore fonction de transfert) sert à introduire une non linéarité dans le fonctionnement du neurone. Les fonctions de seuillage présentent généralement trois intervalles :

- En dessous du seuil, le neurone est non actif (souvent dans ce cas, sa sortie vaut 0 ou -1)
- Aux alentours du seuil, une phase de transition.
- Au-dessus du seuil, le neurone est actif (souvent dans ce cas, sa sortie vaut 1)

Le tableau suivant représente les différentes fonctions d'activation pour le RNs :

Nom de la fonction	Relation d'entrée/sortie	Icône
seuil	$a = 0$ si $n < 0$ $a = 1$ si $n \geq 0$	
seuil symétrique	$a = -1$ si $n < 0$ $a = 1$ si $n \geq 0$	
linéaire	$a = n$	
linéaire saturée	$a = 0$ si $n < 0$ $a = n$ si $0 \leq n \leq 1$ $a = 1$ si $n > 1$	
linéaire saturée symétrique	$a = -1$ si $n < -1$ $a = n$ si $-1 \leq n \leq 1$ $a = 1$ si $n > 1$	
linéaire positive	$a = 0$ si $n < 0$ $a = n$ si $n \geq 0$	
sigmoïde	$a = \frac{1}{1+\exp^{-n}}$	
tangente hyperbolique	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$	
compétitive	$a = 1$ si $n$ maximum $a = 0$ autrement	

**Figure (II-2) :** Fonction D'activation pour RNs.

On distingue deux types de réseaux :

#### II-4-1 Réseaux de neurone sans couche (bouclé)

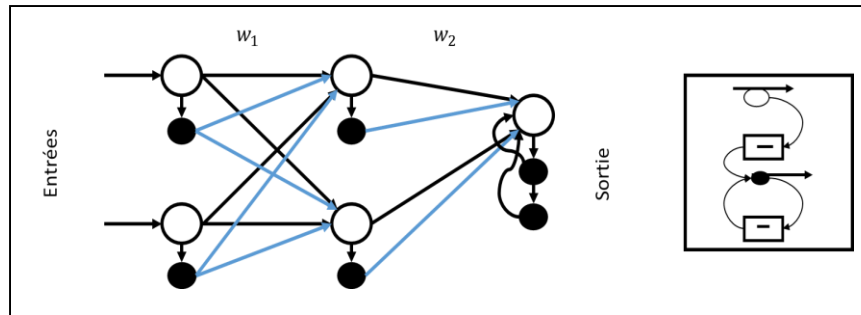
Les réseaux bouclés (ou récurrents ou encore dynamiques) permettent des connexions arbitraires entre les neurones de toutes les couches ; lorsqu'on se déplace dans le réseau en suivant le sens des connexions, il est possible de trouver au moins un chemin qui revient à son point de départ. La sortie d'un neurone du réseau peut donc être fonction d'elle-même ; cela n'est évidemment concevable que si la notion de temps est explicitement prise en considération. Il peut avoir plusieurs topologies. Parmi les architectures de cette classe, le réseau de neurones à mémoires (MNN) et le réseau neuronal récurrent à temps discret (DTRNN).

##### II-4-1-1 Réseau de neurone à mémoire

Les réseaux de neurones à mémoire sont une classe de réseaux de neurones récurrents obtenue en ajoutant des éléments temporels entraînaables (qui admettent l'apprentissage) à un simple réseau de neurones multicouche. (Qui rend la sortie historiquement sensible). A chaque neurone, on lui associe une mémoire dont la sortie résume l'historique des



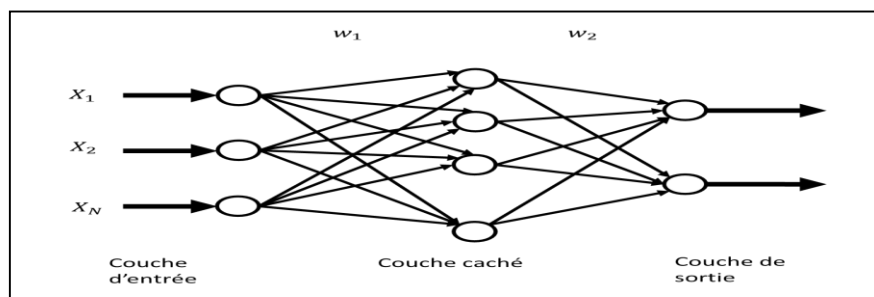
activations passées des neurones.



**Figure (II.3)** Architecture d'un réseau de neurones récurrent à Mémoires

### II-4-2 Réseau de neurones non bouclés

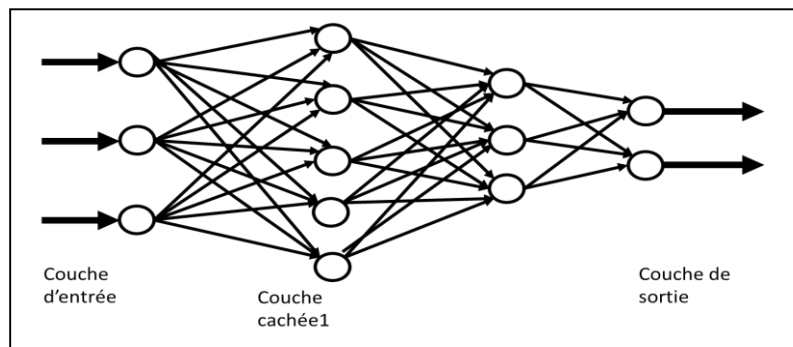
Un réseau de neurone non bouclé (dit aussi statique) est donc représenté graphiquement par un ensemble de neurones connectés entre eux, l'information circulant des entrées vers les sorties sans « retour en arrière » ; c'est-à-dire à partir d'un neurone quelconque, en suivant les connexions, on ne peut pas revenir au neurone de départ.



**Figure(II-4)** Un réseau de neurone non bouclé

#### II-4-2-1 Réseau MLP

Le réseau MLP (Multi Layer Perceptron) ou le perceptron multicouche est un réseau orienté de neurones artificiels organisé (comme son nom l'indique) en couche ; une couche d'entrée, une couche de sortie et une ou plusieurs couches intermédiaires appelées couches cachées. La **figure (II.5)** donne l'exemple d'un réseau contenant  $n$  entrées, deux couches cachées et une couche de sortie.



**Figure (II-5)** Exemple d'un réseau MLP

La couche d'entrée représente toujours une couche virtuelle associée aux entrées du Système, les neurones de cette couche sont reliés au monde extérieur et reçoivent tous le même vecteur d'entrée (en réalité les neurones dans la couche d'entrée passent les entrées sans modification). Les sorties des neurones de la dernière couche correspondent toujours aux sorties du système fournissent les résultats. Enfin, les neurones de l'autre couche (couche cachée) n'ont aucun lien avec l'extérieur et sont appelés des couches cachées.

Dans le cas général, un perceptron multicouche peut posséder plusieurs couches cachées et plusieurs neurones par couche.

Dans le cas des réseaux de neurones artificiels, on ajoute souvent à la description du modèle l'algorithme d'apprentissage. Le modèle sans apprentissage présente en effet peu d'intérêt. Dans la majorité des algorithmes actuels, les variables modifiées pendant l'apprentissage sont les poids des connexions. La section qui suit est réservée aux définitions et l'explication des algorithmes d'apprentissage.

## II-5 Algorithmes d'apprentissage

Toute l'information que peut contenir un réseau neuronal réside dans les poids synaptiques. L'apprentissage consiste donc à ajuster ces derniers de telle façon qu'il puisse générer correctement la sortie correspondante à chaque point de l'espace d'entrée. Ainsi, l'apprentissage peut être défini comme une phase du développement d'un réseau de neurones durant laquelle le comportement du réseau est modifié jusqu'à l'obtention du comportement désiré. On peut distinguer trois types d'apprentissage :

**II-5-1 Apprentissage supervisé :** un système fournit au réseau des couples de données (entrée, sortie désirée correspondante). Les paramètres du réseau sont ajustés de manière à minimiser une certaine norme de l'erreur de sortie constituée par la différence entre la sortie réelle du

réseau et la valeur désirée correspondante (fournie par le système).

**II-5-2 Apprentissage par renforcement** : est une approche utilisée dans les problèmes de planification à travers le temps. Elle utilise deux réseaux : un *réseau d'action* et un *réseau d'évaluation* qui joue le rôle d'un superviseur et qui génère un signal d'avertissement à chaque fois que les actions prises sont mauvaises. Ce signal sert à entraîner le réseau d'action. Les poids du réseau d'évaluation sont altérés dans le sens de renforcer les bonnes actions et de sanctionner les mauvaises.

**II-5-3 Apprentissage non supervisé** : en absence de tout système, le réseau organise lui-même les formes d'entrée en classes de façon à minimiser un critère de performances. Ceci peut être fait, par exemple, en désignant un certain nombre de neurones gagnants dans une compétition d'activation ou en désignant un certain nombre de bassins d'attraction dans l'espace d'état.

## II-6 Algorithme de la rétro-propagation

L'algorithme de la rétro-propagation altère les coefficients synaptiques ( $w_i$ ) du réseau dans le sens inverse du gradient du critère d'erreur, en utilisant seulement les données d'entrée/sortie ; A chaque itération, on retire un exemple d'apprentissage  $(x_i, y_i)$  et on calcule une nouvelle estimation du poids synaptique  $w_i$ . Cette itération consiste en deux phases :

**II-6-1 Propagation** : à chaque itération, un élément de l'ensemble d'apprentissage est introduit à travers la couche d'entrée. L'évaluation des sorties du réseau se fait couche par couche, de l'entrée vers la sortie.

**II-6-2 Rétro-propagation** : cette étape est similaire à la précédente. Cependant, les calculs s'effectuent dans le sens inverse (de la sortie vers l'entrée). A la sortie du réseau, on forme le critère de performance  $E$  en fonction de la sortie réelle de système et sa valeur désirée. Puis, on évalue le gradient de  $E$  par rapport aux différents poids en commençant par la couche de sortie et en remontant vers la couche d'entrée.

## II-7 Méthode de Recherche aléatoire (méthode de Monte-Carlo)

C'est la plus simple des méthodes stochastiques. Cette méthode consiste à tirer à chaque itération une solution au hasard. La fonction objectif  $f$  est évaluée en ce point. La nouvelle valeur est comparée à la précédente. Si elle est meilleure que la précédente, cette valeur est enregistrée, ainsi que la solution correspondante. Et le processus continue. Sinon on repart du point précédent et on recommence le procédé, jusqu'à ce que les conditions d'arrêt soient atteintes.

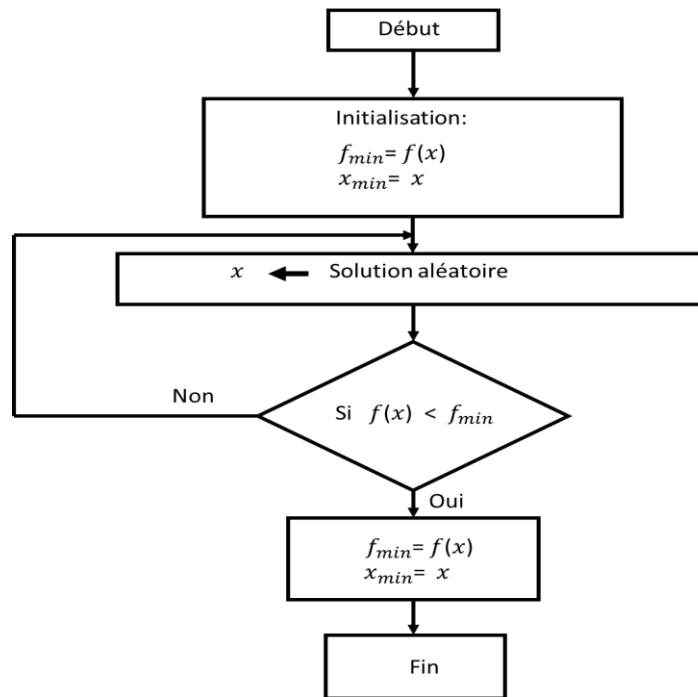


Figure (II.6) : L'algorithme de la recherche aléatoire.

### II-8 Description du système proposé

Le schéma fonctionnel du système proposé est illustré à la **Figure (II-7)**. Dans cette étude, nous étudions un système de communication composé d'un seul utilisateur. Après la transmission, ce signal est reçu par une antenne réceptrice l'antenne est suivie par un corrélateur qui lui est attaché, ce corrélateur reçoit le signal  $r(t)$ . Les composantes en phase et en quadrature (I-Q) du corrélateur est multipliées par le code PN généré localement  $c(t - j_c T_c / 2)$ ,  $j_c = 0, 1, \dots, M$ , où  $M$  représente la taille de la fenêtre de référence du processeur CFAR. Lors de l'obtention des signaux de sortie ( $y$ ), Ce signal va au détecteur qui utilise l'algorithme CMLD-CFAR, pour déterminer si l'acquisition existe ou non. Après la mise en ordre croissant des cellules sous teste, ces derniers passent sur un bloc d'estimation automatique de  $K$  (nombre de cellules grand puissance) à base de RNS. Ensuite, l'algorithme CMLD-CFAR élimine les cellules des grandes puissances, et comparé avec le seuil adaptatif TX pour déterminer  $H_1$  ou  $H_0$ . Si  $Z_0$  dépasse la valeur TX, le détecteur annonce  $H_1$ , ce qui signifie qu'une acquisition a été découverte et que la boucle de poursuite sera activée, et si  $Z_0$  ne dépasse pas la valeur TX, alors  $H_0$  sera annoncé, ce qui signifie qu'il n'y a pas d'acquisition. Dans ce cas, le processus sera répété à nouveau et retournera à la phase de corrélation, où les composantes en phase et en quadrature (I-Q) sont multipliées par le code PN généré localement avec un décalage  $\Delta T_c$  et tout le processus se répète à nouveau.

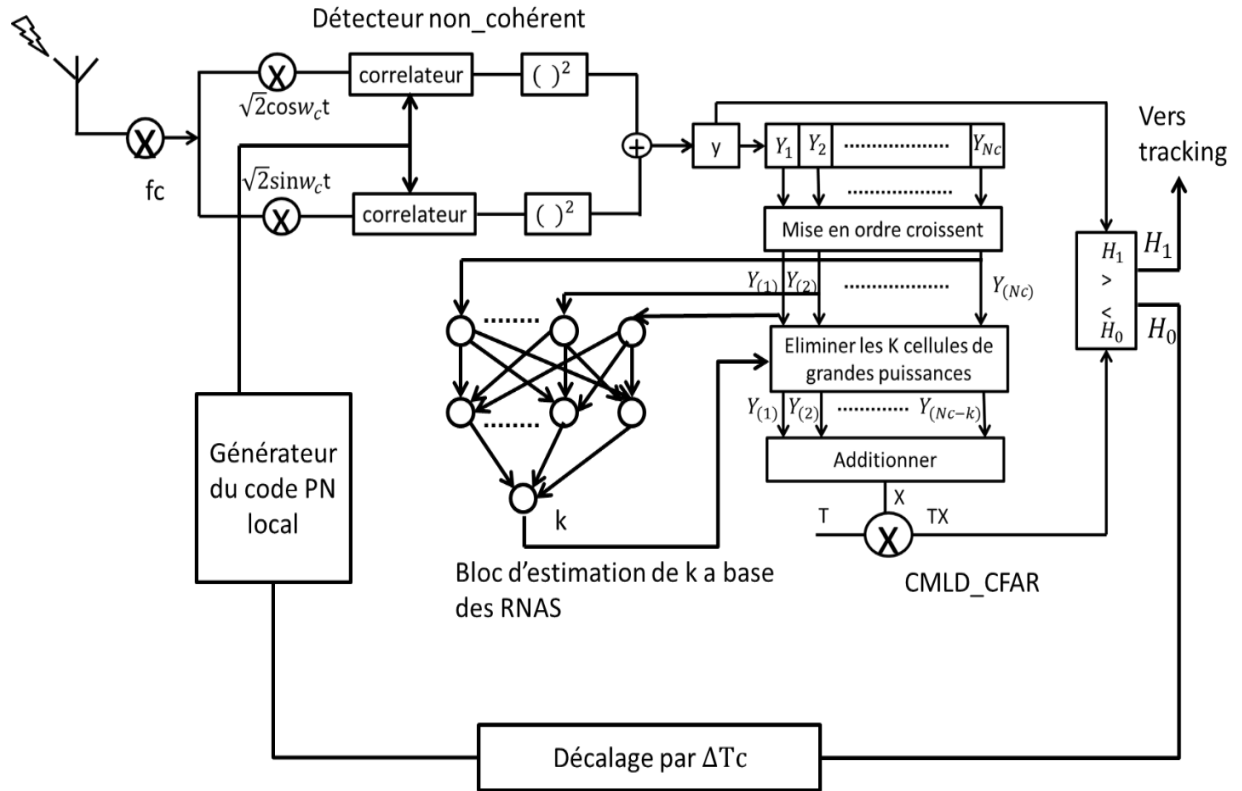


Figure (II-7) : Schéma fonctionnel du système proposé.

**II-9 Variables de décision**

La fonction de densité de probabilité (Pdf) de la variable aléatoire peut être exprimée par deux hypothèses  $H_1$  et  $H_0$ , Soit la probabilité de détection ou probabilité de fausse alarme [14-15]. Les fonctions de densité de probabilité sous les hypothèses  $H_1$  et  $H_0$  sont exprimées comme suit :

$$f_y(y|H_0) = \frac{1}{2\sigma_0^2} e^{-\left(\frac{y}{2\sigma_0^2}\right)}, \quad y \geq 0 \quad (II-1)$$

et

$$f_y(y|H_1) = \int_0^\infty f_y(y|\alpha, H_1) f_\alpha(\alpha) d\alpha \quad (II-2)$$

Après quelques manipulations mathématiques le pdf de la sortie  $y$  sous l'hypothèse alignée est donné par :

$$f_y(y|H_1) = \frac{1}{2\sigma_0^2(1+v)} e^{-\left(\frac{y}{2\sigma_0^2(1+v)}\right)}, \quad y \geq 0 \quad (II-3)$$

Où,  $v = 9\sigma_f^2 / 32\sigma_0^2$  (II-4)

**II-10 Probabilité d'une fausse alarme :**

La probabilité de fausse alarme pour un détecteur CMLD est représentée par la formule suivante :

$$P_{fa} = E_U[P(Z_0 > TU|H_0)] = M_U \left[ \frac{T}{2\sigma_0^2 M} \right] = M_U \left[ \frac{T}{a} \right] \quad (\text{II-5})$$

Où  $M_U$  : Est la fonction de génération de moment .

$$\text{et } a = 2\sigma_0^2 M .$$

Les échantillons ordonnés  $Z_{(1)}, Z_{(2)}, \dots, Z_{(N_c-k)}$ , ne sont pas i.i.d. des variables aléatoires même lorsque les échantillons originaux  $Z_c, c = 1, 2, \dots, N_c$ , sont i.i.d. des Variables aléatoires.

Cependant, étant donné que les échantillons  $Z_c$ , i.i.d sont distribués de manière exponentielle, les transformation suivantes en variables aléatoires  $W_1, W_2, \dots, W_{N_c-k}$  donne des quantités indépendantes [13-14].

$$W_1 = Z_{(1)} \quad (\text{II-6})$$

$$W_2 = Z_{(2)} - Z_{(1)} \quad (\text{II-7})$$

$$W_{N_c-k} = Z_{(N_c-k)} - Z_{(N_c-k-1)} \quad (\text{II-8})$$

Après quelques manipulations mathématiques le la fonction de Pfa est donner par l'équation suivantes :

$$P_{fa} = \prod_{i=1}^{N_c-k} M_{V_i} \left( \frac{T}{a} \right) \quad (\text{II-9})$$

où :

$$M_{V_1} \left( \frac{T}{a} \right) = \frac{N_c}{(N_c-k)(T + \frac{N_c}{N_c-k})} \quad (\text{II-10})$$

et

$$M_{V_i} \left( \frac{T}{a} \right) = \frac{g_i}{T + g_i} \quad i=2, \dots, N_c - k \quad (\text{II-11})$$

et

$$g_i = \frac{N_c - i + 1}{N_c - k - i + 1} \quad (\text{II-12})$$

### II-11 Probabilité de détection

La présence des signaux multi-trajet avec le signal de synchronisation du premier utilisateur implique qu'il existe plus d'une cellule de code synchronisée possible (décalages) dans la région d'incertitude [15].

Le résultat de la probabilité de la détection d'une valeur de corrélation élevée d'un alignement du code PN local avec l'un des signaux multi-trajet est donnée par :

$$P_{d_i} = E_U[P(Z_0 > TU | H_1)] = M_U\left[\frac{T}{2\sigma_0^2(M+M^2v)}\right] = M_U\left[\frac{T}{b}\right] \quad (\text{II-13})$$

Où  $M_U$  est le MGF de l'estimation U et  $b=2\sigma_0^2(M+M^2v)$ .  $P_{d_i}$  est déduit dans le de la même manière que  $P_{fa}$  est  $P_{d_i}$  donc donné par:

$$P_d = \prod_{i=1}^{N_c-k} M_{V_i}\left(\frac{T}{b}\right) \quad (\text{II-14})$$

Où:

$$M_{V_1}\left(\frac{T}{b}\right) = \frac{bN_c}{aT(N_c-k)+bN_c} \quad (\text{II-15})$$

et

$$M_{V_i}\left(\frac{T}{b}\right) = \frac{b(N_c-i+1)}{aT(N_c-k-i+1)+b(N_c-i+1)}, i=2, \dots, N_c - k \quad (\text{II-16})$$

### II-12 Conclusion

Ce chapitre présente les différents modèles des réseaux de neurones. Ces derniers sont des puissants outils d'analyse et d'interprétation des données, ils sont capables de s'adapter automatiquement, ils trouvent s'appliquer sur une variété des domaines.

La deuxième partie, présente la description du système proposé. Nous avons ensuite expliqué le principe de l'algorithme ACMLD-CFAR. L'analyse du système étudié, en termes des expressions des probabilités de détection et de fausse alarme, est présentée à la fin de ce chapitre.

# *Chapitre III*

*Résultants et discussions*

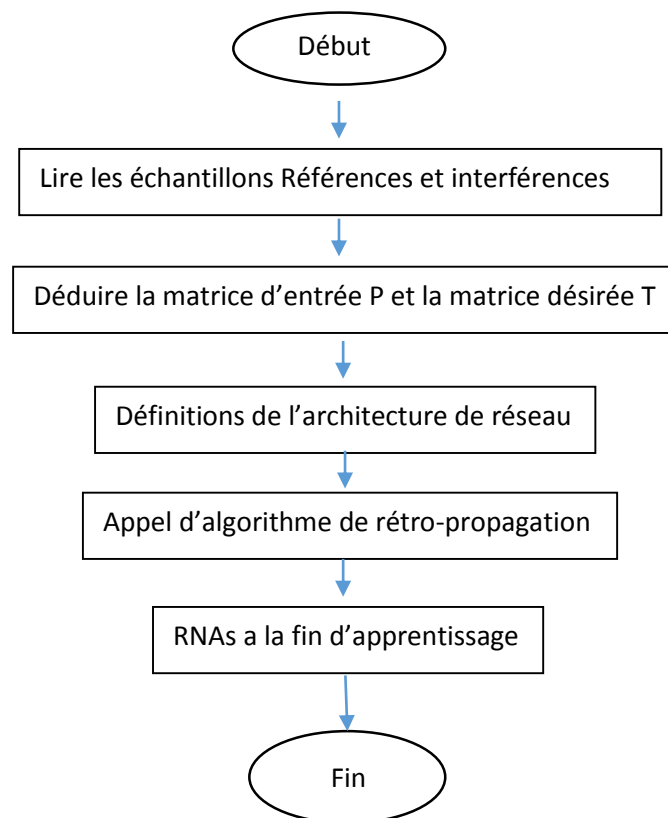


### III.1 Introduction

Dans ce chapitre, les résultats sont obtenus en utilisant la technique de simulation Monte-Carlo et un RNA composé de 20 neurones d'entrées (inputs), 8 neurones cachés, un neurone de sortie (output) dans l'environnement MATLAB. Un critère de performance plus important qui est la probabilité de détection a été analysé et présenté en fonction de différents paramètres, tels que le taux de fausse alarme, le nombre de cellules d'interférence, la valeur de corrélation partielle, etc. L'objectif de notre travail est de comparer la performance du détecteur ACMLD-CFAR avec les détecteurs OS et CMLD-CFAR classique, afin de voir qui est le plus performant.

### III-2 Organigramme d'apprentissage

Les figures ci-dessous (**Figures III-1 jusqu'à III-4**) représente le déroulement des essais d'apprentissage et de test de la base des données en utilisant MLP-RNAs.



**Figure (III-1) :** Organigramme d'apprentissage.

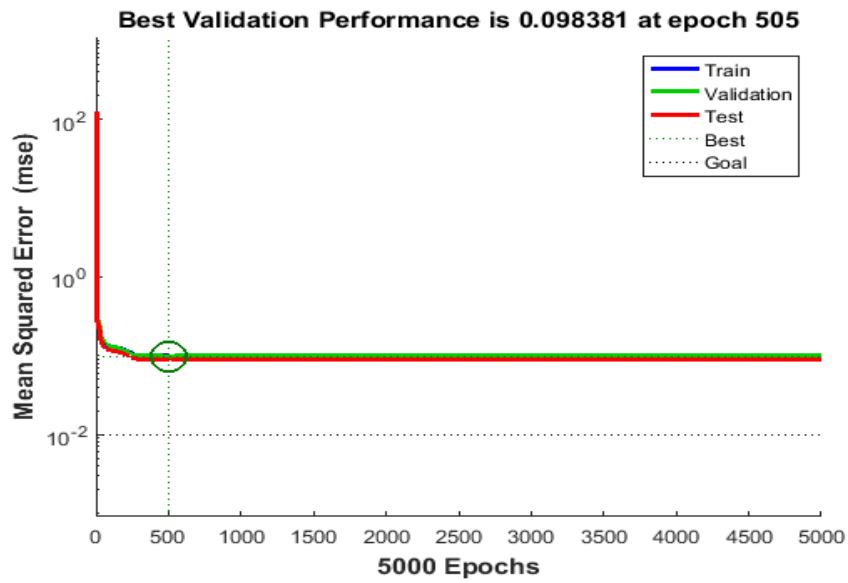


Figure (III-2) : Exemple d'apprentissage et test essai N°1.

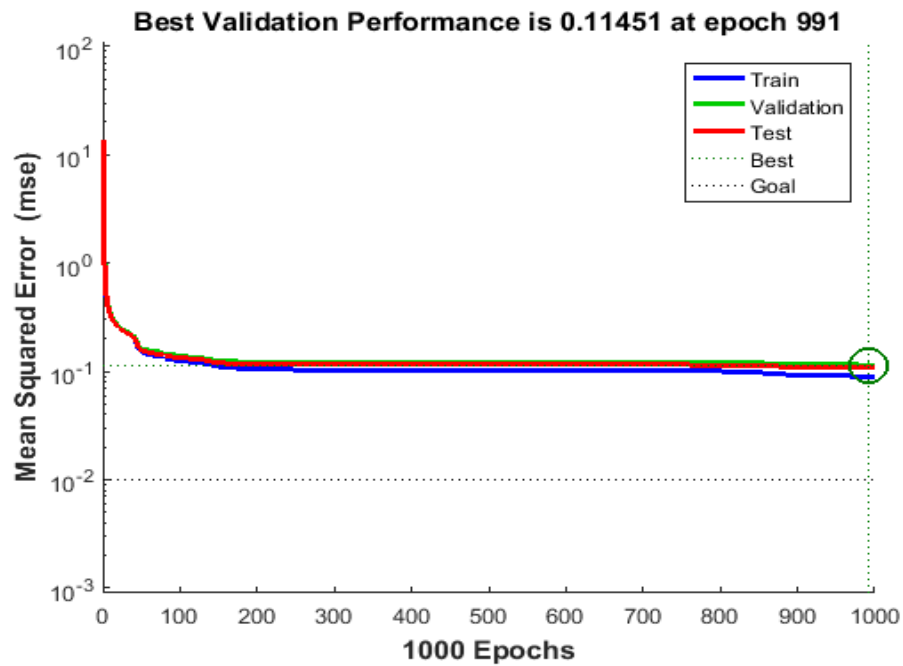


Figure (III-3) : Exemple d'apprentissage et test essais N°2.

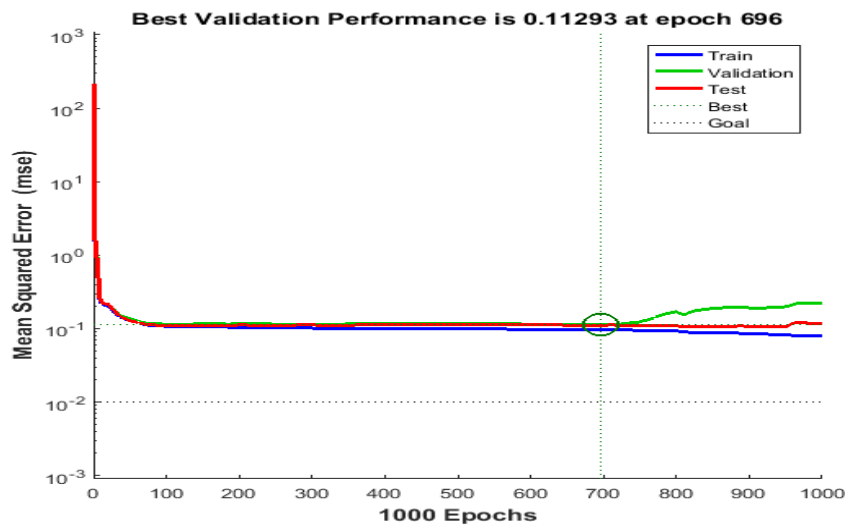


Figure (III-4) : Exemple d'apprentissage et test essais N°3.

Pour l'essai N°2 et l'essai N°3 on a augmenté le nombre de neurones de la couche cachée. Les figures (III-3) et (III-4) représentent, respectivement le déroulement de test d'apprentissage. On observe que l'erreur augmenté lorsque on augmente le nombre des de neurones de la couche cachée.

**III-3 Architecture de RNAs utilisé :**

Notre RNAs de type Multicouche avec une couche d'entrée composé de 20 neurones et une couche de sortie compose d'un neurone .la fonction d'activation utilisé sigmoïde :

$$f(x) = \frac{1}{1+\exp(x)} \tag{III-1}$$

<p><b>La structure</b> Après la couche d'entrée qui contient 20 neurones</p>	<p>Couche d'entrée 8      Couche de sortie 1</p>
<p><b>Type de réseau</b></p>	<p>Multicouche</p>
<p><b>Type d'entrée</b></p>	<p>Binaire</p>
<p><b>Fonction d'activation</b></p>	<p>Sigmoïde</p>
<p><b>Type d'apprentissage</b></p>	<p>Supervisé</p>
<p><b>Algorithme d'apprentissage</b></p>	<p>La retro-propagation</p>

Le choix de RNAS sera effectué après plusieurs essais d'apprentissage pour avoir un 'erreur minimale ente les sorties désirées et les sorties du réseau.

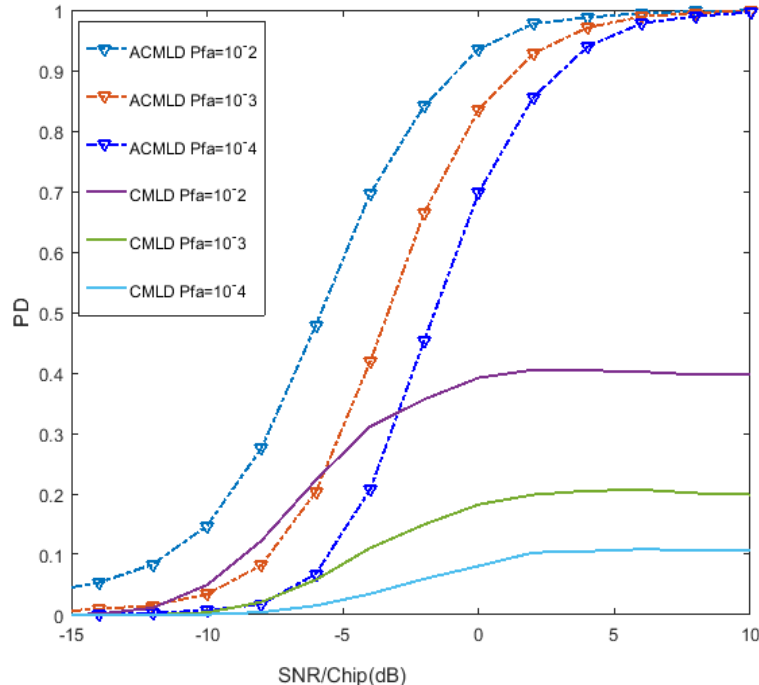
### III-4 Résultats et discussions

Dans cette section, nous vérifions les performances de détection lors de la comparaison des algorithmes ACMLD-CFAR, OS-CFAR et CMLD-CFAR, en prenant en compte les hypothèses suivantes :

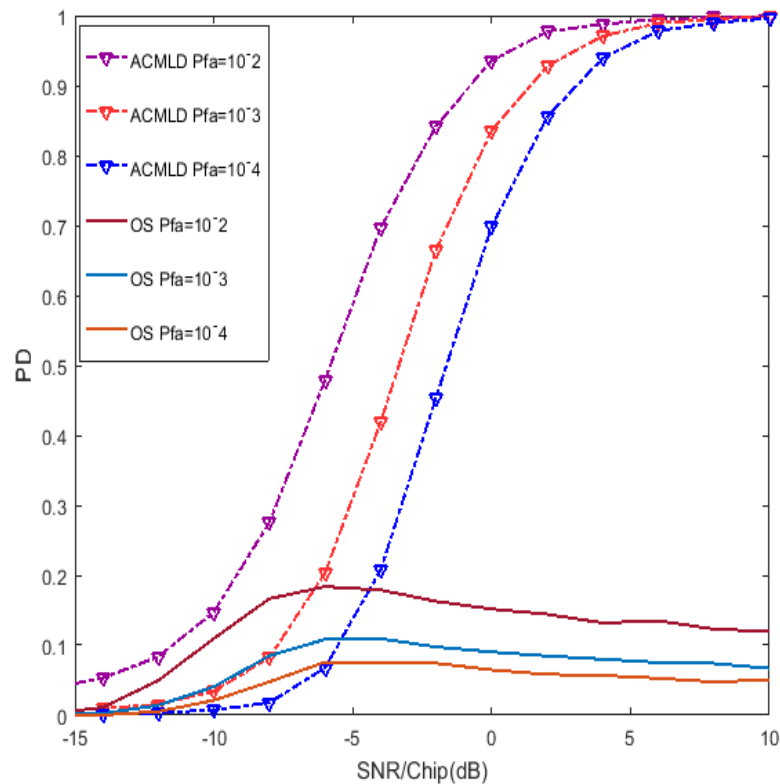
- 1- Le nombre des essais  $10^4$
- 2- Différentes valeurs du taux de fausse alarme  $P_{fa} = 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$ .
- 3- Le nombre de cellules de références  $M=20$ .
- 4- Le nombre de cellules d'interférences  $O=2, 4, 6, 8$ .
- 5- La longueur de corrélation partielle  $N=64, 96, 128$ .
- 6- Le rapport de la puissance interférence sur la puissance du signal  $ro=0.1, 1, 10$ .

#### a) Résultats obtenu pour les paramètres suivants

- $P_{fa}=10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$ ;  $M=20$ ;  $O=7$ ;  $N=64$ ;  $ro=1$



**Figure (III-5) :** Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et CMLD-CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs Pfa.



**Figure (III-6) :** Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et OS-CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs Pfa.

Les figures III-5 et III-6 représentent, respectivement, la probabilité de détection des détecteur ACMLD, CMLD et OS-CFAR, pour différentes valeurs de  $Pfa = 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}$  avec un nombre de cellules des références  $M=20$ , une longueur de corrélations partielle  $N=64$ , un nombre des cellules interférentes  $O = 7$  et un rapport puissance  $ro=0.1$ .

Ces résultats montrent une faible probabilité de détection pour les deux détecteurs CMLD et OS-CFAR.

On observe aussi que le détecteur A-CMLD-CFAR est plus performant que les deux détecteurs lorsqu'on diminue la valeur de Pfa.

b) Résultats obtenu pour les paramètres suivants

- $P_{fa}=10^{-4}$  ;  $M=20$  ;  $O=2,4,6,8$  ;  $N=64$  ;  $ro=1$ )

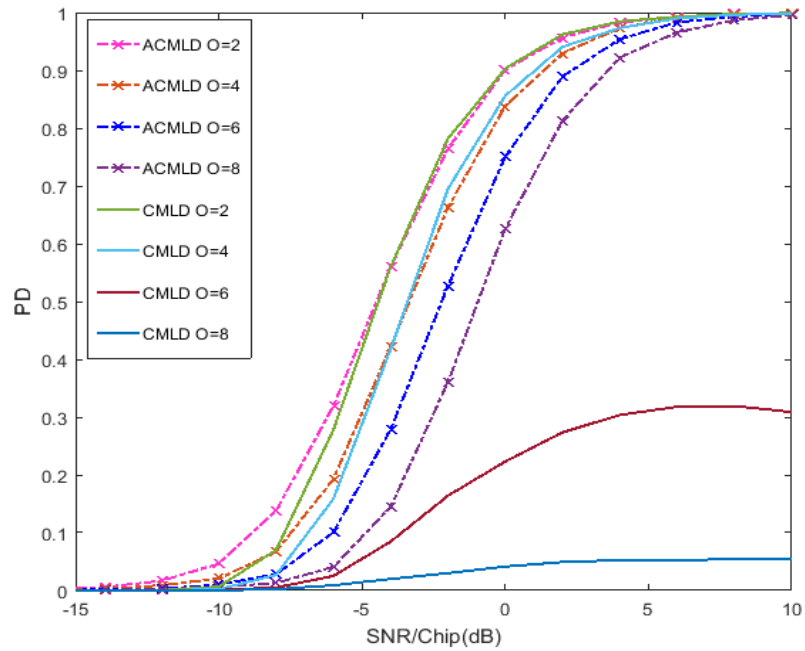


Figure (III-7) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et CMLD CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs d'interférences.

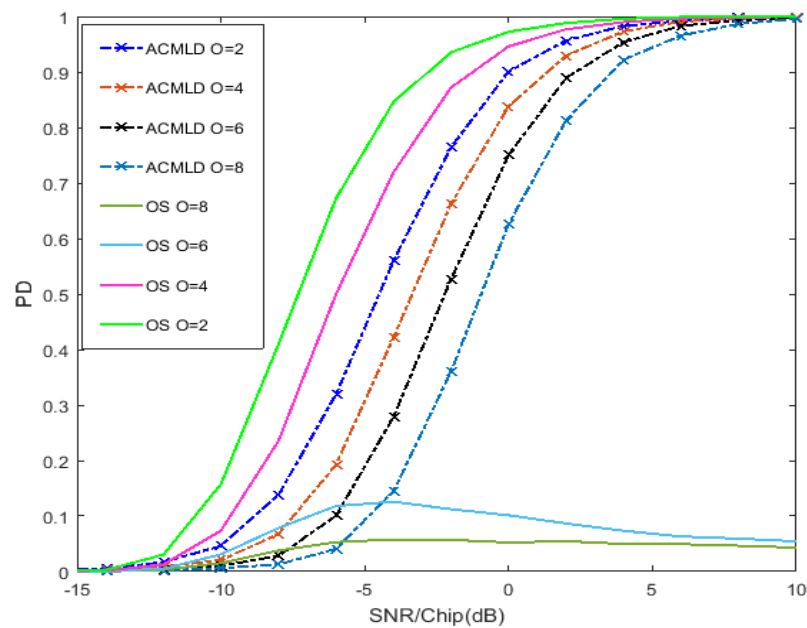


Figure (III-8) : Probabilité de détection d détecteurs ACMLD et Os CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs d'interférences.

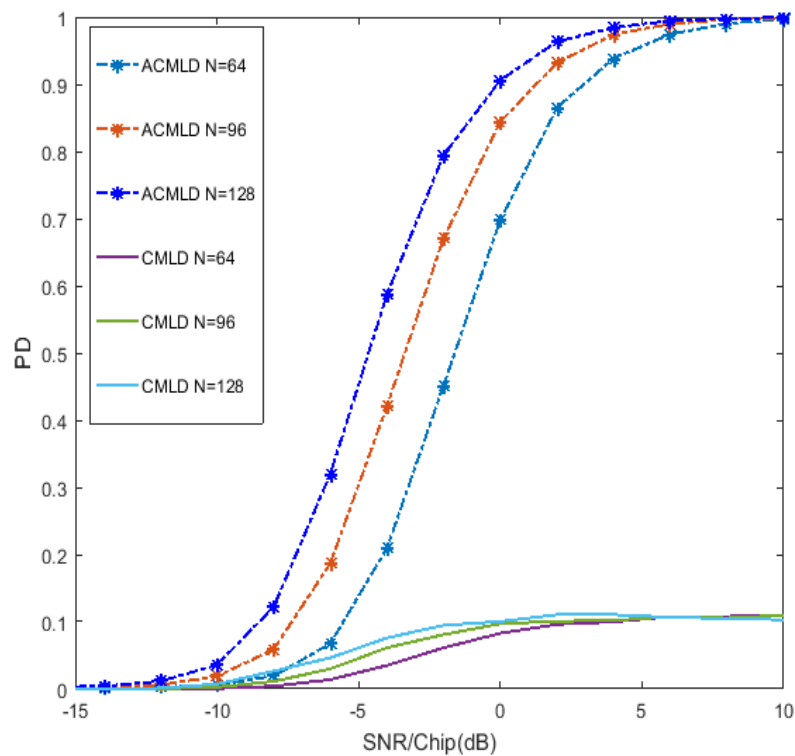
Les figures III-7 et III-8 représentent, respectivement, la probabilité de détection des détecteur ACMLD, CMLD et OS-CFAR, pour différentes valeurs d'interférences  $O = (2, 4, 6, 8)$  avec un nombre de cellules de référence  $M=20$ , une longueur de corrélations partielle  $N=64$ , une valeur de  $P_{fa} = 10^{-4}$  et un rapport de puissance  $r_o=0.1$ .

Ces résultats montrent une probabilité de détection faible lorsqu'on augmente le nombre des interférences pour les deux détecteurs CMLD et OS-CFAR.

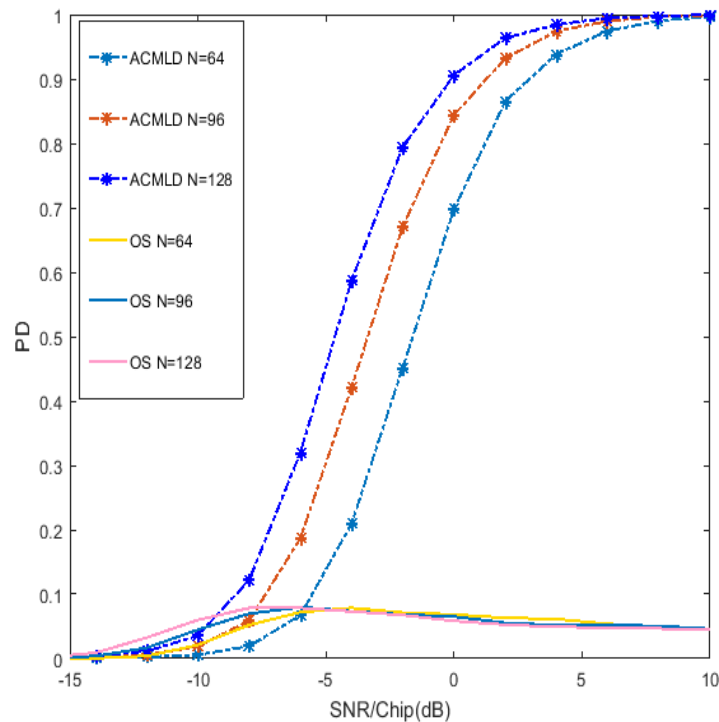
On observe aussi que le détecteur ACMLD-CFAR est plus performant que les deux autres détecteurs.

### c) Résultats obtenu pour les paramètres suivants

- $P_{fa}=10^{-4}$  ;  $M=20$  ;  $O=7$  ;  $N=64,96,128$  ;  $r_o=1$



**Figure (III-9) :** Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et CMLD-CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différentes valeurs de corrélation partielle.



**Figure (III-10) :** Probabilité de détection des détecteurs ACMLD et OS-CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différentes valeurs de corrélation partielle.

Les figures III-9 et III-10 représentent, respectivement, la probabilité de détection des détecteurs ACMLD, CMLD et OS-CFAR, pour différentes valeurs de corrélation partielle  $N = (64, 96, 128)$  avec un nombre de cellules des références  $M=20$ , une valeur de  $P_{fa} = 10^{-4}$ , un nombre des cellules des interférences  $O=7$  et un rapport de puissance  $\rho=0.1$ . Ces résultats montrent une amélioration de la probabilité de détection en augmentant  $N$ . Il faut donc choisir une valeur de la durée de corrélation partielle qui améliore la probabilité de détection.

On observe aussi que le détecteur ACMLD-CFAR est plus performant que les deux détecteurs lorsqu'on augmente la valeur de la durée de corrélation partielle.



d) Résultats obtenu pour les paramètres suivants

- $P_{fa}=10^{-4}$  ;  $M=20$  ;  $O=7$  ;  $N=64$  ;  $ro=0.1,10$

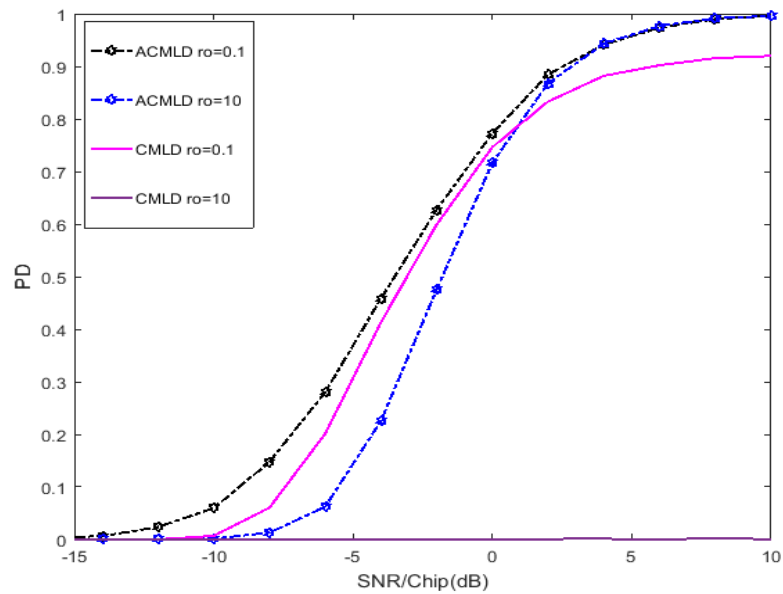


Figure (III-11) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD et CMLD-CFAR en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs  $ro$ .

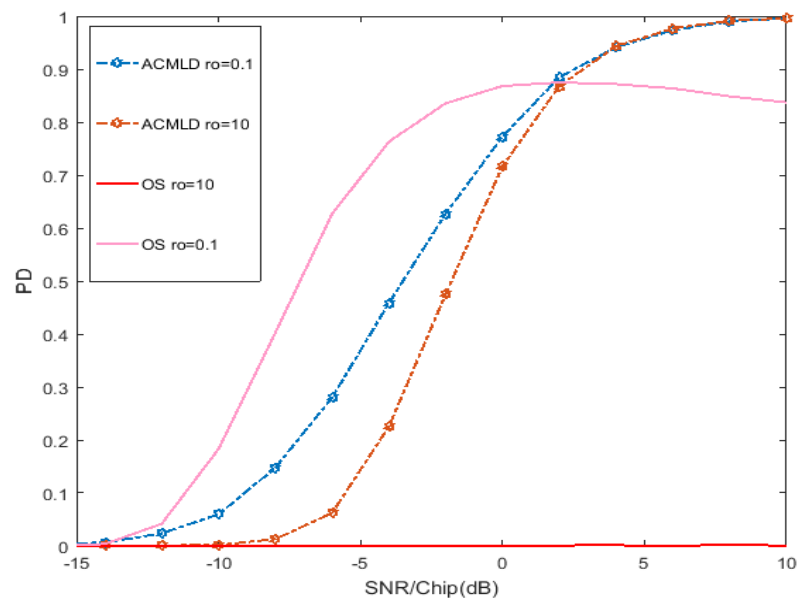


Figure (III-12) : Probabilité de détection du détecteurs ACMLD, CMLD et os en fonction du SNR/Chip (dB) pour différents valeurs  $ro$ .

---

Les figures III-11 et III-12 représentent, respectivement, la probabilité de détection des détecteur ACMLD, CMLD et OS-CFAR, pour différentes valeurs de  $\rho_0 = (0.1, 10)$  avec un nombre de cellules des références  $M=20$ , une longueur de corrélations partielle  $N=64$ , une valeur de  $P_{fa} = 10^{-4}$  et un nombre des cellules des interférences  $O=7$ . Les résultats obtenus montrent que la probabilité de détection augmente si  $\rho_0$  est petit. Par contre, si le rapport  $\rho_0$  augmente la détection sera nul pour les détecteurs CMLD et OS-CFAR.

On observe que le détecteur ACMLD-CFAR est plus performant que les deux détecteurs lorsqu'en augmente rapport  $\rho_0$ .

### III-5 Conclusion

Afin d'étudier les performances des trois détecteurs ACMLD, CMLD et OS-CFAR et après avoir discuté et analysé les résultats de simulation obtenus, nous comparons les trois détecteurs en considérant les effets de divers paramètres fonctionnels, tels que la probabilité de fausse alarme, le nombre d'interférences et la longueur de corrélation partielle. En termes de la probabilité de détection, les résultats obtenus montrent la déférence de la performance du détecteur ACMLD-CFAR par rapport aux deux autres détecteurs, lorsqu'on augmente le nombre de cellules d'interférence.

Nous observons que le détecteur ACMLD donne les meilleurs résultats, en le comparant aux CMLD et OS-CFAR, et cela démontre son efficacité et robustesse.

# **Conclusion Générale**

## 1-Conclusion

Comme le niveau du signal reçu est instable et les conditions de l'environnement change brusquement dans les systèmes de communication mobile et sans-fil, il ne sera pas possible d'obtenir des bonnes performances en utilisant un seuil fixe. Pour cette raison on a introduit le seuillage adaptatif CFAR, pour détecter les signaux dans des environnements non homogènes.

Dans ce travail, nous avons traité un algorithme de censure automatique, ACMLD-CFAR qui peut être utilisé pour résoudre le problème de l'acquisition des séquences PN dans les systèmes DS-CDMA. Les performances de cet algorithme ont été évaluées et comparées à travers un système d'acquisition à stratégie de recherche série, utilisant une antenne au niveau du récepteur.

*Dans le premier chapitre* de ce mémoire, nous avons exposé les différents phénomènes affectant le signal transmis par une onde radio ; ainsi que les techniques d'accès utilisées dans le domaine des télécommunications CDMA. Le principe de l'étalement de spectre est aussi introduit à ce niveau. Ensuite, la synchronisation du code pseudo aléatoire PN utilisée dans les systèmes DS-CDMA. Finalement, nous avons introduit quelques types des détecteurs CFAR.

*Dans le deuxième chapitre*, nous avons donné quelques notions de base sur les RNAs, la description du système proposé, suivi du principe d'algorithme ACMLD-CFAR. Ensuite, nous avons introduit les développements mathématiques pour le calcul de la probabilité de fausse alarme et la probabilité de détection.

*Le troisième chapitre*, nous fournit l'architecture de RNAs utilisé et l'organigramme de l'algorithme d'apprentissage. Enfin, les performances du détecteur ACMLD-CFAR avec les détecteurs CMLD-CFAR et OS-CFAR pour différentes valeurs du nombre de cellules interférentes, différentes valeurs de corrélation et différentes valeurs de  $P_{fa}$  sont comparées. Nous avons observé les performances les plus efficaces du détecteur ACMLD-CFAR, par rapport aux détecteurs CMLD et OS-CFAR.

*Comme remarque importante et pour des bons résultats et une exécution plus rapide, on a besoin des outils informatiques plus récentes. En plus, pour avoir une performance très élevée il faut créer une grande base des données.*

## 2-Perspectives

En perspective, on propose d'évaluer l'efficacité et la robustesse de l'algorithme ACMLD-CFAR avec d'autres stratégies de recherche et/ou l'ajout des antennes intelligentes.

En plus, on peut faire une comparaison entre la performance de l'algorithme ACMLD-CFAR de censure automatique avec des autres détecteurs ATM-CFAR, ODV-CFAR ....etc, qui sont appliqués pour résoudre le problème de l'acquisition adaptative des séquences PN dans les environnements non homogènes.

# Références

- [1] **Aounallah Naceur.** « Utilisation des antennes intelligentes dans les systèmes de communications sans fil ». Thèse de Doctorat, Université Djilli Liabes De Sidi Bel Abbes ,2014/2015
- [2] **Réda BEKHAKHECHA** Detection adaptative pour les systèmes de communication ds-cdma Mémoire de MAGISTER Université Constantine
- [3] **L. Hacini,** Schémas hybrides d'acquisition adaptative de codes PN pour des communications DS-CDMA dans un canal Rayleigh, Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine, 2012.
- [4] **Michel Thériault :** Mémoire présenté pour l'obtention du grade de Maître Sciences (M.Sc) UNIVERSITÉ LAVAL QUÉBEC 2005 : Etude des performances d'un système DS-CDMA avec récepteur Rake dans le contexte UWB.
- [5] **Ahmad Yehya Fawaz** Université Du Québec : Comme exigence partielle de la **Maîtrise** en génie électrique : Etude comparative des détecteurs ds-cdma dans différents environnements mimo. Octobre 2008/
- [6] **BENKRINAH Sabra** Thèse doctorat 2018 : La synchronisation CFAR dans les systèmes de communications CDMA.
- [7] **G. L. Stüber,** Principales of Mobile communication, Springer, 2017.
- [8] **A. Aissaoui,** Synchronisation adaptative du code PN dans les systèmes de communication DS/SS, Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine, 2008.
- [9] **D. RAJAN SRINIVASAN** University of Twente room EL/TN 9160. Importance Sampling Applications In Communications and Detection. : Etude de probabilité de détection des détecteurs CFAR dans les différents environnements.
- [10] **N. Alhariqi, M. Barkat and A. Sofwan,** "Serial PN Acquisition Using Smart Antenna And Censored Mean Level CFAR adaptive thresholding for à DS/CDMA mobile communication," IEEE 14th International Conference on High Performance Computing and Communications, HPCC, 2012.
- [11] **Aghus Sofwan and Mourad Barkat,** *Fellow IEEE* Department of Computer engineering. King Saud University : PN Code Acquisition Using Smart Antennas and Adaptive Thresholding Trimmed-Mean CFAR Processing for CDMA Communication.
- [12] **A. Sofwan, M. Barkat and S. A. AlQahtani,** "PN Code Acquisition Using Smart Antennas and adaptive Thresholding for Spread Spectrum Communications," *Wireless Networks*, Vol. 22, N°.1, pp.223–234, 2016.
- [13] **Pierre Borne :**les réseaux de neurone présentation et application : **Editions TECHNIP** 2007 t Ecole centrale Lyle.
- [14] **Nour Alhariqi, Mourad Barkat, Fellow IEEE, and Aghus Sofwan 2012** King Saud University: Serial PN Acquisition Using Smart Antenna and Censored Mean Level CFAR Adaptive Thresholding for a DS/CDMA Mobile Communication.
- [15] **NOUR NASSER ALHARIQI,** Mémoire Master King Saud University 2013: PN Acquisition Using Adaptive Thresholding and Smart Antenna for Direct Sequence CDMA Mobile Communication.

# Annexe



## L'algorithme de rétro propagation d'erreur

Afin d'entraîner le RNA et l'adapter au problème posé, il est nécessaire de passer par les étapes suivantes une par une, comme suit :

**1-** Initialisation des poids  $w_{ij}^h$  et  $w_{j1}^o$  de la couche cachée et de la couche de sortie respectivement, par des valeurs aléatoire entre 0 et 1; ainsi que les biais,

**2-** Présenter le vecteur d'entrée  $X_p = [x_1, x_2, \dots, x_{M+1}]^T$  aux neurones de la couche d'entrée,

**3-** Calculer la sortie désirée en utilisant les équations (27) à (30),

**4-** Calculer les termes d'erreur pour les neurones de la couche de sortie

$$\delta_{pk}^o = (y_{pk} - o_{pk}) f_k^{\prime} (net_{pk}^o) \quad (A.1)$$

**5-** Calculer les termes d'erreur pour les neurones de la couche cachée

$$\delta_{pj}^h = f_j^{\prime} (net_{pj}^h) \sum_k \delta_{pk}^o w_{kj}^o \quad (A.2)$$

**6-** Ajuster les poids du neurone de la couche sortie:

$$w_{kj}^o(t+1) = w_{kj}^o(t) + \mu \delta_{pk}^o i_{pj} \quad (A.3)$$

**7-** Ajuster les poids des neurones de la couche cachée :

$$w_{ji}^h(t+1) = w_{ji}^h(t) + \mu \delta_{pj}^h x_{pi} \quad (A.4)$$

**8-** Calculer l'erreur :

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m \delta_{pk}^2 \quad (A.5)$$

**9-** A chaque fois on présente au réseau un vecteur d'entrée de façon aléatoire avec leur sortie associée et on répète le processus de calcul à partir de l'étape 3.

**10-** Une fois qu'on présente au réseau tous les exemples de la base d'apprentissage on calcule la fonction coût suivante

$$E = \sum_{p=1}^P E_p \quad (A.6)$$

Si on arrive à l'erreur désirée, le processus d'apprentissage va se terminer. Sinon, on recommence à partir de l'étape 2 avec tous les exemples de la base d'apprentissage.