

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المركز الجامعي بلحاج بوشعيب لعين تموشنت
Centre Universitaire de Ain Témouchent - BELHADJ Bouchaib -
Institut de Technologie
Département de Génie Electrique



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : SCIENCES & TECHNOLOGIES

Filière : TELECOMMUNICATION

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Thème :

Localisation et poursuite de cibles mobiles en environnement
indoor par trilatération IR-UWB

Présenté par : -SALLAT youcef

-OUKILI khadidja

Soutenu en Septembre 2020 devant le Jury :

AYACHE Choukria	Professeur	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
MOULESSEHOUL Wassila	M.C.B	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur
SLIMANE Zohra	M.C.A	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
ABDELMALEK Abdelhafid	M.C.B	U.A.B.B (Tlemcen)	Co-Encadrant

Résumé

Ce travail s'intéresse à la localisation indoor de cibles mobiles par la technologie ULB (ultra large bande) ou UWB (ultra wide band) qui consiste à la génération d'impulsions courtes, inférieures à la nanoseconde s'étendant sur un spectre fréquentiel très large offrant ainsi une haute résolution pour les applications radar.

Après avoir présenté les caractéristiques générales de cette technologie, la réglementation du spectre d'émission, les types et architectures des systèmes UWB émission & réception, de plus un rappel des différentes techniques et métriques de localisation, nous nous sommes penchés sur l'étude et l'implémentation d'un radar monocycle UWB pulsé en amont de la localisation indoor, et nous avons rapporté les résultats de simulation du positionnement par trilatération à base de temps d'arrivés (TOA). La localisation précise permettant la poursuite temps réel a été réalisée avec succès.

Mots clés : UWB, ULB, FFT, localisation indoor, corrélation, trilatération, Radar, Matlab, Simulink, estimation.

Abstract

This work is interested in the indoor localization of mobile targets by UWB (ultra wide band) technology which consists in the generation of short pulses, less than a nanosecond, extending over a very high frequency spectrum. wide providing high resolution for radar applications.

After presenting the general characteristics of this technology, the regulation of the transmission spectrum, the types and architectures of UWB transmission & reception systems, as well as a reminder of the different techniques and location metrics, we looked into the study and the implementation of a pulsed UWB unicycle radar upstream of the indoor location, and we reported the results of positioning simulation by time-of-arrival (TOA) trilateration. The precise localization allowing real-time tracking was successfully achieved.

Keywords : UWB, ULB, FFT, indoor location, correlation, trilateration, Radar, Matlab, Simulink, estimation.

ملخص

يهتم هذا العمل بالتوطين الداخلي للأهداف المتنقلة بواسطة تقنية ULB (النطاق العريض للغاية) التي تتكون من توليد نبضات قصيرة، أقل من نانو ثانية، تمتد عبر طيف عالي التردد. واسعة توفر دقة عالية لتطبيقات الرادار.

بعد تقديم الخصائص العامة لهذه التكنولوجيا، وتنظيم طيف الإرسال، وأنواع وبنيات أنظمة الإرسال والاستقبال ULB، بالإضافة إلى التذكير بالتقنيات المختلفة ومقاييس الموقع، نظرنا في دراسة وتنفيذ رادار الدرجة الأحادية النبضي ULB المنبع من الموقع الداخلي، وقد أبلغنا عن نتائج محاكاة تحديد المواقع عن طريق ثلاثية الأبعاد في وقت الوصول (TOA). تم تحقيق التوطين الدقيق الذي يسمح بالتتبع في الوقت الفعلي بنجاح.

الكلمات المفتاحية: الموقع الداخلي، الارتباط، التثليث، الرادار، النطاق العريض للغاية، ما طلاب، محاكاة، أنظمة النطاق العريض للغاية، التقدير.

Remerciement

Nous voudrions remercier ALLAH Le Tout Puissant qui nous a donné le courage et la patience pour faire ce modeste travail.

Nos remerciements les plus sincères vont à notre encadreur Mme SLIMANE Zohra pour nous avoir dirigés et guidés tout le long de ce travail et pour toutes les idées et les conseils et remarques constructives étaient très bénéfiques pour notre travail Son soutien permanent ainsi que sa disponibilité pour l'achèvement de ce travail nous ont été très favorable.

Nous remercions également professeur Madame AYACHE Choukria qui a bien voulu présider le jury de ce mémoire et Madame MOULESSEHOUL Wassila qui nous a fait l'honneur d'examiner le présent travail.

Nous remercions vivement notre Co-encadreur Monsieur ABDELMALEK Abdelhafid pour son aide et sa patience qu'il nous a témoigné, et pour toutes les idées et les conseils qu'il a partagés avec nous.

Que tous nos professeurs qui ont contribués à notre formation, trouve ici l'expression de nos sincères et profondes gratitude, et tous ce qui ont contribués de près ou de loin à la concrétisation de ce modeste travail.

Nous exprimons par ailleurs toute notre sympathie à l'ensemble des étudiants de la promotion Master 2, Réseaux & Télécommunications de l'année universitaire 2019-2020, qui nous ont constamment soutenu et encouragé.

Pour finir, nous remercions nos familles pour leurs patiences, leurs sacrifices et leurs encouragements.

Dédicaces

C'est grâce à **Allah** seul que j'ai pu achever ce travail.

Je le dédie à :

*A celle qui a toujours garni mes chemins force et lumière...**ma chère mère.***

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

Ce qu'il y a dans cette mémoire est un témoignage de ma gratitude et de mon émotion pour tous les sacrifices que vous avez faits

*A l'homme que je dois le respect, mon bonheur, **mon cher père.** Pour tous ses conseils et pour toute la confiance qu'il a mise en moi et pour son dévouement pour mon bonheur.*

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

*A ma chère sœur **IMANE** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.
A mon cher frère, **NADJIB** pour leur appui et leur encouragement.*

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Mes cousins et cousines

A mes chères ami(e)s, plus particulièrement : Ahmed, Amir, Issam ,Abdelhakim, Fodil, Abdessamad, Amine, et surtout Walid Abdelhak Cela m'a beaucoup aidé.

A tous mes professeurs, pour leur apport à ma formation

À tous ceux que j'aime.

Joseph...

Dédicaces

Tout d'abord et avant tout je dis : louange à Dieu qui m'a guidée et aidée pendant tout ce long trajet ; sans l'aide de Dieu on ne vaut rien ! Louange à Dieu !!!

Ensuite je dois remercier du fond du cœur et dédier mon travail à mon très cher père qui a toujours veillé sur moi et ne m'a jamais laissée avoir besoin de quelque chose. Que Dieu me le garde.

Merci, merci, merci à toi ma maman chérie, tu es l'oxygène qui me réanime, tu me soutiens toujours et m'encourage à franchir les moments pénibles. Jamais ne je te rendrais tes tendres gestes quoi que je dise ou je fasse pour toi.

Je dédie mon humble travail à Nait-Chalal Med Hichem qui m'a tellement encouragée à suivre mon chemin donc je n'oublierai jamais sa gentillesse envers moi.

Un grand merci à mes frères : Kamel et Hichem et sœur Nawel Anissa qui ont été toujours là pour me rendre service et m'ont épaulée durant ces années.

Une pensée éternelle à mes chères tantes Hayet et Salima qui m'ont beaucoup épaulée et encouragée par leur amour et tendresse dans les moments les plus difficiles.

Je dédie aussi mes œuvres à mon cher grand père que Dieu ait son âme qui durant sa vie priait pour moi et s'intéressait beaucoup à mes études, ah! Si seulement il fut là ce jour pour partager la joie avec moi.

Comme je dédie aussi ces œuvres à mes grands-parents maternels que Dieu ait leurs âmes, j'aurais bien aimé qu'ils seraient parmi nous en ces heureux moments. Sans oublier ma grand-mère Halima que Dieu lui accorde une très bonne santé, elle est toujours à mes côtés avec ses adorables prières.

Mon cœur n'oublie jamais ma grande famille que j'aime énormément à qui je souhaite tout le bonheur du monde.

A mon amie intime Yamina qui a été toujours à mes côtés et que j'aime énormément.

Khadîdja...

Liste des figures

Chapitre I : Etat de l'art sur la technologie et radar UWB

FIGURE I.1 : FREQUENCES ET PUISSANCE DES DIFFERENTES TECHNOLOGIES.....	3
FIGURE I.2 : LES LIMITES DE LA FCC POUR LES SYSTEMES DE COMMUNICATION ULB A L'INTERIEUR ET L'EXTERIEUR.....	8
FIGURE I.3 : LES LIMITES DE LA CEPT POUR LES SYSTEMES DE COMMUNICATION ULB.....	9
FIGURE I.4 : LES LIMITES PROPOSEES EN ASIE POUR LES SYSTEMES ULB.....	11
FIGURE I.5 : ARCHITECTURE D'UN SYSTEME RADAR ULB.....	12
FIGURE I.6 : SCHEMA DU PRINCIPE D'UN EMETTEUR ULB.....	13
FIGURE I.7 : RECEPTEUR ULB COHERENT.....	13
FIGURE I.8 : DETECTEUR UWB NOM COHERENT (DEUX REPRESENTATIONS EN BLOC).....	14
FIGURE I.9 : IMPULSION N-CYCLES SINUSOÏDALE : ENVELOPPE RECTANGULAIRE.....	15
FIGURE I.10 : IMPULSION GAUSSIENNE ET DERIVEES.....	16
FIGURE I.11 : SPECTRE LOGARITHMIQUE DES IMPULSIONS GAUSSIENNE ET DERIVEE.....	17
FIGURE I.12 : REPRESENTATIONS TEMPORELLES ET FREQUENTIELLES DE L'IMPULSION GAUSSIENNE ET SES 3 PREMIERES DERIVEES.....	18

Chapitre II : Technologies et Techniques de localisation indoor

FIGURE II.1 : LOCALISATION EXPLOITANT LES AOA.....	20
FIGURE II.2 : PRINCIPE DE L'UTILISATION DES RSS.....	20
FIGURE II.3 : PRINCIPE DE L'UTILISATION DES TOA.....	22
FIGURE II.4 : ECHELLE ET RESOLUTION POUR CHAQUE METHODE DE RADIOLOCALISATION...	23
FIGURE II 5 : ILLUSTRATION DU PRINCIPE DE LA TRIANGULATION.....	25
FIGURE II 6 : ILLUSTRATION DU PRINCIPE DE LA TRILATERATION.....	26
FIGURE II 7 : ILLUSTRATION DU PRINCIPE DE LA MULTILATERATION.....	27
FIGURE II 8 : ARCHITECTURE DU SYSTEME DE POSITIONNEMENT TOPAZ.[13].....	29

Chapitre III : Système radar UWB pour la localisation et le tracking de cibles en mouvement

FIGURE III.1 : SCHEMA REPRESENTA LE DEPLACEMENT DES DEUX CIBLES AVEC L'EMPLACEMENT DES RADARS ULB.....	33
FIGURE III.2 : BLOCKSETS DE SIMULINK.....	34
FIGURE III.3 : IMPLEMENTATION DE L'EMETTEUR SOUS-SIMULINK.....	35
FIGURE III.4 : IMPLEMENTATION DU BRUIT GAUSSAIN GENERATOR.....	35
FIGURE III.5 : IMPLEMENTATION DU CANAL.....	36
FIGURE III.6 : IMPLEMENTATION DU RECEPTEUR.....	37
FIGURE III. 7 : IMPLEMENTATION DU CALCULER LE RAPPORT SNR.....	38
FIGURE III.8 : RADAR UWB IMPLEMENTE SOUS SIMULINK.....	39
FIGURE III. 9 : LE SIGNAL EMIS PAR LE RADAR.....	41
FIGURE III. 10 : LE SIGNAL RADA REÇU.....	41
FIGURE III.11 : LE SIGNAL SANS BRUIT.....	42
FIGURE III.12 : LE SIGNAL DE BRUIT GAUSSIAN.....	42

FIGURE III.13 : LA PRECISION DE DISTANCE DES DEUX CIBLES PAR LA CORRELATION POUR LE RADAR 01.	43
FIGURE III.14 : LA PRECISION DE DISTANCE DES DEUX CIBLES PAR LA CORRELATION POUR LE RADAR 02.	43
FIGURE III. 15 : LA PRECISION DE DISTANCE DES DEUX CIBLES PAR LA CORRELATION POUR LE RADAR 03.	44
FIGURE III.16 : LE PROGRAMME POUR TRACER LES TRAJECTOIRES DES CIBLES MESUREES	46
FIGURE III.17 : SCHEMA REPRESENTA LE DEPLACEMENT DES DEUX CIBLES EXPERIMENTALEMENT.	47

Liste des tableaux

Chapitre I : Etat de l'art sur la technologie et radar UWB

TABLEAU I.1 : LES LIMITES DE LA FCC POUR LES DIFFERENTS SYSTEMES ULB.	8
--	---

Chapitre II : Technologies et Techniques de localisation indoor

TABLEAU II- 1 : LES AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES TECHNIQUES DE LOCALISATION.[10]	24
---	----

Chapitre III : Système radar UWB pour la localisation et le tracking de cibles en mouvement

TABLEAU III.1 : POSITIONS DES RADARS UWB (SENSORS UWB).	32
TABLEAU III.2 : MOUVEMENT DE LA CIBLE 1 (COORDONNEES X ET Y EN METRES).	32
TABLEAU III.3 : MOUVEMENT DE LA CIBLE 2 (COORDONNEES X ET Y EN METRES).	33
TABLEAU III.4 : LES RESULTATS DE LA PRECISION DE DISTANCE DES DEUX CIBLES PAR LA CORRELATION POUR LE RADAR 01.	44
TABLEAU III.5 : LES RESULTATS DE LA PRECISION DE DISTANCE DES DEUX CIBLES PAR LA CORRELATION POUR LE RADAR 02.	44
TABLEAU III. 6 : LES RESULTATS DE LA PRECISION DE DISTANCE DES DEUX CIBLES PAR LA CORRELATION POUR LE RADAR 03.	45
TABLEAU III.7 : L'ESTIMATION DES POSITIONS (X, Y) DE CIBLE 01 PAR TRILATERATION.	45
TABLEAU III.8 : L'ESTIMATION DES POSITIONS (X, Y) DE CIBLE 02 PAR TRILATERATION.	46

Les Acronymes

AOA : Angle Of Arrival (des angles d'arrivée)
AWGN : Additive White Gaussien Noise
BTS : Base Transceiver Stations.
CEPT : Conférence Européenne des Postes et Télécommunications
DAA : Digital to Analog Converter.
DCS : Dealer Communication System
DOA : Deference of arrival.
DoD : Département de la défense
ECC : Electronic Communications Committee
ETRI : L'institut de recherche de l'électronique et de télécommunications
EU : Etats-Unis
FCC : Fédéral Communications Commission
GPR : Génération Protective Relay
GPS : Global Positioning System
GSM : Global System for Mobile Communications
IDA : Infocomm Development Authority
IR : Impulse Radio
IR-ULB : Impulse Radio Ultra Large bande
LPD : faible probabilité de détection (low probability of detection)
LPI : faible probabilité d'interception (low probability of interception)
MIC : ministère de l'intérieur et de la communication
MS : Mobile Station
NLOS : Non Line Of Sight.
OOK : On-Off Keying
PDOA : Phase Difference of Arrival
PPM : Pulse Position Modulation
PRP : Pulse Répétition Period
RADAR : Radio Detection And Ranging
RF : radiofréquence

RFID : Radio Frequency Identification

RSS : Received Signal Strength (des puissances des signaux reçus)

SNR : rapport signal sur bruit

TDOA : Time Difference Of Arrival (des différences des temps d'arrivée)

TOA : Time Of Arrival (temps d'arrivée)

UFZ : friendly zone (zone géographique)

ULB : Ultra Large Bande

UWB : Ultra Wide Band

Wifi : Wireless Fidélité

WPAN : Wireless Persona Area Network

Table des matières

RESUME	I
REMERCIEMENT	3
DEDICACES	IV
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX	IX
LES ACRONYMES	X
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : ETAT DE L'ART SUR LA TECHNOLOGIE ET RADAR UWB	3
I.1 INTRODUCTION :	3
I.2 HISTORIQUE :	3
I.3 DEFINITION :	5
I.4 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA TECHNOLOGIE A BANDE ULTRA-LARGE (UWB) :..	5
I.5 REGLEMENTATION DU SPECTRE D'EMISSION UWB :	7
I.5.1 Régulation de l'ULB aux USA :	7
I.5.2 Régulation de l'ULB en Europe :	9
I.5.3 Régulation de l'ULB à l'Asie Pacifique :	9
I.6 TYPES DE RADARS UWB :	11
I.7 RADAR ULB :	11
I.7.1 Systèmes d'imagerie radar :	12
I.7.2 Systèmes radar de véhicule :	12
I.7.3 Systèmes de communication et de mesure :	12
I.8 ARCHITECTURE DES RADARS UWB :	13
I.8.1 Architecture Emetteur/Récepteur :	13
I.9 FORME IMPULSIONNELLE IR-UWB (FORMES D'ONDE ET SPECTRE) :	14
I.9.1 Formes d'onde et spectre :	14
I.9.2 Les formes des impulsions :	17
I.10 CONCLUSION :	18
CHAPITRE II : TECHNOLOGIES ET TECHNIQUES DE LOCALISATION	
INDOOR	20
II.1 INTRODUCTION :	19
II.2 LES METRIQUES DE LOCALISATION INDOOR :	19
II.2.1 La localisation par AOA :	19
II.2.2 La localisation par RSS :	20
II.2.3 La localisation par TDOA :	21
II.2.4 La localisation par TOA :	21
II.2.5 La localisation par (PDOA) :	22
II.2.6 Principaux avantages et inconvénients des techniques de localisation :	24
II.3 ALGORITHMES DE LOCALISATION :	25
II.3.1 La triangulation :	25
II.3.2 La trilatération :	25

II.3.3 La multilatération :	26
II.4 LES MOYENS DE LOCALISATION PAR ONDE RADIO INDOOR (WI-FI, BLUETOOTH, RFID, ULB) :	27
II.4.1 Capteurs RFID :	28
II.4.2 Le Bluetooth :	28
II.4.3 Le Wi-Fi :	29
II.4.4 L'ULB :	30
II.5 LES MOYENS DE LOCALISATION OUTDOOR (GPS) :	30
II.5.1 GPS :	30
II.6 CONCLUSION :	31
CHAPITRE III : SYSTEME RADAR UWB POUR LA LOCALISATION ET LE TRACKING DE CIBLES EN MOUVEMENT	1
III.1 INTRODUCTION :	32
III.2 METHODOLOGIE :	32
III.3 PRESENTATION DU LOGICIEL DE SIMULATION MATLAB :	33
III.4 IMPLEMENTATION SOUS MATLAB/SIMULINK :	34
III.4.1 Implémentation de l'émetteur :	34
III.4.2 Implémentation du canal pour recevoir « capter » la cible :	35
III.4.2.1 Modélisation du bruit :	35
III.4.2.2 Modélisation de la cible :	36
III.4.3 Implémentation du récepteur :	37
III.5 SIMULATION :	39
III.5.1 Estimation de distance dans la première position avec le radar 01 :	39
III.5.1.1 Les coordonnées des cibles et le radar 01 :	39
III.5.1.2 Temp de propagation d'onde :	40
III.6 ESTIMATION LA DISTANCE DE CIBLE PAR LA CORRELATION :	42
III.6.1 La corrélation :	42
III.7 ESTIMATION DE LA POSITION DES CIBLES PAR TRILATERATION :	45
III.8 EXPERIMENTATION ET RESULTATS :	45
III.8.1 Interprétation des résultats :	47
III.9 CONCLUSION :	47
CONCLUSION GENERALE :	48
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :	50
ANNEXE A :	52
ANNEXE B :	73

Introduction générale

Introduction générale

Avec l'avènement des systèmes numériques, le secteur des télécommunications connaît une croissance exponentielle. Cette évolution se traduit par le développement de différents systèmes, qui fournissent de plus en plus de services aux utilisateurs et améliorent la qualité de fonctionnement et de gestion.

De plus, ce développement dans le domaine des télécommunications mobiles s'accompagne du développement rapide de la technologie de positionnement, qui est devenue un outil indispensable dans de nombreux domaines.

De nos jours, nous disposons de nombreux types de technologies de positionnement qui peuvent être utilisées pour déterminer la localisation des utilisateurs, telles que le système ULB, le réseau cellulaire (GSM), le réseau WLAN (Wifi), le système GPS, etc. Ces systèmes de positionnement par ondes radio sont basés sur des méthodes et des métriques de positionnement, et ces méthodes sont destinés aux technologies de mesure (TOA, TDOA, RSS, AOA, etc.). La méthode de positionnement (triangulation, multilatéralisons) représente l'algorithme de positionnement utilisé par le système de positionnement. Par ailleurs, il existe d'autres technologies (IP, Cell-ID, etc.) qui ne nécessitent pas d'infrastructure ou d'algorithmes précis, et une seule base de données suffit.

Dans ce projet, nous nous intéressons à une étude de faisabilité d'un radar ULB basée sur cette technologie trilatération pour la localisation indoor des cibles mobiles.

Le présent mémoire comporte trois chapitres : le premier chapitre présente l'état de l'art sur la technologie uwb, dans le but de savoir les domaines d'utilisations de cette nouvelle technologie. Tout d'abord nous commençons par une bref historique et définition de cette technologie, ensuite nous passons aux caractéristiques principales de cette technologie, puis nous décrivons les réglementations de spectres d'émission UWB de chaque pays, après nous donnons les types de radar et l'architecture du radar basé sur la technologie précédente, enfin nous expliquons la forme impulsionnelle IR-UWB.

Le deuxième chapitre propose une étude de technologie de localisation indoor, nous nous intéressons aux techniques de mesure telles que : Le temps d'arrivé (Time Of Arrival : TOA), le temps de différence d'arrivé (Time Difference Of Arrival : TDOA), l'angle d'arrivée (Angles Of Arrival : AOA), la puissance de signal reçu (Received Signal Strength : RSS), pour le calcul des distances et des angles dans les systèmes de localisation utilisant les ondes radio. Les paramètres de localisation, tels que les TOAs doivent d'abord être mesurés avec précision avant d'être utilisés par un algorithme approprié pour estimer la position d'une cible mobile [29] avec les avantages et les inconvénients, nous présentons aussi les algorithmes de localisations les plus utilisés :la trilatération, la multilatération, la triangulation, ainsi les moyens de localisations par onde radio indoor et outdoor : Wi-Fi, Bluetooth, RFID, ULB, GPS.

Introduction générale

Le troisième chapitre aborde l'objectif de notre projet c'est l'exploitation des performances de technologie UWB dans l'environnement indoor de cible mobile par l'implémentation de radar UWB sous Matlab/Simulink. Cependant nous avons présente les résultats d'étude expérimental de positionnement par trilatération à base de temps d'arrivés afin de prouver nos résultats théoriques et de simulation. Nous présentons le principe et la méthode approuvée, après une étude comparative est menée entre les résultats théoriques et expérimentaux.

La dernière partie de ce mémoire est consacrée à la conclusion générale de ce mémoire ainsi qu'à la présentation de perspectives sur la localisation pour la suite de ce travail de recherche.

Chapitre I :

Etat de l'art sur la technologie et radar UWB

I.1 Introduction :

Le terme ULB (Ultra Large Bande) dite UWB (Ultra Wide Band en anglais) est un terme générique utilisé pour désigner une technique de transmission radio qui a été étudiée sous différentes appellations depuis le milieu du 20ème siècle. On peut citer les termes impulse radio (radio impulsionnelle), carrier-free radio (radio sans porteuse), base band radio (radio en bande de base), time domain radio (radio dans le domaine temporel), non sinusoïde radio (radio non-sinusoïdale) et large relative bandwidth radio (radio à grande largeur de bande relative) [7]. La technologie ULB est une technologie sans fil qui peut être exploitée à très faible densité de puissance pour la communication à des débits de données élevés sur de courtes distances. Cette technologie a été mise au point à l'origine pour des applications militaires et on a commencé à l'utiliser dans des applications civiles.

Les dispositifs UWB utilisent généralement des impulsions de très courte durée, de sorte qu'ils occupent de très grandes largeurs de bande d'émission. La technologie UWB peut être intégrée à une grande variété d'applications, notamment au radar anticollision de véhicule, aux systèmes d'imagerie radar, par exemple le radar à pénétration du sol (GPR), et aux systèmes de radiocommunication sans fil à courte portée, par exemple les réseaux personnels sans fil (WPAN).[1]

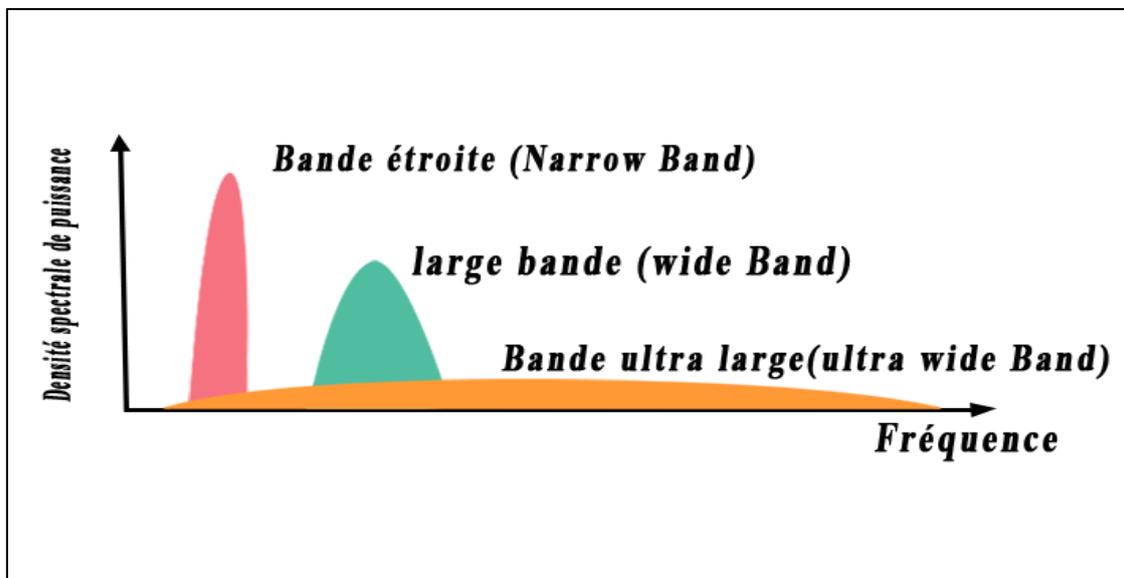


Figure I.1 : Fréquences et puissance des différentes technologies.

I.2 Historique :

La technique UWB est une technologie relativement nouvelle. L'UWB désigne au départ des formes d'onde sans fréquences porteuses 'carrier-free' faites d'impulsions de durée très courte ($<ns$) ; et cette terminologie vient de la communauté RADAR.

Le terme UWB a probablement été introduit en 1989 par le Département de la défense (DoD) des États-Unis, alors que les formes d'ondes par impulsion étaient déjà utilisées depuis plus de quarante ans, soit depuis la seconde guerre mondiale. Ceci peut permettre d'expliquer en partie la difficulté pour la Fédéral Communications Commission (FCC) de définir la technologie UWB.[32]

Les développements et les recherches sur l'UWB et surtout les trains d'impulsions de très courte durée, ont été financés par le gouvernement américain jusqu'en 1994 sous le couvert de la confidentialité. Dans années 60, ROSS et BENETT étudient la propagation des ondes électromagnétiques d'un point de vue temporel. Dans leur publication apparaissent pour la première fois des applications liées à cette nouvelle technologie (les communications et les radars durant les années 70/80) appelée technologie sans porteuse ou technologie impulsionnelle. Et c'est en 1989 que le terme ultra large bande a vu le jour dans une publication du ministère de la défense aux EU tout en lui accordant une confidentialité militaire qu'ils vont lever en 1994 en remarquant que la recherche se développe d'une façon importante aussi bien au niveau industriel qu'au niveau universitaire.[8]

Par la suite, le monde industriel effectue des études sur les systèmes de transmission Par impulsions. En 1992, un premier article présente cette nouvelle solution, connue sous le nom d'Impulse Radio (IR). Cet article provient de collaborateurs issus de deux sociétés différentes, L. Fuller ton (Time Domain Systems Inc.) et P. Withington (Pulson Communications), qui travaillèrent ensemble à la réalisation d'une puce permettant la mise en œuvre de ce type de système (IR). En 1996, la société Time Domain proposa sur le marché des modems (IR) à base de puces nommées PulsON.[23]

L'article de 1992 fut suivi l'année suivante par des travaux académiques réalisés par Scholtz en 1993.11 faut toutefois attendre en 1997 pour que le terme UWB apparaisse dans le titre d'un article relativement à la technologie IR. [23]

En août 1998, aux États-Unis, la Fédéral Communications Commission (FCC) émit un avis d'information publique afin d'évaluer la possibilité de permettre l'utilisation de systèmes UWB. Les organismes et les partenaires industriels impliqués dans l'utilisation de l'UWB ont répondu à cet avis et ont ainsi envoyé une centaine de réponses et de commentaires à la FCC. En mai 2000, la FCC publia un avis de proposition de réglementation (Notice of Proposed Rule Making) dans lequel elle reconnaissait les avantages que pourraient apporter les systèmes utilisant l'UWB, et ce dans de nombreux domaines. Finalement, la FCC autorisa l'utilisation commerciale de ces systèmes pour les applications civiles et elle attribua le spectre 7.5 GHz de la bande 3.1 à 10.6 GHz pour la technologie UWB. [23]

I.3 Définition :

L'Ultra large bande (ULB) est une technique basée sur la génération, la propagation ou le rayonnement de signaux dont le spectre est très large (supérieur à une décade). Le radar (terme issu de l'expression anglophone Radio Detection And Ranging, qui peut se traduire par « détection et estimation de la distance par ondes radio », ou plus simplement « radiorepérage ») est un équipement émettant et recevant des ondes électromagnétiques, utilisé pour localiser des objets dans l'espace, en termes de distance et de direction. De tels instruments n'indiquent pas seulement la présence et la distance d'un objet éloigné. Ils permettent également de déterminer sa taille, sa forme, ainsi que sa vitesse et sa trajectoire.

Par rapport aux signaux bande étroite, les avantages potentiels de l'utilisation de formes d'onde ULB pour les radars sont :

- une meilleure résolution spatiale ;
- la pénétration dans des milieux opaques (en particulier si les fréquences basses du spectre ne dépassent pas quelques centaines de Mégahertz) ;
- la reconnaissance plus aisée de la cible ;
- une plus faible probabilité d'interception.[6]

I.4 Caractéristiques générales de la technologie à bande ultra-large (UWB) :

La technologie à bande ultra-large (UWB) possède certaines caractéristiques intéressantes :

❖ Faible susceptibilité à l'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples :

L'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples peut réduire l'efficacité des systèmes de communication classiques (non UWB). Dans le cas des communications UWB, le signal transmis possède une grande largeur de bande (résolution temporelle très fine) et, comme la fenêtre d'observation au récepteur est étroite, les réflexions multiples avec des retards inférieurs à la nanoseconde peuvent être résolues et additionnées de manière constructive pour donner un gain comparable à celui d'une propagation par trajet unique direct. [1]

❖ Réduction de la sensibilité au brouillage :

Le faible niveau de leur puissance d'émission réduit la nuisance des systèmes UWB sur les autres systèmes.

Néanmoins, le brouillage occasionné par les systèmes à bande étroite sur les signaux UWB peut être atténué du fait de la grande largeur de bande.[4]

❖ **Communications protégées :**

Les signaux UWB sont plus secrets et potentiellement plus difficiles à détecter que les signaux de radiocommunication classiques, parce qu'ils occupent une grande largeur de bande, peuvent être produits sous une forme semblable au bruit, peuvent être transmis à un niveau de densité spectrale de puissance bien inférieur au bruit de fond des récepteurs de radiocommunication classiques, et peuvent être transmis avec un code de synchronisation unique à des millions de bits par seconde. Ces caractéristiques permettent la transmission protégée de signaux avec une faible probabilité de détection (LPD) et une faible probabilité d'interception (LPI).[1]

❖ **Simplicité relative des systèmes :**

Dans les systèmes de communication sans fil qui utilisent la technologie UWB, l'information de la bande de base peut moduler directement des impulsions courtes au lieu de moduler une onde sinusoïdale. Dans cette forme de mise en œuvre, l'émetteur-récepteur UWB ne comprend aucun synthétiseur à boucle à verrouillage de phase, ni oscillateur commandé par tension, ni mélangeur, ni amplificateur de puissance. L'émetteur-récepteur UWB a donc une architecture relativement simple par comparaison à l'émetteur-récepteur superhétérodyne, ce qui pourrait se traduire par des coûts inférieurs de l'équipement. [1]

❖ **Grande capacité de pénétration à travers la matière :**

Les signaux UWB ont une bonne capacité de pénétration dans les murs et les obstacles et ils permettent la localisation de grande précision ou [1] la poursuite d'objet peut bénéficier d'une excellente résolution, en particulier pour les fréquences basses [4]. Ces propriétés seraient également utiles dans des applications telles que l'imagerie médicale, géo localisation indoor etc. [1]

❖ **Une faible densité spectrale de puissance :**

La FCC a limité la densité spectrale de puissance des signaux UWB à -41.3 dBm/MHz, dans l'optique de favoriser la coexistence de l'UWB avec d'autres technologies radio à bande plus étroite. Bien qu'elle améliore la discrétion des communications radio, cette faible puissance d'émission réduit la portée des signaux UWB.[4]

❖ **Grande capacité de communication :**

Les services de communication à bande large augmentent rapidement. L'évolution de ce service exige des débits plus élevés. Pour transmettre, vu sa largeur de bande de cette technologie peut être la pulsion de cette objectif, la loi de Shannon, dans le cas d'un canal à bruit blanc gaussien additif (AWGN : Additive White Gaussian Noise) :

$$C = B \times \log_2(1 + S / N)$$

1.1

Où : B est la largeur de bande du signal UWB et (S/N) le rapport signal sur bruit (SNR)

C : La capacité augmente avec la largeur de bande, ce qui permet d'avoir de très hauts débits avec pratiquement de faibles puissances.

Cette capacité présente une limite ; la puissance du bruit peut s'écrire : $N = B.N_0$ [2]

L'équation de Shannon montre que la capacité du canal peut être améliorée en augmentant la bande passante du signal ou la puissance du signal. En outre, elle montre que l'augmentation de la capacité du canal nécessite des augmentations linéaires de la bande passante alors que des augmentations similaires de capacité de canal similaires nécessiteraient des augmentations exponentielles de la puissance. Donc, à partir de l'équation de Shannon, nous constatons que le système UWB offre un grand potentiel pour les communications sans fil à grande vitesse.[26]

I.5 Réglementation du spectre d'émission UWB :

Chaque pays où région a établi sa propre réglementation de l'UWB, en fonction des critères de réglementation du spectre, et la coexistence est définie pour prévenir les interférences sur les systèmes de communications standardisés tels que GSM, DCS, GPS, Wifi. Des disparités notables apparaissent concernant la répartition du spectre des radiofréquences pour éviter le problème d'interférence de l'UWB sur une très large bande.[2]

I.5.1 Régulation de l'ULB aux USA :

Aux États-Unis, l'organisme chargé de la réglementation du spectre FCC a entamé le processus de régulation de l'ULB dès 1998 pour les usages commerciaux privés, amateurs, étiques et pour la sécurité publique locale. En février 2002, la FCC a publié les règles générales de la technologie ULB qui ont fixé les limitations sur le rayonnement en ULB et, a aussi autorisée la commercialisation de la technologie. Elle a limité les niveaux d'émission des signaux ULB pour les communications à -41.3 dBm/MHz sur la bande de fréquence de 3.1GHz à 10.6 GHz, a également défini les limites sur la densité spectrale de puissance (DSP) pour les diverses applications potentiellement envisagées pour l'ULB comme résumé dans le tableau : [7]

La FCC a consenti l'UWB pour les applications dans les domaines suivants :

- Les systèmes d'imagerie (radars à pénétration terrestre-GPR, les radars à pénétration dans ou à travers les murs, les dispositifs de surveillance et d'imagerie médicale)
- Les radars de véhicules

Chapitre I : Etat de l'art sur la technologie et radar ULB

– Les communications (la voix, la vidéo et les transmissions de données de courte portée) [4]

Applications			Bande de fréquence de fonctionnement (GHz)					
			0.96 à 1.61	1.61 à 1.99	1.99 à 3.1	3.1 à 10.6	10,6 à 22.0	22,0 à 29.0
PIRE (dBm/MHz)	Communication	Intérieur	-75.3	-53.3	-51.3	-41.3	-51.3	-51.3
		Extérieur	-75.3	-63.3	-61.3	-41.3	-61.3	-61.3
	Système d'imagerie		-53.3	-51.3	-41.3	-41.3	-41.3	-51.3
Radar véhiculaire			-75.3	-63.3	-63.3	-63.3	-41.3	-41.3

Tableau I.1 Les limites de la FCC pour les différents systèmes ULB.

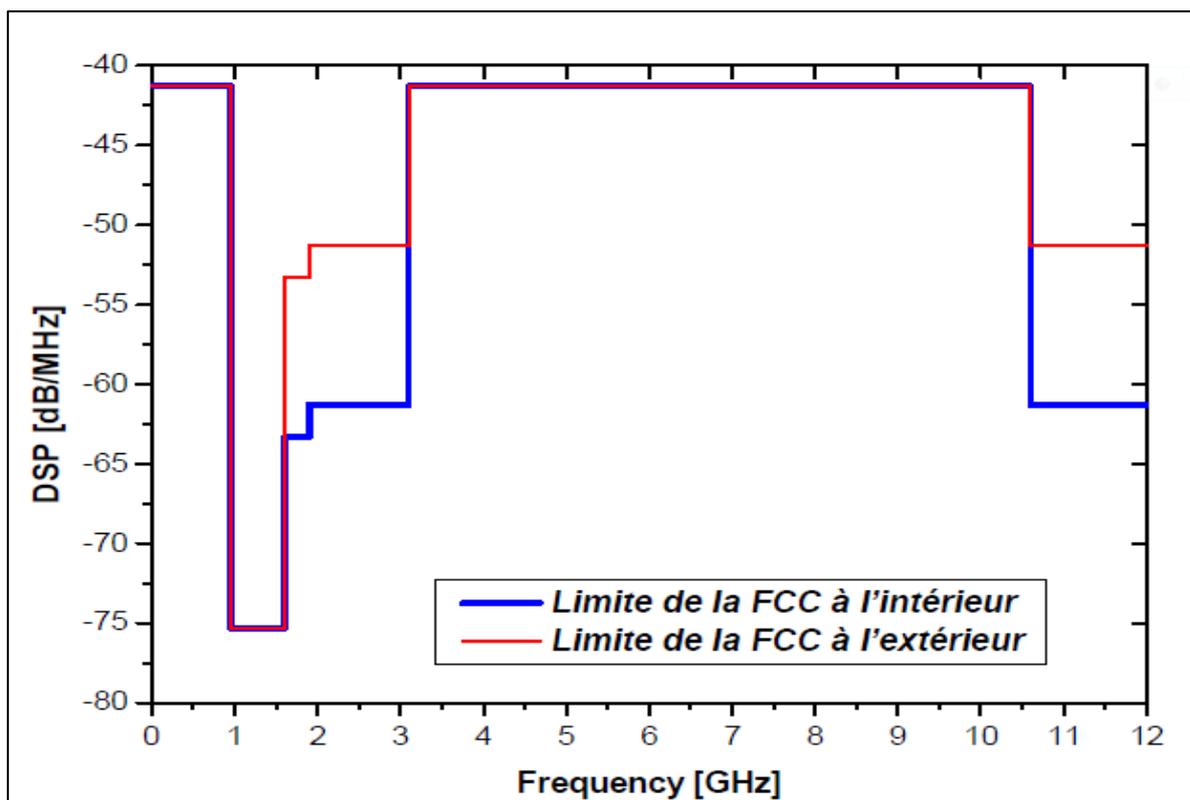


Figure I.2 : Les limites de la FCC pour les systèmes de communication ULB à l'intérieur et l'extérieur.

I.5.2 Régulation de l'ULB en Europe :

En Europe, le comité d'électronique et de communications (ECC) de la Conférence des Administrations des Postes et des Télécommunications Européens (CEPT), qui travaille depuis l'année 2001 a établi le rapport technique qui traite les conditions de protection du système de communication radio de la proposition des applications d'ULB. La première proposition de l'ECC a été accomplie en octobre 2005 ; préservant les principales définitions de FCC. Néanmoins, il propose différentes limites de puissance dans la partie inférieure du spectre comparé aux masques de FCC. En février 2006, la deuxième proposition a été accomplie. Deux sous-bandes ont été proposées, la bande inférieure s'étendant de 3.4GHz à 4.8GHz serait autorisé avec un niveau d'émission de -41.3dBm/MHz si le DAA (Detect and Avoid) ou bien (détection et évitement) mécanisme de protection est disponible, autrement il devrait être -85dBm/MHz dans la marge de fréquence de 3.4GHz à 3.8GHz et à 70 dBm/MHz dans la bande de fréquence 3.8GHz à 4.2GHz. Le niveau d'émission des signaux ULB dans la haute bande s'étendant de 6GHz à 8.5GHz est -41dBm/MHz sans protection de DAA. De même, la marge de fréquence de 4.2GHz à 4.8GHz serait provisoirement gardée jusqu'au 30 juin 2010.

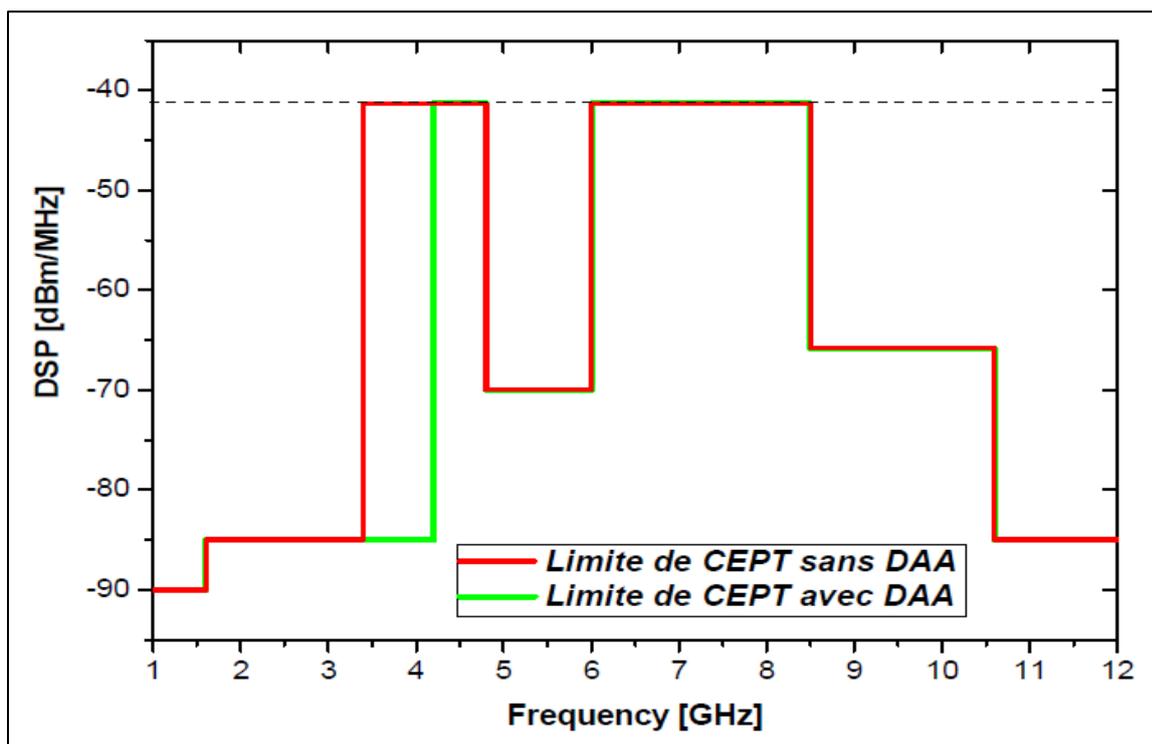


Figure I.3 : Les limites de la CEPT pour les systèmes de communication ULB.

I.5.3 Régulation de l'ULB à l'Asie Pacifique :

En Asie, certains pays comme le Japon, la Corée, et Singapour ont mis sur pied leur propre masque.

- Au Japon :

Chapitre I : Etat de l'art sur la technologie et radar ULB

Au Japon, en août 2005, le ministère de l'intérieur et de la communication (MIC) en charge de la réglementation des télécommunications a autorisé l'émission de signaux ULB sans licence. Dans un premier temps, cette autorisation concerne les bandes 3.4 à 4.8 GHz et 7.5 à 10.25 GHz avec les mêmes contraintes en puissance que la FCC.

- En Corée :

L'institut de recherche de l'électronique et de télécommunications (ETRI) a recommandé les masques à un niveau d'émission beaucoup plus bas que le masque de FCC (5GHz à 10.25 GHz) avec les mêmes contraintes en puissance que la FCC (41.3 dBm).

- Au Singapour :

En février 2003, le groupe de régulation Infocomm Development Authority (IDA) a autorisé l'émission des signaux ULB pour une période expérimentale. Ces émissions sont soumises au respect d'un masque favorable que celui de la FCC mais uniquement dans une zone géographique appelée UWB friendly zone (UFZ) qui située au cœur du pôle de recherche et de développement à Singapour. Cette action a pour but d'étudier la coexistence des systèmes ULB avec les applications existantes et d'utiliser ces expérimentations pour la réglementation ultérieure autorisant le déploiement de l'ULB à des fins commerciales.[7]

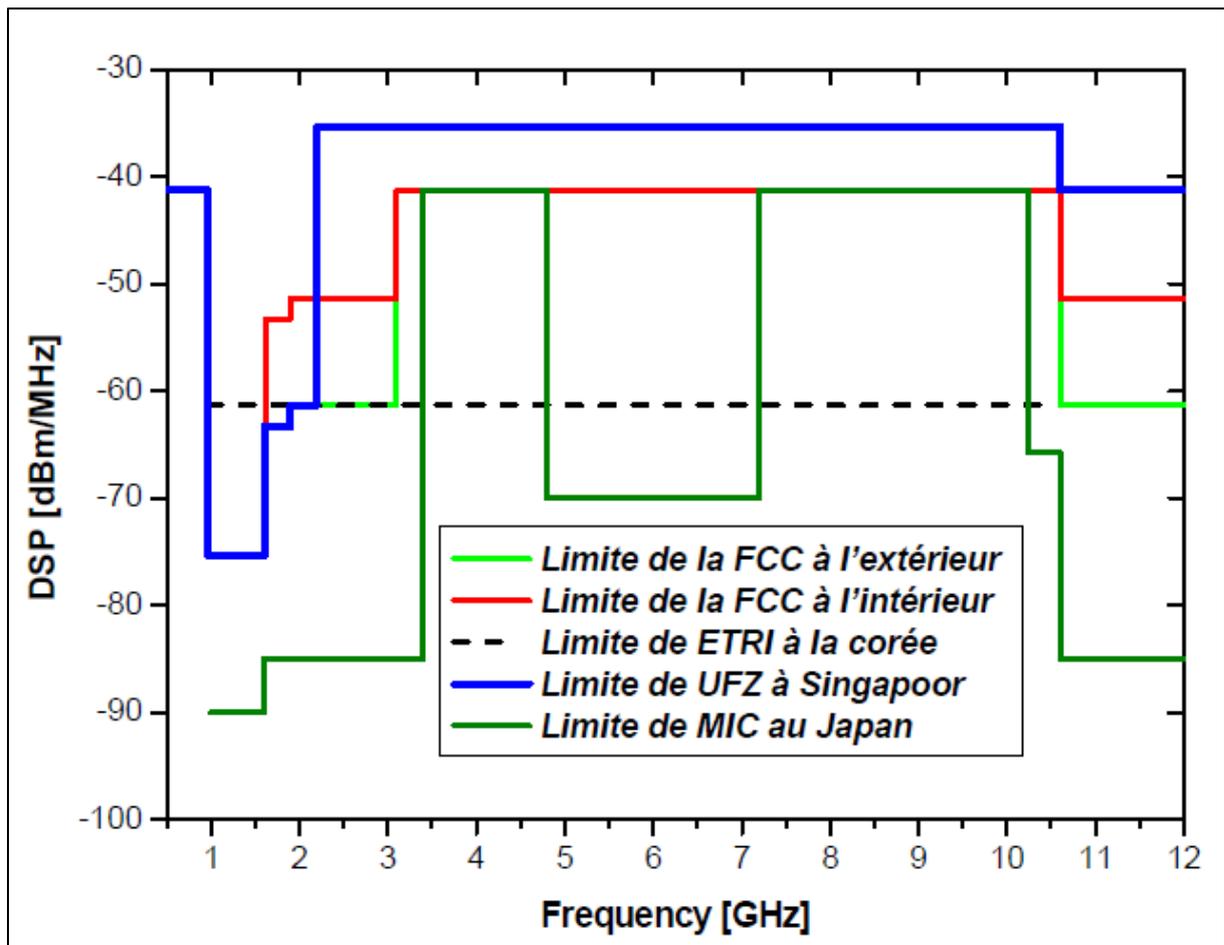


Figure I.4 : Les limites proposées en Asie pour les systèmes ULB.

I.6 Types de Radars UWB :

Le RADAR (Radio Détection And Ranging) est basé sur la propagation des ondes électromagnétiques, ou plus exactement sur celle des ondes radiofréquence (RF). En 1911 l'Américain Hugo Gernsback énonça le principe du Radar et en 1934, le français Pierre David, mènera avec succès les premières expériences de détection de présence d'avions. La première détection et localisation d'obstacle fut effectuée en 1935 par Maurice Ponte et Henri Gutton, lors d'essais à bord d'un bateau, ils détectèrent des icebergs avec des ondes de 16 cm de longueur d'onde.

A partir de là, les radars prennent de l'importance dans les applications militaires, pour la détection des ennemis aussi bien de jour comme de nuit, comme dans le domaine civil, pour la sécurité des moyens de transport (avion, voiture, train, . . .). Notons cependant que pendant longtemps le coût élevé de l'électronique a limité la diffusion large des radars auprès du grand public. [8]

I.7 Radar ULB :

Le principe d'un radar ULB impulsif consiste en une commutation d'énergie de durée très brève dans une chaîne d'émission Ultra large bande. Le signal ULB émis est une impulsion ultra courte, de

l'ordre de la nanoseconde, sans porteuse. Son contenu spectral instantané est compris entre quelques MHz et quelques GHz.

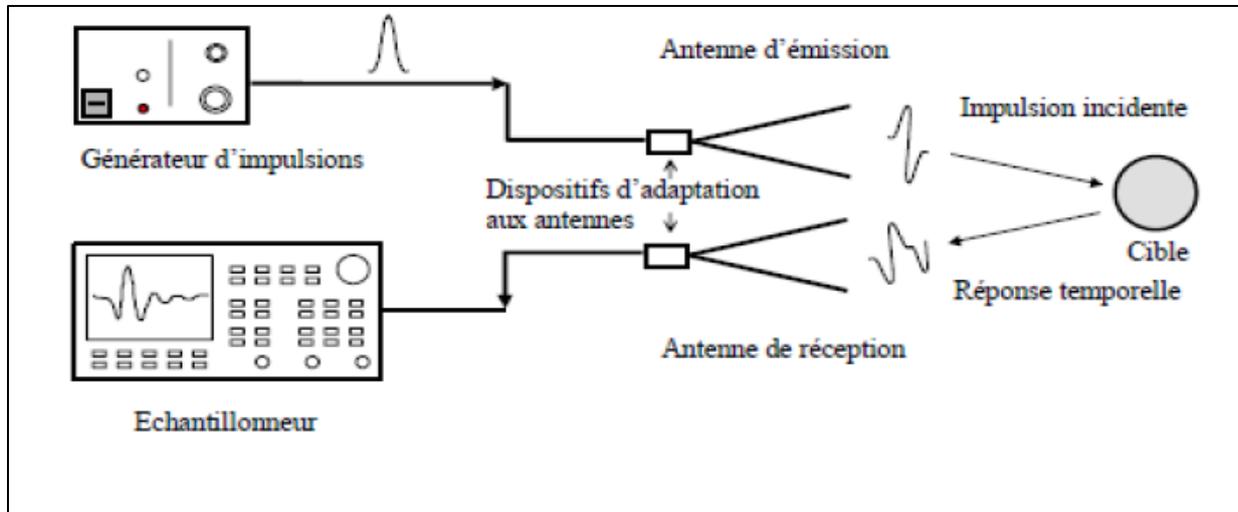


Figure I.5 : Architecture d'un système radar ULB.

Typiquement, le système est constitué d'un générateur associé à une antenne d'émission ULB. La réponse temporelle d'une cible est reçue par une antenne de réception ULB. L'acquisition est réalisée dans le domaine temporel par un échantillonneur rapide. [8]

- Les trois types de systèmes UWB autorisés sont les suivants :

I.7.1 Systèmes d'imagerie radar :

L'exploitation des systèmes d'imagerie radar UWB est limitée à des bandes de fréquences particulières :

Au-dessous de 960 MHz : systèmes d'imagerie par GPR, d'imagerie de l'intérieur des murs et d'imagerie à travers les murs.

1,99-10,6 GHz : systèmes de surveillance fixe et d'imagerie à travers les murs.

3,1-10,6 GHz : systèmes d'imagerie par GPR, d'imagerie de l'intérieur des murs et d'imagerie médicale.

I.7.2 Systèmes radar de véhicule :

Les dispositifs UWB de cette catégorie sont exempts de licence en vertu de la Partie 15 des règles de la FCC, à condition que tant la fréquence centrale que la fréquence maximale d'émission soient supérieures à 24,075 GHz.

I.7.3 Systèmes de communication et de mesure :

Les systèmes de cette catégorie sont exempts de licence en vertu de la Partie 15 des règles de la FCC pour l'exploitation dans la bande 3,1 -10,6 GHz.

Les dispositifs de communication et de mesure UWB doivent être conçus pour utilisation à l'intérieur

I.8 Architecture des radars UWB :

I.8.1 Architecture Emetteur/Récepteur :

Dans les systèmes UWB impulsionnelle, l'architecture de l'émetteur est très simple ; montre une topologie typique d'émetteur et le principe des données sont modulées avec une forme d'onde puis amplifiées afin de fournir un niveau suffisant en sortie de la chaîne d'émission.

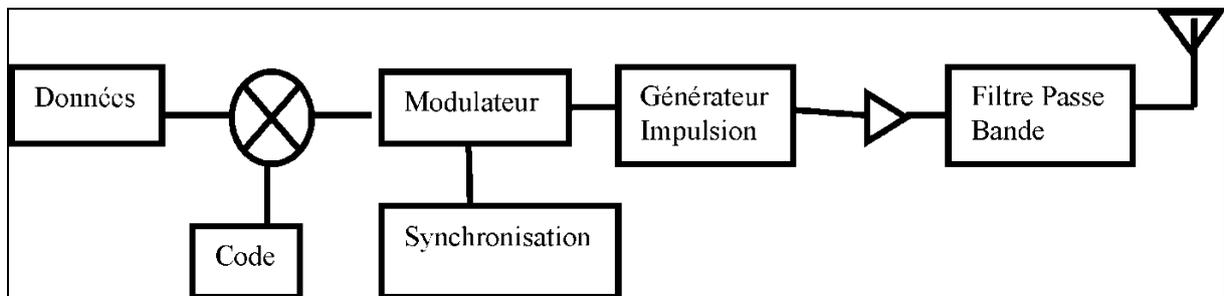


Figure I.6 : schéma du principe d'un émetteur ULB.

En réception, il existe en pratique pour l'approche impulsionnelle, deux types de récepteurs optimaux (ou à corrélation) au sens du maximisation du rapport signal/bruit qui sont utilisés dans les systèmes de communication ULB :

- Un récepteur à corrélation cohérent : basé sur la détection de l'impulsion (amplitude et phase) et ceci par l'utilisation d'un générateur d'impulsions de référence, il nécessite une bonne synchronisation :

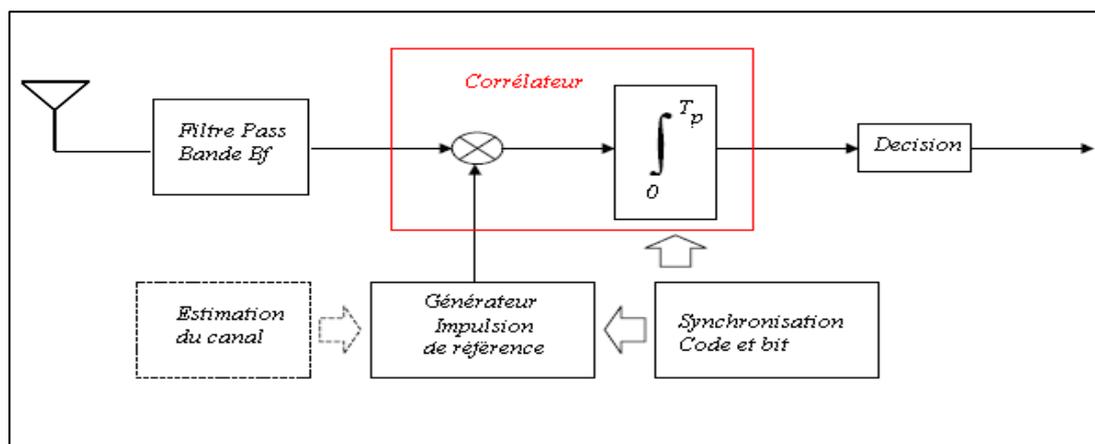


Figure I.7 : Récepteur ULB cohérent.

Un récepteur à auto corrélation non cohérent : basé sur la détection de l'énergie de l'impulsion par une mise en quadrature suivie d'une intégration temporelle du signal reçu sur une période T_p . Ce récepteur convient plutôt pour les modulations PPM ou OOK :

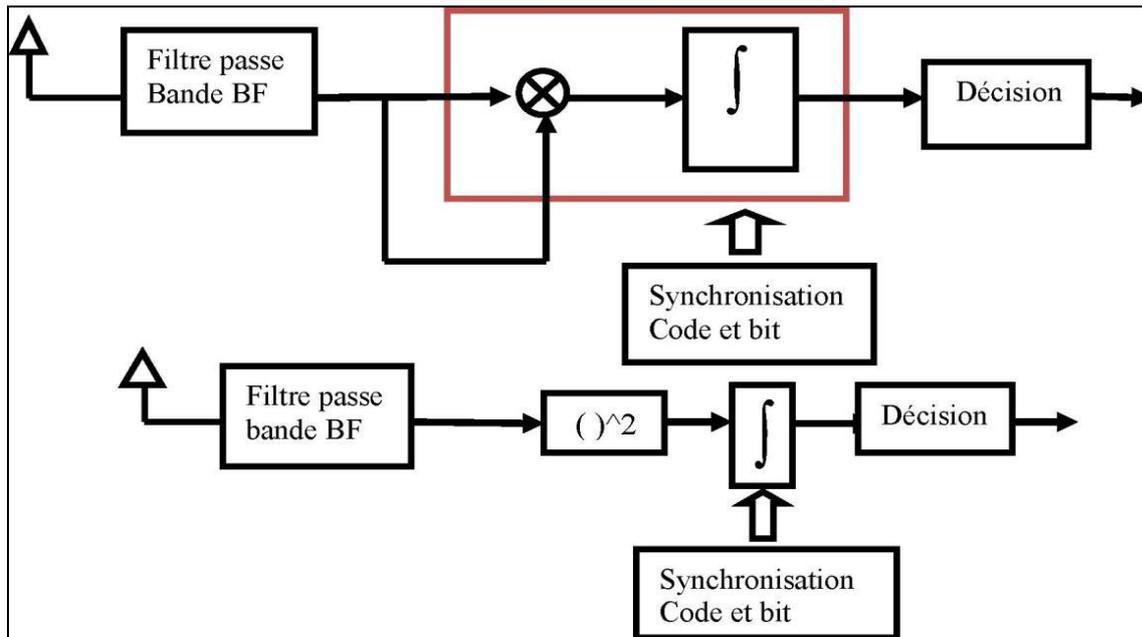


Figure I.8 : Détecteur UWB non cohérent (deux représentations en bloc).

I.9 Forme Impulsionnelle IR-UWB (Formes d'onde et spectre) :

I.9.1 Formes d'onde et spectre :

Le signal respectant le masque d'émission correspond à celui qui est mesuré au niveau de l'antenne d'émission. En résultant, afin de concevoir et dimensionner convenablement l'impulsion que l'émetteur doit créer, il est nécessaire de connaître la transformation que l'antenne va lui faire subir.

Les antennes UWB doivent présenter des caractéristiques radioélectriques constantes sur une très large bande de fréquences et avoir un faible coût et un encombrement minimal.

Concernant les travaux, il est encore considéré que l'antenne utilisée pour émettre le signal UWB n'est pas parfaitement adaptée à une si grande largeur de bande, ce qui a pour effet de différencier sensiblement l'impulsion en amont et en aval de l'antenne. La transformation modélisant le mieux cette inadaptation est l'opérateur de dérivation. La recherche de la meilleure exploitation de la bande passante définie par un gabarit conduirait à utiliser une forme d'onde en sinus cardinal. Mais, En pratique, une impulsion en sinus cardinal est difficile à produire car possédant un étalement temporel important. D'autres modèles d'impulsions ont donc été proposés. Parmi les quels, nous pouvons citer : [2]

S N-cycles de sinusoides avec enveloppe rectangulaire ou triangulaire.

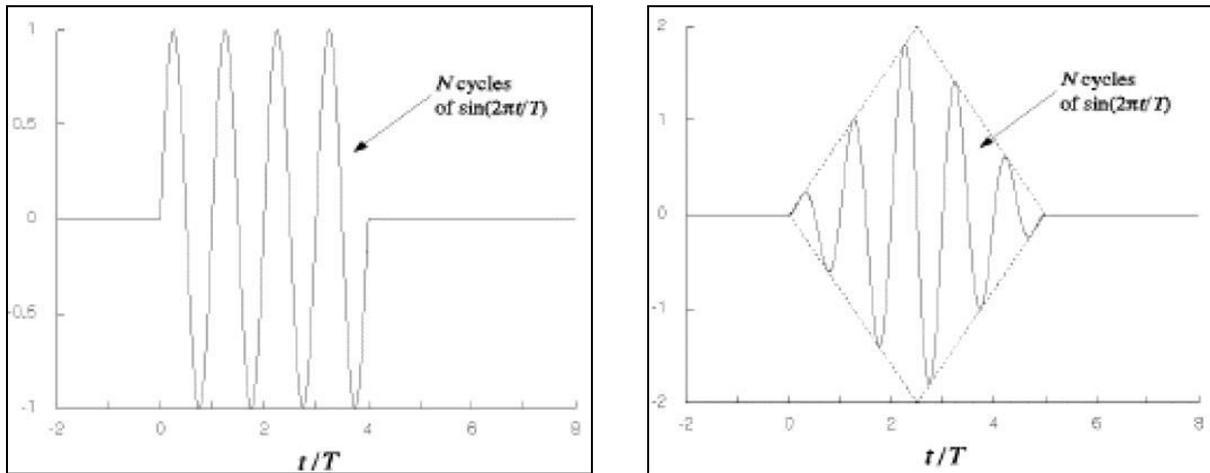


Figure I.9 : Impulsion N-cycles sinusoidale : enveloppe rectangulaire.

Avec l'utilisation de ce type de forme d'onde, les ondes impulsionnelles en UWB présentent notamment les avantages suivants :

- Une très grande précision dans la mesure des distances. Ce type de technique est donc très pratique pour la localisation.
- Une faible probabilité de détection et d'interception. Un très large spectre avec une densité de puissance spectrale très faible confère à l'UWB sa faible distinction.
- Une grande capacité de pénétration Le spectre retendu du signal à large bande confère à ce dernier une grande capacité de pénétration de différents objets grâce à la partie basse de son spectre. Ceci explique implicitement l'origine de leur utilisation en radar.[2]

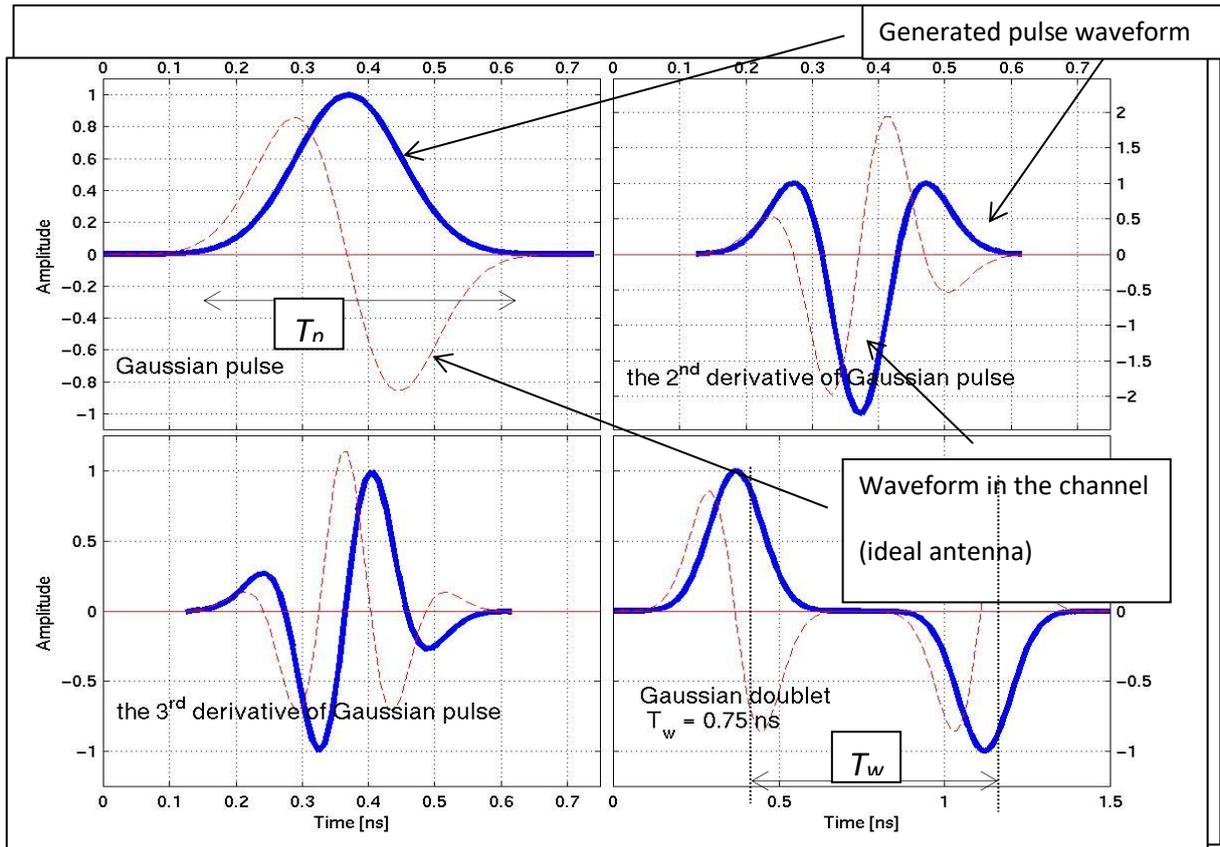


Figure I.10 : Impulsion gaussienne et dérivées.

■ Finalement, il existe plusieurs types d'impulsion ultra courte sont utilisés dans les systèmes de transmission UWB impulsionnelle, dont les plus répandus sont présentés sur la figure.1.10 et dont la densité spectrale de puissance est présentée sur la figure.1.11. Ces impulsions sont modélisables sous forme de dérivés de différent d'une impulsion gaussienne.

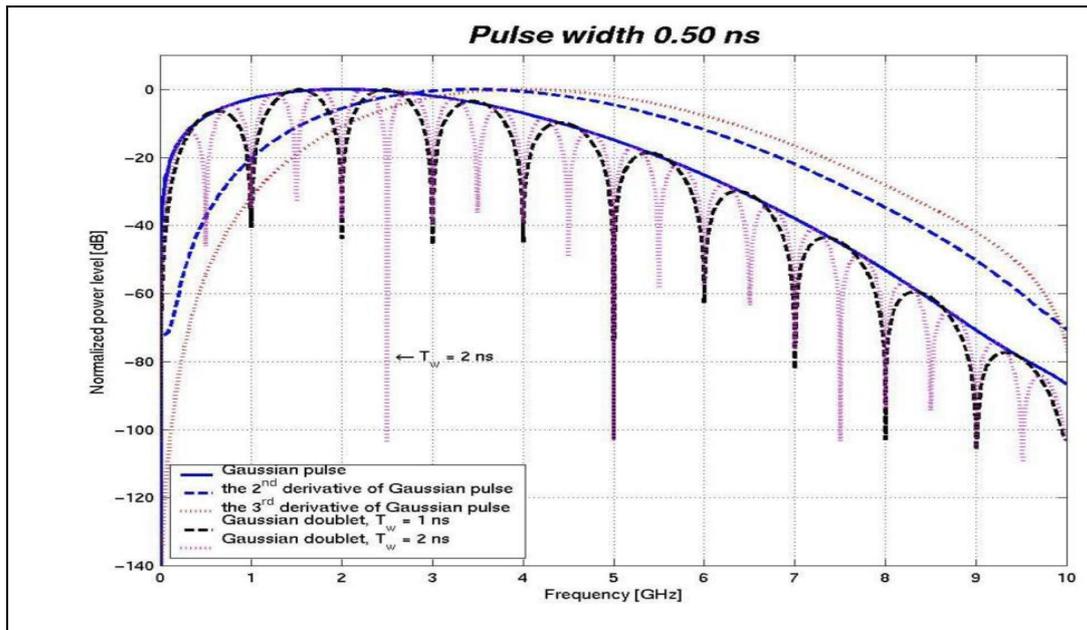


Figure I.11 : Spectre logarithmique des impulsions gaussienne et dérivée.

I.9.2 Les formes des impulsions :

La technologie radio impulsionnelle ULB est basée généralement sur la transmission et la réception d'impulsions de très brève durée de l'ordre de quelques centaines de picosecondes. Dans la littérature, plusieurs formes d'impulsions peuvent être utilisées.

Parmi elles, on peut citer la gaussienne et ses dérivées d'ordre supérieures, et les formes d'impulsions orthogonales telles que les polynômes modifiés de Hermite. La forme des impulsions généralement retenue pour les communications ULB est gaussienne. Cependant, le principal défaut de l'impulsion gaussienne réside dans sa valeur moyenne non nulle, qui correspond dans le domaine fréquentiel à une composante continue importante. C'est pourquoi le choix est souvent orienté vers sa dérivée première (appelé monocycle gaussien) ou sur sa dérivée seconde, que nous illustrons L'impulsion gaussienne. [7] est décrite par le modèle mathématique de l'équation suivante :

$$y(t) = \frac{T}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad 1.2$$

La forme d'impulsion de la famille gaussienne la plus couramment utilisée dans les systèmes radio impulsionnelle a été proposée par Win et Sholtz, il s'agit de la seconde dérivée de la Gaussienne. Cette dernière possède l'avantage de ne pas présenter de composante continue, ce qui limite les ondes stationnaires indésirables dans les antennes lors de l'émission.[7]

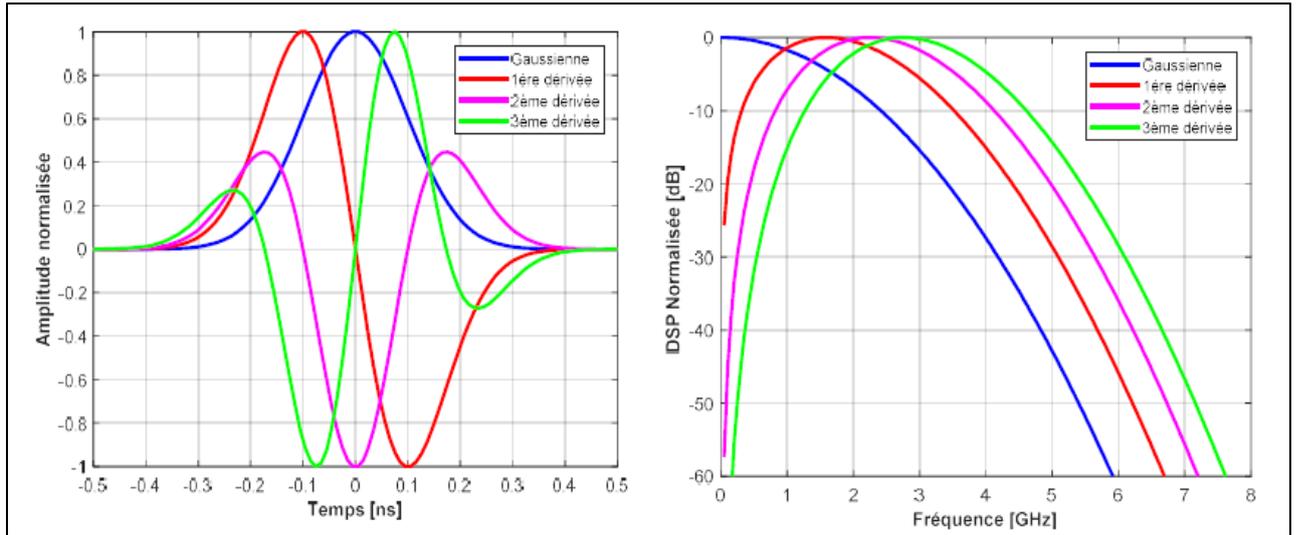


Figure I.12 : Représentations temporelles et fréquentielles de l'impulsion gaussienne et ses 3 premières dérivées.

I.10 Conclusion :

Dans ce premier chapitre, nous avons présenté l'état de l'art sur la technologie et radar UWB. D'abord nous avons fait la définition essentielle de la technologie ULB, puis la présentation de l'évolution historique depuis son origine lorsqu'elle était utilisée dans les radars jusqu'à aujourd'hui où elle représente un grand intérêt pour les communications sans fil. Les principales caractéristiques de cette technologie, sa large occupation spectrale et son fort pouvoir de résolution temporelle. Des masques de puissance imposant les règles d'émissions des signaux ULB ont été mises en place par les instances de réglementation des différents continents et pays. Nous avons ainsi survolé en particulier les concepts des types des radars UWB et aussi leurs architectures d'émissions et réception. Finalement nous avons présenté les formes d'onde IR-UWB et leurs spectres.

Chapitre II :

**Technologies et Techniques de localisation
indoor**

II.1 Introduction :

Les technologies de positionnement les plus répandues sont celles utilisant les ondes radio (satellitaire et terrestre). Les systèmes de radiolocalisation utilisent des stations de bases (BS), des satellites ou d'autres dispositifs émettant des signaux radio au récepteur mobile. Les techniques de localisation les plus étudiées pour ces systèmes sont les techniques basées sur l'estimation : des angles d'arrivée « AOA : Angle Of Arrival », des temps d'arrivée « TOA : Time Of Arrival », des différences des temps d'arrivée (TDOA : Time Difference Of Arrival) et des puissances des signaux reçus (RSS : Received Signal Strength). Elles sont classées selon les mesures (métriques) employées. Toutes ces méthodes dépendent de l'émission ou de la réception des signaux radio pour déterminer la position d'un objet sur lequel un récepteur radioélectrique ou un transducteur est attaché. [11]

II.2 Les métriques de localisation indoor :

II.2.1 La localisation par AOA :

Cette technique est basée sur l'exploitation des angles d'incidence des signaux émis par l'objet mobile au niveau d'au moins deux points de réception. Cette technique est illustrée dans la figure 2.1 L'estimation des angles d'arrivée se fait à l'aide des antennes directives ou des réseaux d'antennes utilisées conjointement avec des méthodes à haute résolution. La position de l'émetteur est donnée par l'intersection des droites passant par chaque récepteur et d'angle, les AOA calculés par rapport à une référence arbitraire. [16]

Souvent une marge d'erreur d'estimation de la DOA est introduite, conduisant à l'intersection des faisceaux, qui définit une zone possible de la position de l'émetteur. La dimension de chaque faisceau augmente avec la distance par rapport à l'émetteur conduisant à des erreurs plus importantes. Dans le cas où l'émetteur se trouve sur la ligne qui réunit les deux récepteurs, l'estimation de la position n'est plus possible. La présence d'un récepteur supplémentaire est nécessaire.[3]

L'inconvénient majeur de cette technique est lié à la nécessité de disposer de réseaux d'antennes qui augmentent la taille des équipements utilisés et qui impliquent des coûts supplémentaires. De plus, en environnement NLOS (No Line Of Sight) ou non ligne de vue, en présence des trajets multiples, la précision de l'estimation est fortement affectée. [16]

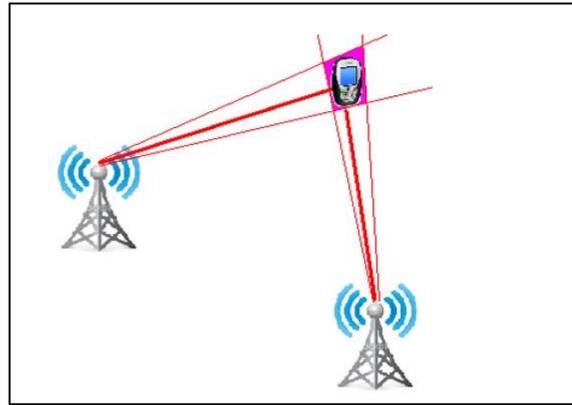


Figure II.1 : Localisation exploitant les AOA.

II.2.2 La localisation par RSS :

Pour le lien à courte portée entre Mobile Station, la technique qui peut être employée pour estimer la position est basée sur la puissance reçue à une MS.

La distance entre l'émetteur et le récepteur peut être évaluée à partir de la puissance du signal reçu associée à un modèle de propagation dans l'environnement.

L'idée principale est d'établir une relation entre la force du signal provenant de plusieurs points de référence et la position actuelle du mobile. Ensuite, la position peut être trouvée à partir de trois points de référence. Les puissances sont mesurées au niveau d'au moins trois points de référence, chaque point représente le centre d'un cercle. La zone possible pour la position du mobile est déduite par trilatération (Algorithme qui consiste à calculer l'intersection d'au moins trois cercles).[16]

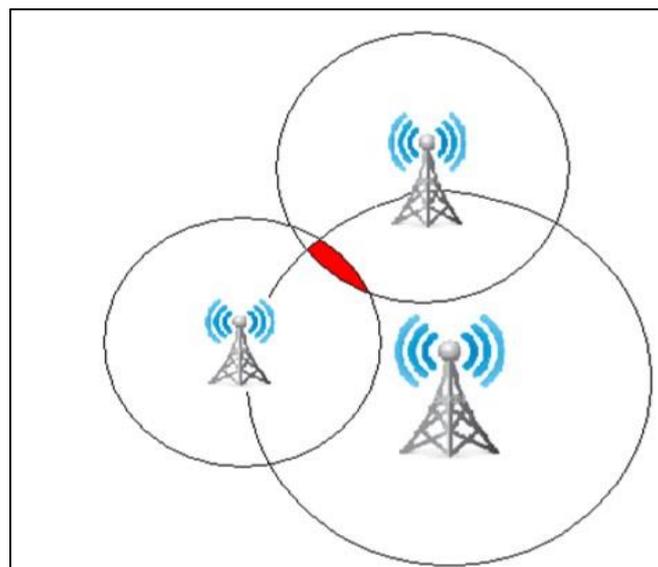


Figure II.2 : Principe de l'utilisation des RSS.

En pratique, la propagation du signal n'est pas uniforme en raison de l'affaiblissement du signal dû aux trajets multiples et aux zones d'ombres, ce qui pose un problème pour l'évaluation de la distance. Les variations causées par les zones d'ombres dues aux obstacles physiques rencontrés. Ces variations aléatoires engendrent des erreurs très importantes sur l'estimation de la distance. La possibilité d'améliorer les résultats est donnée par cette équation :

$$\sqrt{\text{var}(d)} \geq \frac{\ln 10}{10} \frac{\sigma_1}{n} \cdot d \quad 2.1$$

Avec : d la distance entre le mobile et les BTS, n le facteur d'atténuation, σ est l'écart type de la variable aléatoire représentant l'effet de zones d'ombres.

II.2.3 La localisation par TDOA :

Contrairement à la technique TOA, la technique TDOA n'a pas besoin de synchronisation entre l'émetteur et le récepteur, mais il y a une synchronisation entre plusieurs récepteurs avec des positions connues. Ces systèmes sont basés sur l'exploitation de la différence du temps d'arrivée entre les éléments de deux ou plusieurs paires de récepteurs. Une façon d'accéder à la TDOA est de mesurer le retard des signaux arrivant au niveau de chaque récepteur et effectuer leur différence.

Le calcul par TDOA est peut-être effectué par les mesures de TOA :

$$d_{i,0} = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} = C(t_i - t_0) \quad 2.2$$

Soient $t_{i,1}$ la différence de temps TDOA estimée entre BS1 et BSi, la différence de distance entre les BSs et BS1 est donnée par :

$$d_{i,0} - d_{1,0} = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} - \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2} = C(t_i - t_0) = ct_{i,1} \quad 2.3$$

On remarque que le terme t_0 est éliminé du calcul. Donc la synchronisation du mobile n'intervient plus dans le calcul. C'est un grand avantage du TDOA par rapport au TOA.

II.2.4 La localisation par TOA :

Cette méthode consiste à calculer le temps de transmission entre la station mobile et la BTS ou Vice versa. Pour cela le temps de début de la transmission doit être précisément connu et toutes les stations de base doivent être synchronisées à l'aide d'une horloge.

La méthode TOA exploite une technique de triangulation qui utilise l'intersection de cercles de distance pour déterminer la position d'un objet mobile, il est faisable d'obtenir un cercle centré sur l'émetteur dont le rayon constitue la distance qui sépare les deux équipements (MS et BTS), en utilisant au moins trois BTS, l'intersection des 3 cercles ainsi obtenus permet de déterminer la position exacte du mobile.

Soient $i = 1, 2, \dots, M$ les indices des BSs, (x, y) la position du mobile (l'émetteur), (x_i, y_i) la position de la BS i (récepteur) et d_i la distance entre la BS i et le mobile. Le temps t_i est converti en distance d_i de la manière suivante :

$$d_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} = C(t_i - t_0) \quad 2.4$$

Avec c la vitesse de propagation du signal et t_0 est le décalage de l'horloge du mobile par rapport aux BSs. [16]

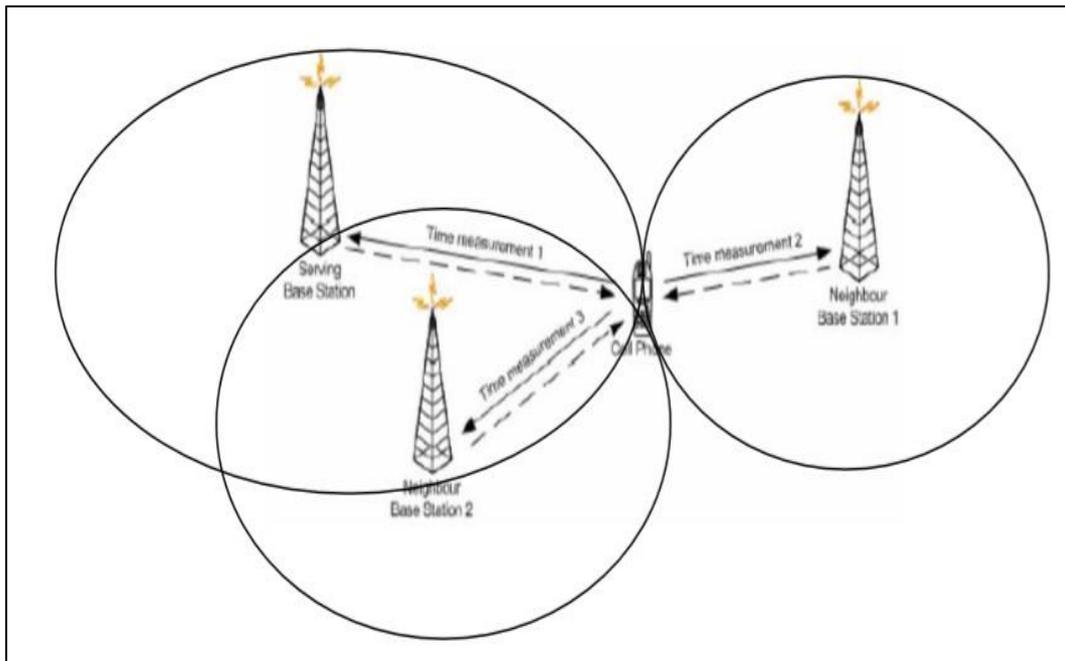


Figure II.3 : Principe de l'utilisation des TOA

II.2.5 La localisation par (PDOA) :

Pour les systèmes en bande étroite, si on envisage des techniques interférométriques, cela implique nécessairement l'exploitation de la différence de phase ; entre deux récepteurs d'indices i et j . Au moins deux paires d'antennes, équipées de récepteurs hétérodynes, fournissent un déphasage proportionnel au cosinus des angles d'azimut et d'élévation du front d'onde. Les antennes de chaque paire sont séparées d'une distance connue sous le nom de base de l'interféromètre. Le même principe d'intersection d'hyperboles que dans le cas de la TDOA conduit à l'estimation de la position de l'objet mobile.

La base de l'interféromètre influence la précision des mesures, les alternatives étant de disposer d'une distance importante en basses fréquences (solution adoptée dans les applications liées à l'astronomie) ou travailler à des fréquences élevées. Les applications de localisation positionnement, réalisées en hautes fréquences, sont spécifiques à des courtes et moyennes distances. La solution obtenue n'est pas unique, des systèmes complémentaires de développement de phase (unwrapping) sont nécessaires afin de lever l'ambiguïté. Ceci constitue un des principaux inconvénients de cette technique. [15]

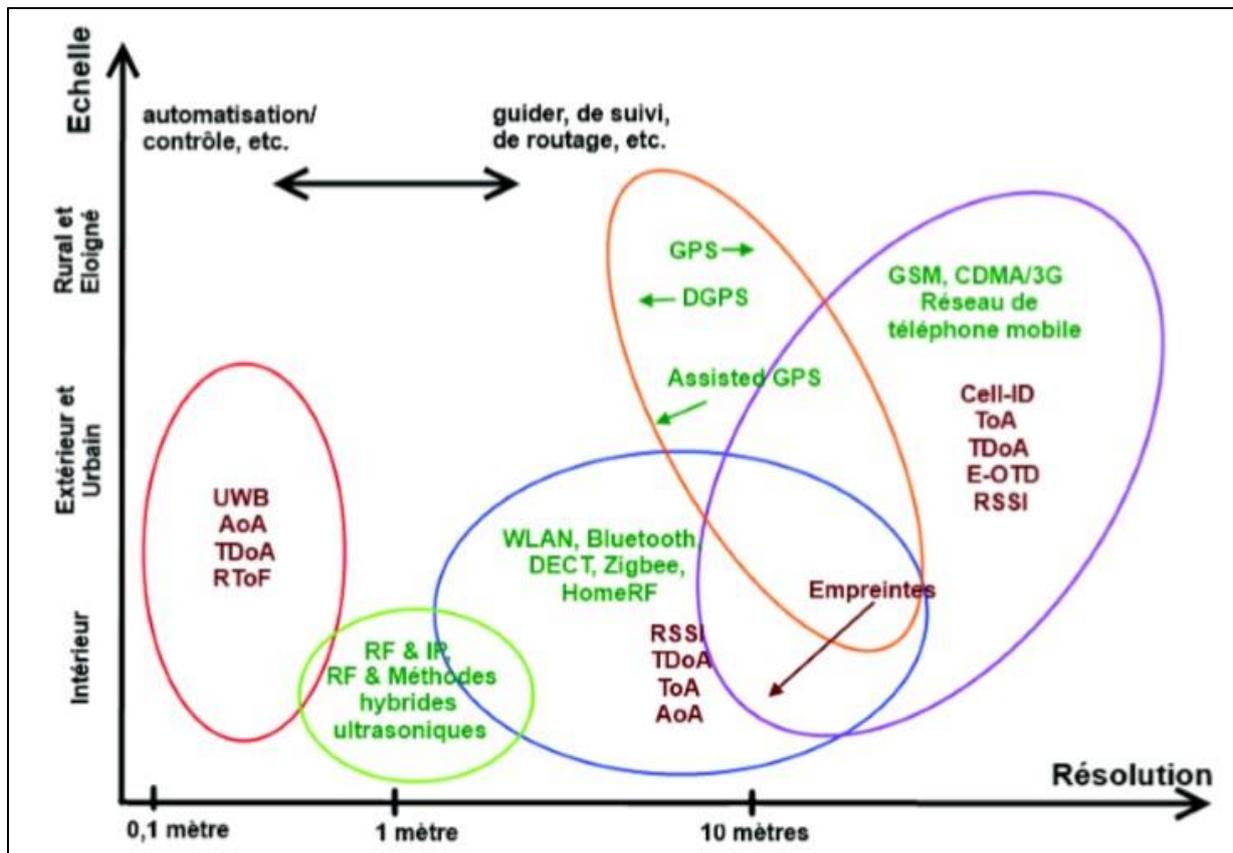


Figure II.4 : Echelle et résolution pour chaque méthode de radiolocalisation.

II.2.6 Principaux avantages et inconvénients des techniques de localisation :

Technique de radiolocalisation	Avantages	Inconvénients
Technique basée sur la puissance des signaux reçus (RSS)	<ul style="list-style-type: none"> -Algorithme de positionnement simple -Coût d'implantation peu élevé -Disponibilité des modèles mathématiques d'atténuation 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'avoir le trajet direct - Précision faible - Performance mauvaise dans un canal ayant un profil de propagation par trajets multiples sévère
Technique basée sur l'angle d'arrivée des signaux reçus (AOA)	<ul style="list-style-type: none"> - Moins de stations de base fixes nécessaires -Algorithme de positionnement simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'avoir le trajet direct - Coût d'implantation élevé - Précision faible - Performance mauvaise dans un canal ayant un profil de propagation par trajets multiples sévère
Technique basée sur la différence des temps d'arrivée des signaux reçus (TDOA)	<ul style="list-style-type: none"> - Paramètres généralement bien estimés - Algorithme de positionnement simple - Précision plus élevée en milieu confiné - Pas besoin de synchronisation d'horloge entre le mobile et les stations de base. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'avoir le trajet direct - Synchronisation d'horloge nécessaire entre les paires de stations de base - Nécessité d'une résolution temporelle élevée au récepteur
Technique basée sur le Temps d'arrivée des signaux reçus (TOA)	<ul style="list-style-type: none"> - Paramètres généralement bien estimés - Algorithme de positionnement simple - Précision plus élevée en milieu Confiné 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'avoir le trajet direct -Synchronisation d'horloge nécessaire entre le mobile et les stations de base - Nécessité d'une résolution temporelle élevée au récepteur

Tableau II- 1 : Les avantages et inconvénients des techniques de localisation.[10]

II.3 Algorithmes de localisation :

Les algorithmes de localisation permettent, à partir d'un ensemble de paramètres, de déterminer la position d'un objet d'intérêt à l'aide de systèmes d'équations (linéaires ou non linéaires) qui lient les paramètres des trajets aux coordonnées spatiales des récepteurs et de l'émetteur ou de vraisemblances avec les éléments d'une base de données.[15]

Les algorithmes plus utilisés seront discutés sur cette section : la trilatération, la multilatération et la triangulation. Et il existe d'autres méthodes comme le cadre englobant et la position centrale.[10]

II.3.1 La triangulation :

La méthode de triangulation est employée lorsque l'angle d'arrivée entre deux nœuds peut être mesuré. Cela est rendu possible par l'utilisation de la technique AOA que nous avons décrite dans la section 2.1.3. Dans la figure 2.5, nous voulons calculer la distance entre B et C. B est un point de référence et A connaît les angles d'arrivées respectivement de B et C. La distance \overline{BC} (d_3) peut ainsi être calculée en appliquant la formule trigonométrique :

$$d_3^2 = d_1^2 + d_2^2 - 2 \times d_1 \times d_2 \times \cos(BAC) \quad 2.5$$

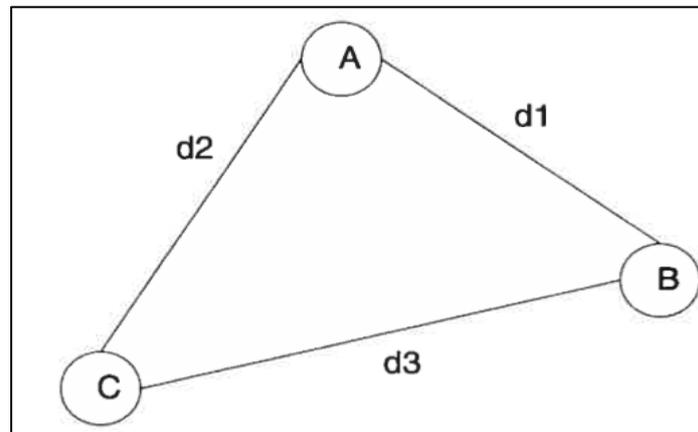


Figure II 5 : Illustration du principe de la triangulation.

Connaissant les distances entre les nœuds, la méthode de triangulation est par la suite combinée avec la trilatération afin d'estimer la position des nœuds. [14]

II.3.2 La trilatération :

La trilatération est une technique classique pour estimer la position d'un nœud lorsque trois de ses voisins immédiats (voisins à un saut) sont considérés comme des points de référence et que les distances exactes entre ces points et le nœud sont connues. La figure 2.6 illustre le principe de la trilatération. Le point S veut estimer sa position et il dispose pour cela des coordonnées des points de référence A_1 , A_2 et A_3 ainsi que des distances d_1 , d_2 et d_3 qui le séparent de ces points. Ces distances peuvent être calculées suivant l'une des méthodes citées dans la section 2.1. [14]

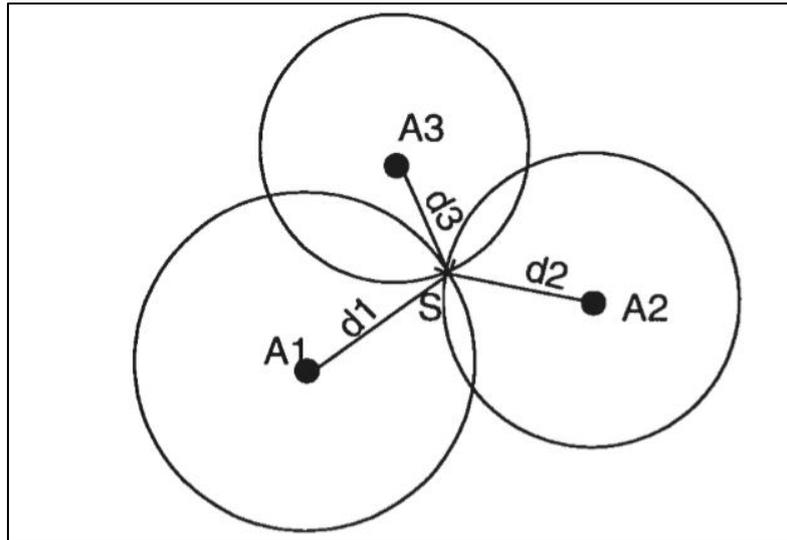


Figure II 6 : Illustration du principe de la trilatération

La résolution du système suivant donne la position du nœud S :

$$d_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \quad 2.6$$

$$d_2^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \quad 2.7$$

$$d_3^2 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 \quad 2.8$$

Avec (x_1, y_1) , (x_2, y_2) et (x_3, y_3) les coordonnées respectives des ancres A1, A2 et A3.

II.3.3 La multilatération :

Cette technique est une extension de la trilatération. Il s'agit d'utiliser plusieurs ancres (plus que trois) pour la localisation des nœuds. Cependant, cela reste une technique parmi d'autres qui permet de réduire la marge d'erreur car toutes les ancres vont participer à une multilatération. Le schéma de multilatération est illustré sur la figure 2.7 :

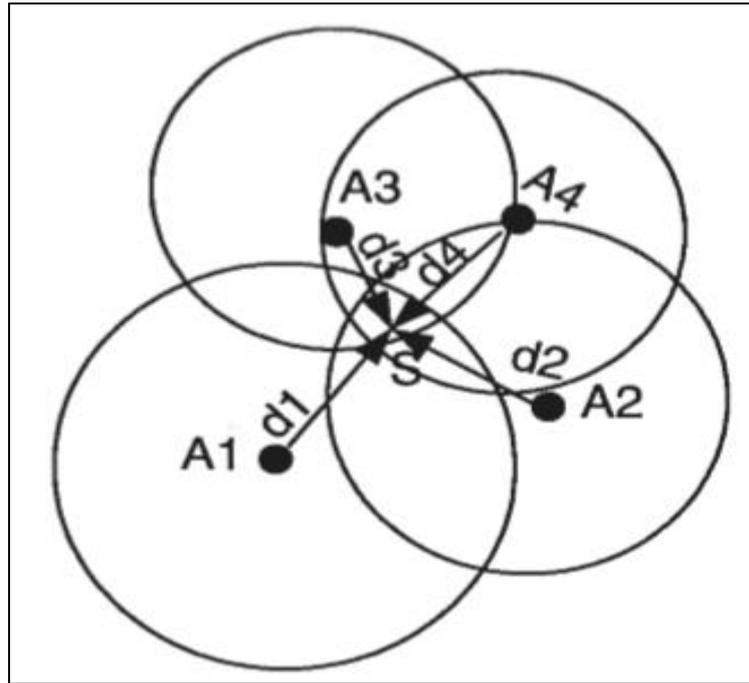


Figure II 7 : Illustration du principe de la multilatération.

L'estimation de la position d'un nœud S au moyen de la multilatération résulte de la résolution de l'équation suivante (pour tout $j > 3$) :

$$(x - x_{A_i})^2 + (y - y_{A_i})^2 = d_i^2 \quad 2.9$$

Avec (x_{A_i}, y_{A_i}) sont les coordonnées des ancres A_i quel que soit $i = 1 \dots n$ (avec $n > 3$) alors que (x, y) sont les coordonnées du nœud S à calculer. [14]

II.4 Les moyens de localisation par onde radio indoor (Wi-Fi, Bluetooth, RFID, ULB) :

La localisation indoor se base sur des technologies sans fil qui sont principalement le Wi-Fi, le Bluetooth et l'UWB (Ultra Wide Band). La RFID (Radio Frequency Identification), via des puces actives ou passives, est également utilisée pour la géolocalisation d'équipements. [16]. Les ondes radio ont la propriété de pouvoir traverser les obstacles les plus communs dans les bâtiments, de sorte qu'une localisation peut être envisagée sans avoir accès, en toute position de l'environnement, à une vision directe avec les émetteurs. [9]

II.4.1 Capteurs RFID :

Cette technologie d'identification automatique s'appuie sur des radio-étiquettes actives ou passives qui communiquent entre elles, le tout à un très faible coût. Techniquement, les RFID peuvent être comparés à des systèmes de codage à barres. Cependant le code-barres est remplacé par une puce électronique en silicium dotée d'une antenne, et l'identification se fait par radio et non pas par lecture optique. Les données stockées sur l'étiquette RFID ne peuvent être lues qu'à des distances limitées.

Contrairement aux RFID passifs, les radio-étiquettes actives contiennent leur propre alimentation, ce qui augmente leur portée. Mais cette distance reste limitée et se situe, en général, entre quelques centimètres et dix mètres. Un système de localisation basé sur du RFID estime la position du piéton lorsqu'il passe à proximité d'une borne RFID. Cette technologie fournit donc une suite de points de passage, mais n'offre pas de véritable capacité de suivi du piéton dans ses déplacements.

Notons cependant que leur faible coût et l'évolution des techniques permettant d'augmenter leur portée en font une technologie très populaire. Leur développement augmente rapidement surtout dans le cadre des réseaux omniprésents de détecteurs (Ubiquitous Sensor Network). Aujourd'hui, les radio-étiquettes s'intègrent dans les textiles pour améliorer la gestion des marchandises en entrepôt et optimiser les manipulations en magasin. La localisation à l'intérieur des bâtiments de personnes habillées de RFID sonne comme une musique d'avenir. [17]

Un exemple de systèmes RFID est le système WhereNet conçu par Zebra Technology Company pour offrir un support de localisation extérieur et intérieur en temps réel. La période d'émission des balises varie entre 5 secondes et une heure. Toutefois, le WhereNet offre une précision de localisation d'environ 2 m à 3 m, qui n'est pas assez satisfaisante pour les applications indoor. Le système est également complexe avec une infrastructure composée de plusieurs éléments fixés à différents endroits. [13]

II.4.2 Le Bluetooth :

Le standard Bluetooth est un protocole de communication courte distance, généralement de l'ordre de plusieurs mètres, destiné à remplacer le port infrarouge et les connexions par câble. Les équipements Bluetooth s'organisent sous forme de minicellules, à l'image des systèmes de téléphones cellulaires. Lorsqu'une communication a lieu, la position du mobile est associée avec le centre de la cellule. L'utilisation du Bluetooth pour localiser des piétons est onéreuse car la taille d'une cellule est petite. Il faut donc équiper l'espace avec un très grand nombre de capteurs, ce qui rend cette technologie quasiment inexploitable [17]. Un exemple de système de positionnement indoor par Bluetooth est le Topaz qui est représenté par la figure 2.8. Ce système combine le signal infra-rouge avec le signal radio pour localiser la cible. [13]

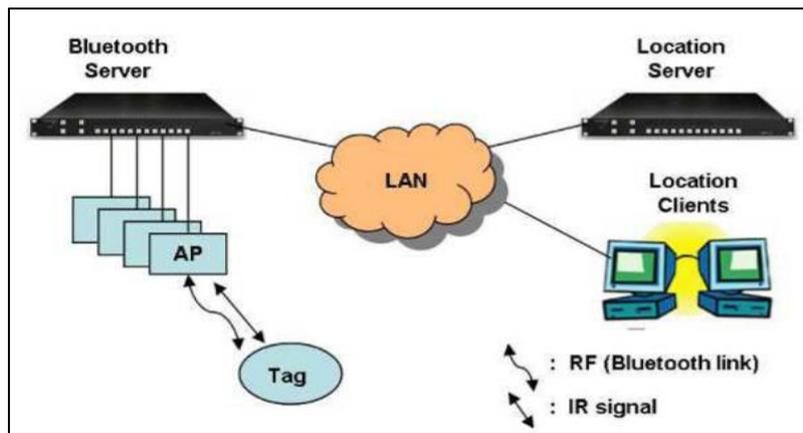


Figure II 8 : Architecture du système de positionnement Topaz.[13]

II.4.3 Le Wi-Fi :

Les standards IEEE 802.11a, b et g, plus connus sous le nom de WiFi, offrent de plus longues portées et une bande passante plus large que le Bluetooth. Les technologies WiFi de localisation s'appuient sur des caractéristiques physiques connues de propagation radio pour estimer la position du piéton. Les mesures peuvent être les mêmes que précédemment : temps d'arrivée, différence de temps d'arrivée et directions d'arrivée. Cependant les réseaux WiFi emploient plus facilement l'information de puissance du signal reçue car, contrairement aux mesures de temps, cette dernière ne nécessite aucune modification des équipements. Calculer une position à partir de la puissance est plus délicat qu'à partir de temps. On peut, soit exploiter des modèles de propagation pour calculer des éloignements entre le mobile et les stations fixes puis appliquer une trilatération, soit utiliser la technique du « Fingerprinting ».

Cette dernière technique est, sans conteste, la plus répandue en localisation WiFi. Elle repose sur une base de données contenant les valeurs de puissance reçue sur tous les points d'une grille qui couvre l'espace intra-muros désiré. Lorsque la mesure de puissance d'un piéton est disponible, on compare cette valeur avec les éléments de la base de données. Ensuite on associe à la position du piéton celle du point géographique correspondant. La figure 1.4 illustre ce principe. La base de données constituée est le reflet exact de la propagation dans un milieu donné, ce qui signifie notamment qu'elle modélise l'impact des trajets multiples sur la propagation radio. Ce considérable avantage dépend de la justesse de la base de données. Or la simple ouverture ou fermeture d'une porte métallique peut modifier l'intensité du signal reçu en un lieu donné et fausser le résultat. Sachant qu'il est quasiment impossible de garantir une mise à jour continue de la base de données, localiser des mobiles par « Fingerprinting » implique une certaine imprécision. Quel que soit la fiabilité de la base de données, la précision de cette technique dépend principalement de la taille de la grille. [17]

II.4.4 L'ULB :

UWB est une technologie émergente dont les performances, en termes de localisation, semblent prometteuses. Les techniques de localisation associées sont généralement basées sur les techniques temporelles, à savoir TOA (time Of Arrival) et TDOA (Time Difference Of Arrival). L'émission d'impulsions très brèves doit être favorable à la recherche de ce premier trajet correspondant au trajet direct entre un émetteur et un récepteur. S'il est possible de déterminer précisément l'instant d'arrivée de ce premier trajet, l'application d'un algorithme de trilatération semblable à celui utilisé pour le GPS permettra d'estimer la position du mobile. Des précisions de l'ordre de quelques centimètres sont attendues de cette nouvelle technologie du fait du grand pouvoir de séparation des trajets les uns par rapport aux autres [3]

Elle a été développée dans les années 1960 pour des applications radar de communication sans fil. Elle transmet des données haut débit réparties sur une large bande passante (> 500 MHz). Comparée à la très grande quantité de données transmises, l'énergie émise est très faible. En général, les opérations de localisation se font avec des systèmes ultra-larges bande impulsions. L'émission de train d'impulsions, chacune de durée très brève (ps, ns), sur une large bande assure une grande résolution temporelle [17]. Il y a deux facteurs derrière le concept UWB : (1) Bande passante relativement large et (2) une fréquence centrale relativement petite. La grande largeur de bande permet des résolutions temporelles précises et dans des systèmes bien architecturés une meilleure confidentialité. La basse fréquence centrale quant à elle devrait permettre un meilleur passage des ondes à travers les différents matériaux. [12]

ULB C'est un aspect favorable dans l'estimation précise du temps d'arrivée des signaux dans les environnements indoor et permet d'améliorer l'erreur de localisation de ces systèmes. Ces avantages en découlent. Elle permet de mieux distinguer deux impulsions émises et elle résiste mieux aux trajets multiples [13]. De plus, une candidate idéale pour la précision de localisation, obtenue principalement par trilatération, est de l'ordre du décimètre.

L'ULB fournit la meilleure précision de localisation parmi tous les systèmes de localisation basés sur une infrastructure et présentés plus haut. Notons enfin que l'approbation européenne de normes de transmission ULB est récent puisqu'elle remonte à février 2007. [17]

II.5 Les moyens de localisation outdoor (GPS) :

II.5.1 GPS :

Le système GPS est un système complet plutôt qu'un algorithme de localisation. Mais puisqu'il est le noyau de plusieurs autres systèmes reposant sur lui, il est considéré comme l'une des techniques les plus importantes de localisation.

Le GPS est un système qui utilise les informations temporelles pour localiser une cible. Sa différence majeure étant l'origine des signaux qui proviennent d'un groupe de satellites. L'estimation d'une position repose sur le système géodésique mondial (WGS84). Il faut au moins les signaux de quatre satellites pour avoir une localisation tridimensionnelle : longitude, latitude et altitude. D'autres signaux peuvent être utilisés pour la redondance qui assure une estimation plus robuste et précise. Par contre, il est possible d'utiliser juste trois satellites pour avoir une localisation bidimensionnelle qui n'inclut pas l'altitude comme pour la navigation aérienne ou même maritime qui a lieu sur une surface relativement plane.

L'inconvénient du GPS dans les milieux confinés est l'absence totale du signal. En réalité, le signal transmis est assez faible et c'est rare qu'il puisse être capté dans les endroits fermés. On propose dans ce cas des systèmes hybrides, qui consistent à installer des stations fixes dans les milieux internes et l'utilisateur se localise par rapport à ces stations et par la suite par rapport au système GPS (puisque les stations ont des coordonnées caractéristiques). Ces stations internes utilisent l'une des autres techniques de localisation pour positionner une cible. Bien que ces systèmes hybrides soient considérés comme une technique distincte d'après notre classification initiale, ils ne seraient pas discutés plus profondément puisque chacun de leurs composants l'a déjà été. [18]

II.6 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons fait un état de l'art sur les différentes technologies et techniques de localisation en relevant les avantages et les inconvénients.

D'abord, nous avons présenté les technologies pour l'environnement indoor permettent d'atteindre des précisions pouvant aller de quelques centimètres à quelques mètres, ce qui les rend très attractives dans ce type d'environnement comme : WIFI, ULB, RFID. Par contre, les technologies présentées pour l'outdoor, à savoir celles basées sur le GPS, ne permettent pas d'avoir des précisions de cet ordre en indoor. Ensuite nous avons constaté des techniques utilisées pour la radio localisation : AoA, RSSI, ToA, TDoA et la présentation du principe et les avantages et désavantages de chacune.

Enfin, nous avons expliqué les principes des trois principaux algorithmes de localisation : la triangulation, la trilatération et la multilatération.

Chapitre III :

Systeme radar UWB pour la localisation et le tracking de cibles en mouvement

III.1 Introduction :

Actuellement, nous trouvons des applications qui utilisent la localisation dans des domaines de la vie quotidienne. L'importance c'est lorsqu'un capteur détecte un événement et à travers lequel nous pouvons fournir des informations sur sa situation géographique. Dans ce chapitre nous allons aborder la localisation et le tracking de cibles.[19]

Nous aborderons l'implémentation du système radar IR-UWB puis la simulation du positionnement de cibles mobiles par la technique de trilatération à l'aide du logiciel Matlab/Simulink.

III.2 Méthodologie :

L'objectif de cette étude est la prise en main du logiciel MATLAB d'aide à l'estimation de la position [16] de la cible mobile par l'algorithme trilatération en exploitant le système radar ULB. Nous avons utilisé dans notre simulation 3 capteurs dans différents emplacements et 2 cibles en mouvement dans deux chemins différents.

La méthode de positionnement par trilatération que nous allons simuler est basée essentiellement sur la mesure [22] de distance entre la cible et le capteur (sensor). Cette méthode utilise trois points de référence à s'avoir les ancrs car on connaît leurs positions, et aussi les distances qui séparent les ancrs du nœud dont on cherche à définir la position, ce qui va correspondre aux points d'intersections des trois cercles.[19]

Le processus comporte plusieurs étapes comme illustré dans les schémas des figures suivantes :

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
x	0	4	8
y	6	0	6

Tableau III.1 : Positions des radars UWB (Sensors UWB).

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	0	1.5	3	4.5	6	7.5	8	7	7
y	2	2	2	2	2	2	4	4	5.5

Tableau III.2 : Mouvement de la Cible 1 (coordonnées x et y en mètres).

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	0	1	2	3	4	5	6	7	8
y	1	1	2.5	5	3	5	2.5	1	1

Tableau III.3 : Mouvement de la Cible 2 (coordonnées x et y en mètres).

Le schéma suivant représente la trajectoire des 2 cibles théoriquement que nous allons comparer avec le résultat expérimental du déplacement de ces cibles.

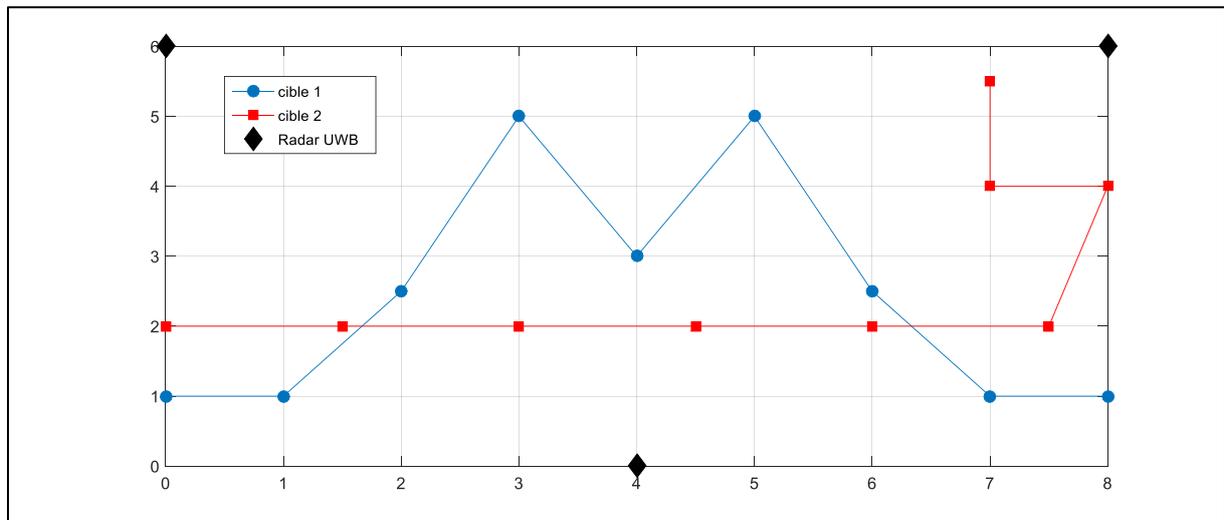


Figure III.1 : Schéma représente le déplacement des deux cibles avec l'emplacement des radars ULB.

III.3 Présentation du logiciel de simulation Matlab :

MATLAB (MATRIX LABORATORY) est un logiciel de calcul scientifique permettant de développer des solutions à des problèmes techniques. Il permet aussi de réaliser du calcul numérique et de tracer des graphiques pour visualiser et analyser les données. Il dispose d'un langage et d'un environnement de programmation interactif ainsi que des outils pour concevoir des interfaces utilisateurs graphiques. [20]

Ce langage comprend de nombreuses fonctions prédéfinies pour le calcul matriciel, mais pas seulement. De ce fait, les domaines d'application sont extrêmement variés, et l'on peut citer par exemple :

- Le calcul numérique dans le corps des réels ou des complexes ;
- Le calcul de probabilités ou les statistiques ;
- Le calcul intégral ou la dérivation ;
- Le traitement du signal ;

- L'optimisation ;
- Le traitement d'image ;
- L'automatisme.[21]

Dans la simulation, nous avons utilisé le logiciel Matlab, la raison du choix de ce logiciel est qu'il s'agit d'un logiciel puissant et dispose d'options plus flexibles pour prendre en charge la simulation.

III.4 Implémentation sous Matlab/Simulink :

La simplicité d'utilisation prouve que le choix du logiciel est correct, grâce à ses particularités, Il est considéré comme le langage de programmation le plus approprié pour résoudre les problèmes d'ingénierie. Simulink est une extension graphique du logiciel qui peut représenter des fonctions mathématiques Et le formulaire de schéma de principe du système, basé sur la simulation en cours Ces systèmes. Simulink est un outil largement utilisé pour la modélisation, notamment pour La communication est composée de nombreux ensembles de blocs, comme indiqué ci-dessous :

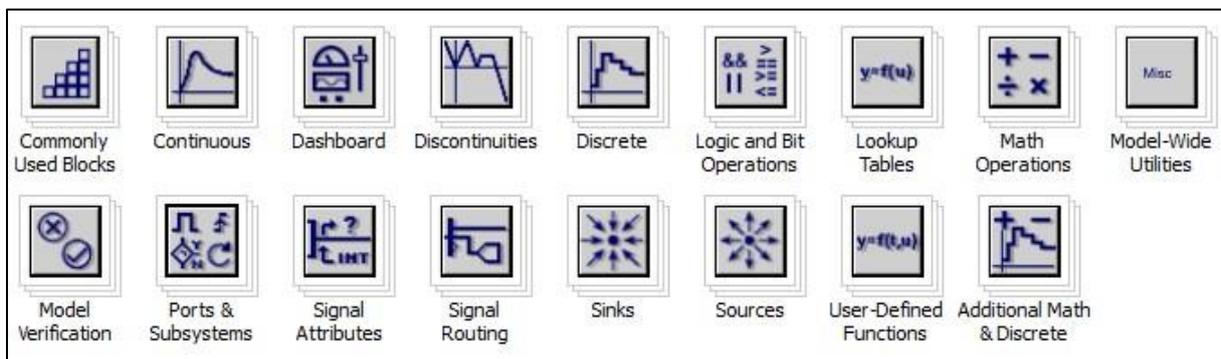


Figure III.2 : Blocksets de Simulink

III.4.1 Implémentation de l'émetteur :

Au niveau de la simulation Simin (Figure III.3) représente le radar qui va émettre un signal qui va permettre d'identifier la position de la cible, ensuite transmettre ce signal au subsystème4 qui va permettre de stoker la donnée au niveau de X1 et le Time scope5 permet de visualiser le signal émis par Simin.

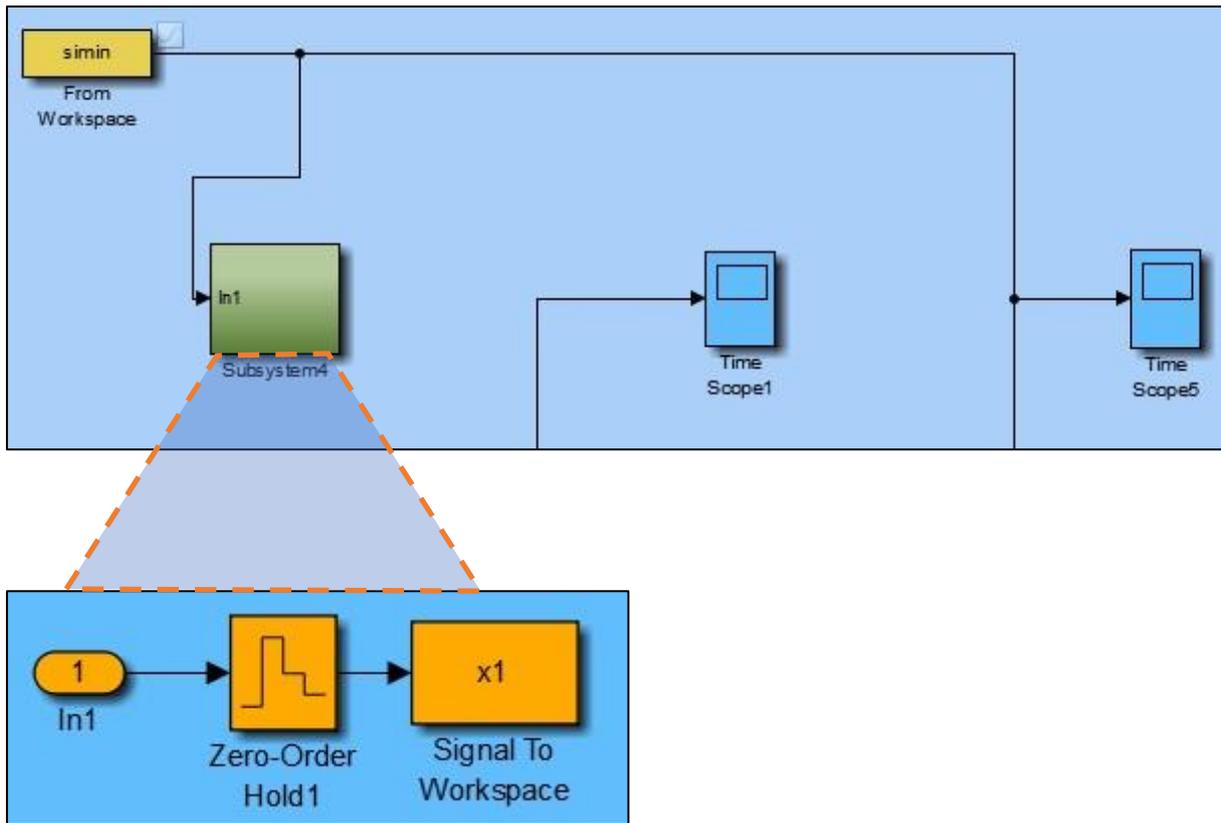


Figure III.4 : Implémentation de l'émetteur sous-Simulink.

In1 représente le signal reçu par simin au niveau du Subsystem 4 qui va ensuite attaquer Zero-Order Hold 1.

Le bloc Zero-Order Hold 1 conserve son entrée pendant la période d'échantillonnage spécifiée afin de pouvoir récupérer le signal et le traiter.

Ensuite ce signal sera transmis au niveau des script au tant que variable X1 afin d'effectuer les traitements nécessaires.

III.4.2 Implémentation du canal pour recevoir « capter » la cible :

III.4.2.1 Modélisation du bruit :

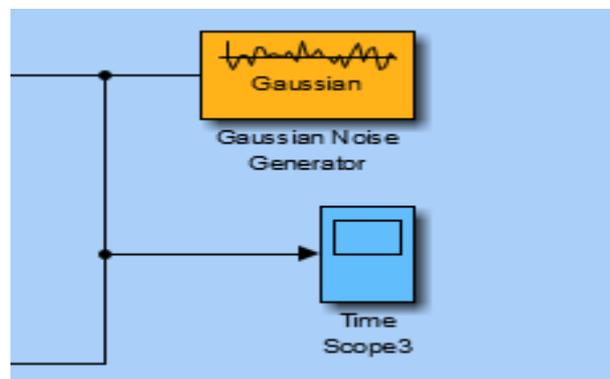


Figure III.5 : Implémentation du bruit gaussain generator.

The Gaussian Noise Generator permet de générer un bruit gaussien afin de modéliser la réception dans le cas d'un système réel car tout signal réel récupéré est influencé par du bruit suite au capteur et aux éléments de perturbations de l'environnement. On utilise le bruit gaussien car il représente le résultat de la somme d'un grand nombre de facteurs différents et indépendants et il nous permet de valoriser la résistance de notre système face bruit.

Time scope3 nous permet de visualiser le bruit gaussien.

III.4.2.2 Modélisation de la cible :

Le signal de simin qui est le signal utile, plus le bruit gaussien vont attaquer les entrées du système cible qui modélise le comportement de la cible et il dispose de deux sorties signal sans bruit et signal bruité qu'on peut les visualiser grâce aux deux scopes un et deux.

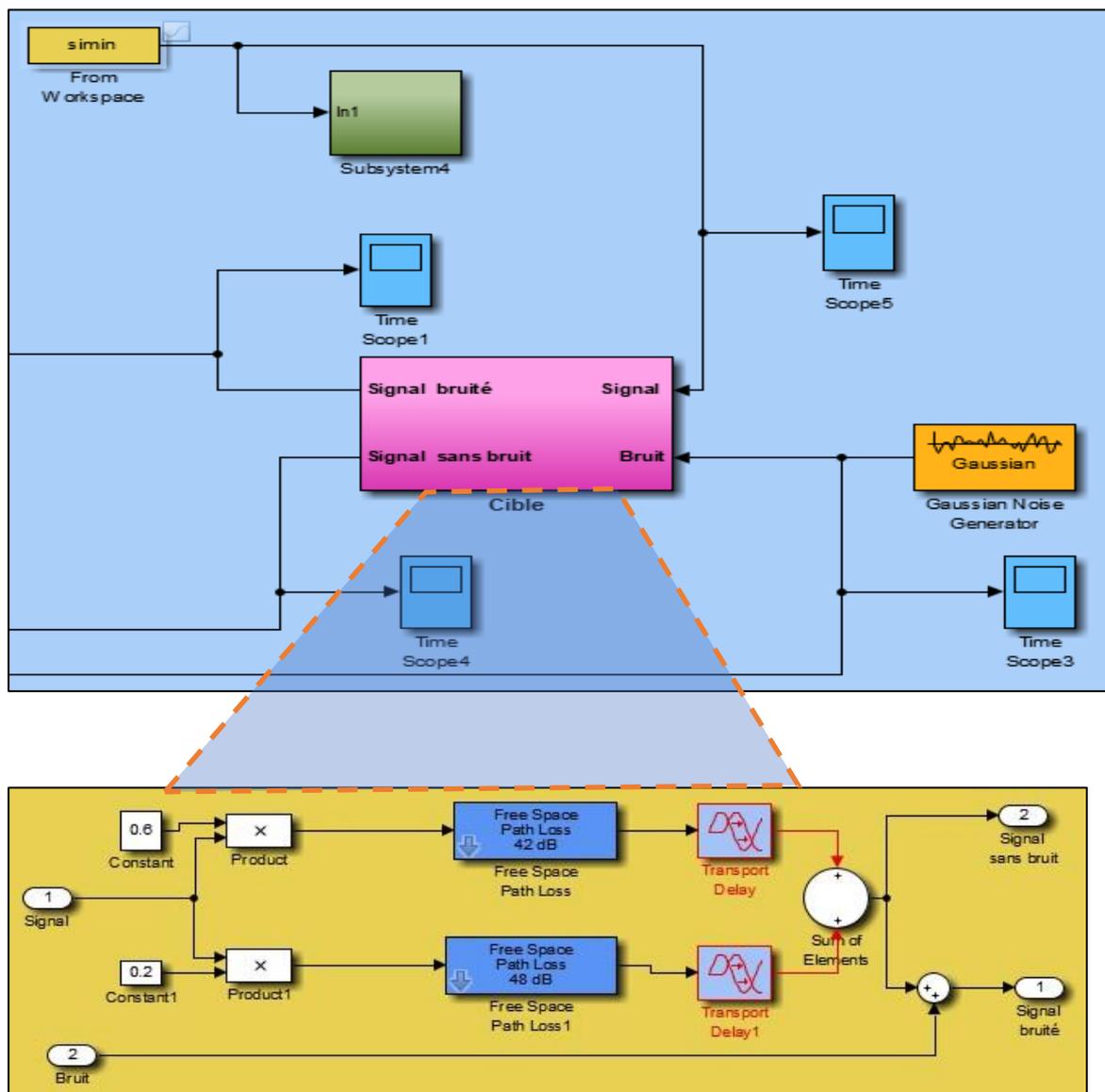


Figure III.6 : Implémentation du canal.

Le signal est multiplié par deux facteurs différents 0.2 et 0.6 afin de pouvoir différencier entre les deux cibles ensuite il attaque le bloc Free Space Path Loss qui permet de modéliser l'affaiblissement du signal durant son parcours entre le radar et la cible. Ensuite nous avons le bloc Transport Delay qui permet de représenter de temp de propagation de l'onde qu'on peut le modéliser par un retard, ensuite nous allons récupérer les deux signaux et les sommer afin d'obtenir un seul signal qui décrit la position des deux cibles qu'on peut les retrouver au niveau de la deuxième sortie qui représente le cas parfait. La première sortie modélise le cas réel puisqu'on a sommé le signal utile avec le bruit gaussien.

III.4.3 Implémentation du récepteur :

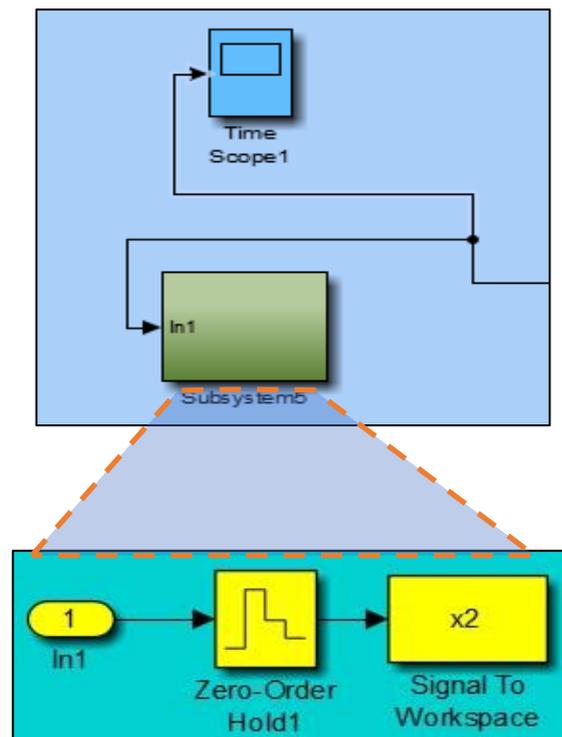


Figure III.7 : Implémentation du récepteur.

Le signal bruité va attaquer l'entrée du Subsystem 5 et nous permettre de le stocké au niveau de la variable X2 afin de pouvoir effectuer le traitement ou l'étude du signal.

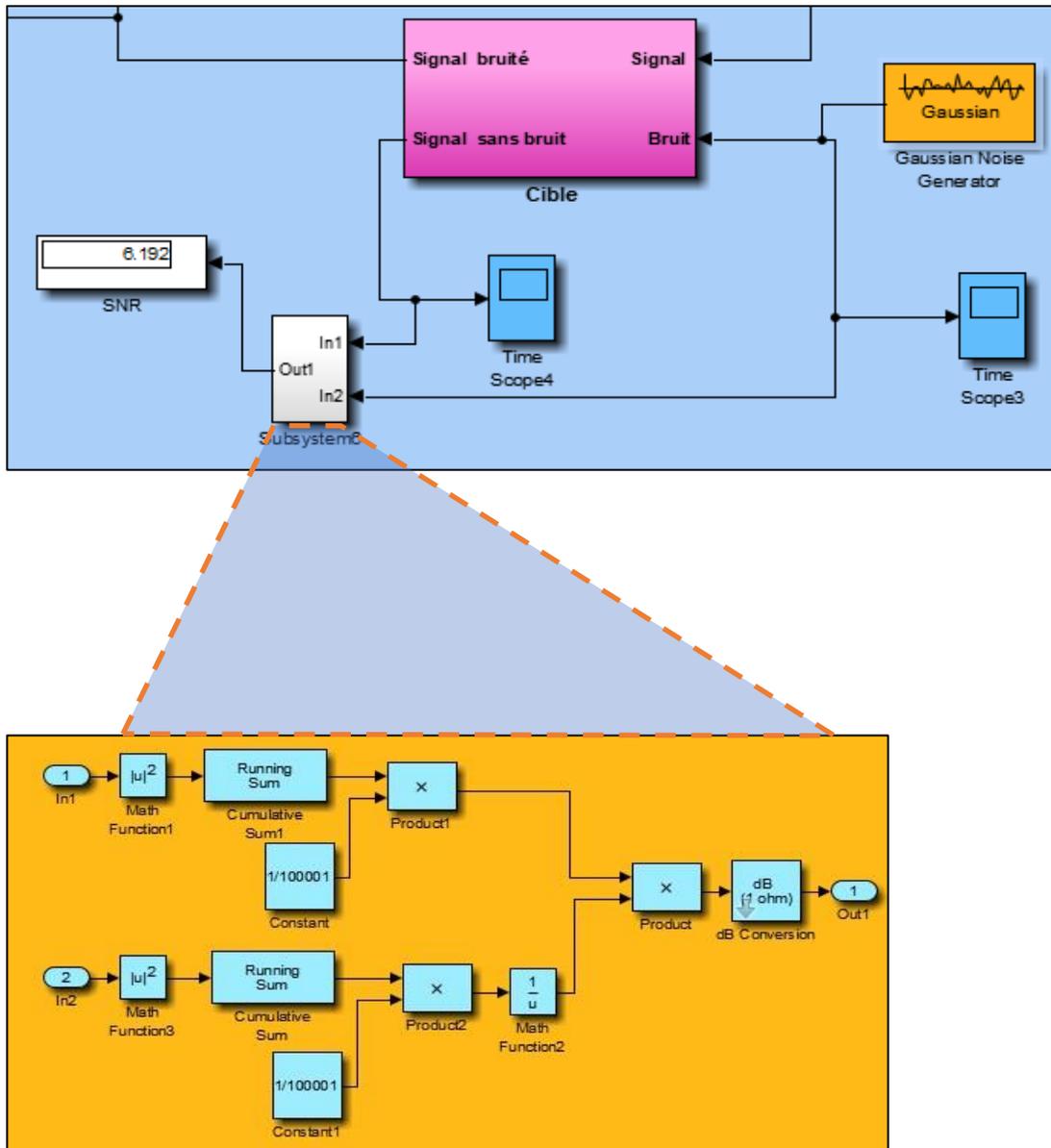


Figure III. 8 : Implémentation du calculer le rapport SNR.

Le Subsysteme 6 permet de calculer le SNR (rapport signal sur bruit) afin de déterminer si le système est immunisé contre le bruit ou très sensible au bruit. Et pour calculer le rapport SNR le Subsysteme 6 est composé de plusieurs block qui effectuent des opérations mathématiques afin de modéliser l'équation du SNR.

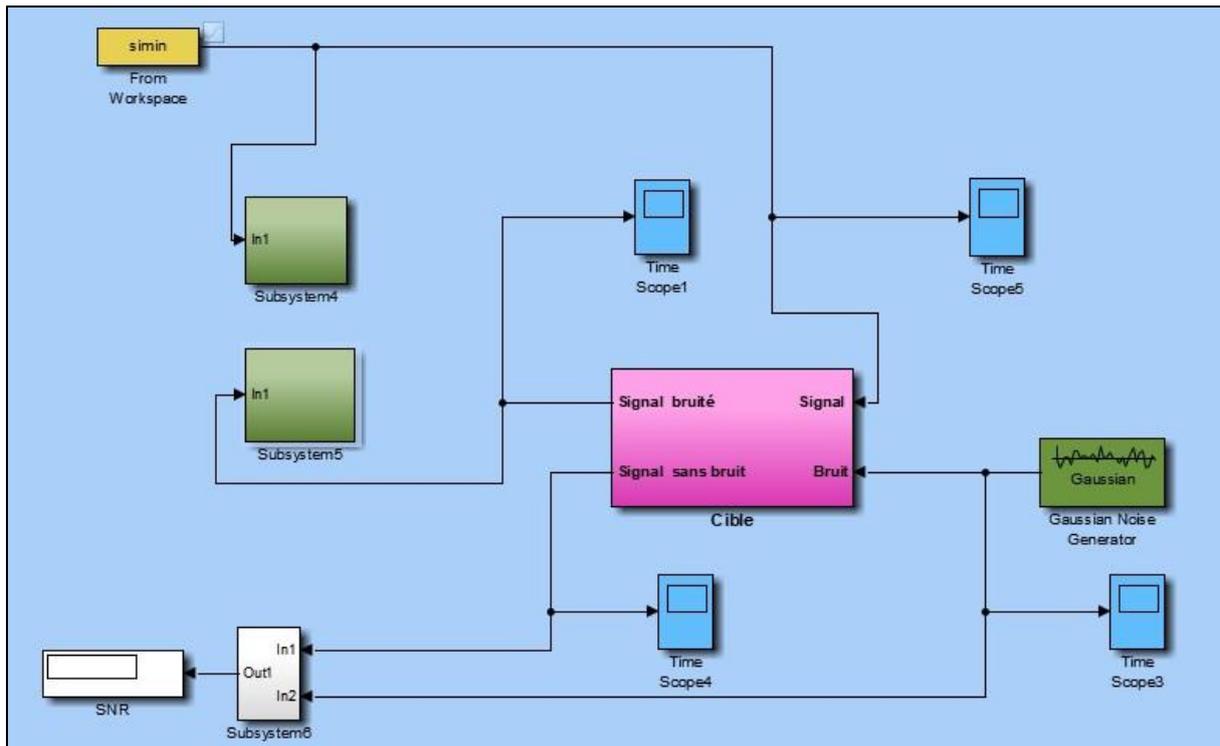


Figure III.9 : Radar UWB implémenté sous Simulink.

Dans l'implémentation de notre modèle, nous avons considéré trois parties : le radar, le canal de propagation gaussien et la cible. Le radar « simin » va transmettre le signal émis qui est stocker dans la variable X1, Ensuite le signal émis va attaquer le bloc cible en utilisant le bruit gaussien pour notre étude dans le cas réel, après le signal va refléter est stocker dans la variable X2, est c'est appelé le signal reçu.

III.5 Simulation :

La simulation permet de s'assurer que le système correspond aux spécifications. La simulation est paramétrée de manière à optimiser les performances de Simulink, laquelle peut modéliser des données simples ou multicanaux, ainsi que des composantes linéaires ou non. Simulink peut simuler des composantes numériques, analogiques ou mixtes. Elle peut modéliser des sources de signaux et les visualiser.[23]

Dans la partie de notre simulation nous avons trois radars dans différents emplacements et deux cibles dans des trajectoires différentes que l'on veut localiser.

Tout d'abord nous avons calculer la distance entre chaque position des cibles et les radars « capteur ». Comme montre la *Figure III.10*

III.5.1 Estimation de distance dans la première position avec le radar 01 :

III.5.1.1 Les coordonnées des cibles et le radar 01 :

X1= (0,1)

X2= (0,2)

Radar 1= (0,6)

Pour calculer les distances on applique l'équation :

$$D = \sqrt{(x_{s_1} - x)^2 + (y_{s_1} - y)^2}$$

Application numérique cible 01 :

$$D_{x1} = 5 \text{ m} \quad (\text{pour aller})$$

$$D_{x1} = 5 * 2 = 10 \text{ m} \quad (\text{pour aller-retour}) = 0.01 \text{ km}$$

Application numérique cible 02 :

$$D_{x2} = 4 \text{ m} \quad (\text{pour aller})$$

$$D_{x2} = 4 * 2 = 8 \text{ m} \quad (\text{pour aller-retour}) = 0.008 \text{ km}$$

Nous avons converti les mètres en kilomètres car nous aurons besoin a cette conversion pour l'utiliser dans les paramètres de simulations.

III.5.1.2 Temp de propagation d'onde :

La période de répétition des impulsions (PRI) du radar ou PRP (Pulse Répétition Period) est un paramètre important dans le calcul de la distance maximum de détection car les échos qui reviennent au radar après un temps supérieur à la PRI apparaissent sur le scope à des positions erronées (distances fausses).[24]

Pour calculer la distance maximum de détection on applique l'équation : $PRP = \frac{2R_{max}}{c}$

$$R_{max} = \text{distance maximum (m)}$$

$$c = \text{vitesse de la lumière } [3 \cdot 10^8 \text{ m/s}]$$

Pour calculer le temp de propagation on applique l'équation : $\Delta_t = \frac{2D}{c}$

Application numérique cible 01 :

$$\Delta_{t1} = \frac{2D}{c} = \frac{10}{3 \cdot 10^8} = 3.33 \cdot 10^{-8} = 33.33 \text{ ns}$$

Application numérique cible 02 :

$$\Delta_{t2} = \frac{2D}{c} = \frac{8}{3 \cdot 10^8} = 2.66 \cdot 10^{-8} = 26.66 \text{ ns}$$

On applique les résultats dans Simulink et on va voir les schémas suivants :

Nous faisons l'estimation de la distance entre les cibles et les radars, Pour chaque cas nous avons exécuter le programme **monocycle_pulse.m** avant d'appliquer les résultats dans Simulink afin d'obtenir les résultats souhaités.

La position de la première cible et le radar 01 :

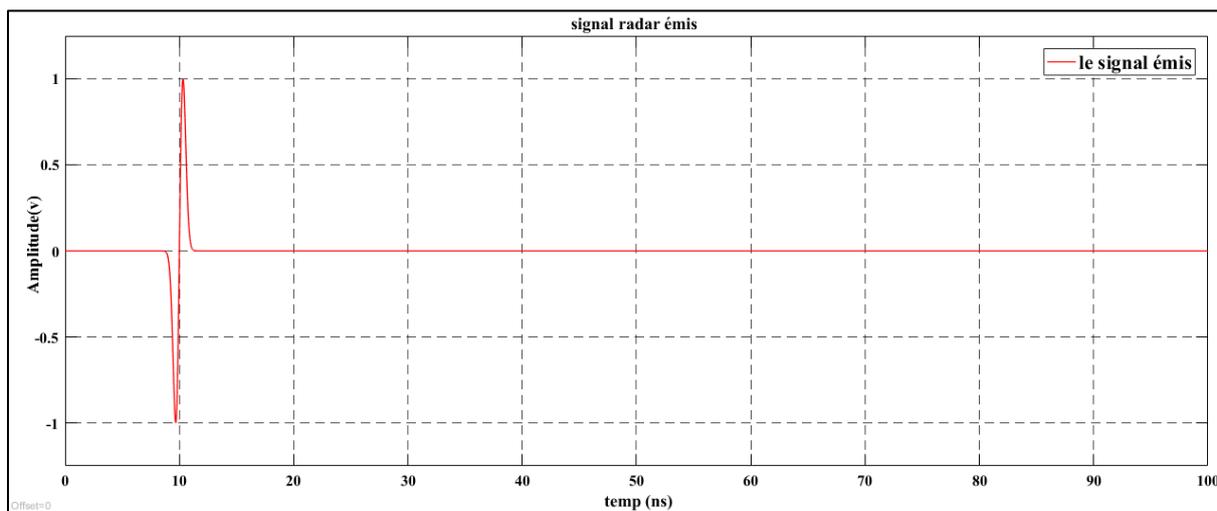


Figure III. 11 : le signal émis par le radar.

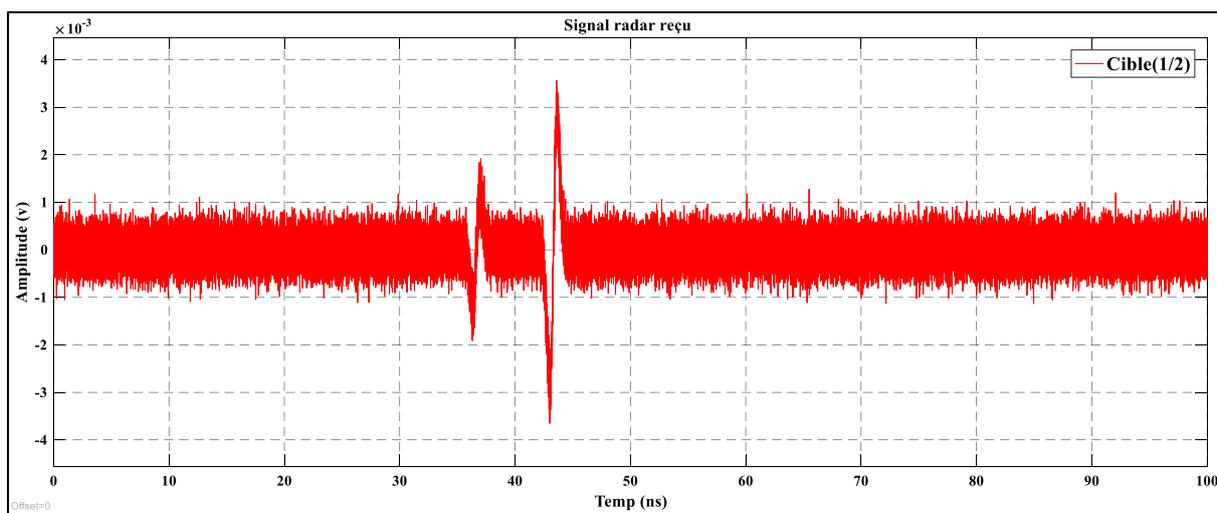


Figure III. 12 : le signal rada reçu.

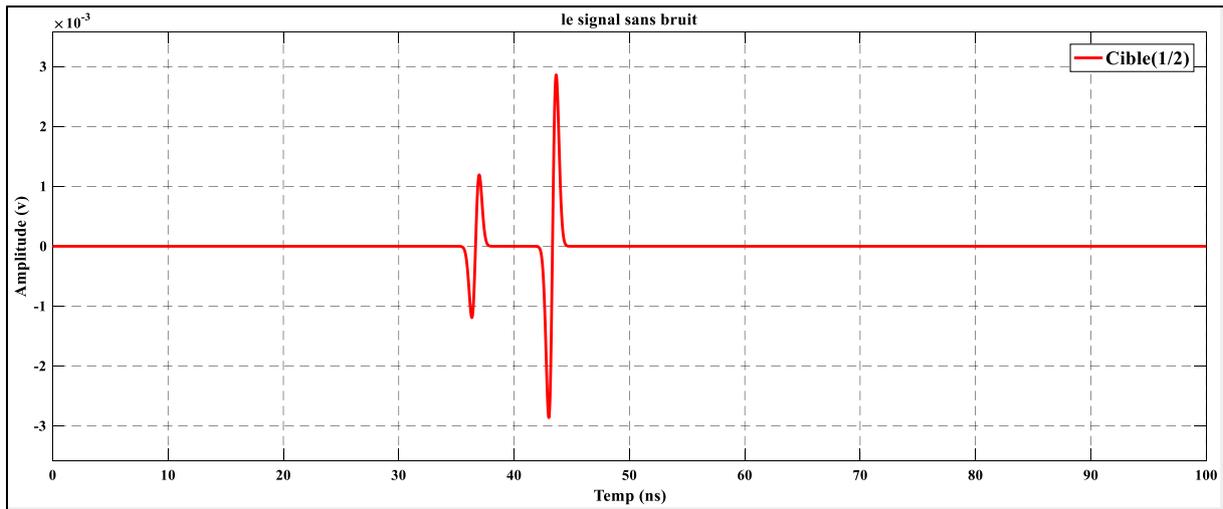


Figure III.13 : le signal sans bruit.

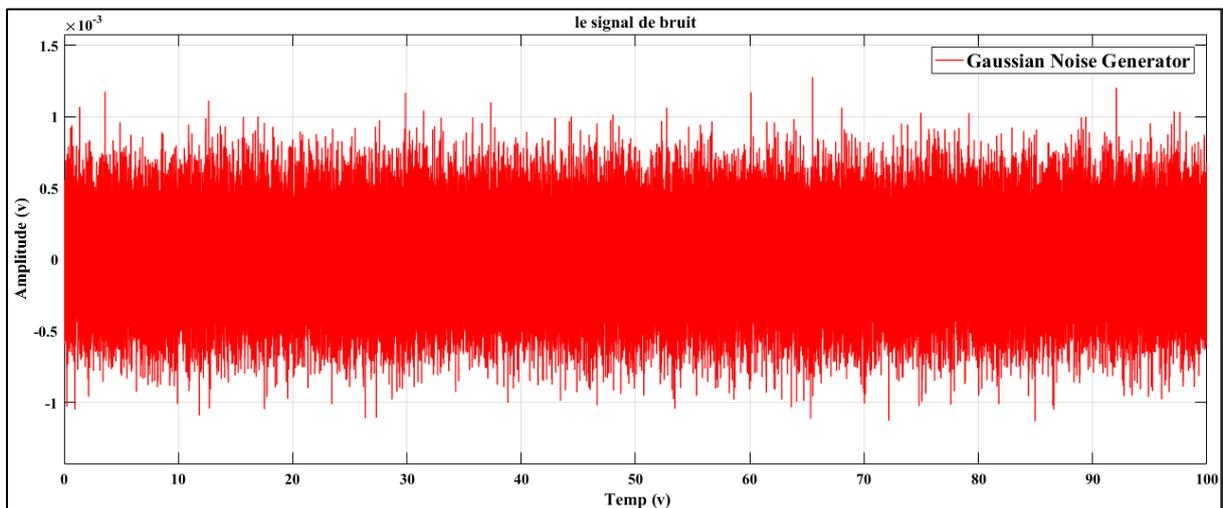


Figure III.14 : le signal de bruit gaussien.

Dans cette partie de simulation nous avons étudié tous les cas afin d'estimer la distance et le temps de propagation d'onde entre les positions des cibles et les radars. Les résultats sont indiqués à l'annexe A.

III.6 Estimation la distance de cible par la corrélation :

III.6.1 La corrélation :

La corrélation est utilisée pour décrire la relation linéaire entre deux variables continues. En général, la corrélation a tendance à être utilisée lorsqu'il n'y a pas de variable de réponse identifiée. [25]

Après avoir étudié de la simulation pour les trois radars et la détermination des échos x_2 . Nous avons déterminé les distances des cibles aux radars qui se fait par le script **corrélator.m**, ce programme fait la corrélation entre l'impulsion UWB émise y_1 et le signal écho reçu x_2 . Nous avons aussi exécuté le programme **monocycle_pulse.m** pour chaque cas avec la fréquence d'échantillonnage 200 GHz pour une grande précision. Ensuite nous avons exécutons le script **corrélation.m** qui nous permet d'obtenir

les figures suivantes nous donnent deux impulsions qui correspondent aux deux cibles, permettant la détermination des distances cibles-radar.

Distances de la première position des cibles-radar 01 :

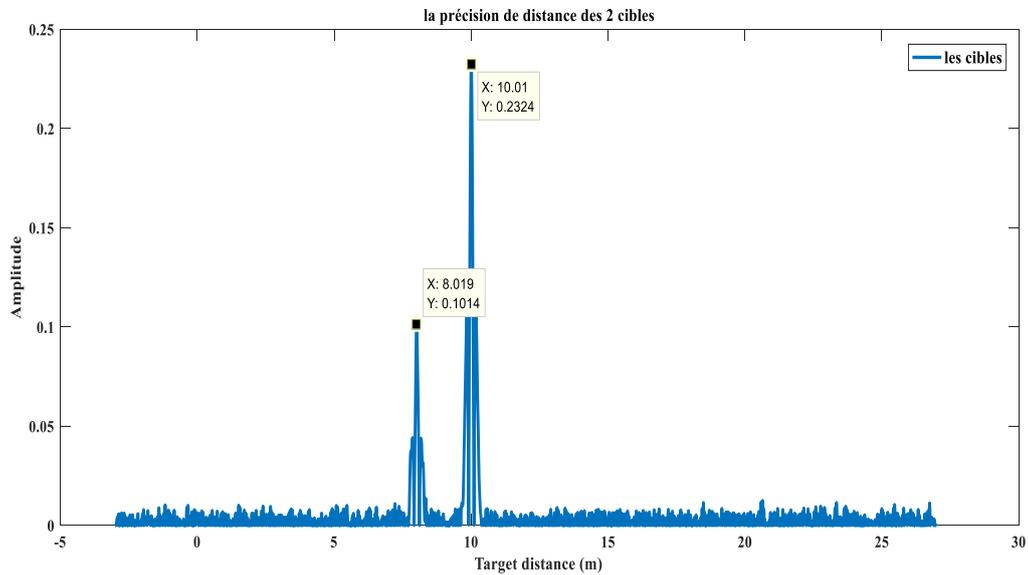


Figure III.15 : la précision de distance des deux cibles par la corrélation pour le radar 01.

Distances de la première position des cibles-radar 02 :

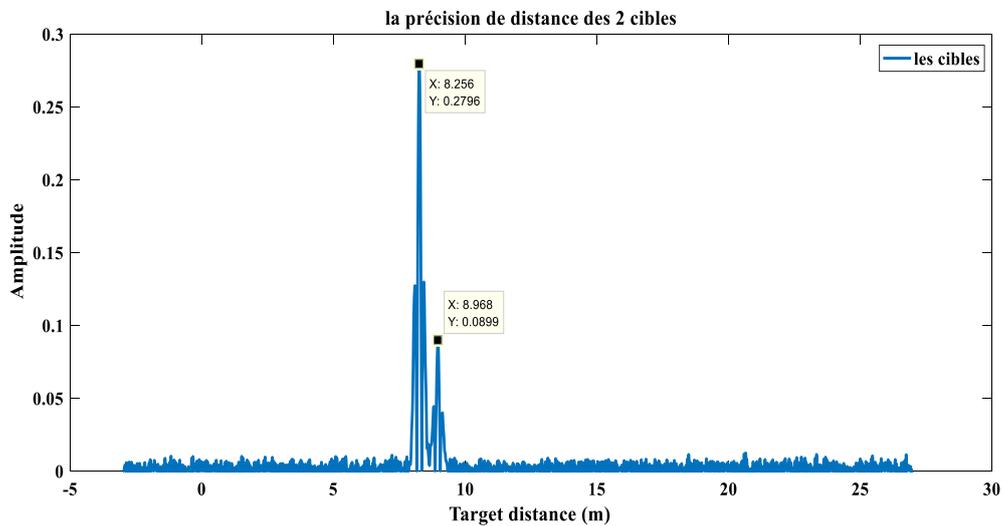


Figure III.16 : la précision de distance des deux cibles par la corrélation pour le radar 02.

Distances de la première position des cibles-radar 03 :

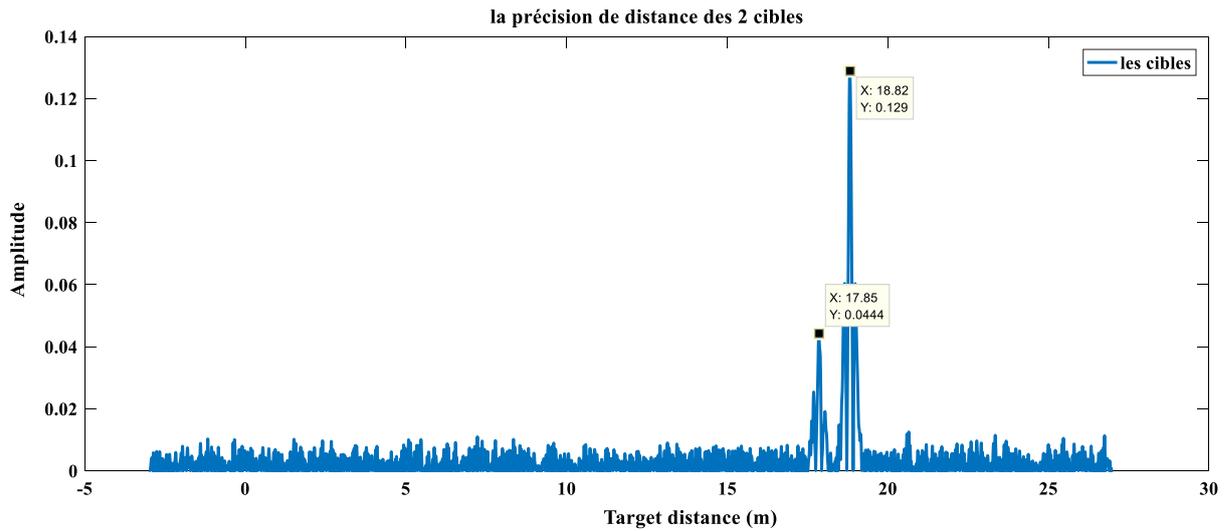


Figure III. 17 : la précision de distance des deux cibles par la corrélation pour le radar 03.

Les autres schémas pour chaque position sont disponibles en annexe B.

Nous avons obtenu les résultats de la précision de distance sous forme des tableaux suivants :

Radar 01 :

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Distance Sensor1-cible1	5.005	5,095	4.037	3.172	5.005	5.095	6.94	8.59	9.41
Distance Sensor1-cible2	4.009	4.27	5.01	6.02	7.2	8.5	8.22	7.2	7

Tableau III.4 : les résultats de la précision de distance des deux cibles par la corrélation pour le radar 01.

Radar 02 :

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Distance Sensor2-cible1	4.128	3.181	3.21	5.095	3.016	5.095	3.21	3.17	4.12
Distance Sensor2-cible2	4.484	3.181	2.25	2.08	2.84	4.039	5.66	5	6.26

Tableau III.5 : les résultats de la précision de distance des deux cibles par la corrélation pour le radar 02.

Radar 03 :

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Distance Sensor3-cible1	9.41	8.59	6.93	5.095	5.005	3.17	4.04	5.095	5.005
Distance Sensor3-cible2	8.93	7.64	6.4	5.32	4.48	4.04	2.01	2.24	1.13

Tableau III. 6 : les résultats de la précision de distance des deux cibles par la corrélation pour le radar 03.

Le script **correlation.m** donne les valeurs de la distance aller-retour. Nous avons divisé les résultats en deux, ils sont dans les trois tableaux précédents pour avoir une estimation de la distance radar-cible.

III.7 Estimation de la position des cibles par trilatération :

Dans cette partie de trilatération, nous prenons les valeurs obtenues précédemment dans les tableaux et les utilisons dans le programme de trilatération afin de localiser et d'estimer des positions (x, y) des cibles en combinant les distances des trois radars.

III.8 Expérimentation et résultats :

Après l'exécution le programme de trilatération pour l'estimation des positions (x, y) des cibles. Les résultats sont illustrés dans les tableaux suivants :

Cible 01 :

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X estimée	0.0314	0.9507	2.0170	3.0064	4	4.9944	5.9901	6.9893	7.9686
Y estimée	1.0146	1.0599	2.5119	4.9957	3.0039	4.9963	2.5051	1.0146	1.0146

Tableau III.7 : l'estimation des positions (x, y) de cible 01 par trilatération.

Cible 02 :

Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X estimée	0.0204	1.4915	3.0088	4.4961	5.9856	7.4955	7.9705	6.9264	6.9827
Y estimée	2.0135	1.9843	2.0027	2.0046	2.0092	2.0023	4.0193	4.0476	5.5041

Tableau III.8 : l'estimation des positions (x, y) de cible 02 par trilatération.

Donc avec ces valeurs que nous avons obtenues dans le cas expérimental, nous devons tracer les trajectoires des cibles mesurées et les comparer avec les trajectoires réelles.

Le programme qui nous a aidé à tracer les trajectoires des cibles mesurées qui sont illustrées au niveau de la figure suivante :

```
cible1=[0.0314 0.9507 2.0170 3.0064 4 4.9944 5.9901 6.9893 7.9686;
        1.0146 1.0599 2.5119 4.9957 3.0039 4.9963 2.5051 1.0146 1.0146];

cible2=[0.0204 1.4915 3.0088 4.4961 5.9856 7.4955 7.9705 6.9264 6.9827;
        2.0135 1.9843 2.0027 2.0046 2.0092 2.0023 4.0193 4.0476 5.5041];

plot(cible1(1,:),cible1(2,),'-bs',...
     'LineWidth',0.5,...
     'MarkerSize',6,...
     'MarkerEdgeColor','b',...
     'MarkerFaceColor',[0,0,1])
axis([0 8 0 6]);
grid on
hold on
plot(cible2(1,:),cible2(2,),'-rs',...
     'LineWidth',1,...
     'MarkerSize',6,...
     'MarkerEdgeColor','r',...
     'MarkerFaceColor',[1,0,0])
```

Figure III.18 : le programme pour tracer les trajectoires des cibles mesurées

Après l'exécution de ce programme, nous obtenons les trajectoires suivantes :

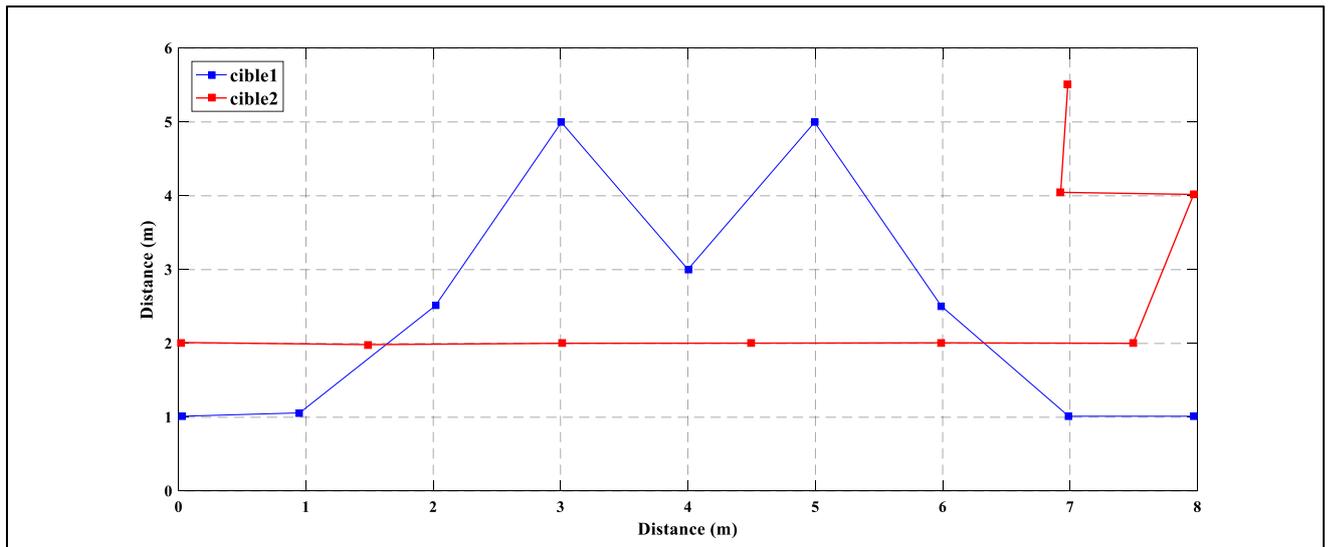


Figure III.19 : Schéma représente le déplacement des deux cibles expérimentalement.

III.8.1 Interprétation des résultats :

Après avoir tracé le graphe expérimental du cas réel (signal + bruit) des résultats obtenus via simulation, à partir de ces résultats nous avons retracer le parcours des deux cibles via un graphe. Le graphe expérimental obtenu est similaire à celui du cas théorique et la différence est quasiment négligeable, ce qui permet de valider l'approche proposée basée sur la technologie IR-UWB et la trilatération pour la poursuite de cibles mobiles en environnement et montre incontestablement sa haute précision. La légère différence entre les deux graphes est dû au bruit.

III.9 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié la localisation des cibles mobiles en environnement indoor en exploitant le système radar ULB par l'algorithme trilatération. Cet algorithme permet d'estimer la position des cibles grâce à trois radars ULB. Tout d'abord nous avons calculé chaque cas des positions des cibles entre les radars dans le cas théorique, ensuite nous avons réalisé une estimation des distances des cibles entre les radars ULB par la corrélation.

Finalement, après l'étude expérimentale nous avons utilisé l'algorithme trilatération pour la localisation des positions (x, y) des cibles dans le cas réel et nous pouvons affirmer à partir des résultats obtenus, conjointement avec les considérations précédentes, que la localisation précise permettant la poursuite temps réel a été réalisée avec succès, ceci prouve l'efficacité de la méthode d'estimation des positions des cibles en utilisant la technologie IR-UWB via l'algorithme de trilatération.

Conclusion générale

Conclusion générale :

De nos jours, la localisation est devenue une nécessité pour susciter un grand intérêt, une variété de technologies pour le positionnement intérieur et extérieur vient d'apparaître, et ces technologies s'adressent à divers domaines et secteurs.

Elles se sont progressivement insinuées dans notre vie quotidienne. Ils sont extrêmement variés (GPS, localisation par l'ULB ... etc.). Ils ont apporté une énorme contribution aux entreprises, en particulier dans l'agriculture, la sécurité et l'aide humanitaire. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet dans lequel nous avons utilisé la technologie IR-ULB via la localisation par l'algorithme de trilatération pour estimer la position de la cible mobile dans un environnement indoor. L'objectif de la contribution décrite dans ce mémoire concerne l'étude de la faisabilité d'un tel système.

Dans ce mémoire, le premier chapitre a été consacré à un état de l'art sur la technologie et radar ULB. Dans le deuxième chapitre, on a fait une étude des techniques et les technologies de localisation et poursuite de cibles en environnement indoor. Nous avons présenté les métriques (AOA, TOA, TDOA et RSS), et les méthodes de positionnement, puis choisir la méthode qui répond le mieux aux contraintes de la localisation considérée.

Dans le troisième chapitre nous avons étudié la localisation des cibles mobiles en environnement indoor en exploitant le système radar ULB par l'algorithme trilatération. Le but principal de ce chapitre et de localiser avec précision des cibles mobiles en utilisant cette technologie. Nous avons appliqué cet algorithme aux deux cibles en mouvement et estimer la distance entre les cibles et les radars. Ensuite, nous avons procédé à l'implémentation du Radar ULB sous Simulink, et en utilisant le schéma général pour illustrer le fonctionnement du radar pour transmettre des ondes impulsionnelles, identifier la cible et recevoir l'écho émis par une cible mobile.

Au niveau de la simulation réalisée sous le logiciel MATLAB, tout d'abord nous avons procédé à une étude théorique qui nous a permis de calculer à chaque cas la distance et le temps de propagation de l'onde entre les cibles et les radars ULB, En effet, dans le cas réel nous avons fait la corrélation entre l'impulsion ULB émise y_1 et le signal écho reçu x_2 pour estimer la distance entre les cibles et les radars ULB par cette dernière, en utilisant les résultats précédents. Ensuite nous avons validé l'algorithme de trilatération en 2D par une implémentation sous environnement Matlab [22] à l'aide des mesures de TOA, puis en mentionnant les résultats obtenus pour déterminer les positions (x, y) des cibles en combinant les distances des trois radars.

Enfin, d'après l'étude de localisation des cibles mobiles par le radar ULB en exploitant la méthode de trilatération et du tracking indoor, nous avons acquis les résultats des expériences de simulation, afin, de pouvoir tracer les trajectoires des cibles mesurées selon le cas expérimental et le comparer avec le cas théorique qui nous a donné des résultats très satisfaisants (la faisabilité de la localisation précise permettant la poursuite temps réel a été démontré).

Au final, les résultats obtenus dans ce projet montrent que la technologie radio ULB combinée à la technique de localisation par trilatération aboutit à un système de localisation très performant, caractérisé notamment par une meilleure précision de positionnement requise dans des applications de notre vie quotidienne.

Conclusion générale

La problématique rencontrée dans ce projet est la difficulté de la réalisation pratique, le manque d'équipement pour faire face à la réalisation de ultra large bande et surtout son prix onéreux. L'ULB a une grande précision de mesure de distance grâce à sa largeur de bande et son débit très élevé, par contre elle présente quelques inconvénients, une réduction de la portée du système, limitation à une distance ne dépassant les 10 mètres.

Comme perspectives à notre travail, nous proposons, étant donné que notre étude s'est portée sur l'évaluation du système de localisation ULB uniquement en 2 D, de poursuivre cette étude en 3 D pour d'autres types d'applications notamment la localisation à l'intérieur des bâtiments et des parkings, qui regroupent l'étude théorique et pratique en utilisant un démonstrateur prototype pour une meilleure localisation précise.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques :

- [1] Avis no SMSE-002-05 — Document de consultation sur l'introduction des systèmes sans fil utilisant la technologie à bande ultra-large « Canada »
- [2] Mémoire Implémentation et évaluation des performances de précision d'un système radar UWB pour la localisation indoor
- [3] BOUZIANE, Fairouz. HTL : Une approche pour l'hybridation des techniques de localisation. 2015. Thèse de doctorat. Université de Batna 2.
- [4] Stéphane MEBALEY EKOME Thèse doctorant de l'Université Paris-Est Étude et conception d'une couche physique UWB-IR pour les réseaux BAN
- [5] Xiaowei Zhao. Détection et localisation de cibles derrière un mur avec un système radar ULB. Autre. Université de La Rochelle, 2012. Français.
- [6] Détection électromagnétique courte portée par Michèle LALANDE Docteur en Électronique XLIM – UMR CNRS no 7252 Professeur de l'université de Limoges
- [7] MEHALLEL Elhadi Thèse doctorat Contribution au Traitement des Signaux en Communication Ultra Large Bande (ULB)
- [8] TAHRI, Tarik Thèse de doctorat Systèmes radars coopératifs multi modes pour la détection, l'identification des obstacles sur les voies, la localisation et la transmission de données trains infrastructures.
- [9] DUMONT, Thierry. Contributions à la localisation intra-muros. De la modélisation à la calibration théorique et pratique d'estimateurs. 2012. Thèse de doctorat.
- [10] NOGUEIRA, Barbosa et MARIA, Evanaska. Conception d'un système d'antennes pour la localisation en temps réel avec réseau de capteurs sans fils. 2013. Thèse de doctorat. Grenoble.
- [11] SEGHIER, Nor El Houda. Localisation d'un mobile dans un réseau UMTS. 2013. Thèse de doctorat. usto.
- [12] SAHRAOUI, Belkheyr. La Géo-localisation dans les Réseaux de Capteurs sans Fil. 2015. Thèse de doctorat.
- [13] KOSSONOU, Kobenan Ignace. Étude d'un système de localisation 3-D haute précision basé sur les techniques de transmission Ultra Large Bande à basse consommation d'énergie pour les objets mobiles communicants. 2014. Thèse de doctorat.
- [14] BOUSHABA, Mustapha. Localisation des noeuds dans les réseaux de capteurs sans fil. 2007.
- [15] PAUL, STEFANUT. Application des algorithmes de haute résolution à la localisation de mobiles en milieu confiné. 2010. Thèse de doctorat. Thèse de Doctorat en informatique, l'Université des Sciences et Technologies de Lille.
- [16] MAACHE, Lynda et MECHEDOU, Tinhinane. Estimation de la position d'une station mobile par le filtre de Kalman. 2018. Thèse de doctorat. Université Akli Mouhand Oulhadj-Bouira.
- [17] RENAUDIN-SCHOULER, Valérie Jeanne Thérèse. Hybridation MEMS/UWB pour la navigation pédestre intra-muros. 2009. Thèse de doctorat. Verlag nicht ermittelbar.

Références Bibliographiques

- [18] TAOK, Anthony. Localisation dans les milieux confinés : combinaison de l'UWB et les réseaux de neurones dans un algorithme de localisation par signature. 2008. Thèse de doctorat. Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue.
- [19] SARI, Mounya Amal. ETUDE DU RSSI POUR L'ESTIMATION DE LA DISTANCE DANS LES RESEAUX DE CAPTEURS SANS FIL. Thèse de doctorat. 12-03-2018.
- [20] DAHMANI, SARRA et HABIB, MERYEM. La géolocalisation basée sur l'utilisation des systèmes d'informations géographiques. Thèse de doctorat.
- [21] <https://nte.mines-albi.fr/MATLAB/co/Generalites.html>
- [22] DAHI, Mazigh et SAFIA, Hamza. Techniques de géolocalisation, Etude et simulation. 2018. Thèse de doctorat. Université Akli Mouhand Oulhadj-Bouira.
- [23] AYYASH, Mouhammad. Étude d'un système d'acquisition rapide de signaux UWB à très bande en milieu minier souterrain. 2013. Thèse de doctorat. Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue.
- [24] CHRISTIAN, WOLFF. Radar principle [online].[cit. 2018-07-04] Available at: http://www.radartutorial.eu/01_basics.Radar%20Principle.en.html.
- [25] http://archive.dimacs.rutgers.edu/dci/2006/Lecture13_Correlation.pdf
- [26] BILLEL, AMOURI. Techniques combinées MB-OFDM coopératives dans les transmissions ultra larges bandes (UWB). 2018. Thèse de doctorat. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA.
- [27] FALL, Bouna. Evaluation des performances d'un système de localisation de véhicules de transports guidés fondé sur l'association d'une technique radio ULB et d'une technique de retournement temporel. 2013. Thèse de doctorat.
- [28] DUBOULOZ, Samuel et OUVRY, Laurent. Régulation et Normalisation pour les Communications Ultra Large Bande (UWB). Journées Scientifiques Du CNFRS" Vers des radiocommunications reconfigurables et cognitives, 2004, vol. 28.
- [29] BENNAI, Massissilia et TATI, Amina. Localisation des stations mobile par la fusion de donnée. 2018. Thèse de doctorat. Université Akli Mouhand Oulhadj-Bouira.
- [30] TERRÉ, M. Communication en ultra large bande (UWB). Séminaire CNFRS/URSI, 2003.
- [31] MALLEK, Jihene, DHIEB, Mohamed, LAHIANI, Mongi, et al. Générateur d'impulsions monocycle gaussien d'un émetteur Ultra Large Bande. Differential Output Voltage in Volt Differential Input Voltage in Volt Differential Input Voltage Hyperbolic Tangent Error Hyperbolic Tangents Gaussian Monocycle, 2008, p. 310-319.
- [32] BIA, A., TLIBA, H. Estimation du canal radio UWB en utilisation le récepteur rake, Mémoire de Fin d'Etude, Université Echahid Hamma Lakhdar –El Oued, :17 Septembre 2015

Annexes

Annexe A :

Dans cette partie, nous avons présenté les diagrammes et les résultats de l'estimation des distances entre chaque emplacement pour les cibles et les trois radars cela nous reste.

Pour calculer les distances et le temp de propagation d'onde nous avons utilisé les équations 'précédent' :

Les résultats des distances et le PRP :

Les cibles par le radar 01				
	La cible 01		La cible 02	
Positions	La distance	Le temp	La distance	Le temp
01	d1=0.010 km	Dt=33.33ns	d1=0.008km	Dt=26.66ns
02	d2=0.010198 km	Dt=33.99ns	d2=8.544km	Dt=26.66ns
03	d3=0.008062 km	Dt=26.87ns	d3=0.010km	Dt=33.33ns
04	d4=0.006324km	Dt=21.1ns	d4=0.012041km	Dt=40.1ns
05	d5=0.010km	Dt=33.33ns	d5=0.014422km	Dt=48.1ns
06	d6=0.010198km	Dt=33.99ns	d6=0.017km	Dt=56.66ns
07	d7=0.012165km	Dt=40.6ns	d7=0.016492km	Dt=54.97ns
08	d8=0.017204km	Dt=57.3ns	d8=0.01456km	Dt=48.5ns
09	d9=0.018867km	Dt=62.9ns	d9=0.014035km	Dt=46.8ns

Tableaux-les valeurs de distance et le temp des deux cibles et le radar 01.

Les cibles par le radar 02				
	La cible 01		La cible 02	
Positions	La distance	Le temp	La distance	Le temp
01	d1=0.00824km	Dt=27.48ns	d1=0.00894km	Dt=29.8ns
02	d2=0.00632km	Dt=21.1ns	d2=0.006403km	Dt=21.34ns

03	d3=0.006403km	Dt=21.34ns	d3=0.00447km	Dt=14.90ns
04	d4=0.010198km	Dt=33.99ns	d4=0.004123km	Dt=13.74ns
05	d5=0.0006km	Dt=20ns	d5=0.005656km	Dt=18.85ns
06	d6=0.01019km	Dt=33.99ns	d6=0.008062km	Dt=26.87ns
07	d7=0.00640km	Dt=21.34ns	d7=0.011313km	Dt=37.7ns
08	d8=0.006324km	Dt=21.1ns	d8=0.010km	Dt=33.33ns
09	d9=0.008246km	Dt=27.48ns	d9=0.012529km	Dt=41.8ns

Tableaux-les valeurs de distance et le temp des deux cibles et le radar 02.

Les cibles par le radar 03				
	La cible 01		La cible 02	
Positions	La distance	Le temp	La distance	Le temp
01	d1=0.018867km	Dt=62.9ns	d1=0.017888km	Dt=59.6ns
02	d2=0.017204km	Dt=57.3ns	d2=0.015264km	Dt=50.9ns
03	d3=0.013892km	Dt=46.3ns	d3=0.012806km	Dt=42.7ns
04	d4=0.010198km	Dt=33.99ns	d4=0.010630km	Dt=35.4ns
05	d5=0.010km	Dt=33.33ns	d5=0.008944km	Dt=29.8ns
06	d6=0.006324km	Dt=21.1ns	d6=0.008062km	Dt=26.87ns
07	d7=0.008062km	Dt=26.87ns	d7=0.004km	Dt=13.33ns
08	d8=0.010198km	Dt=33.99ns	d8=0.004472km	Dt=16.90ns
09	d9=0.010km	Dt=33.33ns	d9=0.002236km	Dt=7.5ns

Tableaux-les valeurs de distance et le temp des deux cibles et le radar 03.

Ensuite, nous implémentons ces valeurs dans Simulink, et nous obtenons les schémas suivants :

Les schémas de signal émis le bruit gaussien sont toujours répétés, donc nous ne citons qu'un seul exemple.

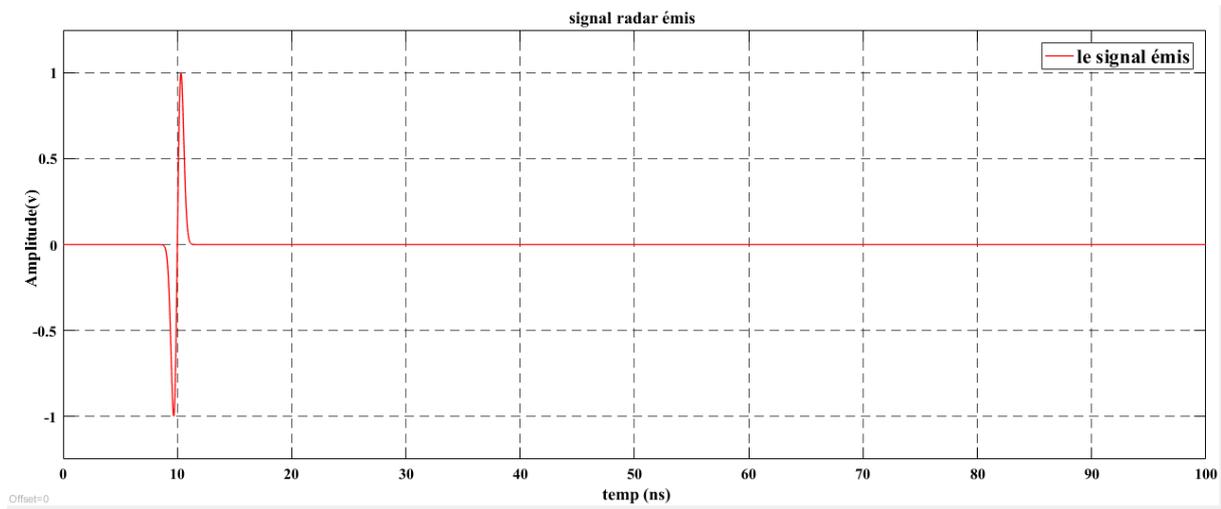


Figure-le signal émis par le radar ULB.

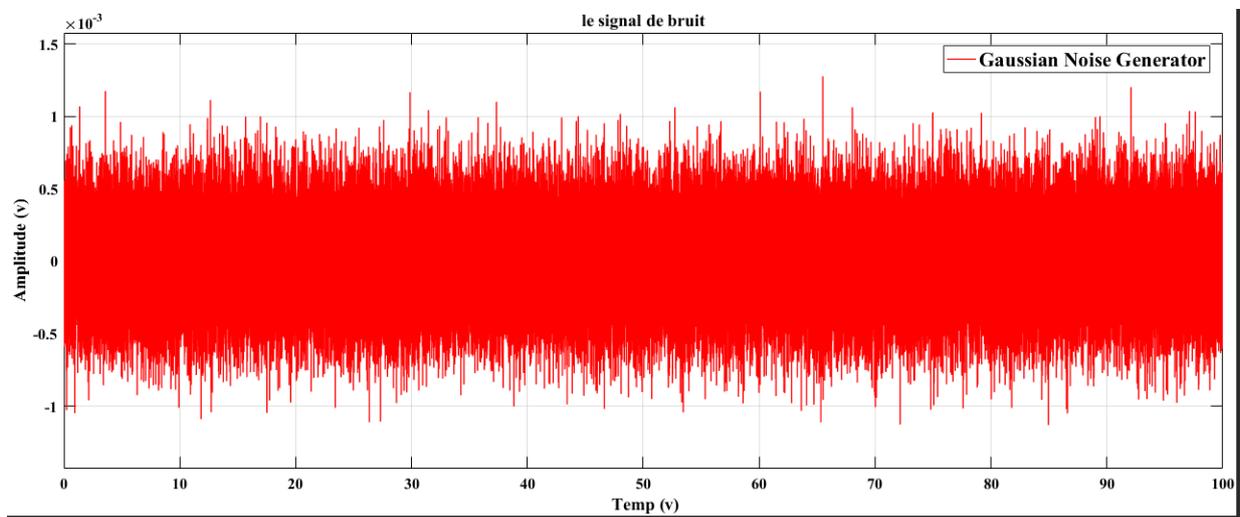


Figure-le signal de bruit gaussian.

Les schémas des positions des cibles par le radar 01 :

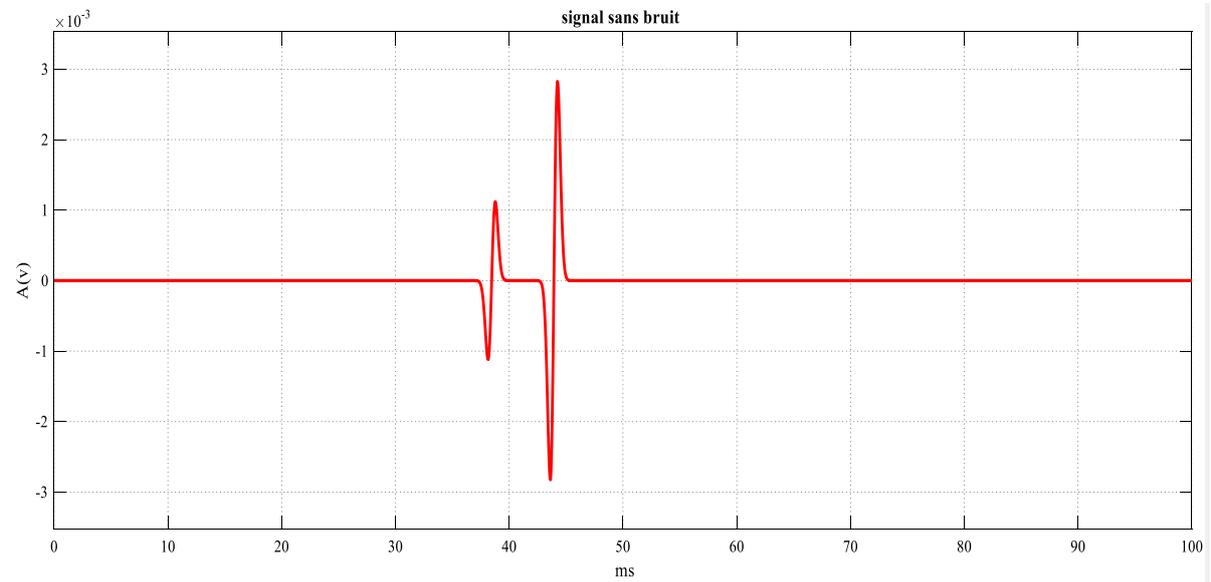
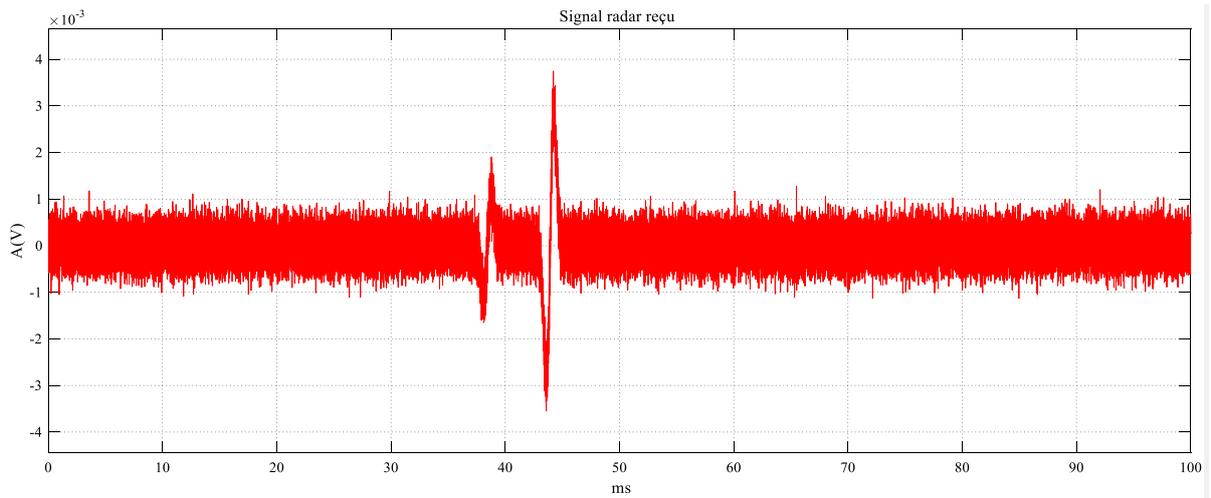


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **deuxième** position des cibles par le radar 01

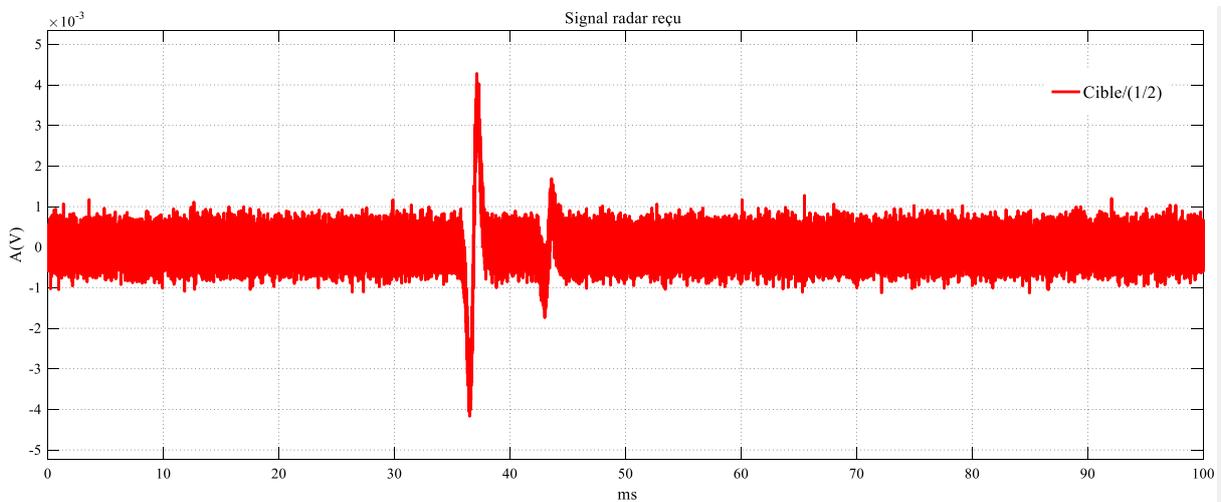


Figure-le signal reçu de la **troisième** position des cibles par le radar 01

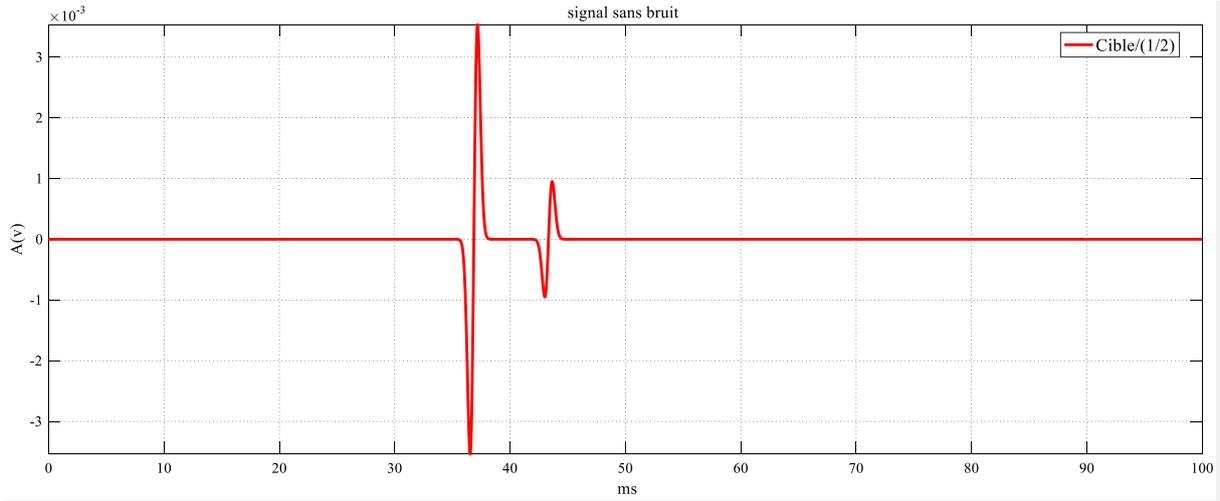


Figure-le signal sans bruit de la **troisième** position des cibles par le radar 01

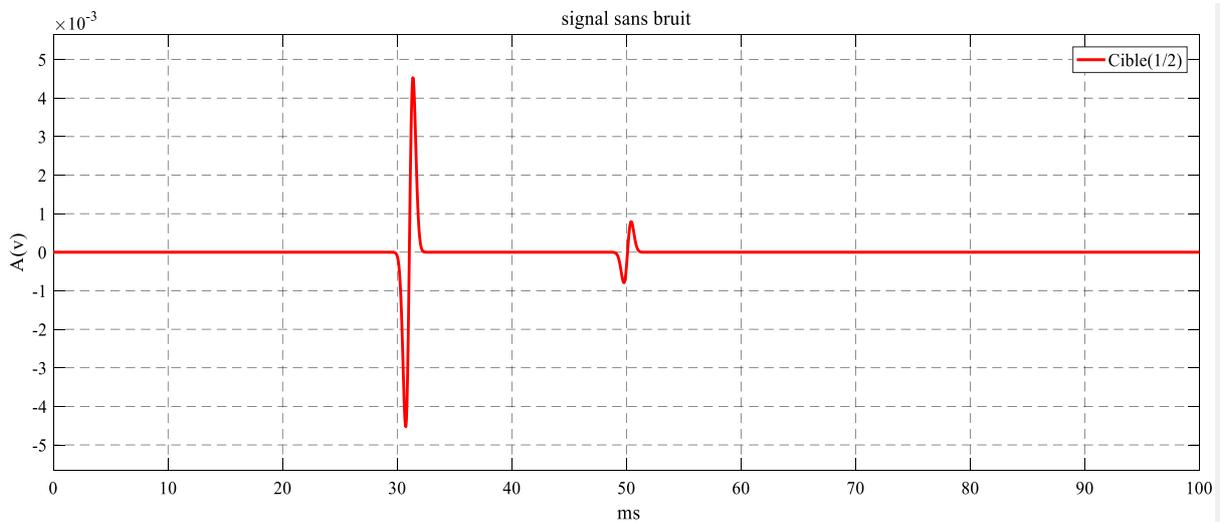
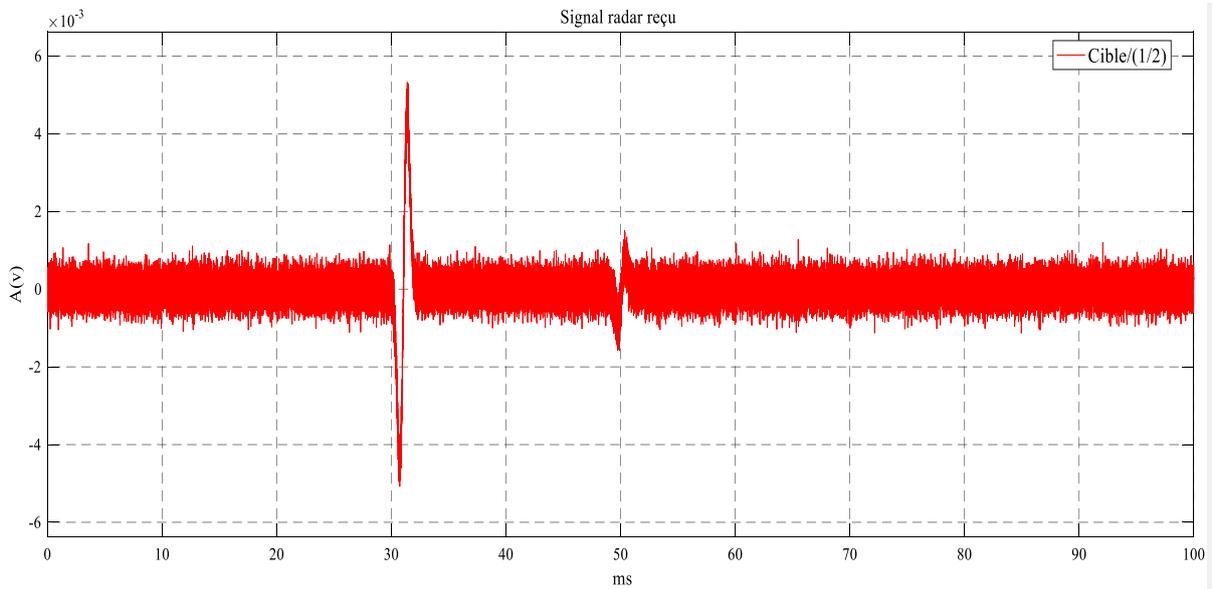


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **quatrième** position des cibles par le radar 01

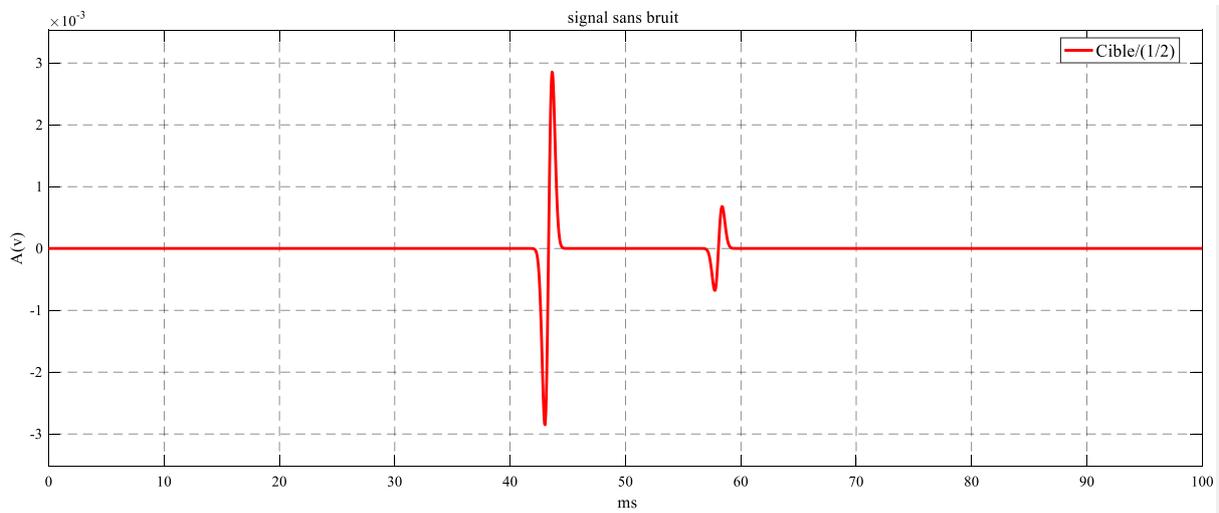
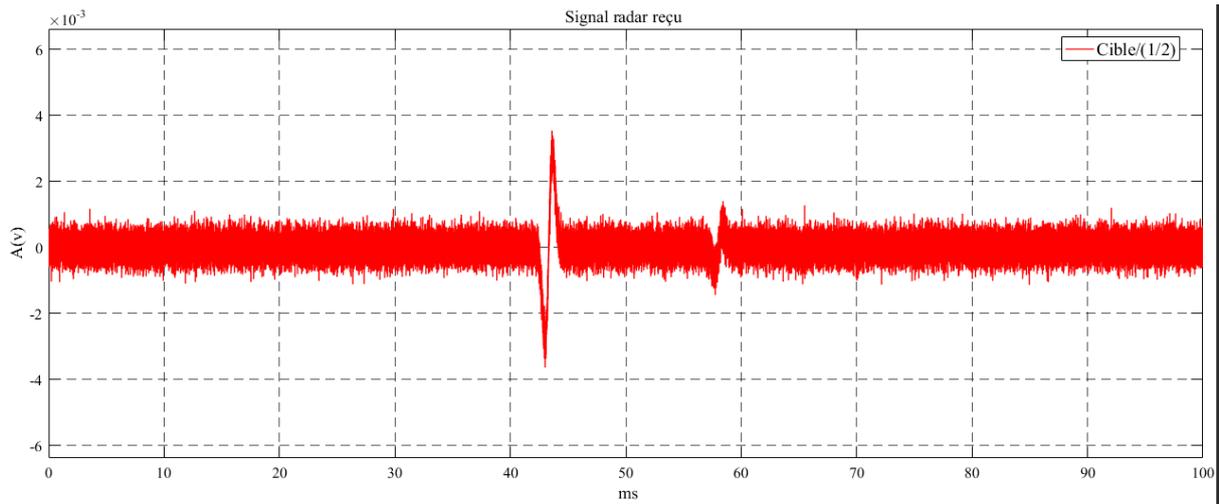


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **cinquième** position des cibles par le radar 01

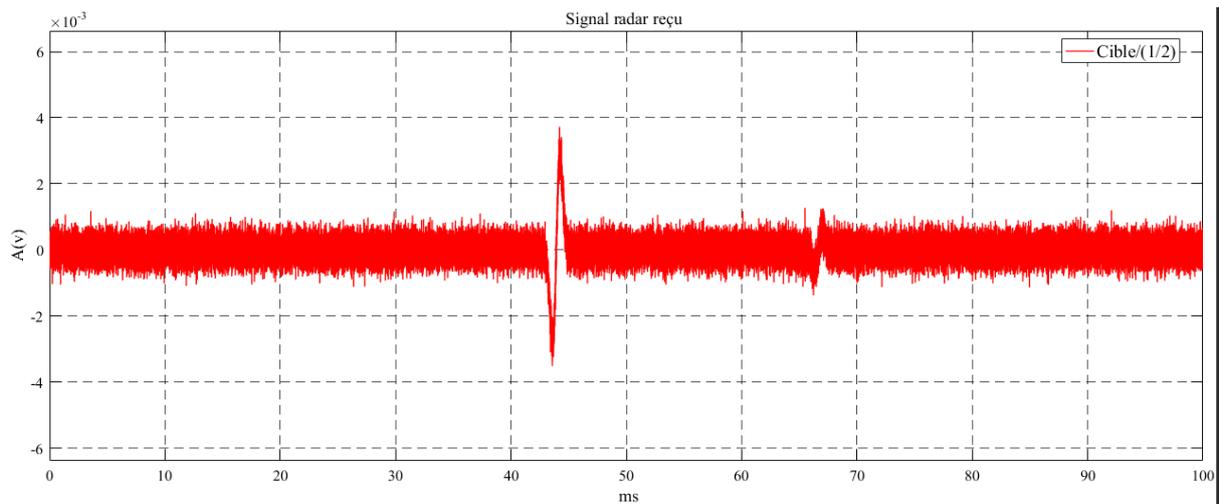


Figure-le signal reçu de la **sixième** position des cibles par le radar 01

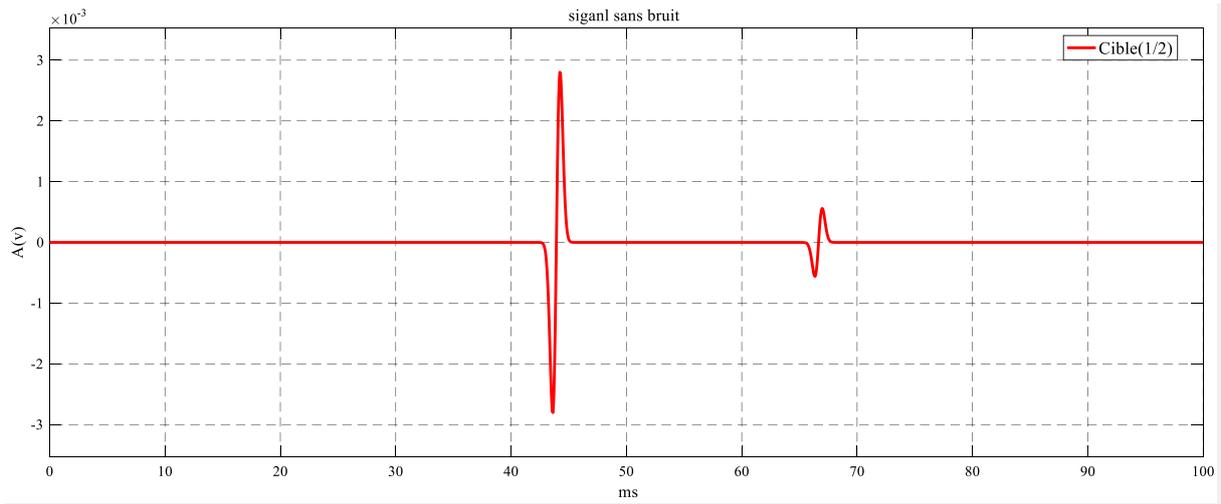


Figure-le signal sans bruit de la **sixième** position des cibles par le radar 01

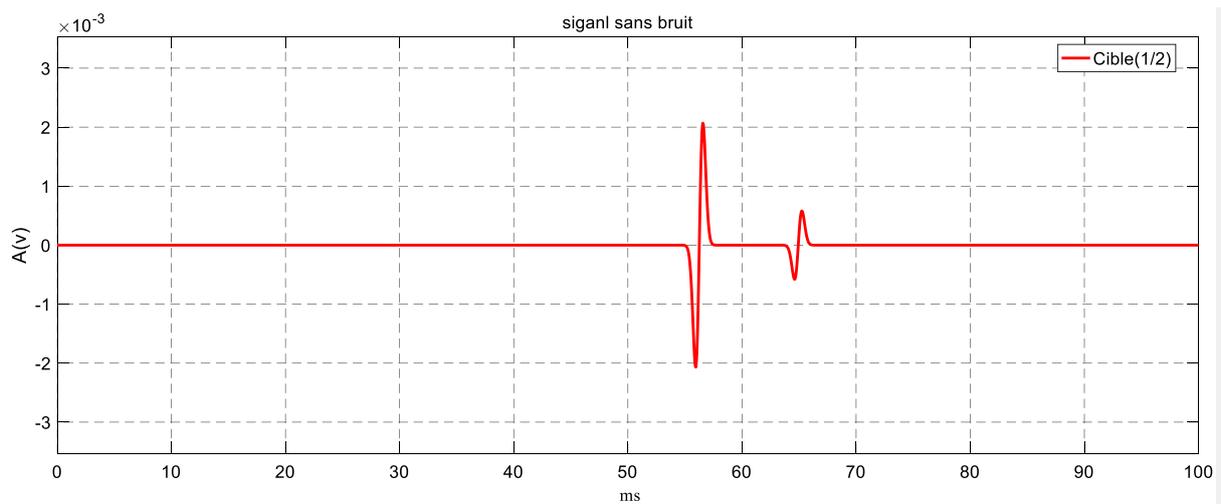
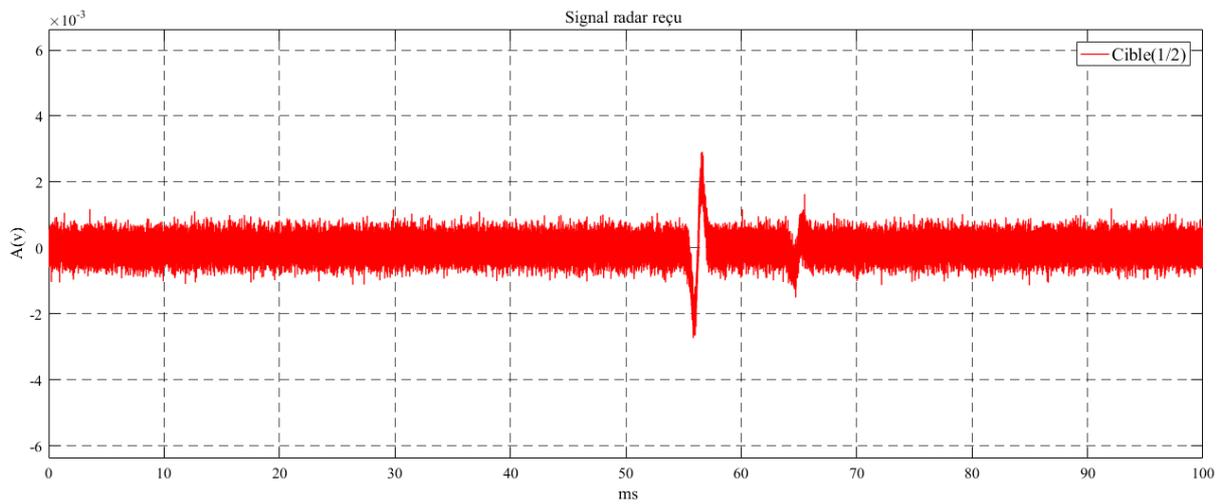


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **septième** position des cibles par le radar 01

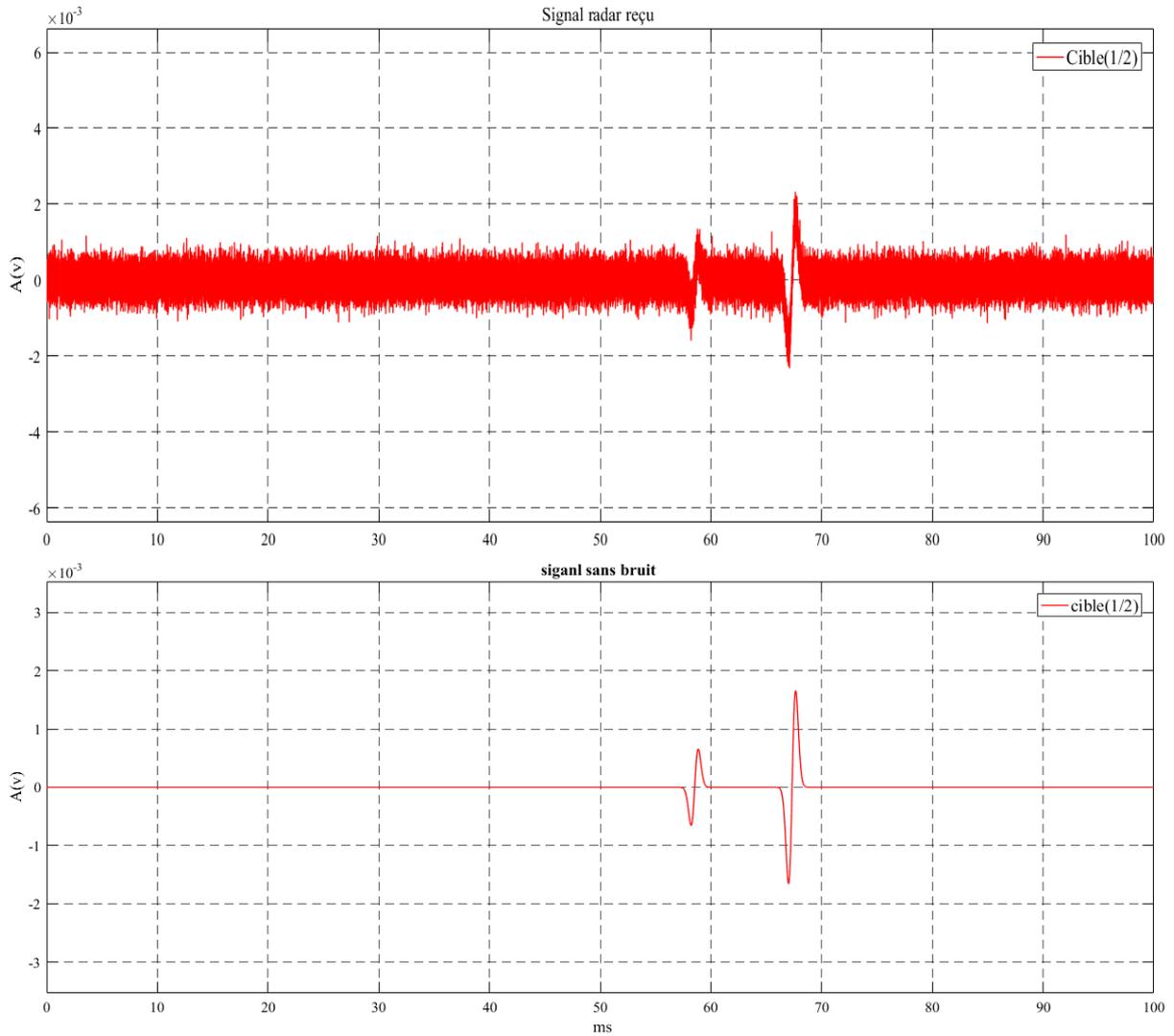


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la huitième position des cibles par le radar 01

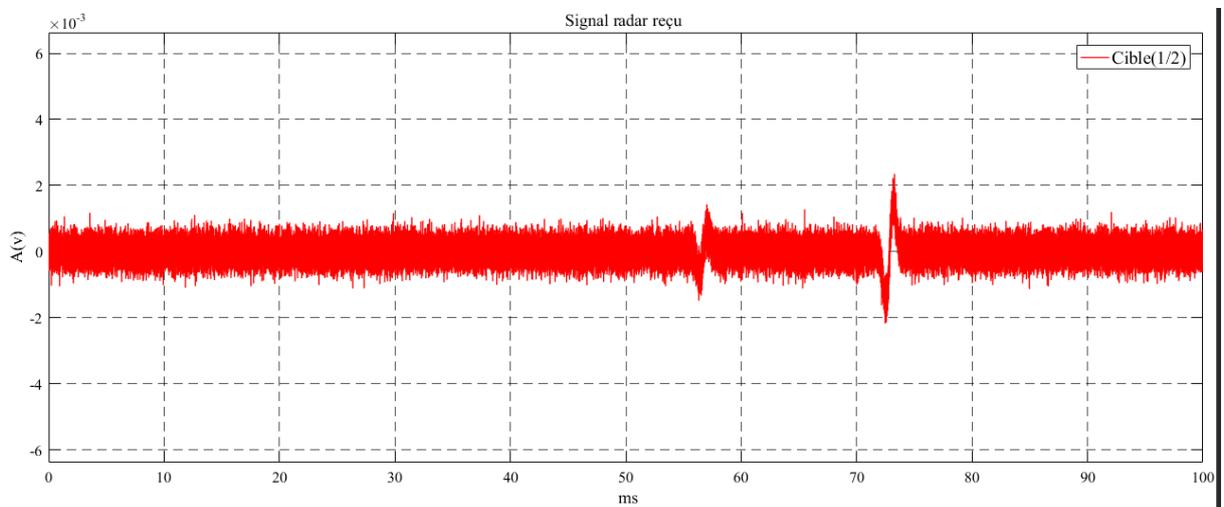


Figure-le signal reçu de la **neuvième** position des cibles par le radar 01

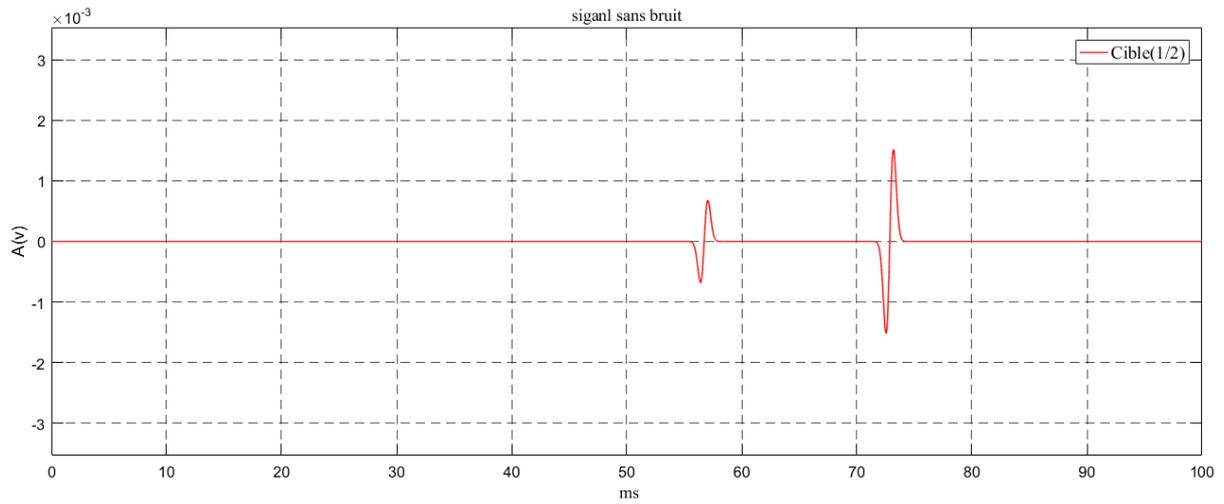


Figure-le signal sans bruit de la **neuvième** position des cibles par le radar 01

Les schémas des positions des cibles par le radar 02 :

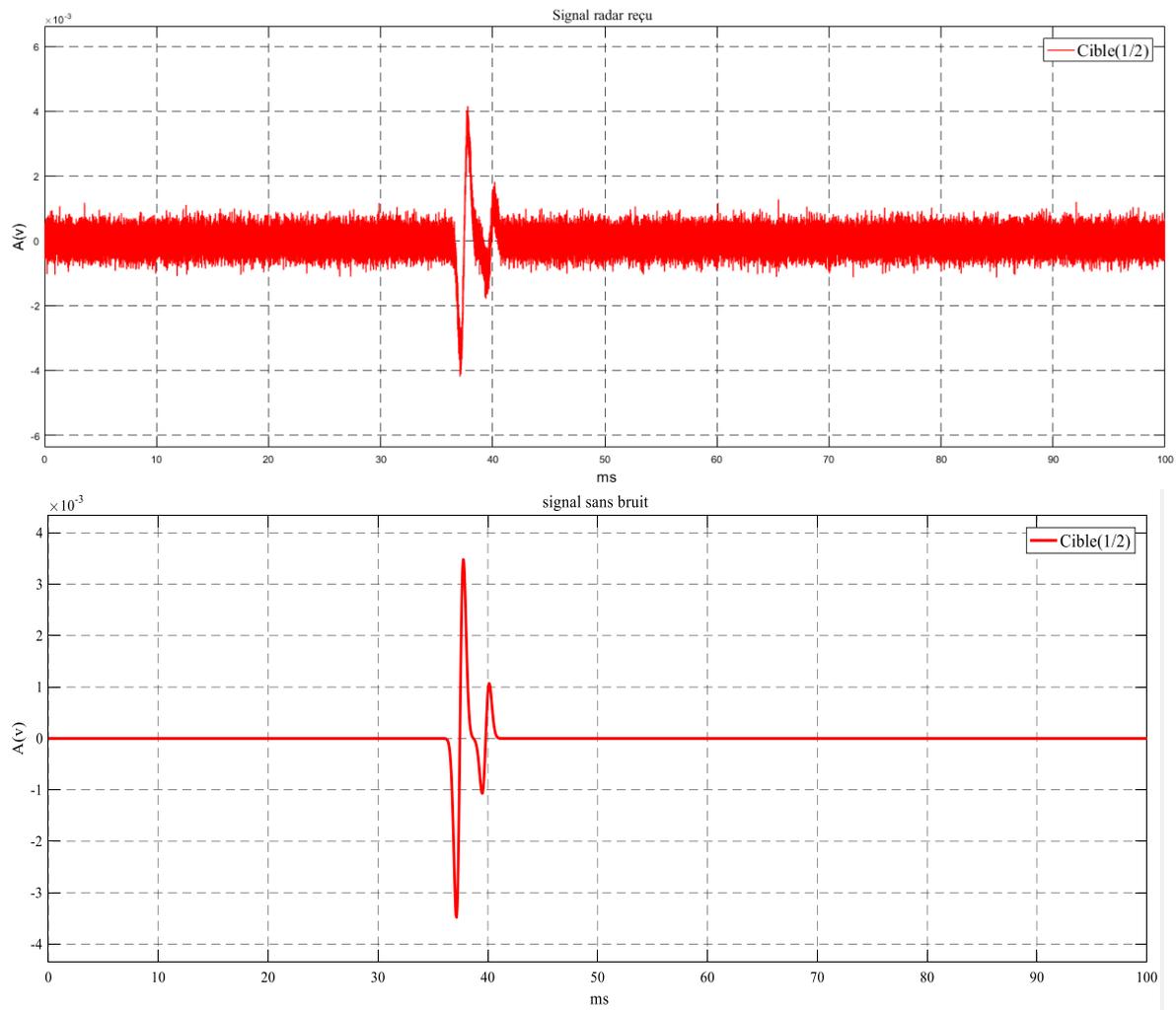


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **première** position des cibles par le radar 02

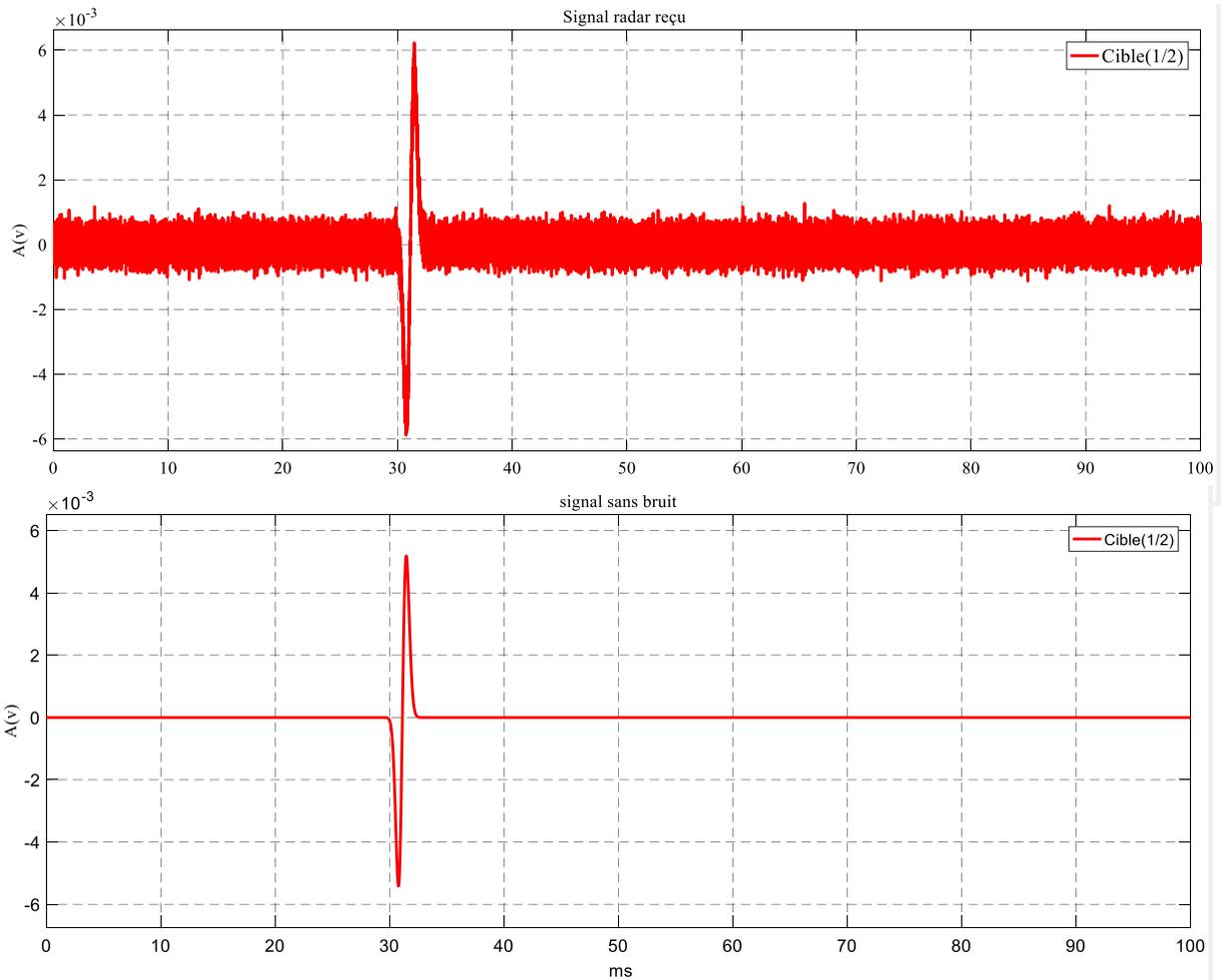


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **deuxième** position des cibles par le radar 02

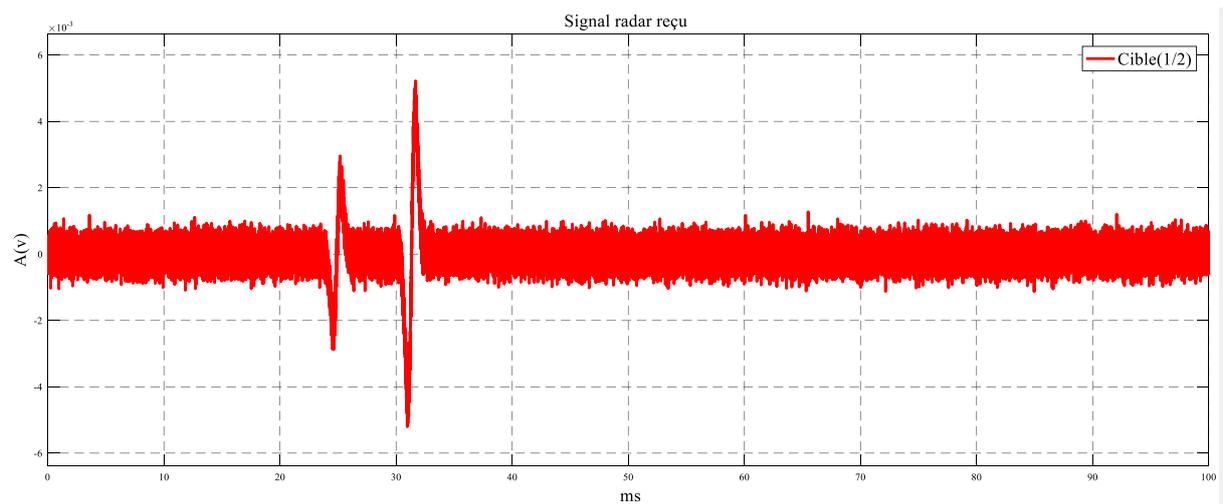


Figure-le signal reçu de la **troisième** position des cibles par le radar 02

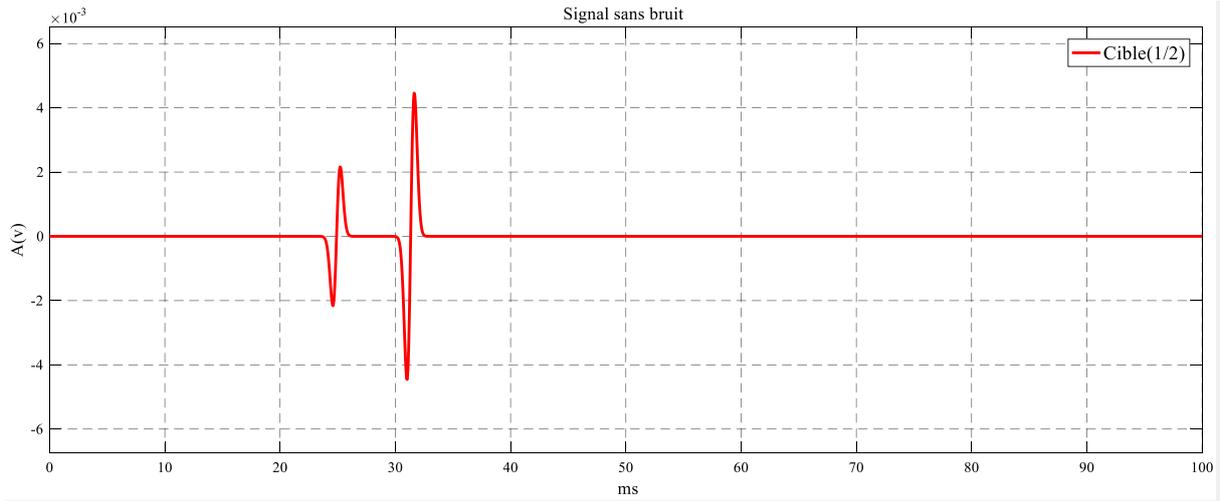


Figure-le signal sans bruit de la **troisième** position des cibles par le radar 02

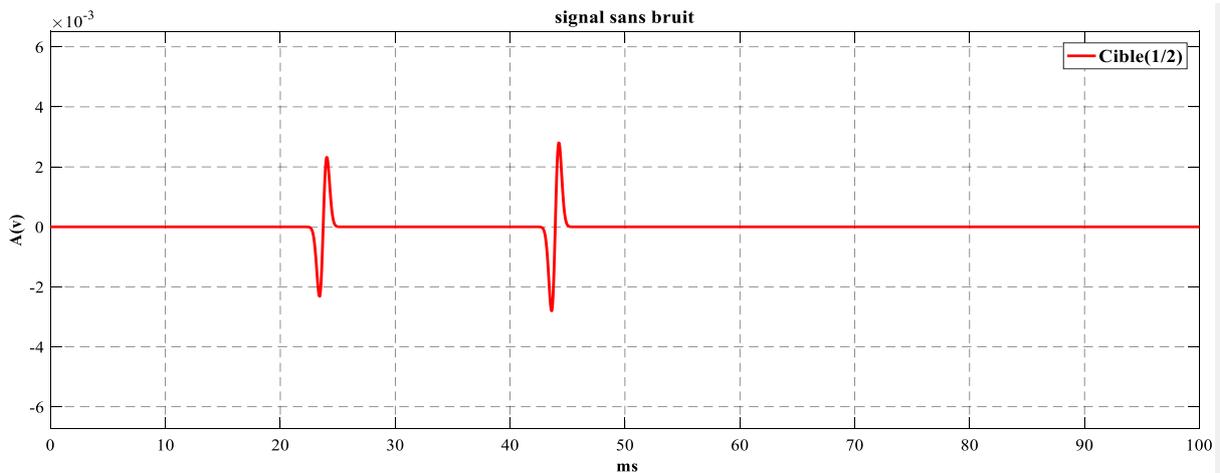
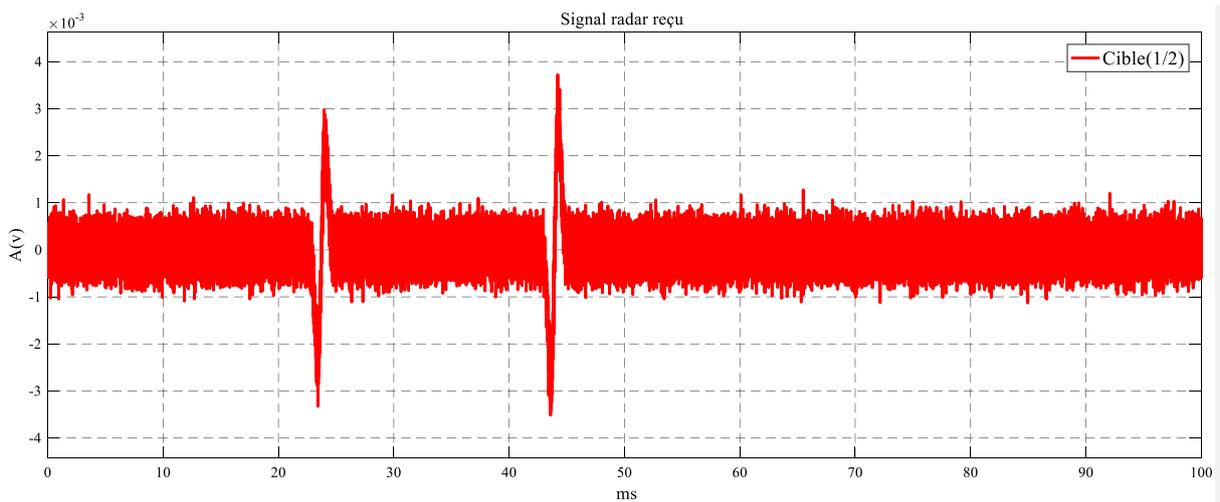


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **quatrième** position des cibles par le radar 02

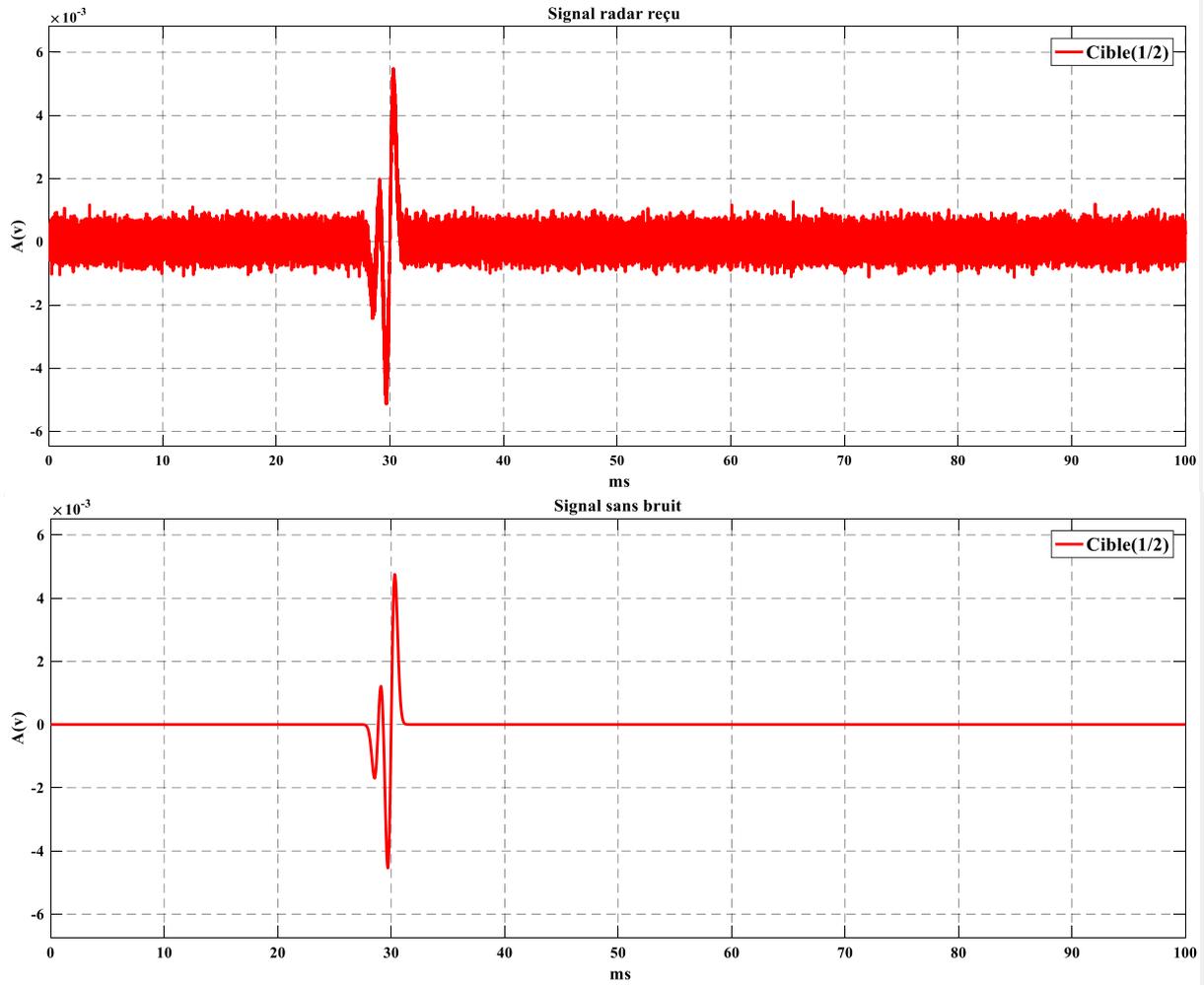


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **cinquième** position des cibles par le radar 02

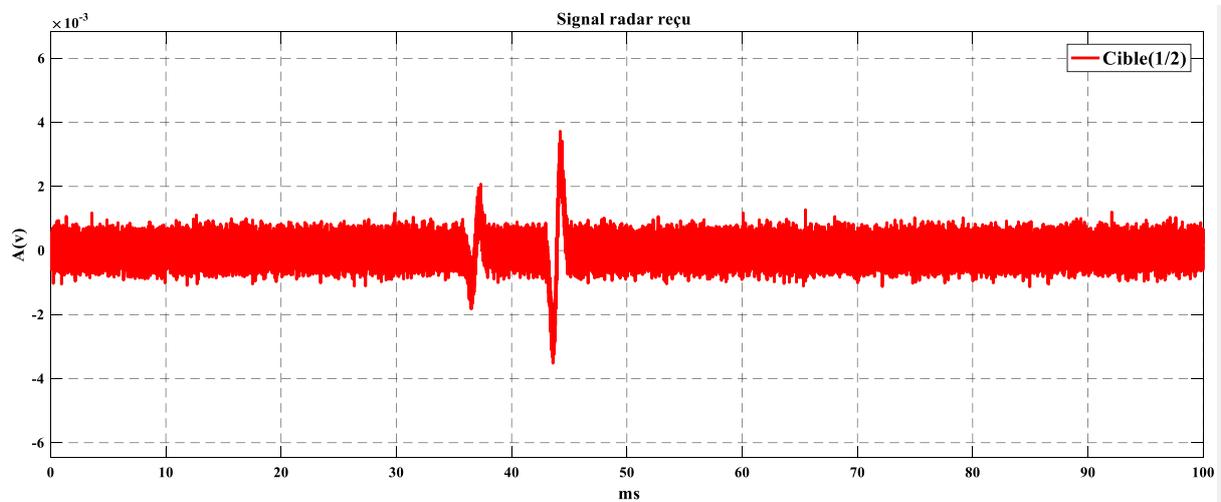


Figure-le signal reçu de la **sixième** position des cibles par le radar 02

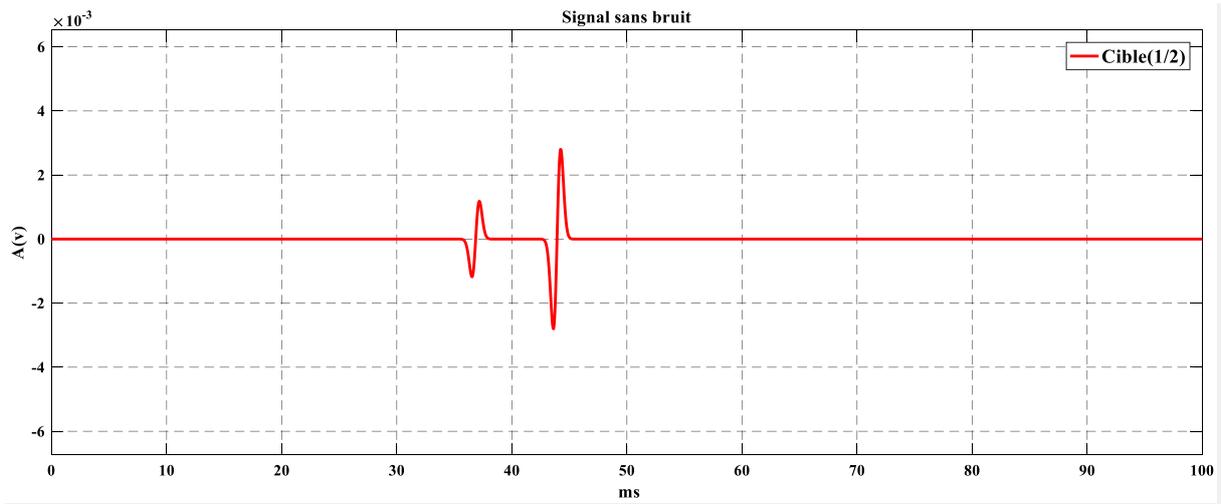


Figure-le signal sans bruit de la **sixième** position des cibles par le radar 02

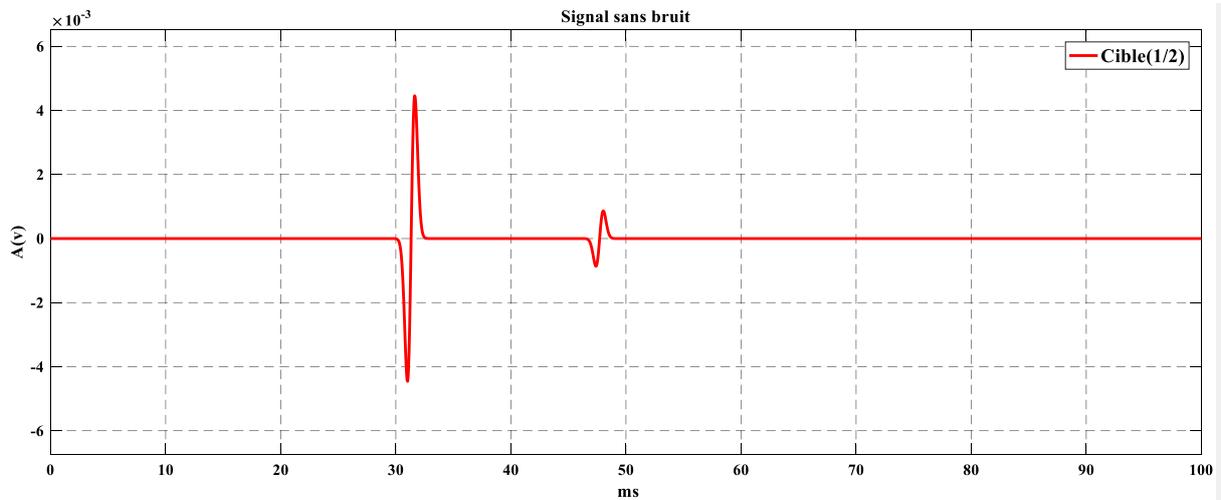
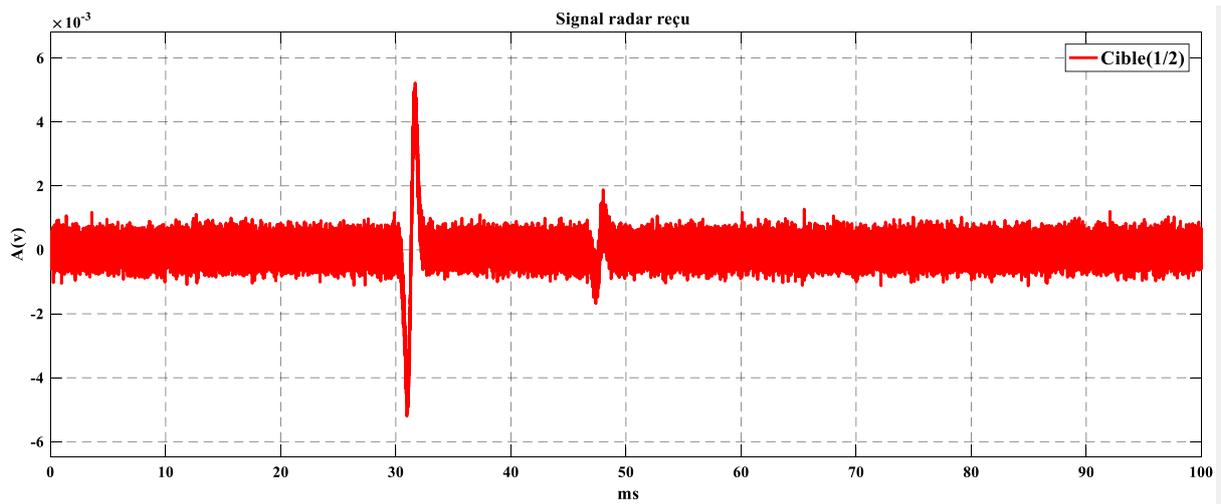


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **septième** position des cibles par le radar 02

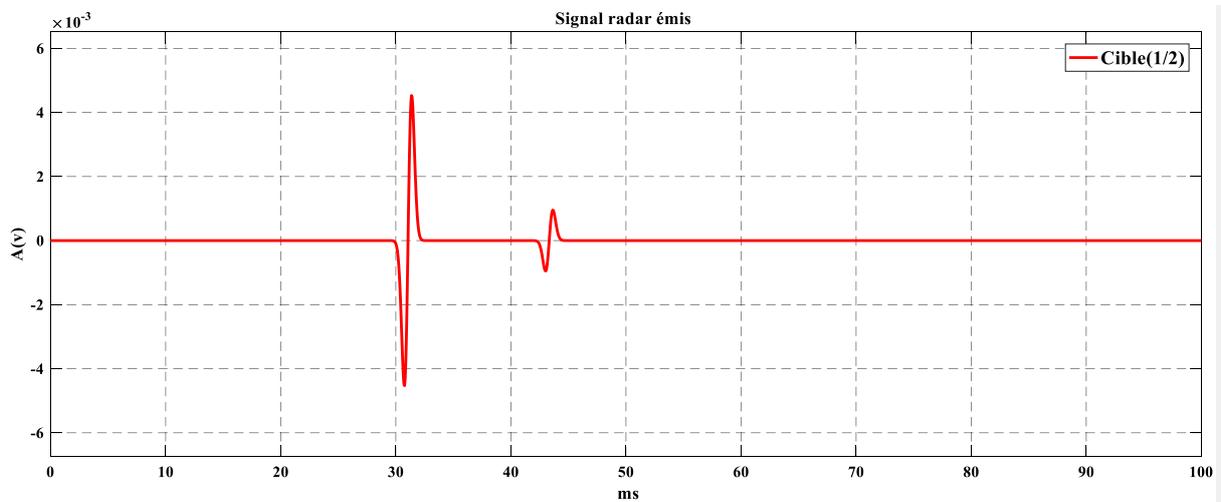
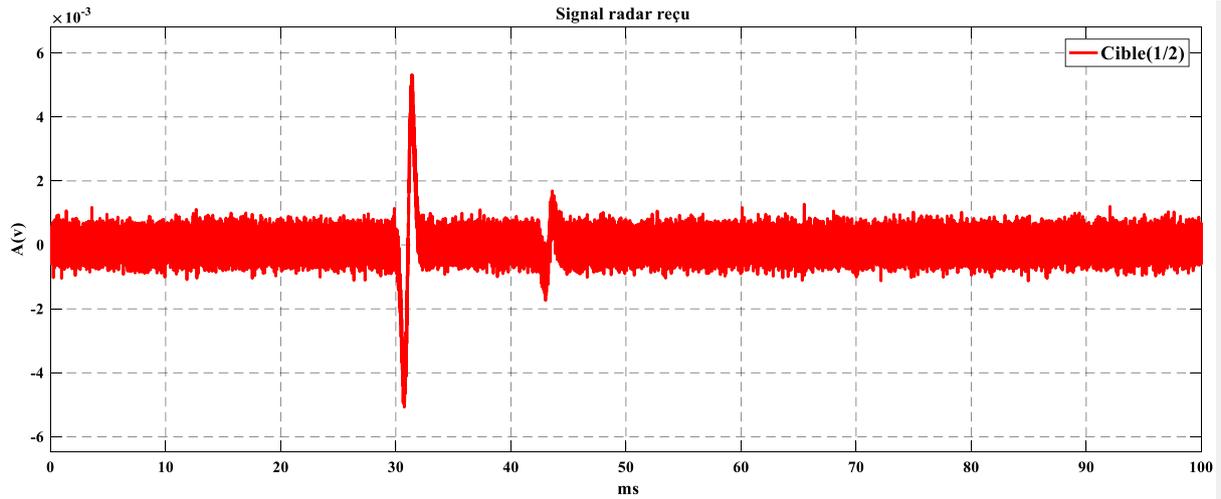


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **huitième** position des cibles par le radar 02

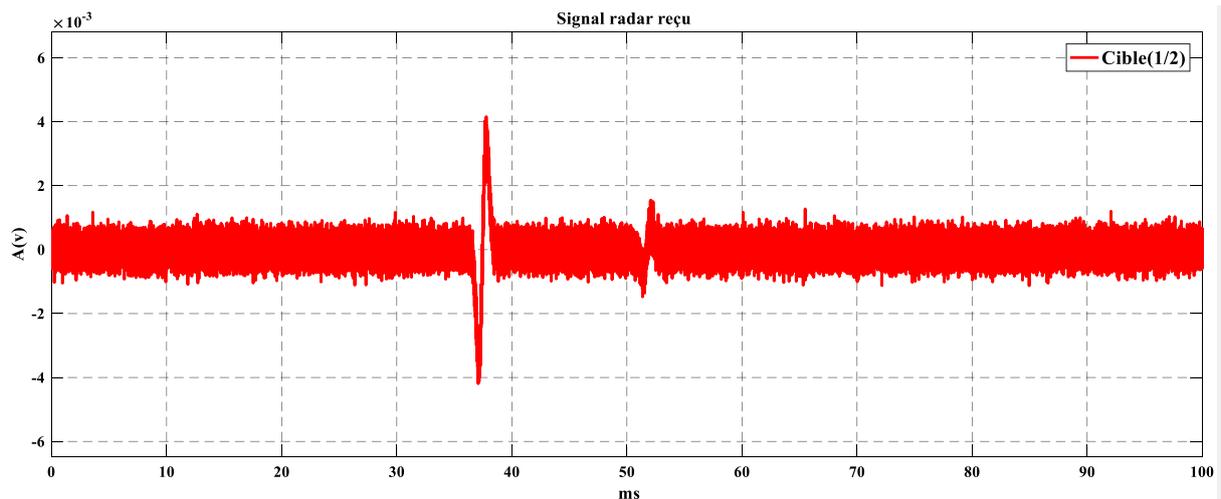


Figure-le signal reçu de la **neuvième** position des cibles par le radar 02

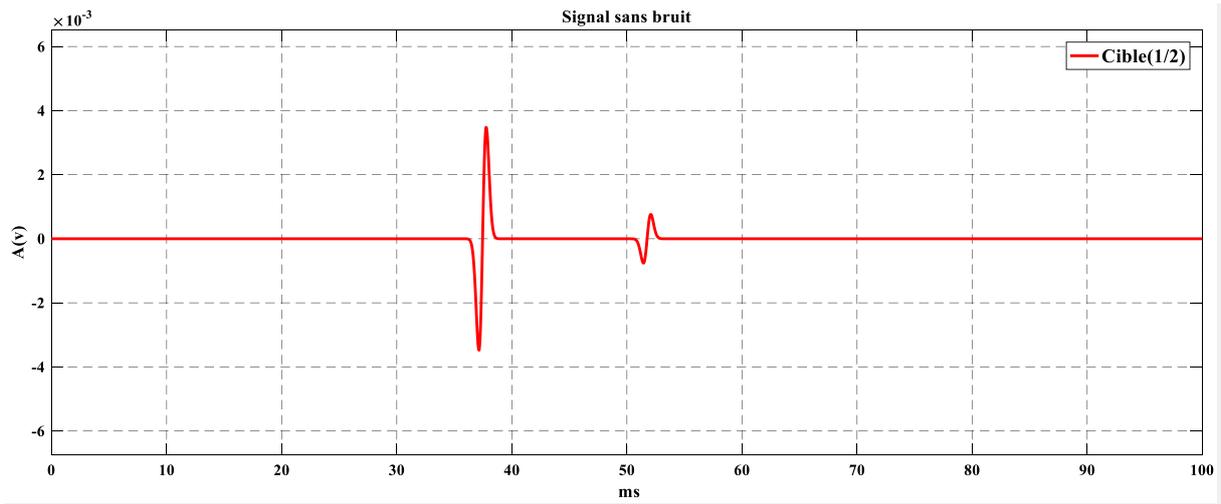


Figure-le signal sans bruit de la **neuvième** position des cibles par le radar 02

Les schémas des positions des cibles par le radar 03 :

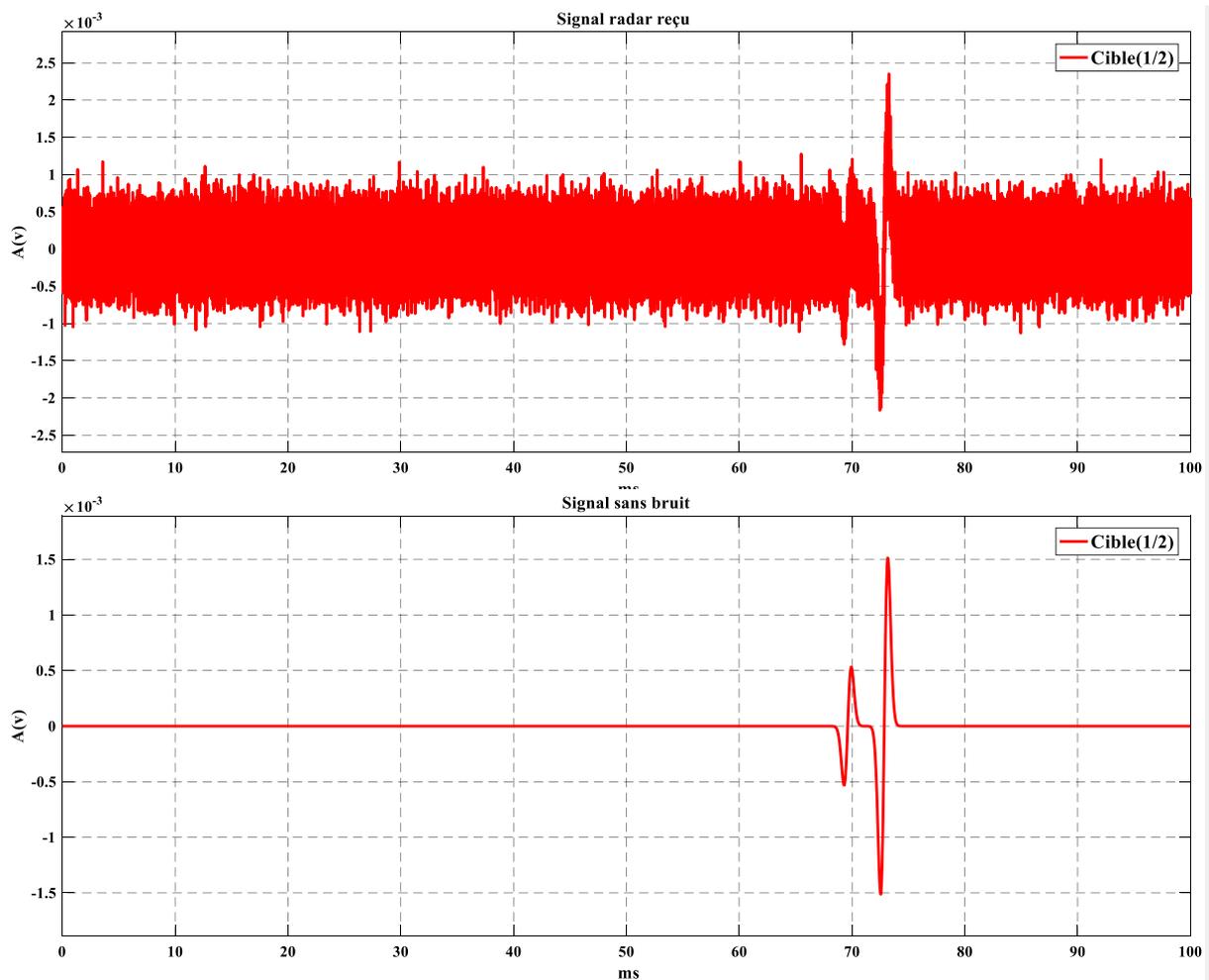


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **première** position des cibles par le radar 03

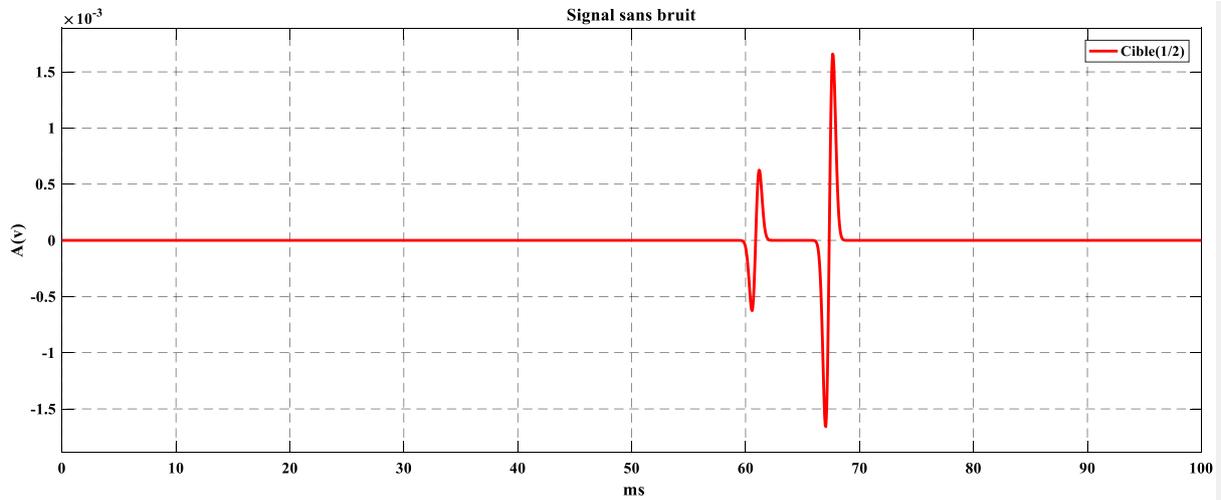
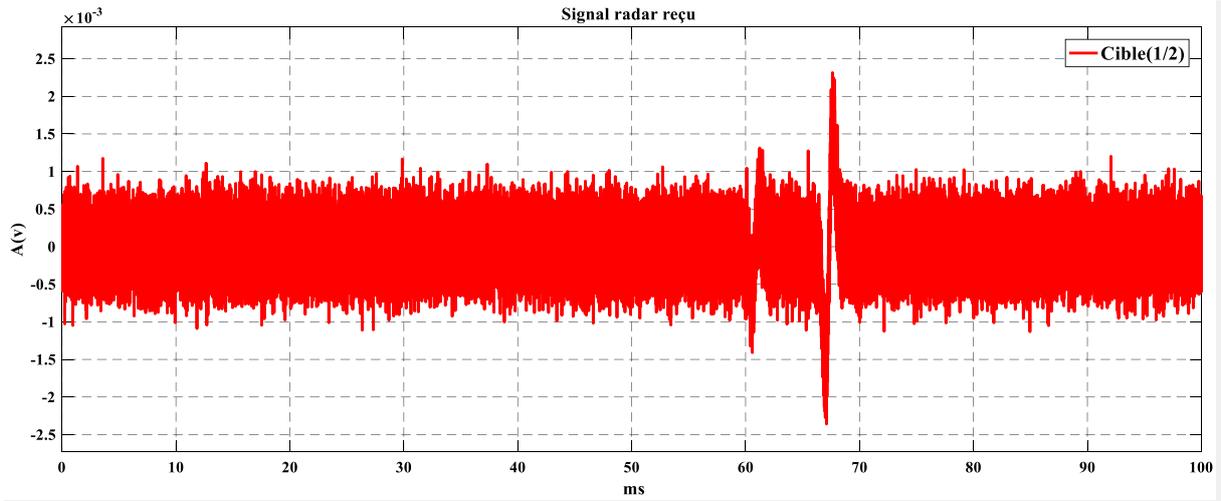


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **deuxième** position des cibles par le radar 03

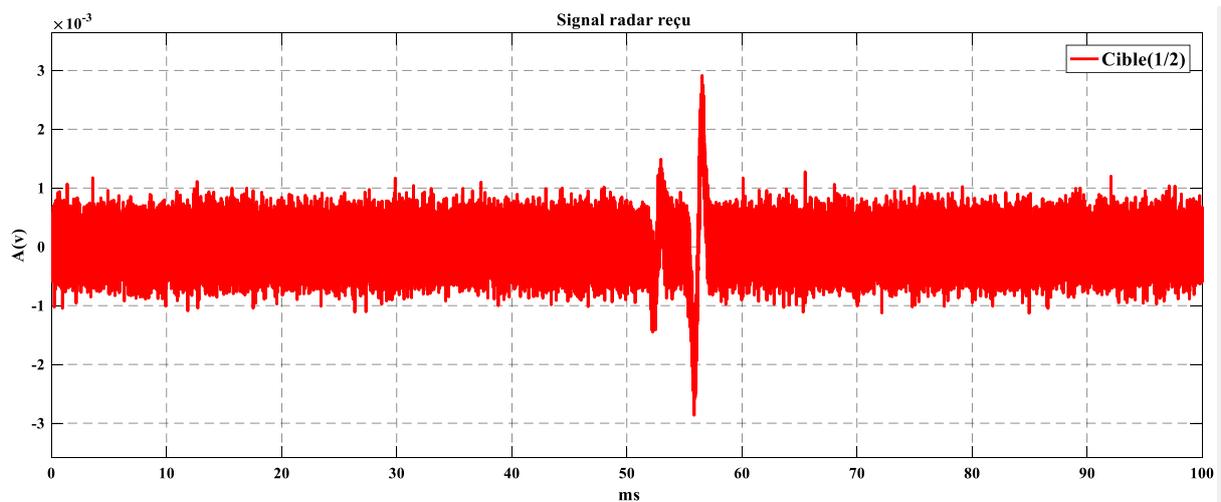


Figure-le signal reçu de la **troisième** position des cibles par le radar 03

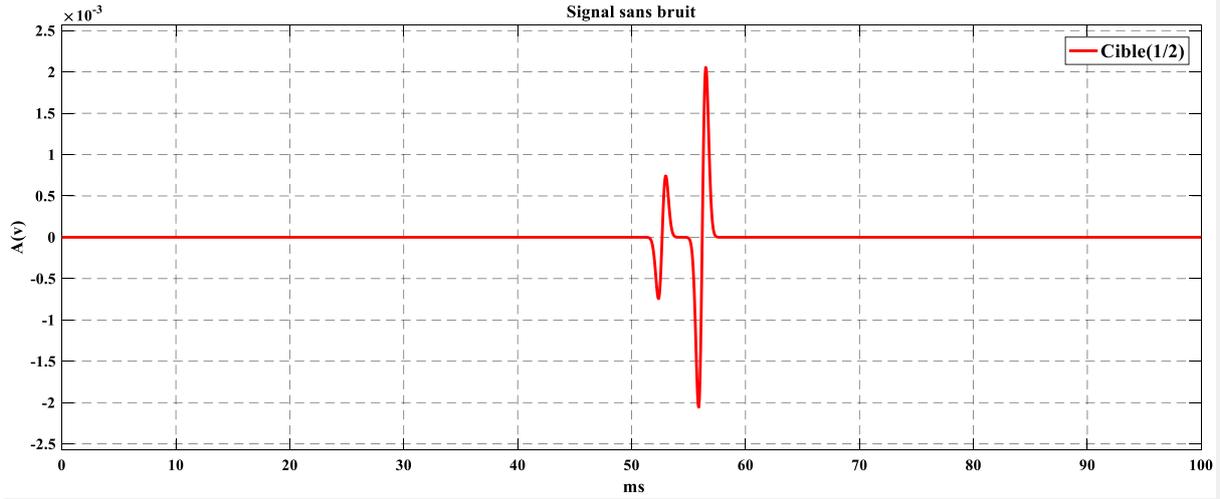


Figure-le signal sans bruit de la **troisième** position des cibles par le radar 03

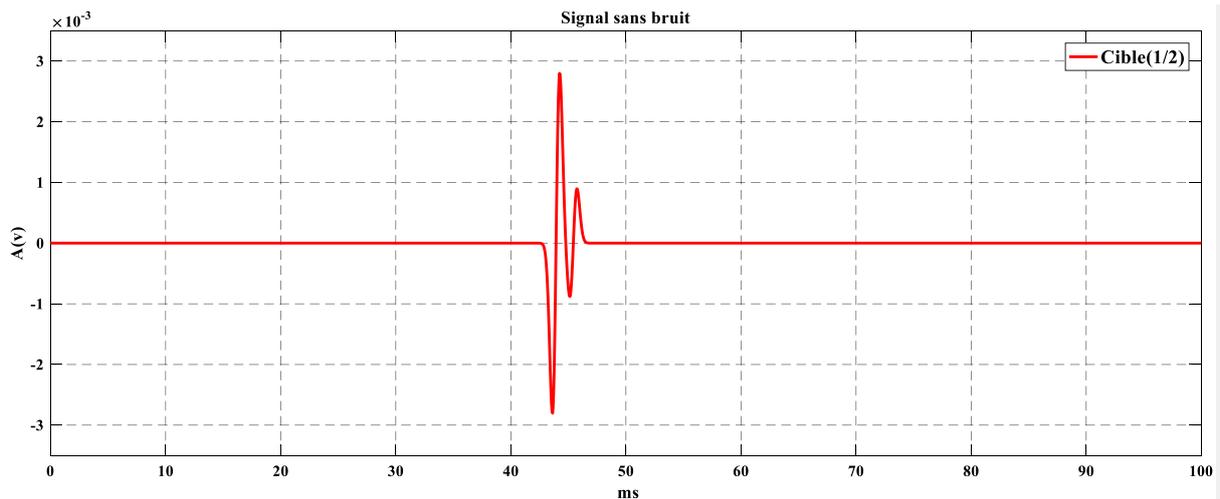
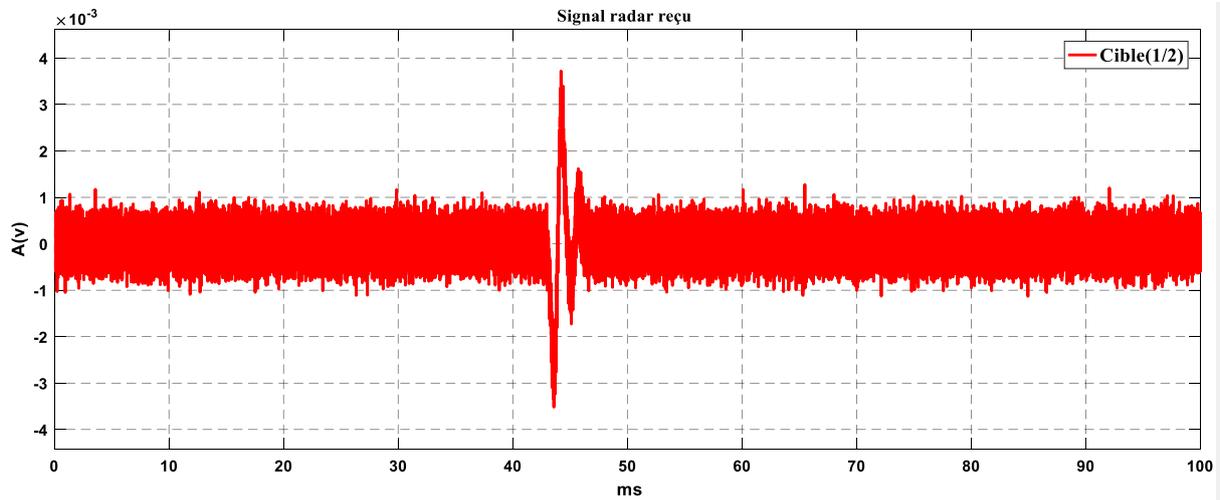


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **quatrième** position des cibles par le radar 03

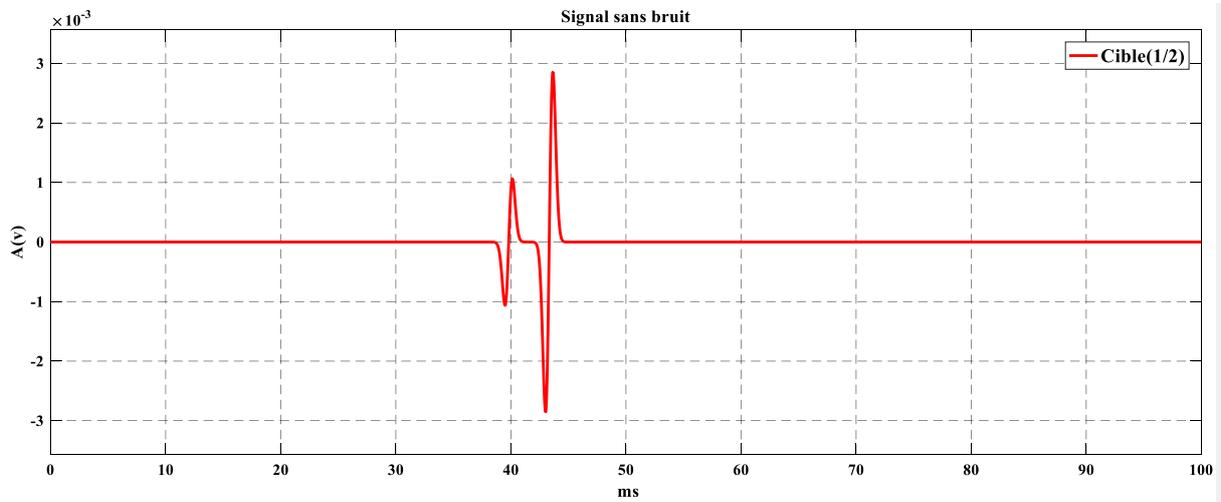
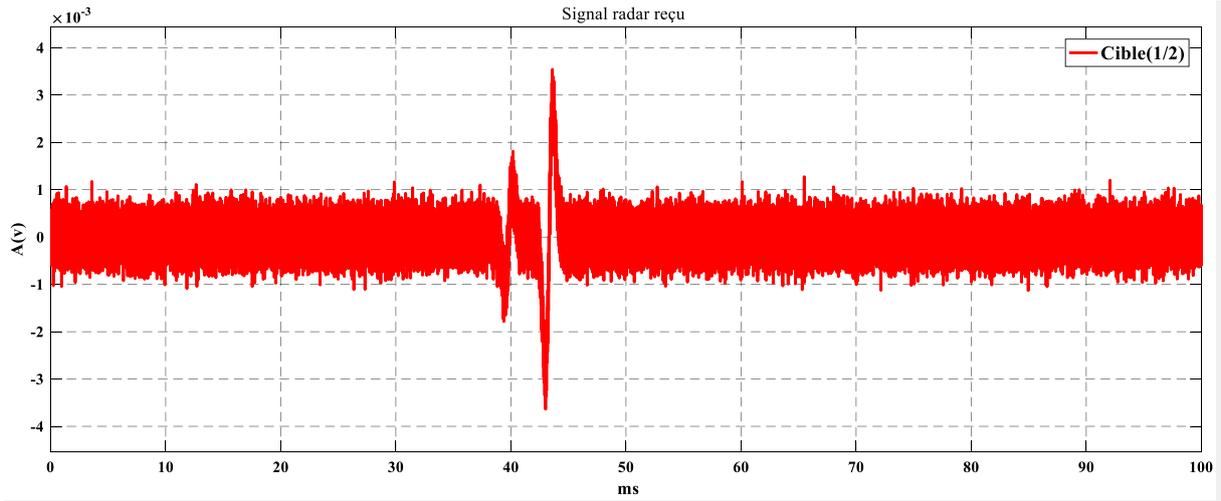


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **cinquième** position des cibles par le radar 03

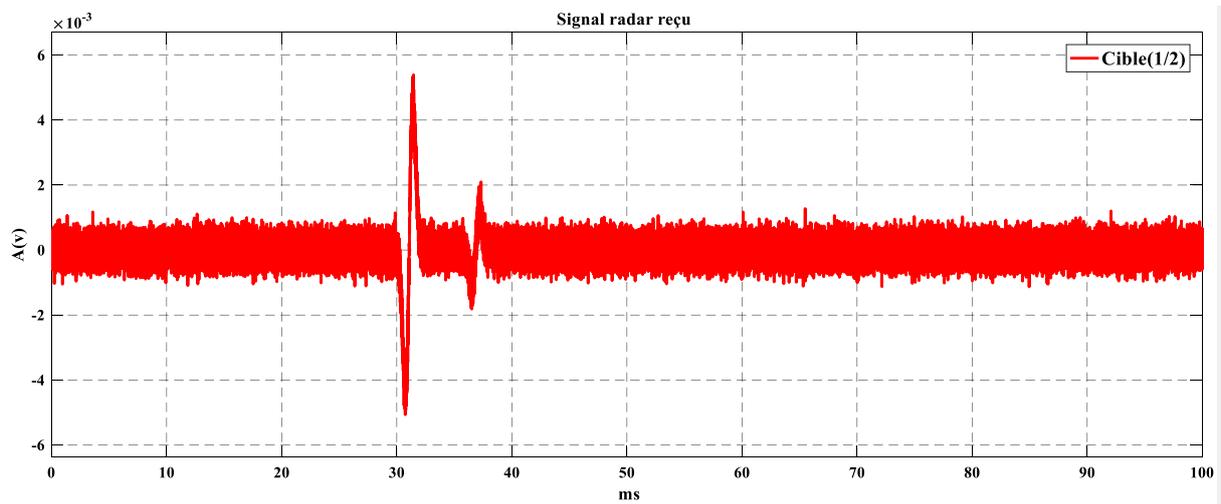


Figure-le signal reçu de la **sixième** position des cibles par le radar 03

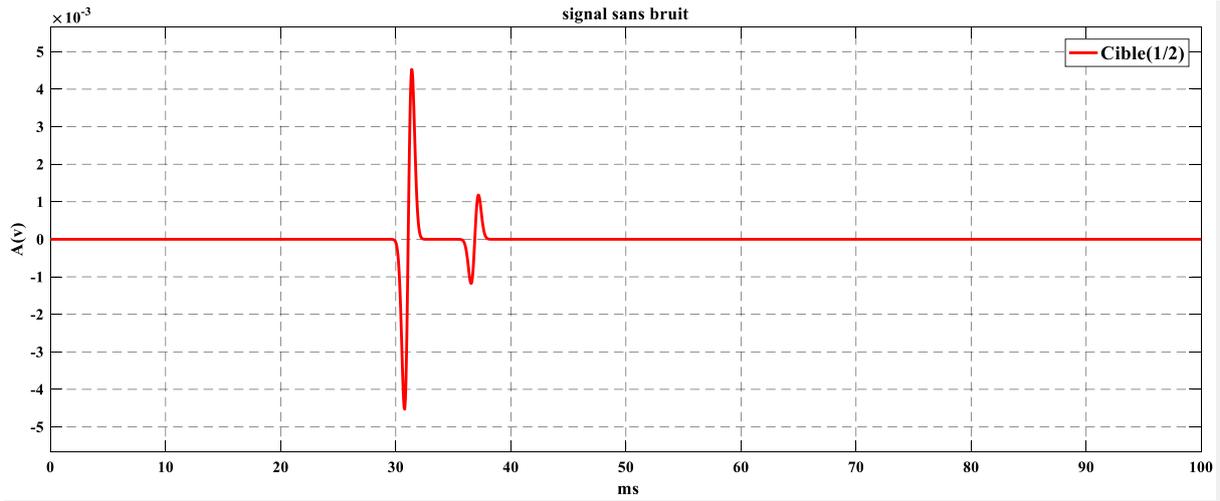


Figure-le signal sans bruit de la **sixième** position des cibles par le radar 03

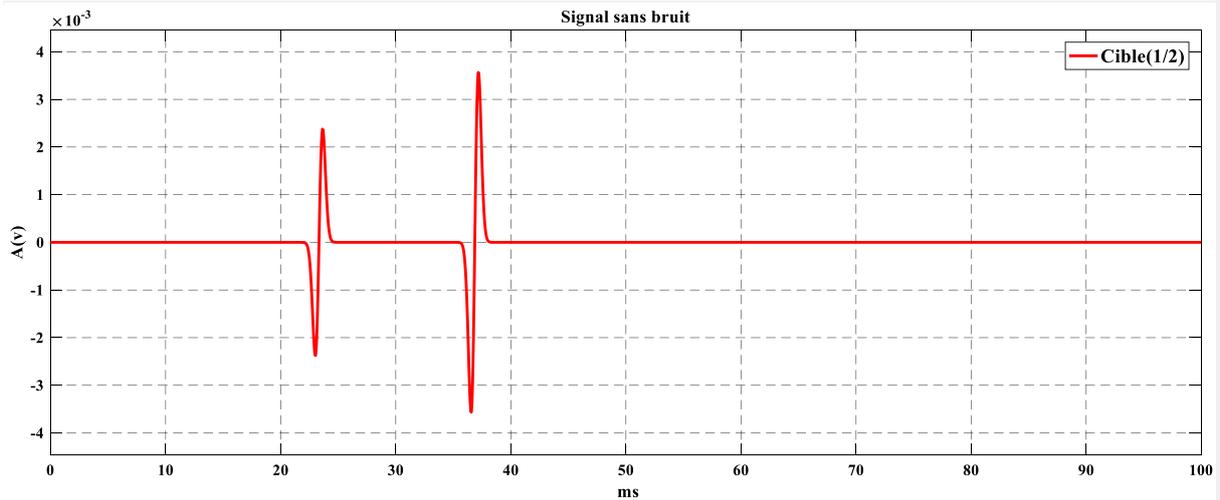
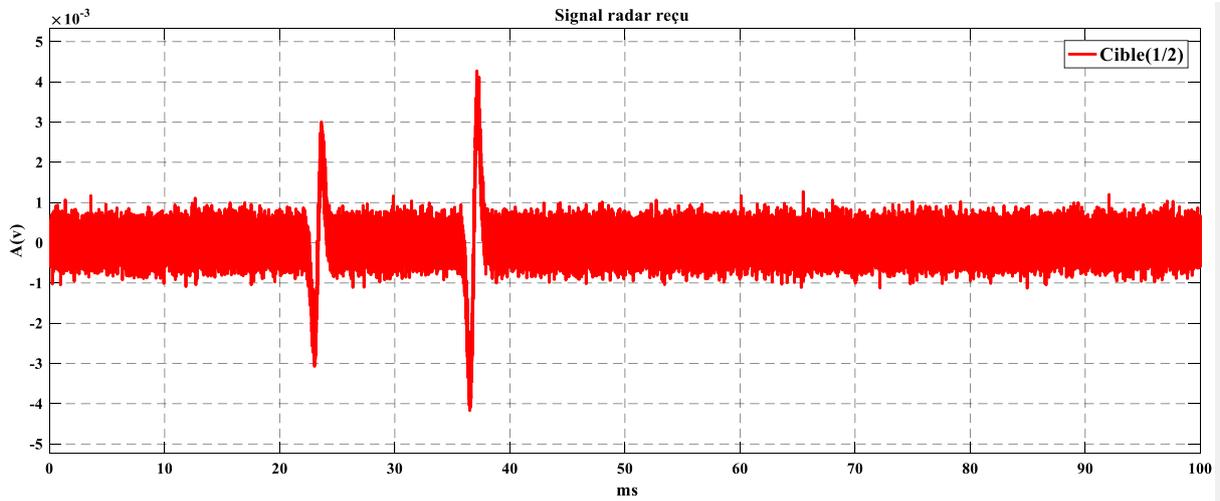


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la **septième** position des cibles par le radar 03

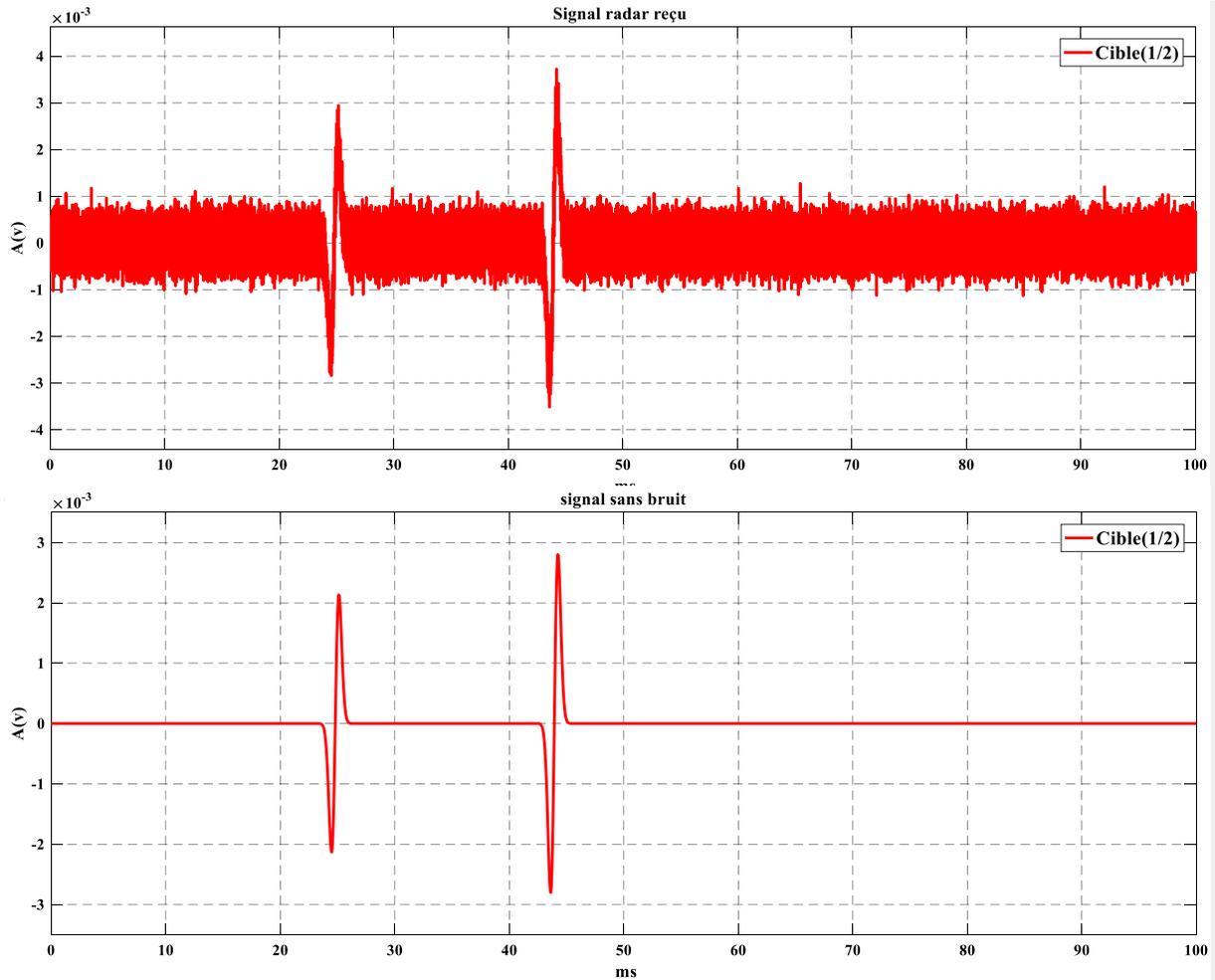


Figure-le signal reçu et le signal sans bruit de la huitième position des cibles par le radar 03

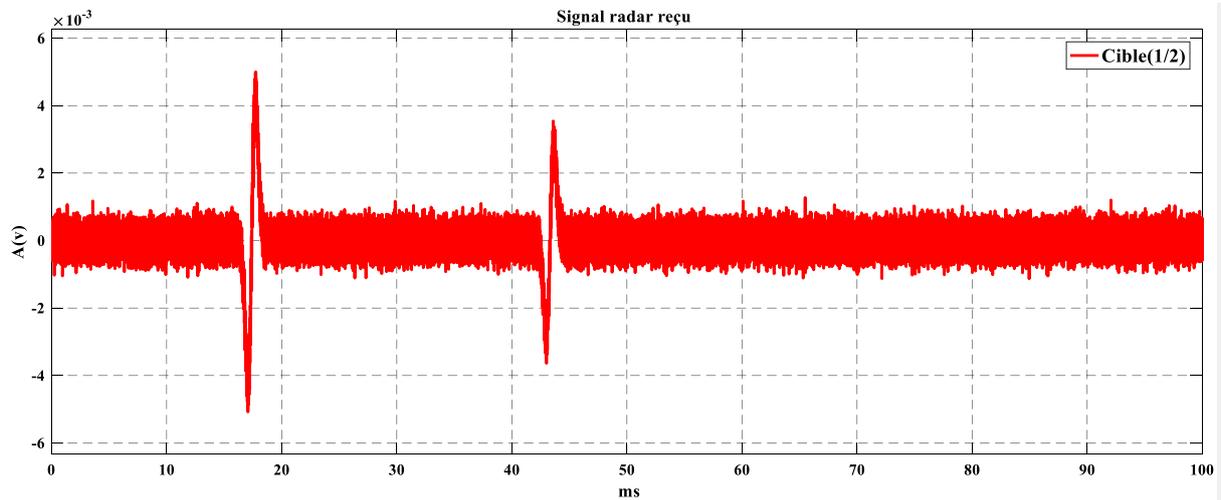


Figure-le signal reçu de la neuvième position des cibles par le radar 03

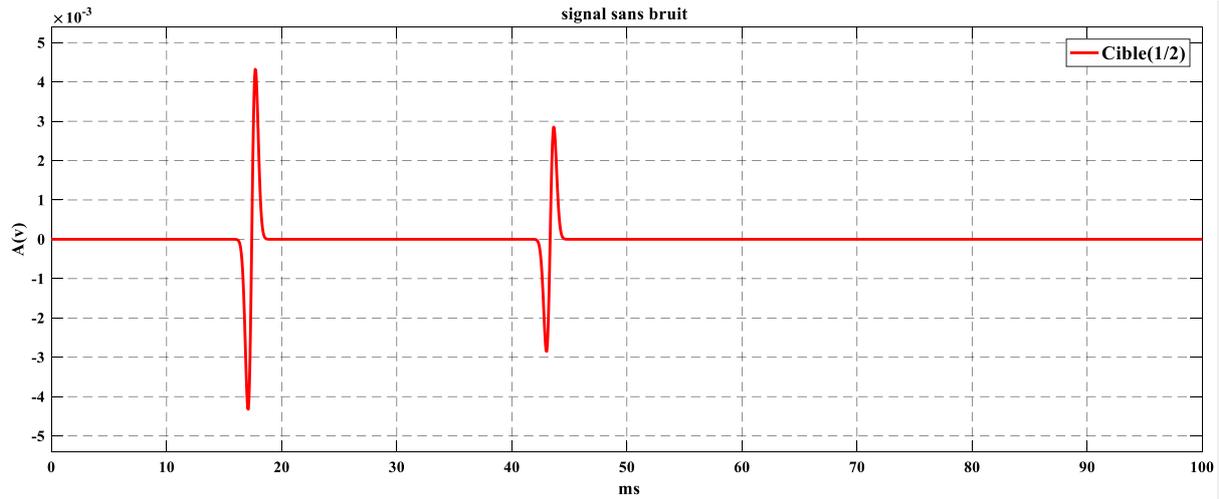


Figure-le signal sans bruit de la **neuvième** position des cibles par le radar 03

Annexe B :

Dans cette partie, nous avons présenté les schémas de l'estimation des distances entre chaque position pour les cibles et les trois radars par la corrélation.

La précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01 :

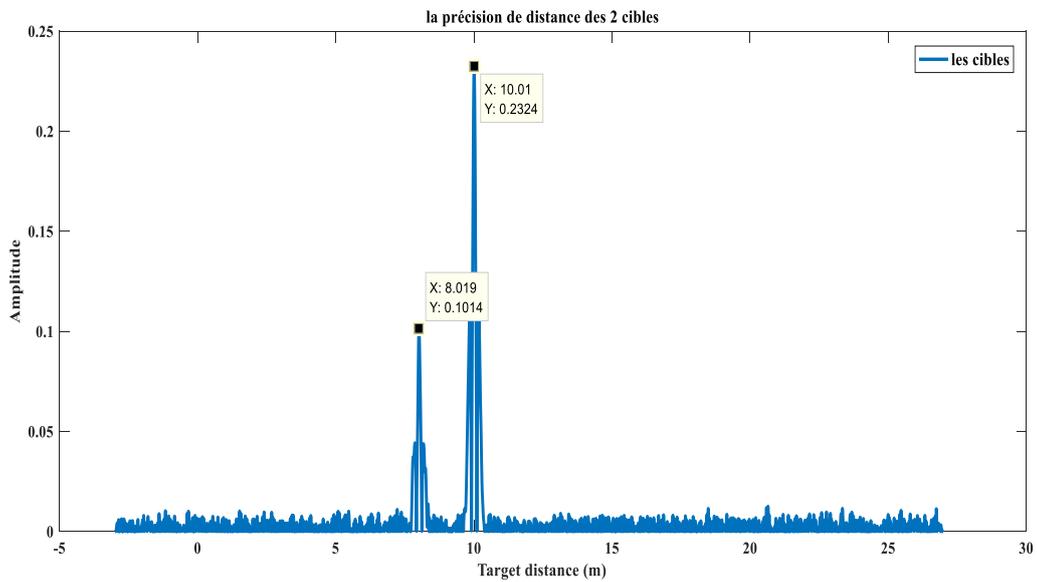


Figure- **la première** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

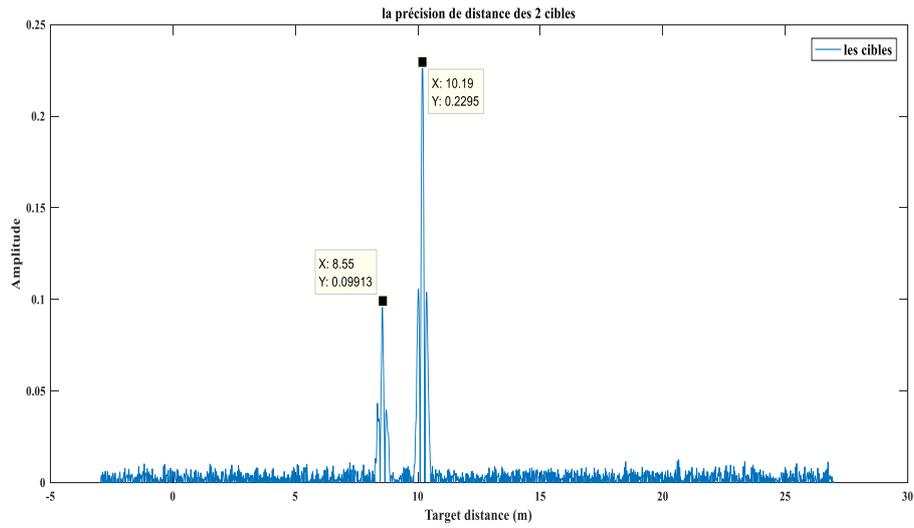


Figure- **la deuxième** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

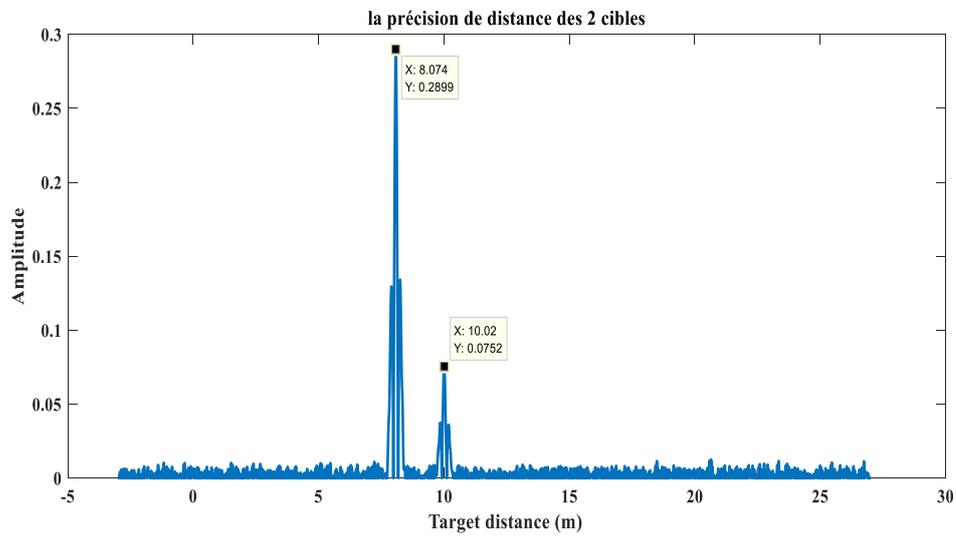


Figure- **la troisième** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

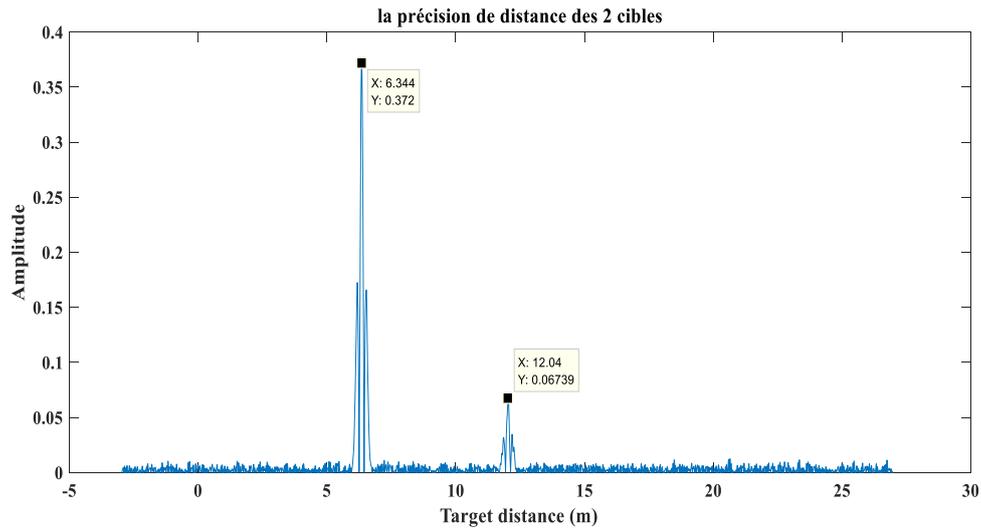


Figure- la quatrième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

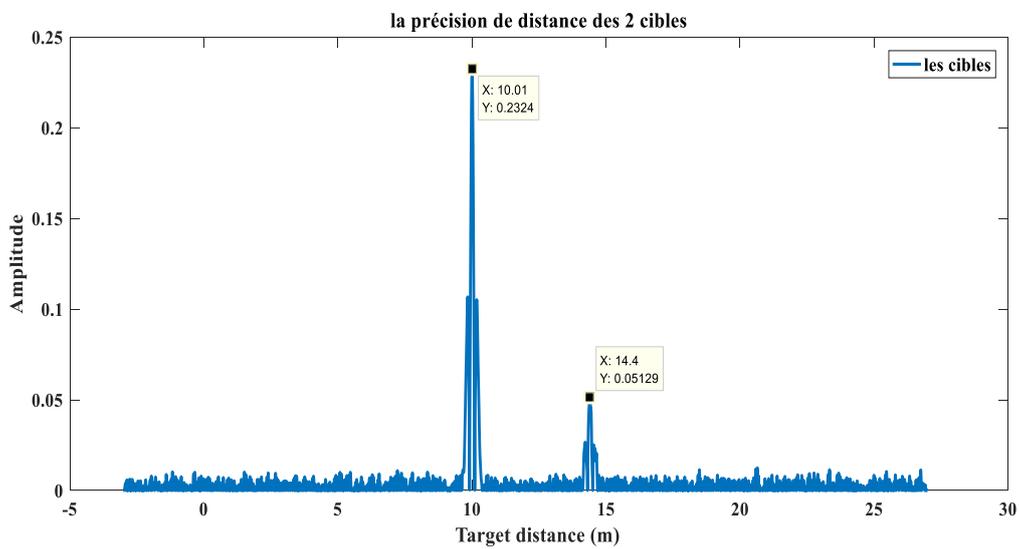


Figure- la cinquième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

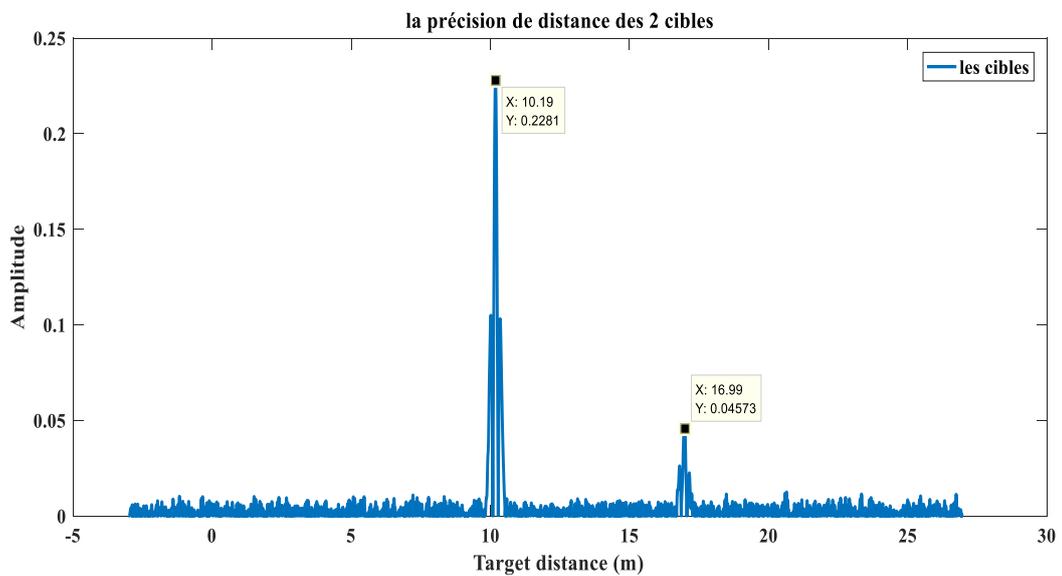


Figure- la sixième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

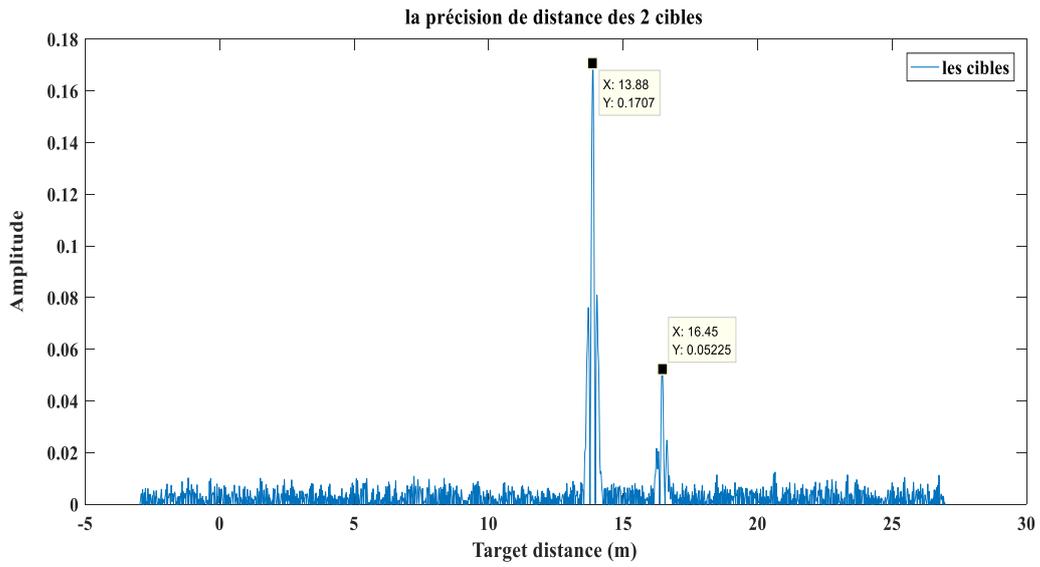


Figure- **la septième** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

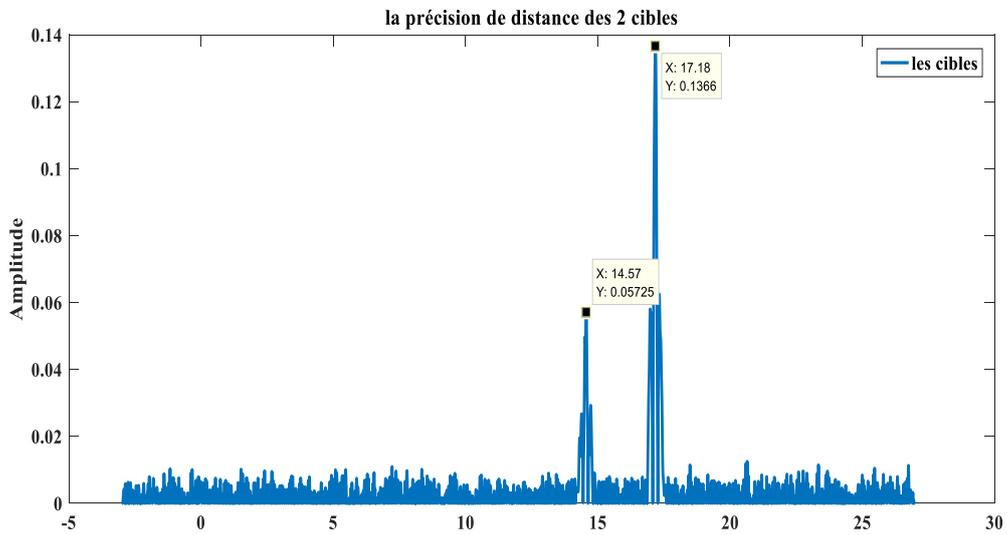


Figure- **la huitième** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

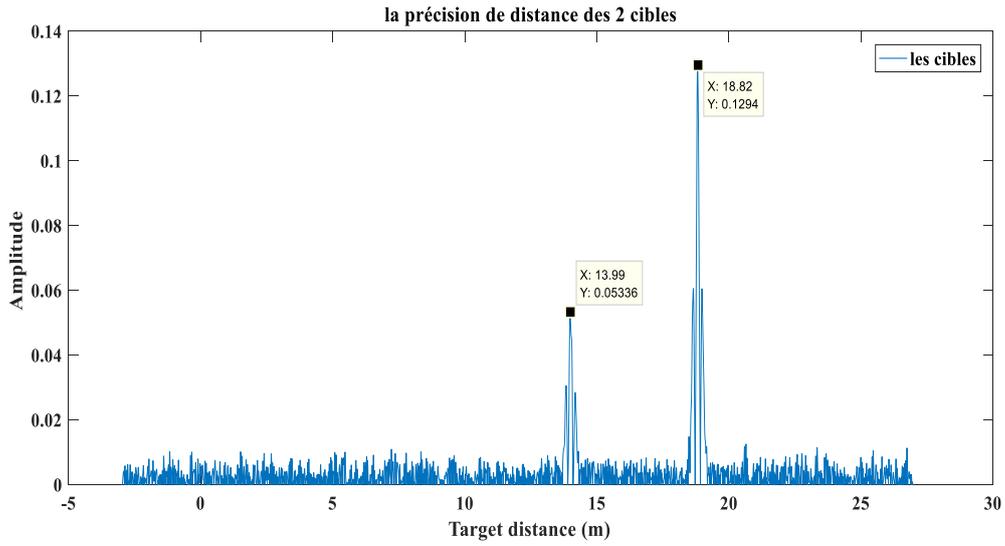


Figure- **la neuvième** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

La précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 02 :

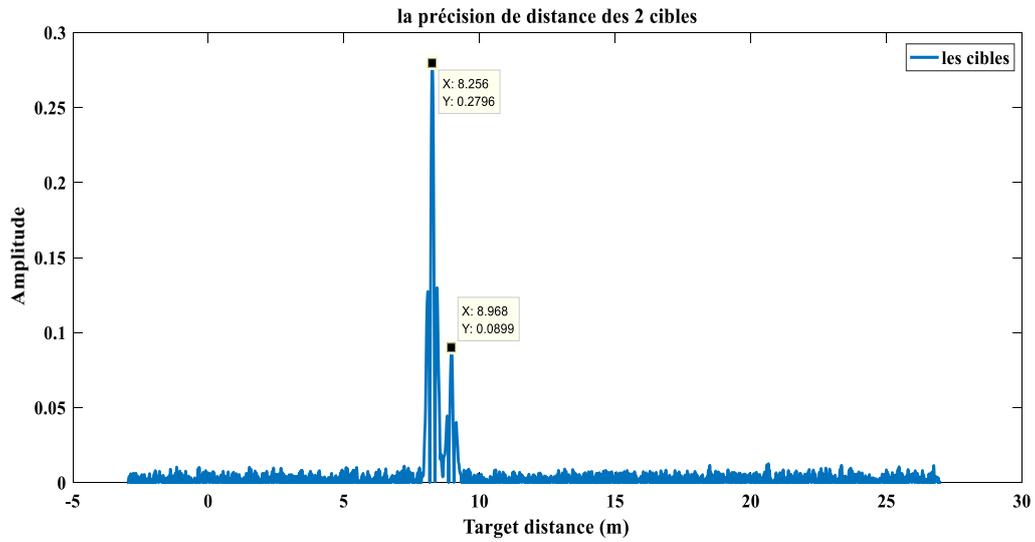


Figure- **la première** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 02

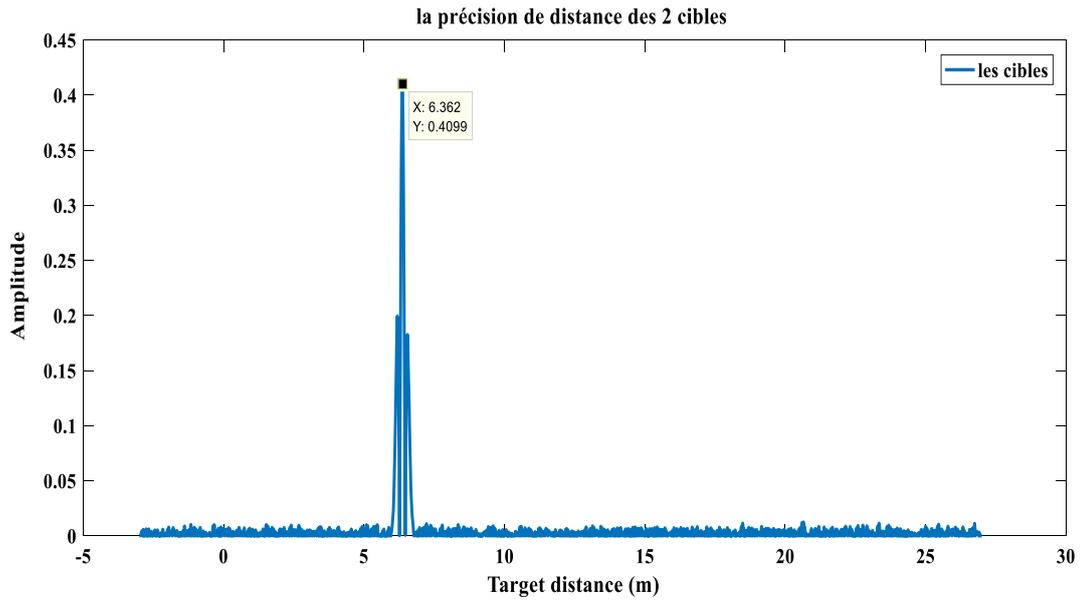


Figure- la deuxième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 01

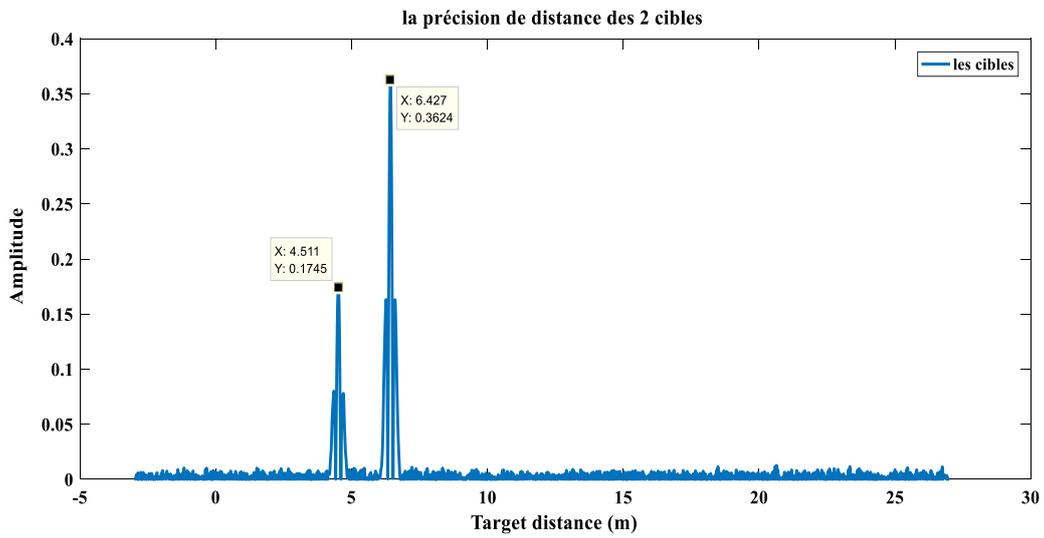


Figure- la troisième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 02

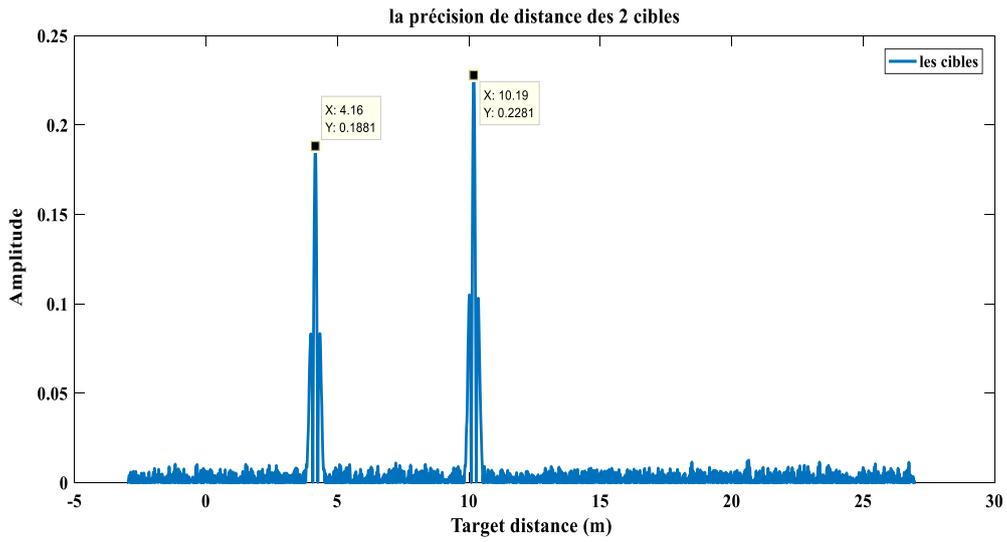


Figure- la quatrième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 02

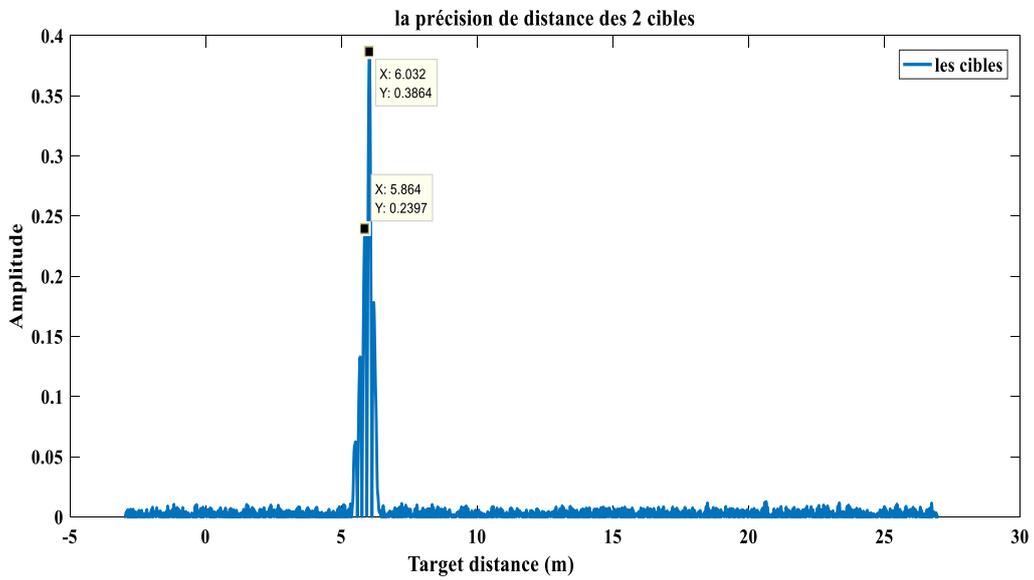


Figure- la cinquième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 02

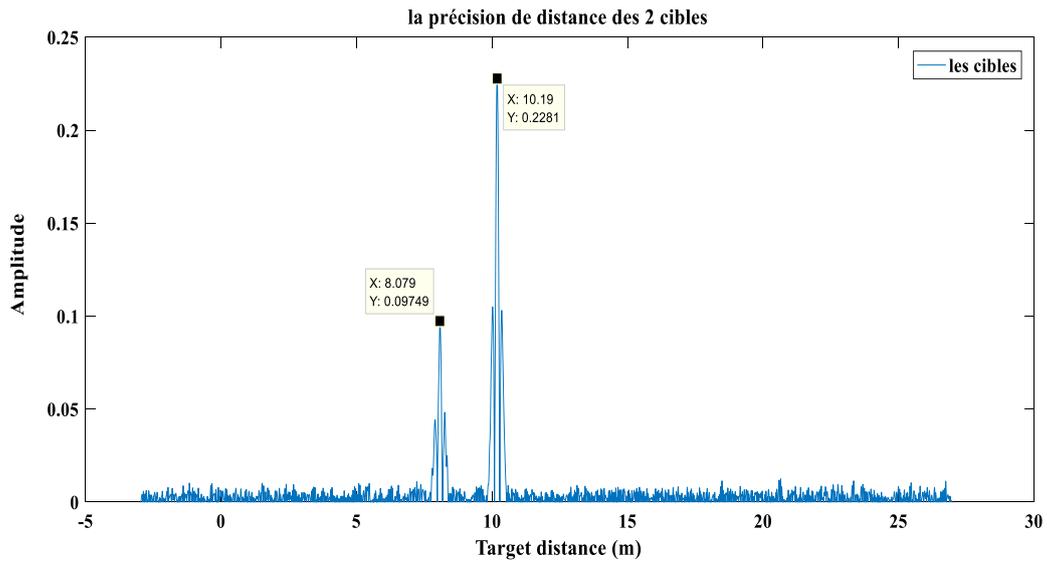


Figure- **la sixième** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 02

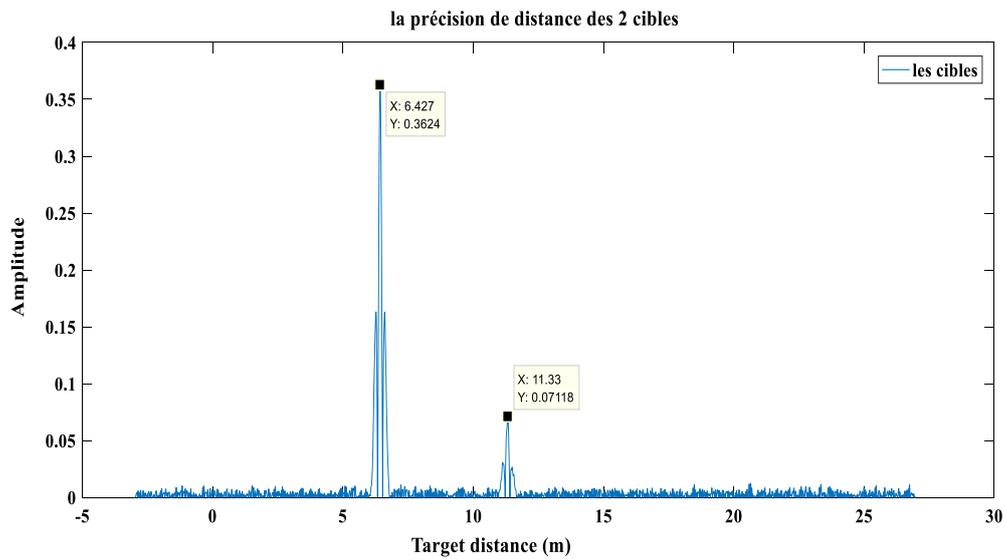


Figure- **la septième** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 02

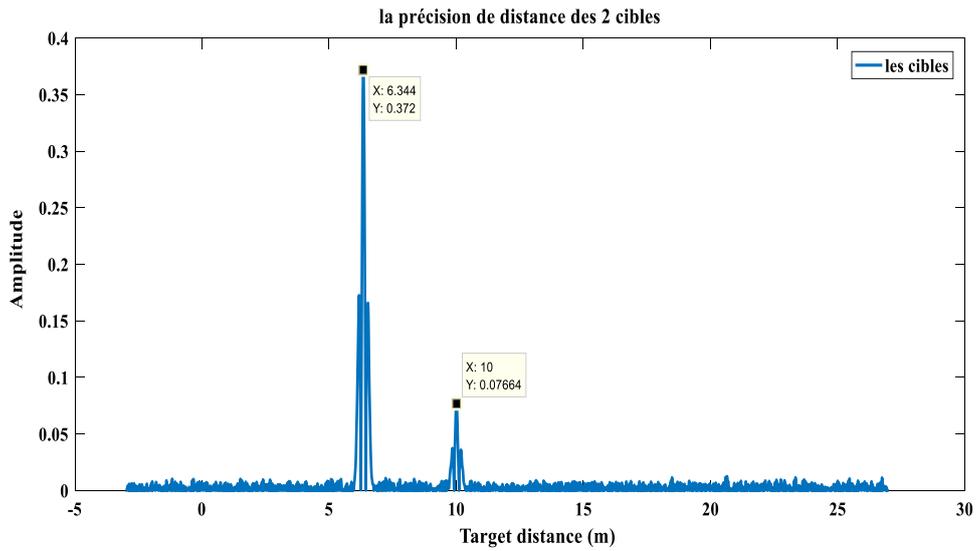


Figure- **la huitième** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 02

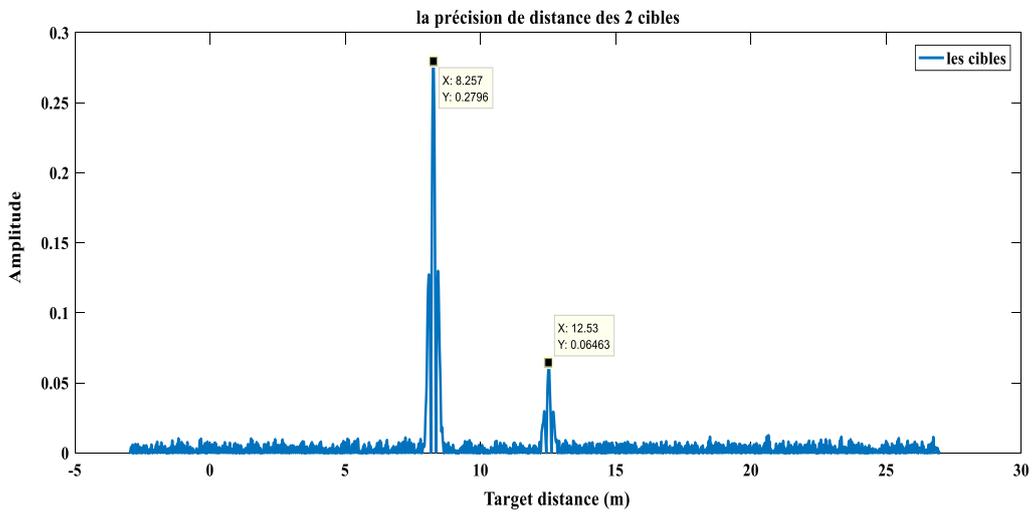


Figure- **la neuvième** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 02

La précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03 :

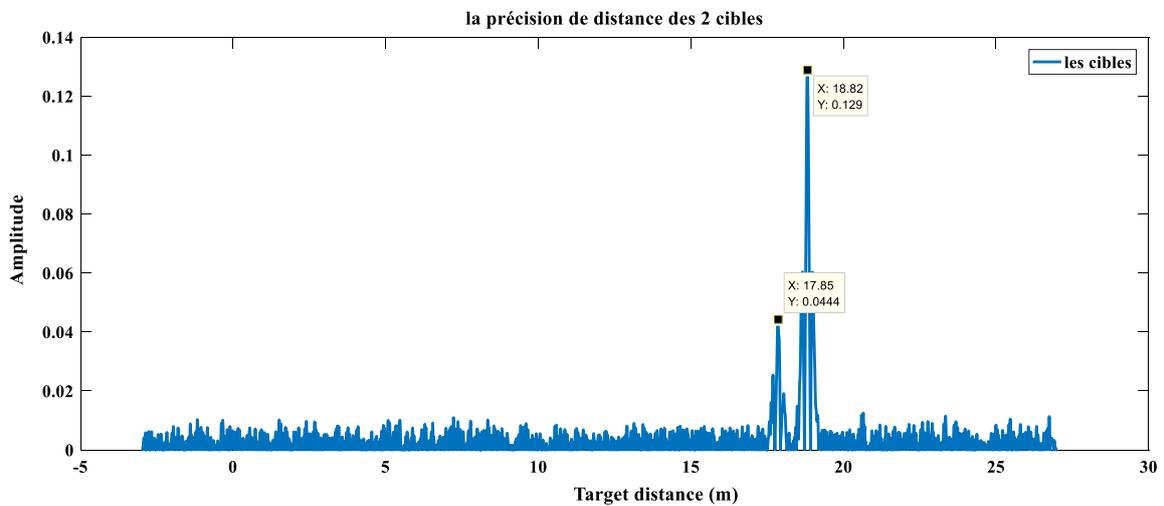


Figure- **la première** précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03

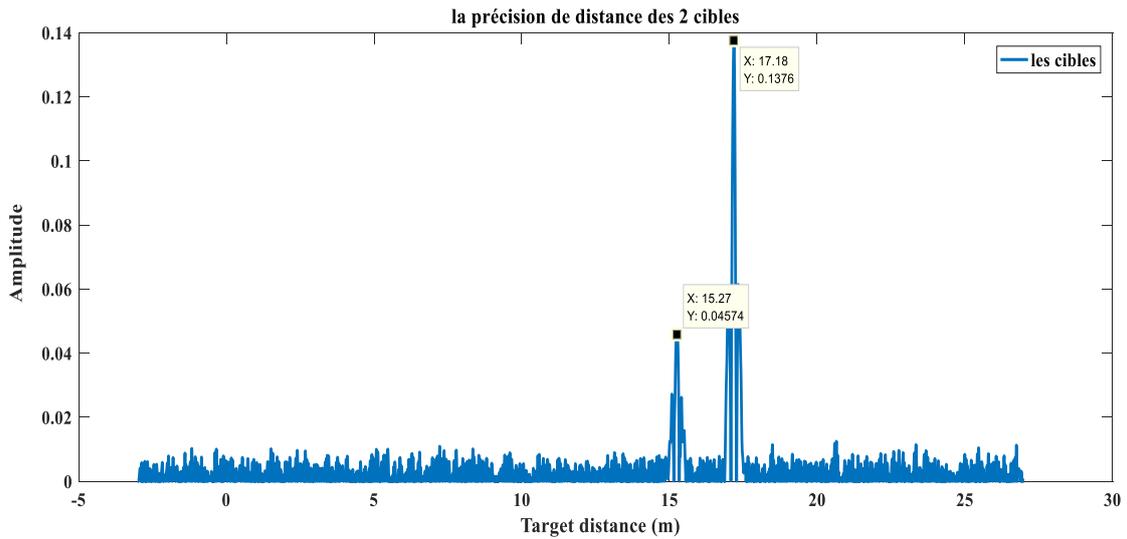


Figure- la deuxième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03

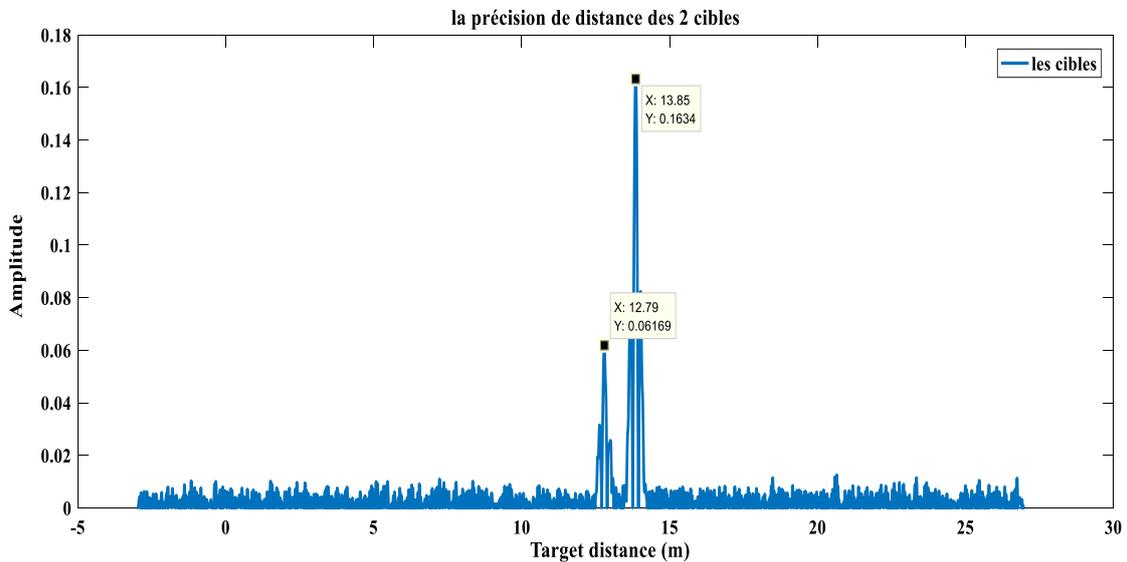


Figure- la troisième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03

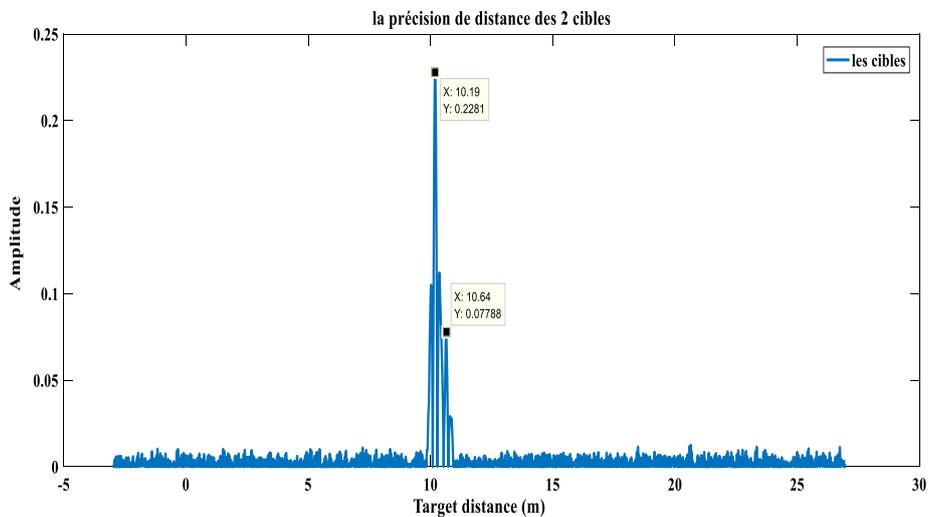


Figure- la quatrième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03

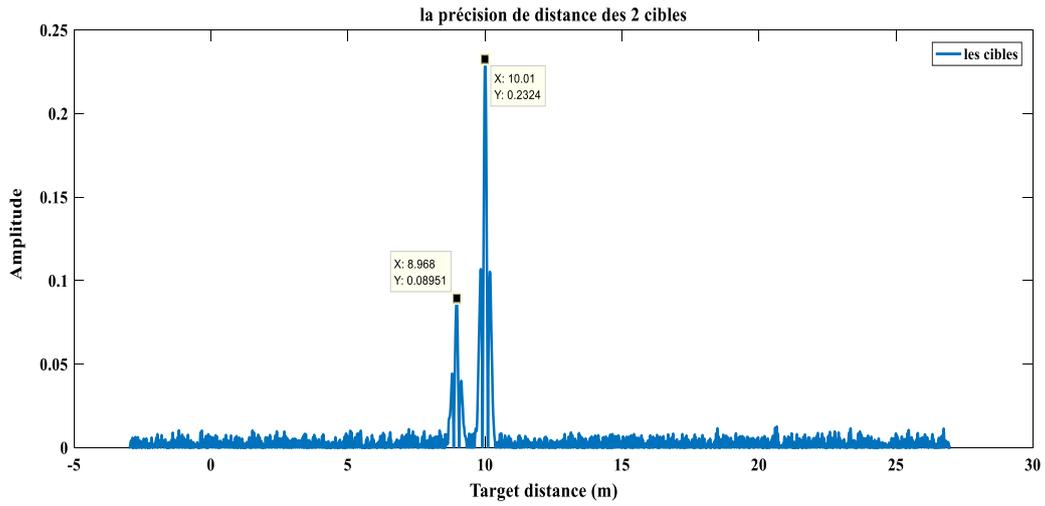


Figure- la cinquième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03.

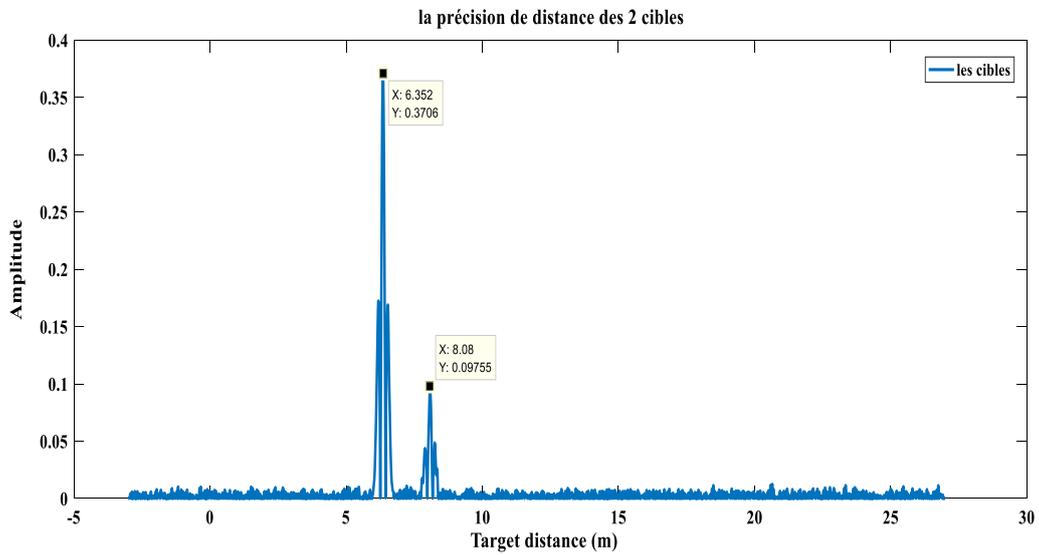


Figure- la sixième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03.

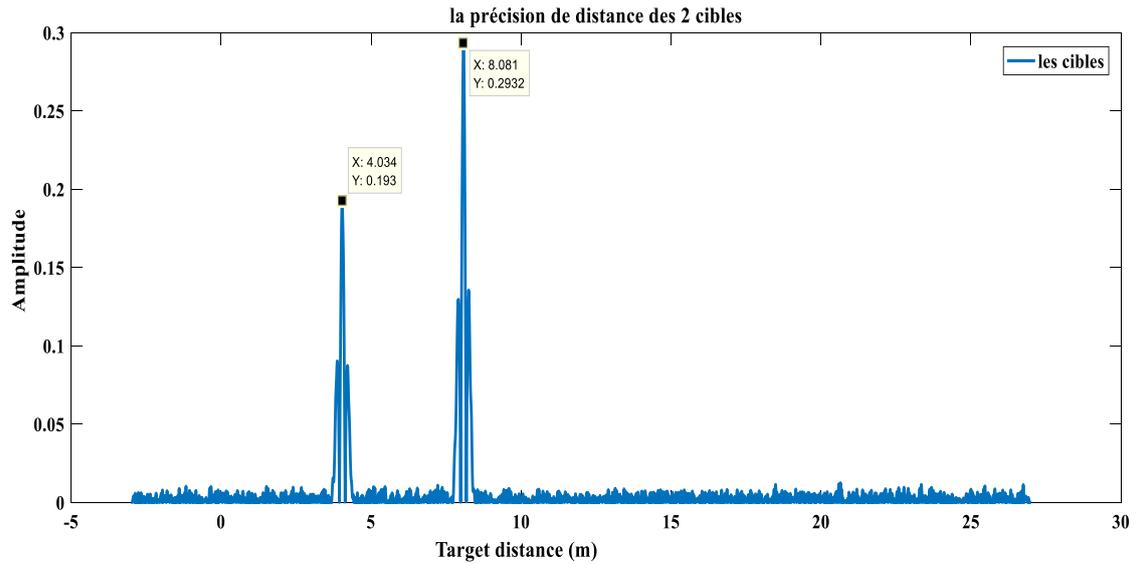


Figure- la septième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03.

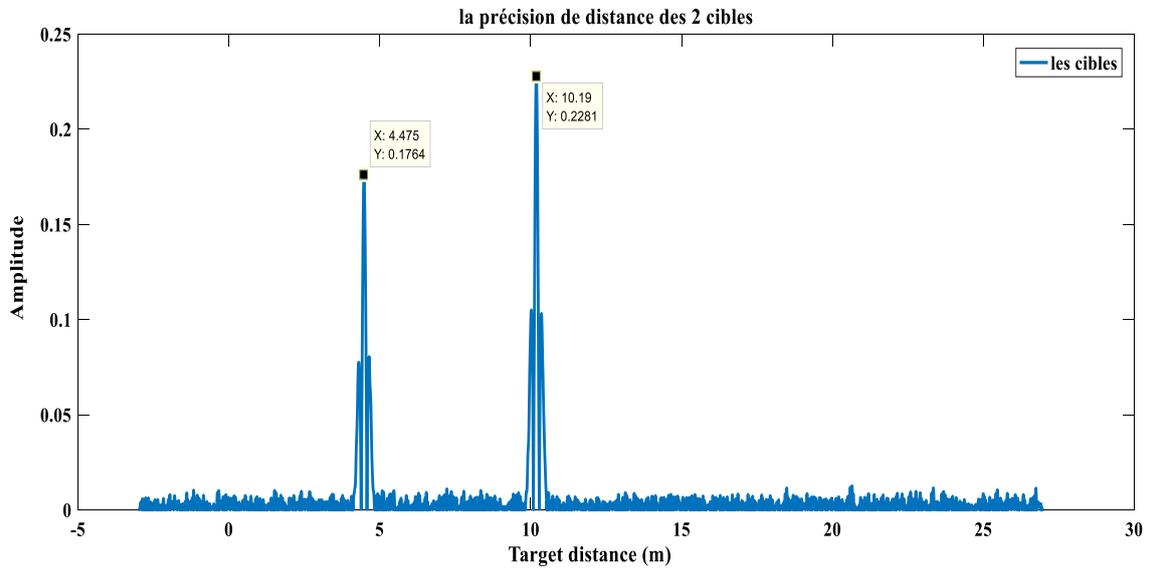


Figure- la huitième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03.

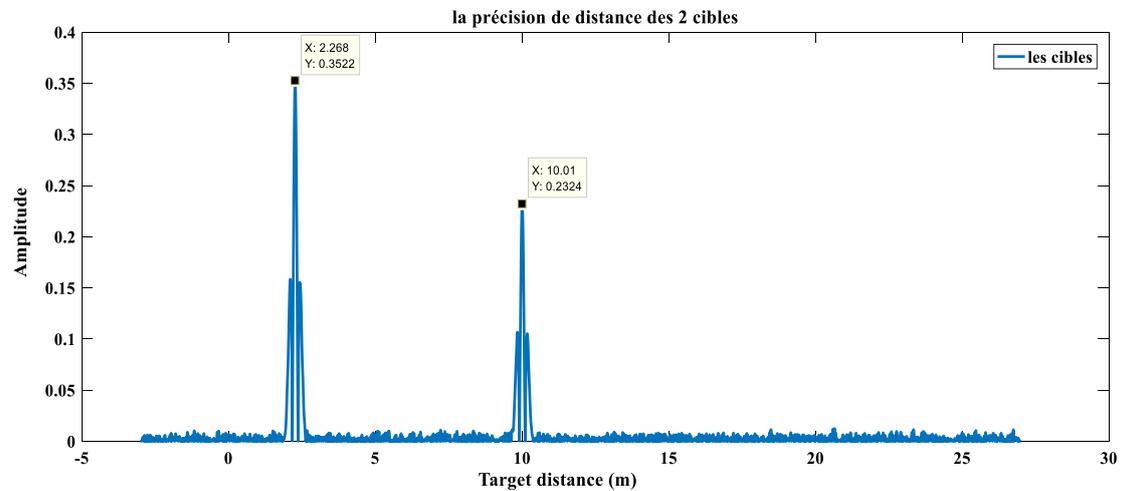


Figure- la neuvième précision de distance des 2 cibles par la corrélation pour le radar 03.