

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Djilali Bounaama Khemis Miliana



**Faculté des Sciences et de la Technologie**  
**Département de Technologie**

Mémoire du Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention du diplôme de

**Master**

En

« Télécommunications »

Option :

« Systèmes de Télécommunications »

**Titre :**

**Etude des formes d'ondes dans la technologie Ultra Large Bande  
et leur application dans le domaine de transport**

**Réalisé par :**

Mr: Bahri Mohammed.

**Encadré par :**

Mr: Naar Djilali.

Année Universitaire: 2021/2022

## Remerciements

*Nous remercions tout d'abord le grand Dieu pour l'achèvement de ce mémoire.*

*Nous exprimons nos gratitude à Monsieur le président de jury d'avoir accepté examiné ce mémoire.*

*Nous remercions Messieurs les membres de jury, d'avoir accepté de prendre part à ce jury ainsi que pour l'intérêt qu'ils l'ont portés à ce travail.*

*Nous remercions Monsieur Naar Djilali, notre encadreur, pour ses conseils et suggestions avisés qui nous ont aidés à mener à bien ce travail, et d'avoir rapporté à ce mémoire ces remarques et conseils.*

## ملخص

أصبحت تقنية UWB أكثر جاذبية في السنوات الأخيرة. نظرًا لمزاياها المختلفة ، فهي تغطي مجالًا واسعًا من التطبيقات ، لا سيما مجال النقل مثل المساعدة في ركن السيارة واكتشاف العوائق والاتصال بين المركبات بفضل رادارات UWB التي تستخدم أشكال موجية قصيرة وقوة منخفضة ودقة عالية. في عمل المذكرة هذا ، يتم اختبار العديد من أشكال الموجة من أجل اختيار أشكال الموجة المناسبة وفقًا للتطبيق المقصود.

**الكلمات المفتاحية:** رادار UWB ، أشكال الموجة ، كشف العوائق ، الاتصال بين المركبات.

## Résumé :

La technologie ULB est devenue plus attractive, dans ces dernières années. Vue ses avantages divers, elle couvre un large domaine d'applications, notamment le domaine de transport tel que l'aide au stationnement, détection d'obstacle et la communication inter-véhicule grâce aux radars ULB qui utilisent des formes d'ondes de courte durée, de faible puissance et de précision élevée. Dans ce travail de mémoire, plusieurs formes d'ondes sont testées afin de choisir les formes d'ondes adéquates selon l'application envisagée.

**Mots-clés :** radar ULB, formes d'ondes, détection d'obstacles, communication inter-véhicule.

## Abstract :

UWB technology has become more attractive in recent years. In view of its various advantages, it covers a wide field of applications, in particular the field of transport such as parking assistance, obstacle detection and inter-vehicle communication thanks to UWB radars which use short waveforms duration, low power and high precision. In this memory work, several waveforms are tested in order to choose the appropriate waveforms according to the intended application.

**Keywords:** UWB radar, waveforms, obstacle detection, inter-vehicle communication.

## Liste des abréviations

**ADAS:** Advanced Driver Assistance System.

**BBGA:** Bruit Blanc Gaussien Additif.

**BER:** Bit Error Rate.

**BBGA:** Bruit Blanc Gaussien Additif.

**BPSK:** Binary Phase Shift Keying.

**CDMA:** Code Division Multiple Acces.

**DOD :** Department Of Defense.

**DSP :** Densité Spectrale de Puissance.

**DS-CDMA :** Direct Sequence Code Division Multiple Acces.

**FCC :** Federal Communications Commission.

**LDR :** Low Data Rate.

**HDR :** High Data Rate.

**HD :** High Definition.

**MB-ULB :** Multi Bande Ultra Large Bande.

**MB-OFDM :** Multi Bande Orthogonal Frequency Division Multiplexing.

**MFG :** Fonction Modifiée de Gegenbauer.

**MFH :** Fonction Modifiée d'Hermitte.

**MICS-UWB :** Mobile Information and Communication System Ultra Wide Bande

**NRZ:** Non-Retour à Zéro.

**OMS :** Organisation Mondiale de la Santé.

**OVSF :** Orthogonal Variable Spreading Factor

**PIRE :** Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente.

**PIC:** Parallel Interference Cancellation

**PN:** Pseudo-Noise.

**PA :** Pseudo Aléatoire.

**ULB :** Ultra Large Bande.

**UWB :** Ultra Wide Bande.

**RI-ULB :** Radio Impulsionnel Ultra Large Bande.

**SBPA :** Séquence Binaire Pseudo Aléatoire.

**SNR :** Signal to Noise Ratio.

**STI:** Système de Transport Intelligent.

**TEB** : Taux d'Erreur **B**inaire.

**VSC-A** : Vehicle Safety Communication-Application.

**UCELLS**: Ultra Wide Band real time interference monitoring and Cellular Strategies

**WALTER** : Wireless Alliance for Testing Experiment and **R**esearch.

# Table de matières

## Remerciement

## Résumé

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

## Chapitre I : Généralités sur la technologie ULB

I.1 Introduction.....	3
I.2 Historique de la technologie ULB.....	3
I.3 Réglementation et normalisation de l'ULB.....	3
I.4 Définition de l'ULB.....	5
I.5 Les Approches de l'ULB.....	7
I.5.1 L'approche mono bande.....	7
I.5.2 L'approche multi-bandes.....	7
I.6 Les Standards de l'ULB.....	8
I.6.1 La norme IEEE.802.15.3a.....	8
I.6.2 La norme IEEE 802.15.4a.....	8
I.7 Les application de l'ULB.....	8
I.7.1 Applications multimédia et domotique.....	8
I.7.2 Application industrielle.....	9
I.7.3 Application de transport.....	9
I.7.4 Applications médicales.....	9
I.7.5 Applications militaires.....	9
I.8 Les avantage et les inconvénients de l'ULB.....	10
I.8.1 Les avantages.....	10
I.8.2 L' inconvénient de l'ULB.....	10
I.9 Les différentes techniques de modulation associées à l'ULB.....	11
I.10 Système Radar ULB.....	11
I.10.1 Les systèmes radar de détection.....	11
I.11 Classification des systèmes radars ULB.....	12
I.11.1 Les topologies du système radar.....	12
I.11.1.1 Topologie mono statique.....	12

I.11.1.2 Topologie bi statique.....	13
I.11.1.3 Topologie multistatique .....	14
I.11.1.4 Topologie multi input multi output MIMO.....	14
I.11.2 Les différentes architectures de radar ULB .....	14
I.12 Le Futur de la technologie ULB .....	15
I.13 Conclusion .....	<b>16</b>

## **Chapitre II: Etude d'application de la forme d'onde ULB dans le domaine de transport véhiculaire**

II.1 Introduction .....	17
II.2 L'application des formes d'ondes ULB dans le domaine de transport véhiculaire	17
II.3 Les formes d'onde associées à la technologie ULB .....	18
II.3.1 Les formes d'ondes classiques .....	18
II.3.2 Les Formes d'onde orthogonales.....	20
II.4 Les critères de choix de la forme d'onde ULB.....	24
II.4.1 La corrélation.....	24
II.4.2 Le paramètre de choix d'une forme d'onde ULB.....	25
II.4.3 Les étapes de choix d'une forme d'onde ULB .....	26
II.5 Les Codes Pseudo Aléatoires .....	27
II.5.1 Les Séquence Binaire Pseudo Aléatoire SBPA .....	27
II.5.2 Codes PA Orthogonaux .....	29
II.5.3 Choix d'un code PA .....	30
II.6 La détection d'obstacle .....	30
II.6.1 Etude théorique de la détection d'obstacle .....	31
II.6.1.1 Emetteur .....	31
II.6.1.2 Canal de transmission.....	33
II.6.1.3 Récepteur.....	35
II.6.2 Etude de la probabilité de détection du radar ULB .....	35
II.6.3 Identification d'obstacle .....	37
II.7 Communication inter véhiculaire .....	38
II.7.1 Les techniques de la communication véhiculaires .....	39
II.7.2 L'accès multiple basé CDMA ULB .....	40
II.7.3 L'impact de la forme d'onde ULB dans la technique CDMA ULB .....	41
II.7.4 Les avantages de la CDMA ULB .....	41

II.8 Conclusion.....	42
----------------------	----

### **Chapitre III: Test et résultats de simulation**

III.1 Introduction .....	43
III.2 Présentation de logiciel utilisé.....	43
III.3 Choix de la forme d'onde.....	43
III.4 Etudes d'un système CDMA pour ULB par Simulink en sens montant.....	46
III.4.1 Analyse du système CDMA ULB .....	47
III.4.1.1 Les opérations effectués au niveau des étages du CDMA ULB.....	49
III.4.1.1.1 Au niveau de l'émetteur.....	49
III.4.1.1.2 Au niveau du canal.....	50
III.4.1.1.3 Au niveau du récepteur .....	51
III.4.2. Etude des performances d'un système CDMA ULB .....	52
III.4.2.1 L'influence de la forme d'onde ULB sur la chaine de transmission.....	52
III.4.2.2 L'influence de la longueur du code d'étalement.....	53
III.4.2.3 L'influence de la valeur initiale du code d'étalement .....	54
III.5 Conclusion.....	56
Conclusion générale.....	57

### **Bibliographie**



## Liste des figures

Figure I. 1: Les gabarits des masques .....	5
Figure I. 2: Représentation spectrale du signal ULB et signal à bande étroite .....	6
Figure I. 3: Représentation spectrale de la technique RI-ULB .....	7
Figure I. 4: Représentation spectrale de la technique MB-ULB .....	7
Figure I. 5: Topologie monostatique .....	12
Figure I. 6: Topologie bi statique .....	13
Figure I. 7: La topologie multistatique .....	13
Figure I. 8: La topologie MIMO .....	14
Figure I. 9: Les différentes architectures du radar ULB .....	15
Figure II. 1: Schéma fonctionnel d'aide à la conduite basé sur la technologie ULB .....	17
Figure II. 2: les formes d'ondes utilisées dans la technologie l'ULB .....	18
Figure II. 3: La représentation temporelle de l'impulsion gaussienne .....	19
Figure II. 4: La représentation temporelle de l'impulsion monocycle .....	20
Figure II. 5: : La représentation temporelle du quatre premiers ordres d'Hermite .....	22
Figure II. 6: La représentation temporelle des quatre premiers ordres MFG .....	23
Figure II. 7: La forme du signal envoyé et le signal reçu .....	24
Figure II. 8: le paramètres de choix l'efficacité .....	25
Figure II. 9: Les étapes à respecter pour choisir une forme d'onde .....	26
Figure II. 10: les Code Pseudo Aléatoires utilisées dans la technologie l'ULB .....	27
Figure II. 11: .Technique de génération de la séquence pseudo aléatoire .....	28
Figure II. 12: Schéma synoptique de la détection d'obstacle .....	30
Figure II. 13: Représentation temporelle de la modulation BPSK .....	33
Figure II. 14: Canal de transmission .....	34
Figure II. 15: Schéma fonctionnel d'un corrélateur du radar ULB .....	35
Figure II. 16: : La communication Inter-Véhiculaire .....	39
Figure II. 17: Les différents système utilisés dans un réseau véhiculaire .....	39
Figure II. 18: Schéma synoptique du système CDMA ULB .....	40
Figure III. 1: Le plan de test et simulation par Matlab .....	43
Figure III. 2: Représentation temporelle de la Gaussienne et le Pic d'autocorrélation .....	44
Figure III. 3: Représentation temporelle de la monocycle et le pic d'autocorrélation .....	44

Figure III. 4: Représentation temporelle du quatre premier ordre MFH et ses l'autocorrélations.....	45
Figure III. 5: Représentation temporelle du quatre premier fonctions MFG et ses l'autocorrélations.....	45
Figure III. 6: Le schéma de la chaine de transmission DS-CDMA pour ULB .....	47
Figure III. 7: Le schéma synoptique du système DS-CDMA ULB .....	48
Figure III. 8: La représentation temporelle de l'opération d'étalement.....	49
Figure III. 9: La modulation avec la forme d'onde G3 de Gegenbauer .....	50
Figure III. 10: La représentation temporelle du signal envoyé après canal .....	50
Figure III. 11:: La représentation temporelle du signal reçu démodulé .....	51
Figure III. 12: La représentation temporelle du données récupérées .....	51
Figure III. 13: les variations du BER pour les quatre forme d'ondes ULB .....	53
Figure III. 14: les variations du BER selon la longueur du code PA .....	54
Figure III. 15: Variation de BER selon deux valeur initiale du code PA.....	55

## Liste des tableau

Tableau I. 1 : Bandes de fréquences allouées.....	4
Tableau I. 2: Classement des signaux selon la bande fractionnelle.....	7
Tableau II. 1: : Les paramètres du quelques codes PA .....	30
Tableau III. 1: l'efficacité du formes d'ondes étudiées.....	46
Tableau III. 2: Paramètres de simulations montrant l'effet de forme d'onde .....	52
Tableau III. 3: les paramètre de simulations pour l'influence du longueur code PA..	53
Tableau III. 4: Paramètres de simulations l'effet de la valeur initiale du code PA.....	55

# **Introduction générale**

L'évolution de l'industrie automobile est un facteur essentiel de la croissance économique de plusieurs sociétés. Aujourd'hui, le nombre de voitures dans le monde dépasse 1.4 milliard automobiles [1].

Cependant, la croissance du parc mondial d'automobiles est en parallèle avec l'augmentation du nombre d'accidents. Selon les résultats de l'enquête de l'OMS (Organisation Mondiale pour la Santé), près de 1.25 millions de décès et plus de 50 million de blessés chaque année [2].

Le progrès technologique dans le domaine de la télécommunication a donné une naissance d'un système de transport intelligent (STI) qui permet aux utilisateurs de la route d'être informés instantanément sur l'état de la route, d'échanger des informations, et principalement d'aide à la conduite. Les leaders dans la fabrication des automobiles lancent des projets avec des partenaires universitaires pour intégrer le système de transport intelligent dans leurs produits. Le groupe industriel français Renault, Peugeot, Citroën et Hitachi sont mobilisés avec 7 laboratoires de recherche pour réaliser le projet de la communication inter véhiculaire SCORE@F. En revanche, le département de transport des Etats Unis d'Amérique a mené des études sur le projet VSC-A (Vehicle Safety Communication-Application). Donc la concurrence est toujours présente pour être le meilleur.

La communication radio sans fil basé sur les ondes Ultra Large Bande a été une autre solution qui répond aux problèmes de saturation des bande de fréquence. Elle a été utilisée la première fois dès que Tesla a envoyé les premières ondes électromagnétiques. Elle a été aussi affectée par plusieurs appellations mais n'était pas encore bien défini. Les secrets de la communication Ultra Large Bande a créé une obscurité sur la permission d'utilisation par le monopole USA qui a exigé des autorisations d'utilisation sévères et partielle.

La communication instantanée des utilisateurs des différentes technologies a créé des problèmes d'interférences. A cet effet, les système de transmission affectent à chaque utilisateur un code afin d'éliminer ces effets d'une part et d'augmenter le nombre d'utilisateur d'une autre part.

Malheureusement, il existe toujours des petites brusques interférences inter utilisateurs générés suite au mauvais choix de la forme d'onde.

Afin d'éviter l'obscurité sur la technologie Ultra Large Bande, et d'explorer les effets de la forme d'onde ULB dans la chaîne de transmission, nous avons organisés trois chapitres.

Le premier chapitre est dédié à la présentation de la technologie Ultra Large Bande. Nous terminons le chapitre par la présentation de quelques projets en cours de réalisation.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude d'une chaîne de transmission ULB dans le domaine de transport véhiculaire pour la détection des obstacles et la communication inter véhiculaire. Pour répondre aux problèmes major dans la transmission radio sans fil ULB. Nous avons basé au début sur l'étude des formes d'onde utilisées dans la technologie ULB, puis les critères de choix de la forme d'onde ULB adéquate et les codes pseudo aléatoires associés.

Le troisième chapitre est dédié à la simulation Matlab pour l'intention de démontrer les performances d'un système basé sur la technologie ULB.

# **Chapitre 1**

Généralités sur la technologie  
Ultra Large Bande

## **I.1 Introduction**

La technologie Ultra large bande est une autre solution de la communication radio sans fils. Elle a été affectée par plusieurs termes comme impulsion sans porteuse, impulsion non sinusoïdal. Elle a développée aussi plusieurs domaines sous des licences bien définies. Pour cela j'ai consacré le chapitre I pour la présentation de la technologie Ultra Large Bande.

## **1.2 Historique de la technologie ULB**

- ✚ La première transmission des impulsions très brèves a été par Marconi (1894-1896).
- ✚ En 1952 les chercheurs Pierce et Hopper ont réalisé des transmissions de signaux téléphoniques analogiques au moyen d'impulsions aléatoires espacés dans le temps.
- ✚ Durant 1960, cette technologie était connue comme sans porteuse (carry free) en bande base et encore impulsionnelle.
- ✚ En 1970, L'origine de la radio Impulsionnelle a été initiée par la recherche militaire sur le thème du radar.
- ✚ En 1974, la première commercialisation d'un radar de sol basé sur l'émission et la détection d'impulsions en bande de basse.
- ✚ En 1989, Le terme Ultra Large Bande UWB a été introduit par le Département de la Défense (DOD) des Etats-Unis.
- ✚ En 1992, le virage de la communication sans fil ou la Commission Fédéral de Communication FCC a publié un article qui décrit l'utilisation des ULB comme solution sans fil [3].
- ✚ En mai 2000, la FCC reçoit plus de 1000 documents de plus de 150 organisations différentes pour mettre en place une réglementation afin que la technologie ultra large bande (ULB) n'influencera pas les autres technologies (étroite).

## **I.3 Réglementation et normalisation de l'ULB**

En Avril 2002, suite aux réclamations nombreuses qui concerne les interférences résultées par la technologie ULB, la FCC (Federal communications



Commission) a publié une autre définition de la technologie ULB qui sera définie après, ou elle a limitée la puissance de crête émise qui ne doit pas dépasser certain niveau de puissance  $P$  donné par l'équation (I.1) [3].

$$P = 20 + 20 \log_{10} \left( \frac{BP}{BP_{\min}} \right) \quad (\text{I.1})$$

Avec :

$P$  : la puissance isotrope rayonnée équivalente maximale en dBm

$BP$  : La largeur de bande passante en Hz.

$BP_{\min}$  : La largeur bande passante minimale.

Les limites sévères exigées par la FCC sont appelées des masques. Ces derniers sont présentés par des gabarits de la densité spectrale de puissance moyenne (pire) et la plage de bande de fréquence. Les premières applications visées par la réglementation FCC sont les systèmes d'imagerie et la surveillance. Le second système concerne la localisation des objets. Le **Tableau.I.1** illustre les bandes de fréquences allouées. On remarque que la FCC ne déclare pas la bande passante du monopole USA suite à sa domination.

Pays	Bande 1 (GHz)	Bande 2 (GHz)
États Unis	3,1 – 10,6	--
Europe	4,2 – 4,8	6 – 8,5
Japon	3,4 – 4,8	7,25 – 10,25
Corée	3,1 – 4,8	7,2 – 10,2
Singapour	4,2 – 4,8	6 – 9
Chine	4,2 – 4,8	6 – 9

**Tableau.I.1:** Bandes de fréquences allouées [3]

La normalisation de l'ULB est la permission d'utiliser l'ULB sous l'ordre de la FCC. La distribution des masque au monde a été partiellement est comme suit :

✚ **Au Etats Unis** : En mai 2000, la FCC a publié le premier rapport de régularisation pour utiliser l'ULB aux USA [3].

✚ **En Asie** : Le Japon et Singapour sont les premiers concernés de l'ULB en Septembre 2002, après la Chine et la Corré [3].

✚ **En Europe** : l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) et le groupe CEPT (Conférence Européenne de l'administration des postes et des télécommunications) sont chargés par la normalisation de l'ULB en Europe. L'autorisation a été stricte et partielle commencée avec plusieurs changements du 2003 au 2010 [3].

✚ Les gabarits des masques sont représentés dans la figure I.1.

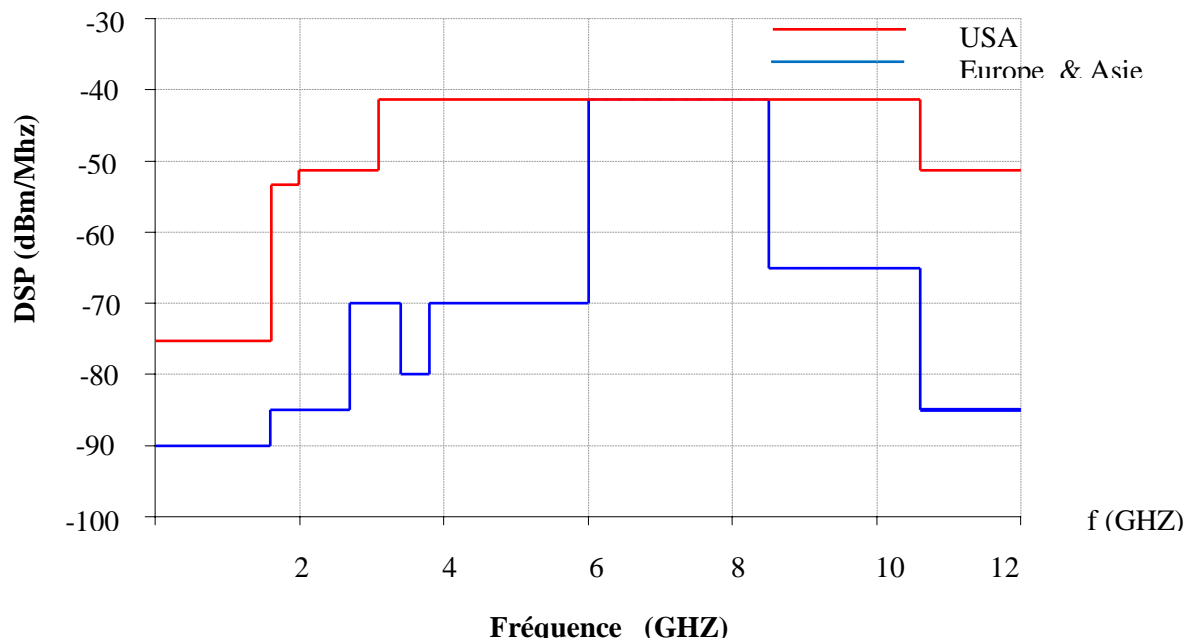


Figure.I.1: Les gabarits des masques pour l'Europe, l'Asie et l'USA [3]

### I.4 Définition de l'ULB

La Technologie Ultra Large Bande ULB (Ultra Wide Bande UWB en Anglais) repose sur l'émission d'impulsions de durée très brève (l'ordre de pico seconde), ce qui favorise une transmission robuste dans un canal multi-trajets. Il existe deux définitions pour la technologie ULB :

✚ La première définition donnée par Taylor: chaque système occupant une bande de fréquence supérieure à 500MHz dont la bande fractionnelle  $B_{frac}$  est supérieure ou égale à 0.25 est un système ULB [4].

La largeur de la bande fractionnelle est donnée par l'équation (I.2) suivante :

$$B_{\text{frac}} = \frac{\text{La bande passante}}{\text{Fréquence centrale}} \geq 0.25 \quad (\text{I.2})$$

On peut écrire l'équation (I.2) par :

$$B_{\text{frac}} = 2 * \frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} \geq 0.25 \quad (\text{I.3})$$

Avec :

- $B_{\text{frac}}$  : La Bande Fractionnelle.
- $f_h$  : La fréquence haut limitée en hertz
- $f_l$  : La fréquence bas limitée en hertz

✚ La Commission Fédéral de Communication FCC a défini cette technologie par une deuxième définition ou la densité spectrale de puissance (DSP) à -10dB excède à tout moment une largeur de 500MHz et une bande passante relative supérieure à 20% [3].

$$B_{\text{frac}} = 2 * \frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} \geq 0.2 \quad (\text{I.4})$$

Le nombre d'utilisateurs est limité selon la largeur du bande de fréquence. Les système basé sur la bande large permet d'avoir un nombre important d'utilisateurs par rapport au bande étroite. La **figure.I.2** présente les formes spectrales du signal ULB et signal à bande étroite.

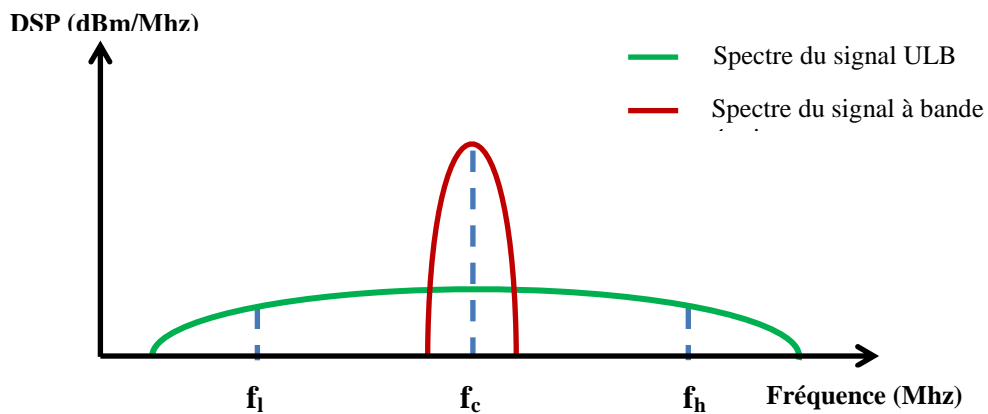


Figure.I.2 : Représentation spectrale du signal ULB et signal à bande étroite [5]

Le tableau I.2 suivant illustre le classement des différents signaux selon la fréquence de relative:

Critère de $B_{\text{frac}}$	$0 < B_{\text{frac}} < 0.01$	Bande étroite
	$0.01 \leq B_{\text{frac}} < 0.25$	Bande Large
	$B_{\text{frac}} \geq 0.2$	Ultra large bande

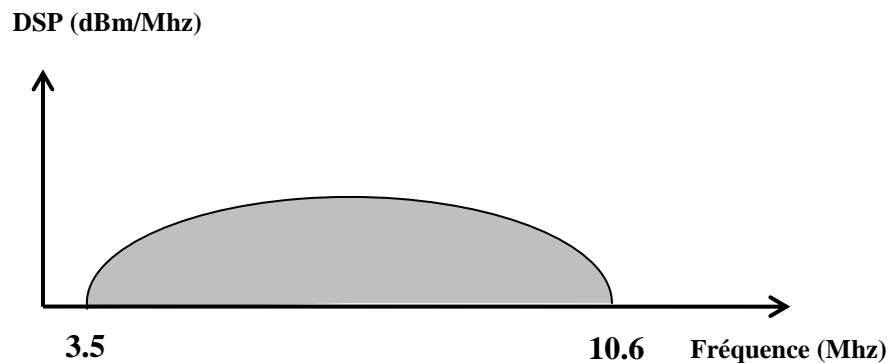
**Tableau I.2** : Classement des signaux selon la bande fractionnelle [6]

## I.5 Les Approches de l'ULB

On distingue deux approches pour la technologie ULB, selon l'utilisation de la largeur de bande :

### I.5.1 L'approche mono bande

Sert à exploiter tout ou partie de la bande située entre 3,1 et 10,6 GHz. Cette technique est la radio impulsionnelle RI-ULB. La figure I.3 montre la représentation spectrale de l'approche mon bande.



**Figure I.3** : Représentation spectrale de la technique RI-ULB [7]

### I.5.2 L'approche multi-bandes

La Multi bande MB-ULB qui exploite la division de toute la bande précédente en sous-bandes (le spectre est subdivisé en plusieurs bandes partielles), c'est la technique MB-OFDM. La figure I.4 montre la représentation spectrale de l'approche multi bande.

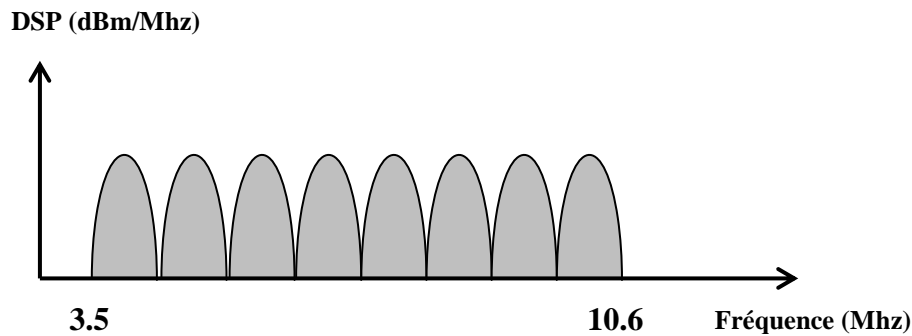


Figure I.4 : Représentation spectrale de la technique MB-ULB [7]

## I.6 Les Standards de l'ULB

La technologie ULB a présentée comme une solution très intéressante pour un grand nombre d'applications, deux standards sont proposés pour les communications bas et hauts-débits :

### I.6.1 La norme IEEE.802.15.3a

Le standard HDR-UWB (Higt Data Rate UWB) est adressé aux applications multimédia grand publique à courte portée tels que les WPAN.

### I.6.2 La norme IEEE 802.15.4a

Le standard LDR-UWB (Low Data Rate UWB). Il est destiné aux applications à faible débit, à faible consommation et à faible complexité tels que les réseaux de capteurs, et les badges intelligents.

## I.7 Les application de l'ULB

### I.7.1 Applications multimédia et domotique

- Présentation de deux standard IEEE.802.15.3a et IEEE.802.15.4a.
- Transfert des fichiers volumineux avec une durée de transfert de quelques secondes pour courte portée (distance  $\leq 10$  mètres).
- Réduire le nombre des câbles de connexions entres appareils multimédia (caméscope, TV HD) et les périphériques informatiques.
- Communication RFID.

### **I.7.2 Application industrielle**

Les environnements concernés par les applications ULB beaucoup plus sont essentiellement Indoor. On cite :

- La communication des capteurs dans une chaîne de production.
- La localisation des marchandises.
- La gestion des emplacements par l'identification des codes-barres.
- Le transfert des fichiers volumineux.
- La surveillance et le contrôle d'accès des personnes.

### **I.7.3 Application de transport**

La technologie ULB est applicable dans les différents types de transport terrestre, ferroviaires, maritime et aéronautique. On cite :

- La détection et l'identification des obstacles.
- La communication inter véhiculaire.
- Géolocalisation.

### **I.7.4 Applications médicales**

L'utilisation des systèmes ULB dans le domaine médical a commencé en 1993. Plusieurs essais ont été réalisés comme la surveillance des patients sans fils en 1999. Les systèmes basés sur la technologie ULB permettant d'assurer les fonctions suivantes :

- Le calcul des battements du système cardiaque et les signes vitaux dans le système respiratoire.
- Le transfert des dossiers médicaux (résultats, rapports et échographie)
- Le transfert des données à partir des appareils médicaux sans fil.
- L'imagerie médicale comme UREM.
- La surveillance du déplacement de patients et les salles de stockage des médicaments.

### **I.7.5 Applications militaires**

La technologie ULB est très utilisée dans le militaire que le domaine civil, on cite :

- La pénétration des murs et sol permet de savoir les mouvements de l'ennemi.
- L'espionnage.

## I.8 Les avantages et les inconvénients de l'ULB

Comme les autres systèmes radio sans fil, l'ULB offre certains avantages et des inconvénients.

### I.8.1 Les avantages

- **La capacité du canal** : Les systèmes basés sur la technologie ULB possèdent une meilleure capacité. En effet, d'après le théorème de Shannon la formule de capacité du canal est donnée par l'équation (I.5) :

$$C = B * \log_2(1 + SNR) \quad (I.5)$$

Avec :

- **C** : La capacité du canal en **Bit/s**.
  - **B** : La largeur de bande passante en **hertz**.
  - **SNR** : Le rapport signal sur bruits.
- **Fonctionnement assuré avec un rapport signal (SNR) bas** : L'équation (I.5) montre que le rapport signal bruit **SNR** sera diminué de façon logarithmique par rapport à la capacité du canal **C**.
  - **Architecture simple** : les systèmes basés sur l'ULB sont simple à réaliser par rapport aux autres systèmes.
  - **La pénétration des obstacles** : les signaux ULB possèdent la capacité de pénétrer des obstacles.
  - **Résistance aux multi trajets** : l'utilisation des récepteurs égaliseurs complexes pour remédier les effets de multi trajets.
  - **L'interférence aux autres signaux** : garantir une plus grande sécurité.
  - **Excellente résolution temporelle** : une grande précision dans le domaine de localisation, les mesures de distance.

### I.8.2 L'inconvénient de l'ULB

- Le système ULB ne dépasse jamais les performances des systèmes optiques à grands débits.

## I.9 Les différentes techniques de modulation associées à l'ULB

La modulation est un processus de transformation qui permet de modifier un ou plusieurs paramètres tel que fréquence, amplitude et phase. Les types de modulations les plus fréquemment utilisés sont les suivants :

- Modulation de position « Pulse Position Modulation » (PPM).
- Modulation d'Amplitude « Pulse Amplitude Modulation » (PAM).
- Modulation Hybride PPM & PAM.
- Modulation tout ou rien « On Off Keying » (OOK) .
- Modulation de phase «Phase Shift Keying» (PSK).
- Modulation en Quadrature QAM

## I.10 Système Radar ULB

Le terme radar est un acronyme anglais du « RAdio Detection And Ranging ». Initialement destiné à des applications militaires, le système radar a connu un essor rapide durant la Seconde Guerre mondiale. Aujourd'hui, les systèmes radar sont aussi très largement répandus dans des applications civiles telles que la surveillance du trafic aérien, la météorologie ou encore la sécurité automobile. Le radar est donc aujourd'hui un système indispensable et très largement utilisé qu'il serve à surveiller un territoire ou pour éviter des collisions.

### I.10.1 Les systèmes radar de détection

La détection d'obstacle repose sur un module de traitement de signal qui fonctionne avec un modèle probabiliste pour déterminer plusieurs mesures. les données calculés permet de prendre des décisions dans des meilleurs délai. pour cela nous présentons les paramètres suivants traités par Le système radar de détection:

- **Probabilité de détection** : c'est la probabilité que le radar détecte la présence d'une cible.
- **Probabilité de fausse alarme** : une fausse alarme est générée lorsque le signal reçu dépasse le seuil de détection.
- **Direction du signal** : le signal radar est émis suivant un lobe principal.



- **Calcul de la distance** : la distance entre la cible et le radar est calculée en utilisant le fait que le signal parcourt un chemin aller-retour.
- **Portée maximale** : la portée maximale des radars est limitée à la fois par l'équation Radar donnée plus loin qui consiste en un bilan énergétique sur l'atténuation du signal.
- **Distance minimale de détection**: la distance minimale ou « zone d'ombre » est liée à la durée d'émission  $\tau$  des impulsions radar pendant laquelle le système radar ne peut traiter les échos.
- **Résolution en distance** : la résolution en distance d'un radar est sa capacité à différencier deux cibles proches dans la même direction. Cette résolution en distance est définie par la distance minimale entre deux cibles pour que le radar puisse les distinguer.
- **Temps d'éclairement** : c'est la durée pendant laquelle le signal radar est orienté en direction de la cible (cas des radars tournants).

## I.11 Classification des systèmes radars ULB

Les radars de la technologie ULB sont classés selon l'architecture ou bien la topologie.

### I.11.1 Les topologies du système radar

Le classement est selon le placement des antennes d'émission et réception d'une part, et le positionnement de la cible d'autre part.

On distingue :

#### I.11.1.1 Topologie mono statique

Le radar mono statique contient l'émetteur et le récepteur dans la même unité, les fonctions d'émission et de réception dans la même antenne. La topologie mono statique permet de réduire l'encombrement. Voir la **figure.I.5**.

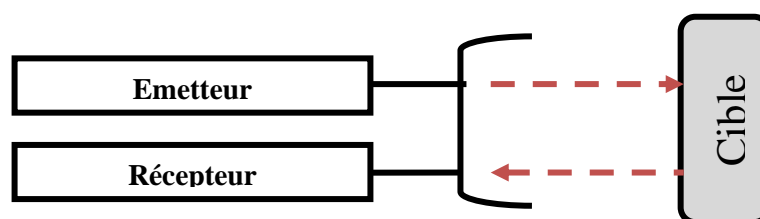


Figure.I.5 : Topologie monostatique [8]

### I.11.1.2 Topologie bi statique

Le radar bi statique utilise deux antennes séparés l'un pour l'émission et l'autre pour la réception. Il permet d'augmenter le volume d'informations sur les cibles à condition d'avoir une bonne synchronisation entre l'émetteur et le récepteur. (voir la **figure I.6**).

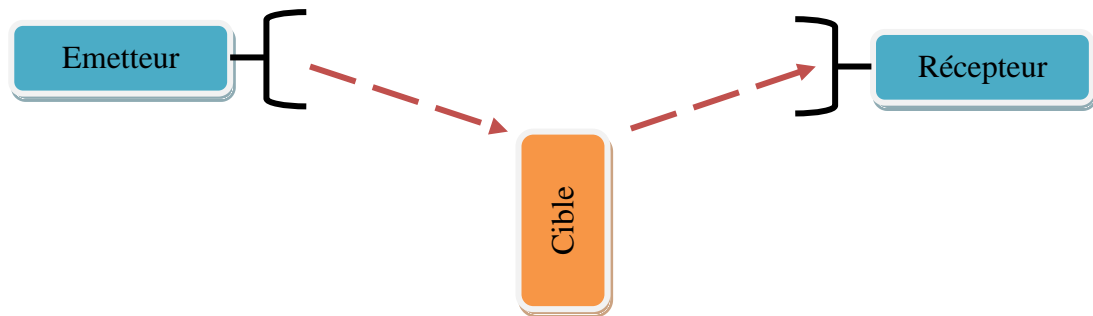


Figure I.6 : Topologie bi statique [8]

### I.11.1.3 Topologie multistatique

La topologie multistatique permet d'avoir une multi-vue de la scène. Elle est la plus performante et sensible. Toutefois, le même problème de synchronisation se pose. Il utilise plusieurs émissions codées simultanément pour récolter le plus d'informations possibles sur la scène. Voir la **figure.I.7**.

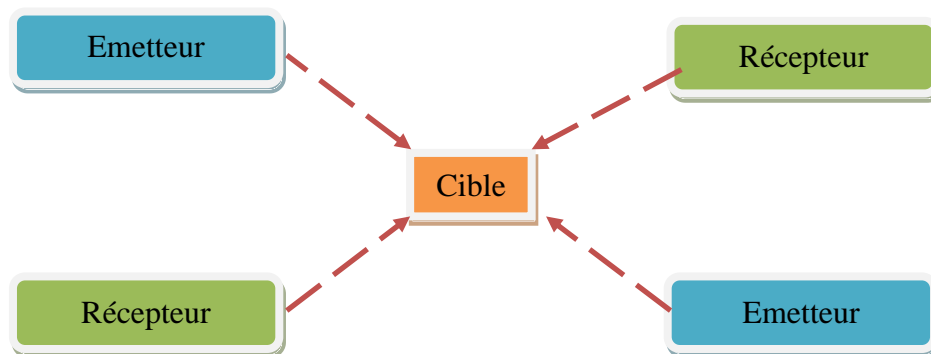
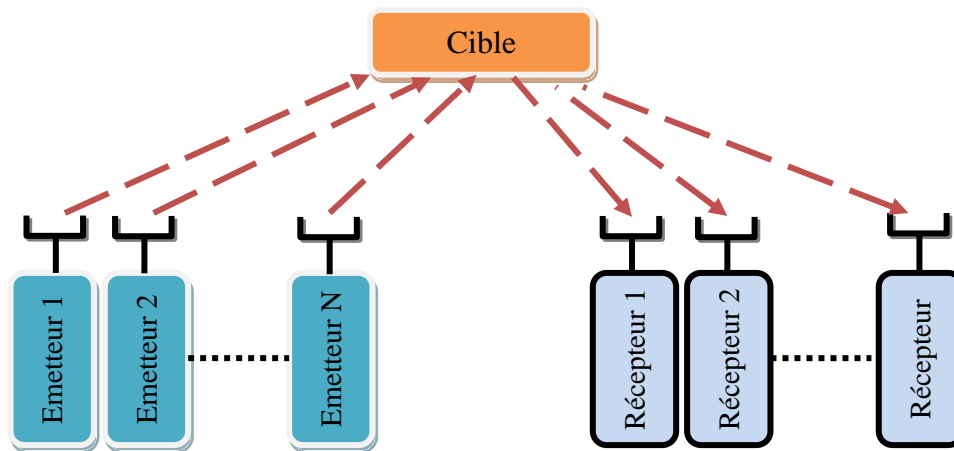


Figure.I.7 : La topologie multistatique [8]

### I.11.1.4 Topologie multi input multi output MIMO

La topologie du radar MIMO est constituée de  $N$  émetteurs et de  $N$  récepteurs. Les  $N$  émetteurs émettent simultanément un code particulier ce qui permet le récepteur de différencier les signaux issus de chacun des émetteurs (technique de type

CDMA ULB). La configuration MIMO caractérisée par la qualité du rapport signal à bruit et la diversité des informations mesurées. Voir la **figure.I.8**.



**Figure.I.8** : La topologie MIMO [8]

### **I.11.2 Les différentes architectures de radar ULB**

Le fonctionnement des radars ULB dans le domaine temporel et fréquentiel permet d'avoir une grande variété technologique des équipements d'émission & réception. L'architecture d'un radar ULB concerne plusieurs paramètres comme l'approche temporel ou fréquentielle, la forme des ondes envoyées par l'émetteur et la technique de réception. J'ai présenté dans la figure **I.9** les différentes architectures du radar ULB.

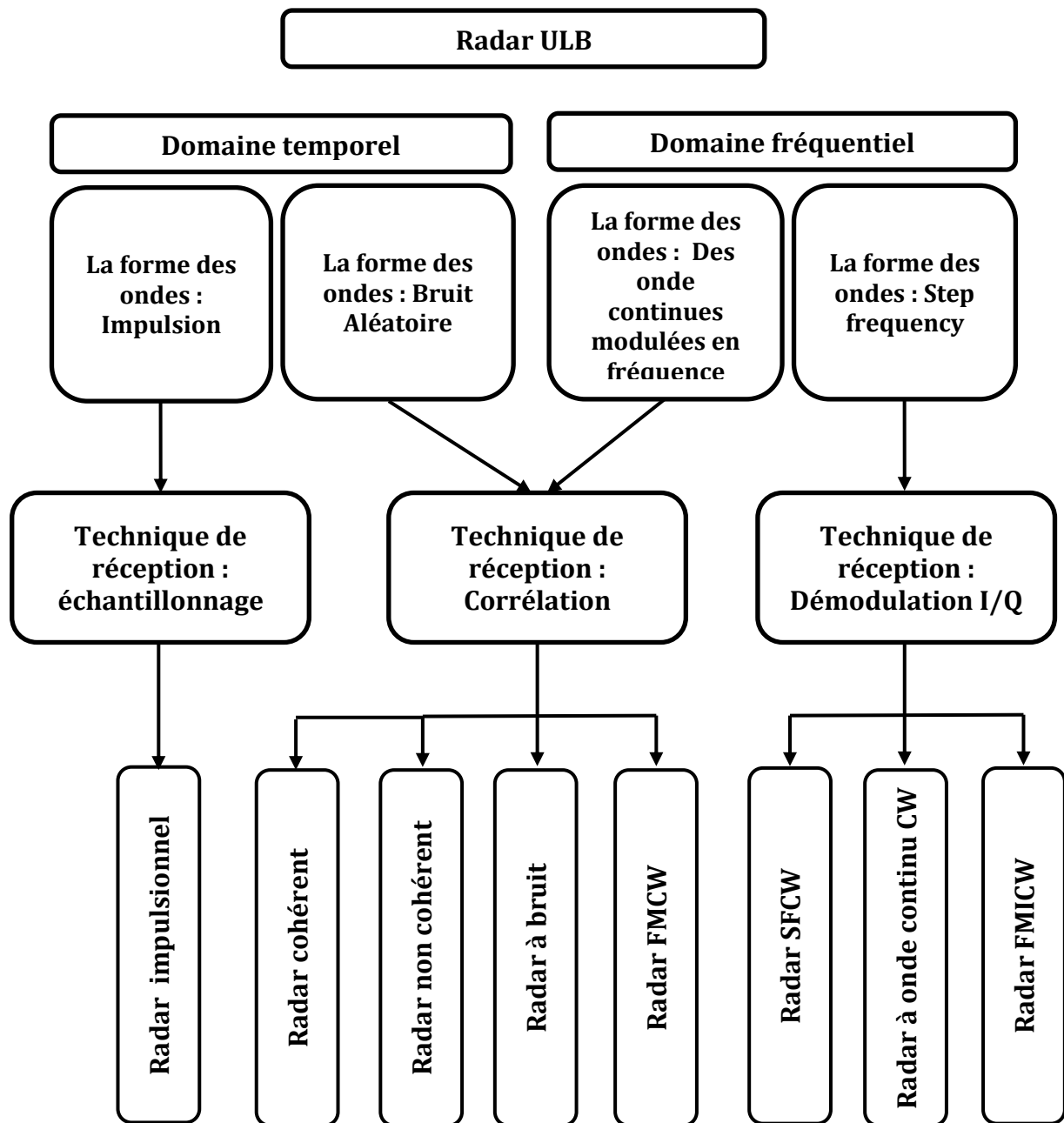


Figure.I.9 : les différentes architectures du radar ULB [9]

## I.12 Le Futur de la technologie ULB

La technologie ULB reste toujours une solution de communication sans fil. Il existe à ce jour des projets en cours d'étude pour démonter les secrets de cette technique. On cite :

- MICS-UWB : **M**obile **I**nformation and **C**ommunications **S**ystem-ULB : projet du domaine de capteurs.
- WALTER : **W**ireless **A**lliance for **T**esting **E**xperiment and **R**esearch : projet Européen avec la Chine pour la recherche en réseau Haut débit pour les mesures dans l'industrie.
- UCELLS (Ultra Wide Band real time interference monitoring and cellular management strategies) : le projet a commencé en 2007 qui démontre la capacité des cellules ULB. le projet a des partenaire académiques comme les universités de Valence,Louvain et Rennes 1.

### **I.13 Conclusion**

J'ai mis en évidence les caractéristiques de la technologie ULB qui sert à différencier la qualité de communication de l'ULB par rapport aux autres technologies. Nous abordons par le chapitre suivant l'application de la technologie ULB dans le domaine de transport véhiculaire.

# Chapitre II

Etude d'application de la  
formes d'onde ULB dans le  
domaine de transport  
véhiculaire

## II.1 Introduction

Dans ce chapitre, je présente une étude appliquée sur l'approche mono bande ULB (RI-ULB) dans le domaine de transport véhiculaire. je présente au début les formes d'onde ULB ainsi que la méthode de choix de la forme d'onde adéquate pour la détection d'obstacle et la communication inter véhiculaire. je décris aussi les codes pseudo aléatoires associés. Enfin, je termine le chapitre par la présentation de la technique d'accès multiple pour ULB utilisée dans la communication inter véhiculaire.

## II.2 L'application des formes d'ondes ULB dans le domaine de transport véhiculaire

Dans le but de rendre la conduite automobile en sécurité, les constructeurs d'automobile réservent une option comme système d'assistance à la conduite appelé ADAS (Advanced Driver Assistance System). Les radars utilisés font une partie du système de la sécurité embarquée. La technologie ULB offre à ce système des performances optimales dans la détection des obstacles et la communication inter véhiculaire par rapport aux autres technologies. La **figure II.1** représente un schéma fonctionnel d'un système d'aide à la conduite basé sur la technologie ULB [10].

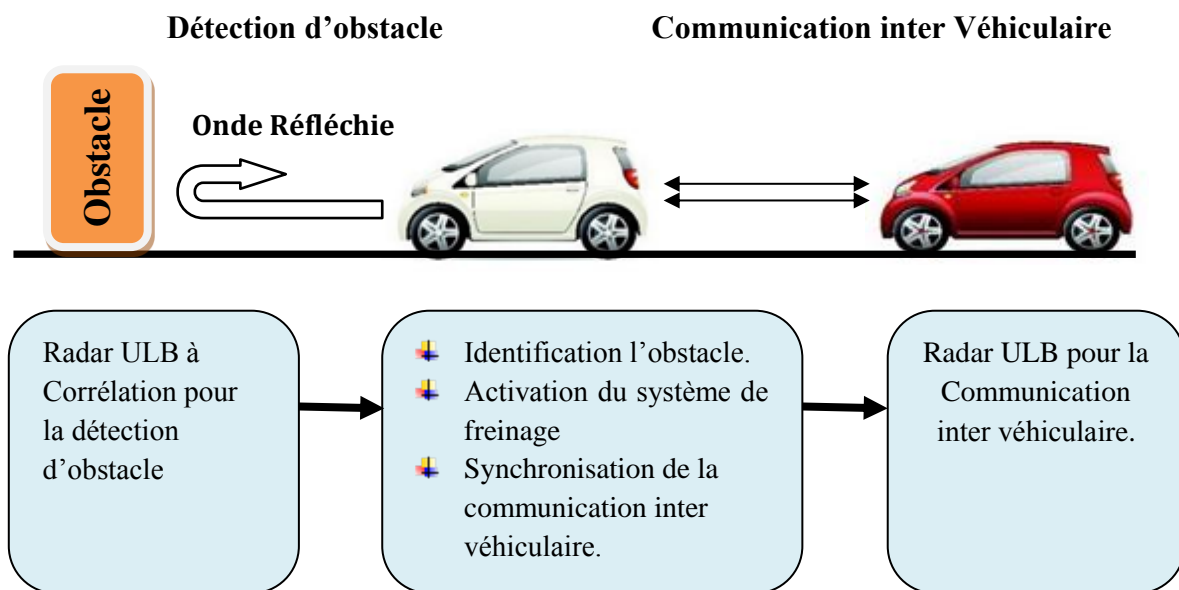
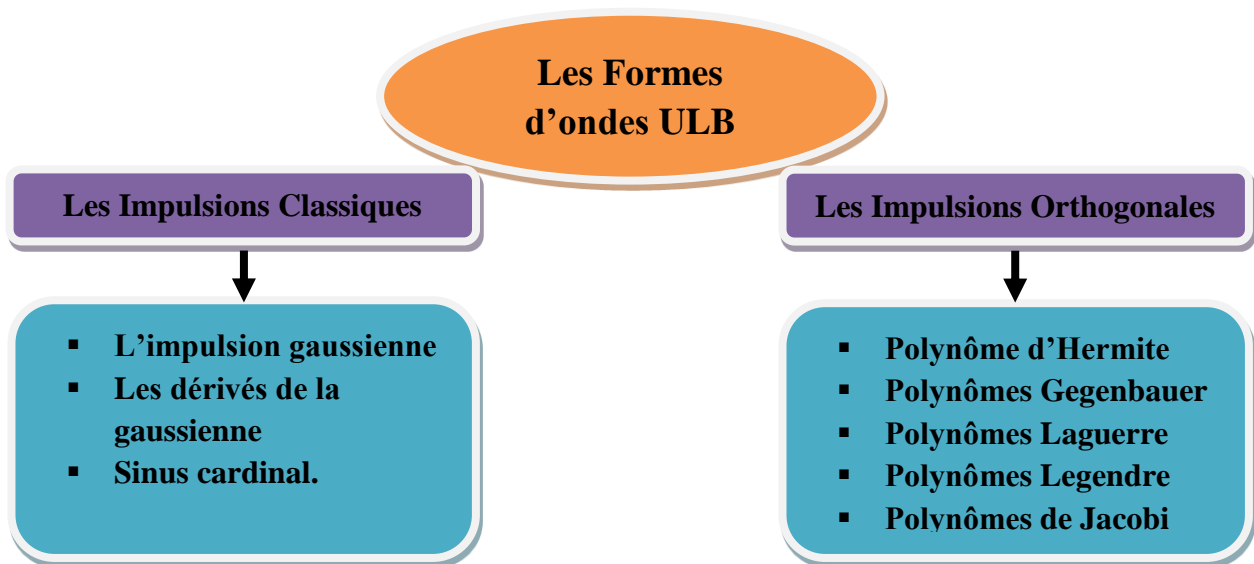


Figure II.1: Schéma fonctionnel d'aide à la conduite basé sur la technologie ULB [10]

### II.3 Les formes d'onde associées à la technologie ULB

La technologie ULB utilise des formes d'ondes impulsionnelles. Ces impulsions ultra brèves sont classées en deux familles, forme d'onde classique et autre orthogonale. La **figure II.2** présente les différentes formes d'ondes utilisées.



**Figure II.2:** les formes d'ondes utilisées dans la technologie l'ULB [11]

On s'intéresse d'une part dans notre étude sur l'impulsion gaussiennes et ses dérivés, et d'autre part sur les polynômes d'Hermite et de Gegenbauer.

#### II.3.1 Les formes d'ondes classiques

L'impulsion gaussienne et ses dérivées sont les plus couramment choisies et les plus simples à mettre en œuvre dans les systèmes ULB.

##### a. L'impulsion Gaussienne

L'impulsion la plus simple à générer. La définition mathématique de cette classe de formes d'onde est décrite par l'équation (II.1):

$$g(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (\text{II.1})$$

Avec :

- $\sigma$  : l'écart type.
- $\mu$  : l'espérance mathématique.
- $t$  : le variable.



On peut réécrire la fonction gaussienne par l'expression suivant [12] :

$$g(t) = A * \exp\left(-2\pi\left(\frac{t}{t_m}\right)^2\right) \quad (\text{II.2})$$

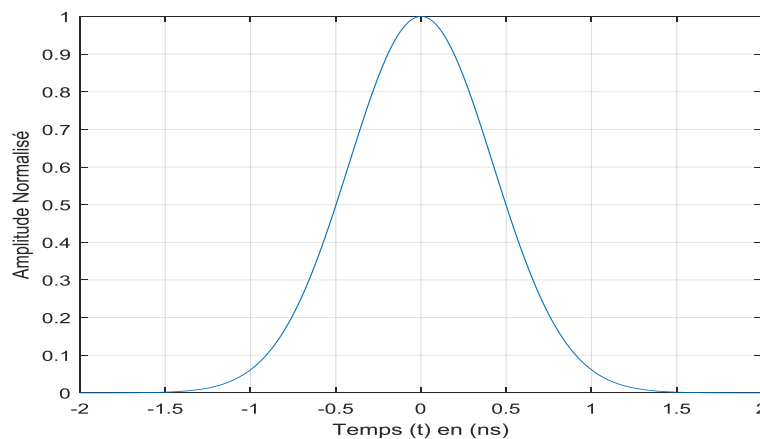
Avec :

**A** : est l'amplitude.

**t<sub>m</sub>** : durée de largeur d'impulsion.

**t** : le temps en seconde (le variable).

La représentation temporelle de l'impulsion gaussienne est donnée par la **Figure II.3**



**Figure II.3** : La représentation temporelle de l'impulsion gaussienne

### b. L'impulsion Monocycle

C'est une impulsion de courte durée (ordre de nanoseconde). Elle est modélisée comme le premier dérivé de l'impulsion gaussienne, sa formule est donnée par l'équation (II.2):

$$g'(t) = -\frac{(t-\mu)}{\sigma^3\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (\text{II.3})$$

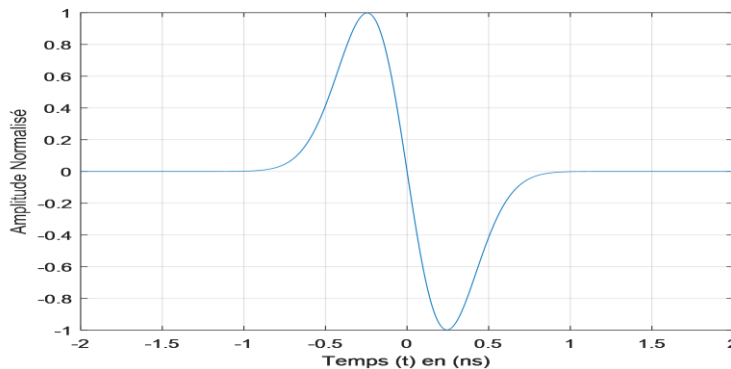
Avec :

**σ** : l'écart type.

**μ** : l'espérance mathématique.

**t** : le variable.

La représentation temporelle du monocycle est illustrée dans la **Figure II.4**.



**Figure II.4** : La représentation temporelle de l'impulsion monocycle

Nous pouvons utiliser les dérivés de l'impulsion gaussienne, le  $n^{\text{ème}}$  dérivé est donné par l'expression suivante [13]:

$$g_n(t) = -\frac{n-1}{\sigma^2} g_{(n-2)}(t) - \frac{t}{\sigma^2} g_{(n-1)}(t) \tag{II.4}$$

Avec :

- $n$  : l'ordre du dérivé.
- $\sigma$  : Ecart type.
- $t$  : le variable

### II.3.2 Les Formes d'onde orthogonales

Dans les dernières années, d'autres formes d'ondes fondées sur les polynômes orthogonaux pour établir des systèmes de communication ULB. Le concept de base est d'explorer les fonctions modifiées des polynômes orthogonaux.

Soient  $f$  et  $g$  deux fonctions continues dans un intervalle  $[a, b]$ . On introduit une fonction  $\omega$  dite fonction de poids qui est positive, continue, intégrable sur l'intervalle précédent et vérifiant l'expression suivante :

$$\int_a^b \omega(x) dx > 0 \tag{II.5}$$

Dans un espace vectorielle, le produit scalaire des deux fonctions  $f$  et  $g$  est donné par la formule suivante :

$$\langle f, g \rangle_\omega = \int_a^b f(x)g(x)\omega(x) dx \tag{II.6}$$

On dit que les deux fonctions  $\mathbf{f}$  et  $\mathbf{g}$  sont orthogonales si leur produit scalaire est nul et on écrit :

$$\langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle_{\omega} = 0 \quad (\text{II.7})$$

Par conséquent, une famille de fonctions  $\mathbf{f}_0, \mathbf{f}_1, \dots, \mathbf{f}_n$  ( $n$  fini ou infini) est dite orthogonale si :

$$\langle \mathbf{f}_i, \mathbf{f}_j \rangle = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ \delta > 0, & i = j \end{cases} \quad (\text{II.8})$$

Pour  $\delta=1$ , cette famille  $\{f_i\}$  est dite famille orthonormée et constituent une base orthonormée. A partir de la définition d'orthogonalité, s'il y a une suite infinie de polynômes orthogonaux de la base orthonormé de polynômes  $\mathbf{P}_0(\mathbf{x}), \mathbf{P}_1(\mathbf{x}), \mathbf{P}_2(\mathbf{x})$  dans laquelle chaque  $\mathbf{P}_n(\mathbf{x})$  a un degré  $n$  et de telle sorte que les polynômes de la suite sont orthogonaux deux à deux.

$$\langle \mathbf{P}_n, \mathbf{P}_m \rangle = \int_a^b \mathbf{P}_n(\mathbf{x}) \mathbf{P}_m(\mathbf{x}) \omega(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \quad (\text{II.9})$$

On peut écrire :

$$\langle \mathbf{P}_n, \mathbf{P}_m \rangle = \int_a^b \mathbf{P}_n(\mathbf{x}) \mathbf{P}_m(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \quad (\text{II.10})$$

Avec :

$[a, b]$  : est l'intervalle d'intégration et d'orthogonalité.

$n, m$  : degré du polynôme orthogonale.

$\omega(\mathbf{x})$  : la fonction de poids.

### a. Polynôme d'Hermite

Les polynômes d'Hermite ont été proposés par les chercheur Ghavami.M, Michael.L.B et Kohno.R en 2004 pour générer des impulsions orthogonales [14]. La fonction modifiée d'Hermite est abrégée par MFH. Les polynômes d'Hermite sont définis comme suit [15]:

✚ Les polynômes d'Hermite sont définis sur l'intervalle  $]-\infty, +\infty[$ .

✚ La fonction de poids est donnée par équation (II.10) :

$$\omega(t) = \exp(-t^2) \quad (\text{II.11})$$

✚ Les polynômes satisferont l'équation différentielle du deuxième ordre donnée par l'équation (II.11) :

$$\frac{d^2 h_n}{dt^2} + \left( n + \frac{1}{2} - \frac{1}{4} t^2 \right) h_n = 0 \quad (\text{II.12})$$

Les différents polynômes d'Hermite sont reliés par l'équation (II.12) :

$$h_n(t) = (-1)^n e^{t^2} \frac{d^n}{dt^n} e^{-2t^2} \quad (\text{II.13})$$

Les Quatre premiers fonctions modifiées d'Hermite sont donnés par le groupe des équations (II.13) :

$$\begin{cases} h_0(t) = 1 * \omega(t) \\ h_1(t) = 2t * \omega(t) \\ h_2(t) = (4t^2 - 2) * \omega(t) \\ h_3(t) = (8t^3 - 12t) * \omega(t) \end{cases} \quad (\text{II.14})$$

La représentation temporelle des quatre premiers ordres de polynômes d'Hermite sont données par la Figure II.5

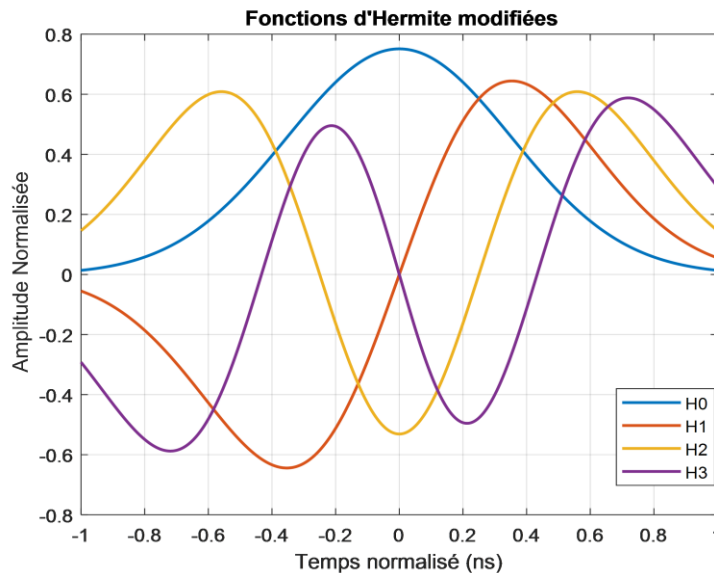


Figure II.5: La représentation temporelle du quatre premiers ordres d'Hermite

### b. Polynôme de Gegenbauer

Léopold Gegenbauer a l'honneur de proposer ce type de polynômes. Ils sont nommés aussi polynômes ultra sphériques selon leur caractéristiques spécifiques. Le développement de ce type a été dans des laboratoires universitaires français

La fonction modifiée de Gegenbauer est abrégée en MFG. Les propriétés du polynôme de Gegenbauer sont définies comme suit [16]:

Les polynômes de Gegenbauer sont définis sur l'intervalle [-1, +1].

$\beta$  est un paramètre définissant la famille de polynôme Gegenbauer  $\beta > -1$

✚ la fonction de poids est donnée par l'équation (II.14) :

$$\omega(t) = (1 - t^2)^{\beta-1/2} \quad (\text{II.15})$$

✚ Les polynômes satisferont l'équation différentielle du deuxième ordre donnée par l'équation (II.15):

$$(1 - t^2)G''_{n,\beta}(t) - (2\beta + 2)tG'_{n,\beta}(t) - n(n + 2\beta + 2)G_{n,\beta}(t) = 0 \quad (\text{II.16})$$

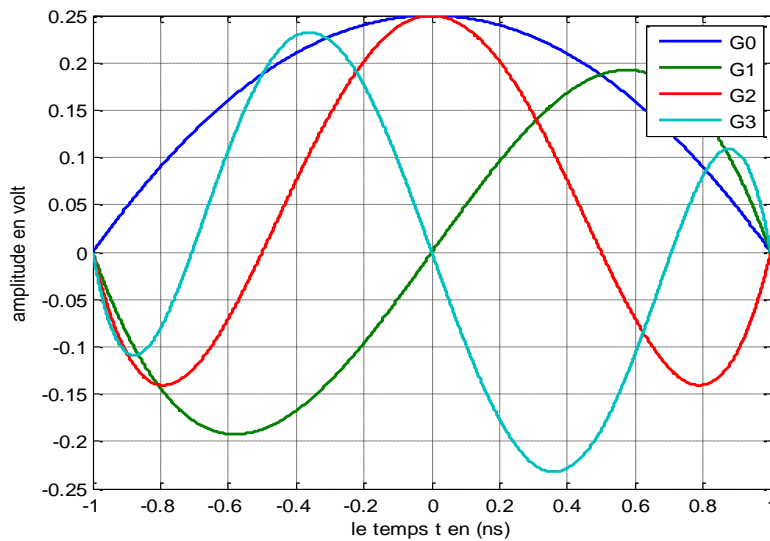
✚ Les différents polynômes de Gegenbauer ( $1 < n$ ) sont reliés par l'équation (II.16) :

$$G_n(\beta, t) = 2 \left(1 + \frac{n+\beta-1}{n}\right) t * G_{n-1}(\beta, t) - \left(1 + \frac{n+2\beta-2}{n}\right) G_{n-2}(\beta, t) \quad (\text{II.17})$$

✚ Les Quatre premiers fonctions modifiées de Gegenbauer sont donnés par les équations de (II.17) :

$$\begin{cases} G_0(\beta, t) = 1 * (1 - t^2)^{\beta-1/2} \\ G_1(\beta, t) = 2t * (1 - t^2)^{\beta-1/2} \\ G_2(\beta, t) = (-1 + 4t^2) * (1 - t^2)^{\beta-1/2} \\ G_3(\beta, t) = (-4t + 8t^3) * (1 - t^2)^{\beta-1/2} \end{cases} \quad (\text{II.18})$$

✚ La représentation temporelle des quatre premiers ordres de polynôme de Gegenbauer est donnée par la **Figure II.6**.

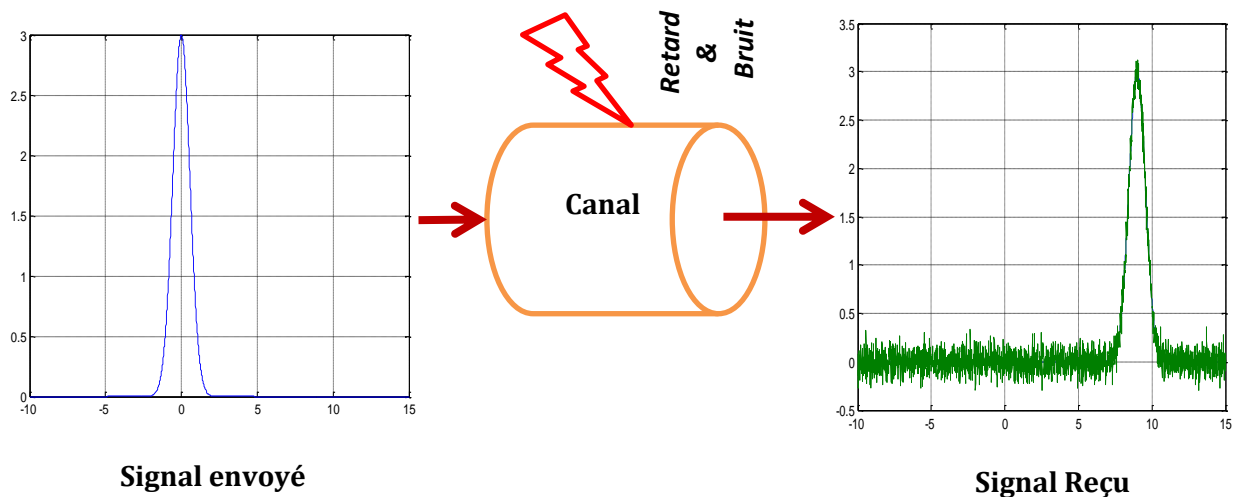


**Figure II.6:** La représentation temporelle des quatre premiers ordres

## II.4 Les critères de choix de la forme d'onde ULB

Dans la chaîne de transmission ULB, le signal envoyé par l'émetteur subit plusieurs atténuations pendant son passage à travers du canal de transmission. Le choix de la forme d'onde s'articule sur la corrélation d'une part et le type d'application (détection ou communication) de l'autre part, car la corrélation représente un outil puissant pour la séparation des signaux au niveau du récepteur. En revanche, cet outil exige une synchronisation parfaite au signal reçu avec le signal de référence. A cet effet, il est préférable d'étudier la corrélation des formes d'ondes à utiliser avant l'implémentation dans un système de communication [17].

La **Figure II.7** illustre le principe de la corrélation des deux signaux envoyé et reçu dans un système de communication.



**Figure II.7** : La forme du signal envoyé et le signal reçu

### II.4.1 La corrélation

L'opération de la corrélation est très utilisée en traitement de signal. Elle permet de mesurer le degré de la dépendance entre deux signaux. il existe deux types de corrélations :

- L'autocorrélation est la corrélation d'un signal avec lui-même. Donc, c'est une comparaison entre le signal  $x(t)$  et ses copies retardés.

$$\mathbf{R}_{xx}(\boldsymbol{\tau}) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot x^*(t - \boldsymbol{\tau}) dt \quad (\text{II.19})$$

Avec :  $x^*$  est le complexe conjugué de  $x(t)$ . Pour les signaux réel  $x(t)=x^*(t)$ .

- L'inter corrélation (corrélation croisée) entre deux signaux  $x(t)$  et  $y(t)$  est un signal  $R_{xy}(\tau)$  qui mesure la ressemblance du signal  $x(t - \tau)$  avec  $y(t)$ .

$$R_{xy}(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot y^*(t - \tau) dt \quad (II.20)$$

### II.4.2 Le paramètre de choix d'une forme d'onde ULB

Le choix d'une forme d'onde ULB est basé sur l'efficacité de l'impulsion. Ce paramètre est définie comme rapport entre la dynamique **D** (différence entre l'amplitude du pic de corrélation et l'amplitude maximale du pic de lobe secondaire) et la largeur **L** du pic de corrélation. La formule de l'efficacité est donné par équation (II.24) et représenté par la figure II.8 [18].

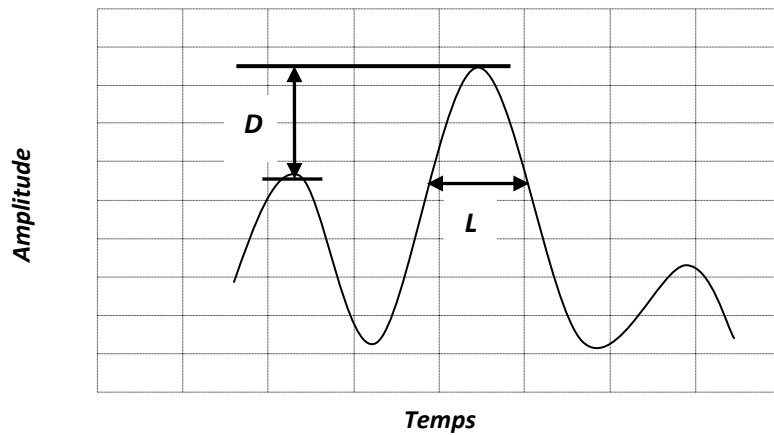


Figure II.8 : les paramètres de l'efficacité [18]

$$\text{Efficacité} = \frac{\text{Dynamique}}{\text{La largeur de Pic}}$$

On peut écrire :

$$E = \frac{D}{L} \quad (II.21)$$

### II.4.3 Les étapes de choix d'une forme d'onde ULB

Le choix de la forme d'onde ULB est basé sur la corrélation.

Au début, il faut commencer par le calcul de l'autocorrélation de chaque forme d'onde. La deuxième étape est le calcul de l'efficacité de chaque forme d'onde.

Si les valeurs des efficacités calculées sont différentes, on choisit la forme d'onde caractérisée par la plus grande valeur d'efficacité. on s'atisfait aussi par cette étape dans le cas de choisir une seule forme d'onde comme le cas de la détection d'obstacle. En revanche, on passe à l'inter corrélation suivi par le calcul d'efficacité d'une part où on aura la même valeur d'efficacité et d'autre part si on veut choisir plusieurs forme d'onde (cas d'un polynôme générateur dans la communication inter véhiculaire). J'ai résumé les étapes de choix par un organigramme présenté par la figure II.9.

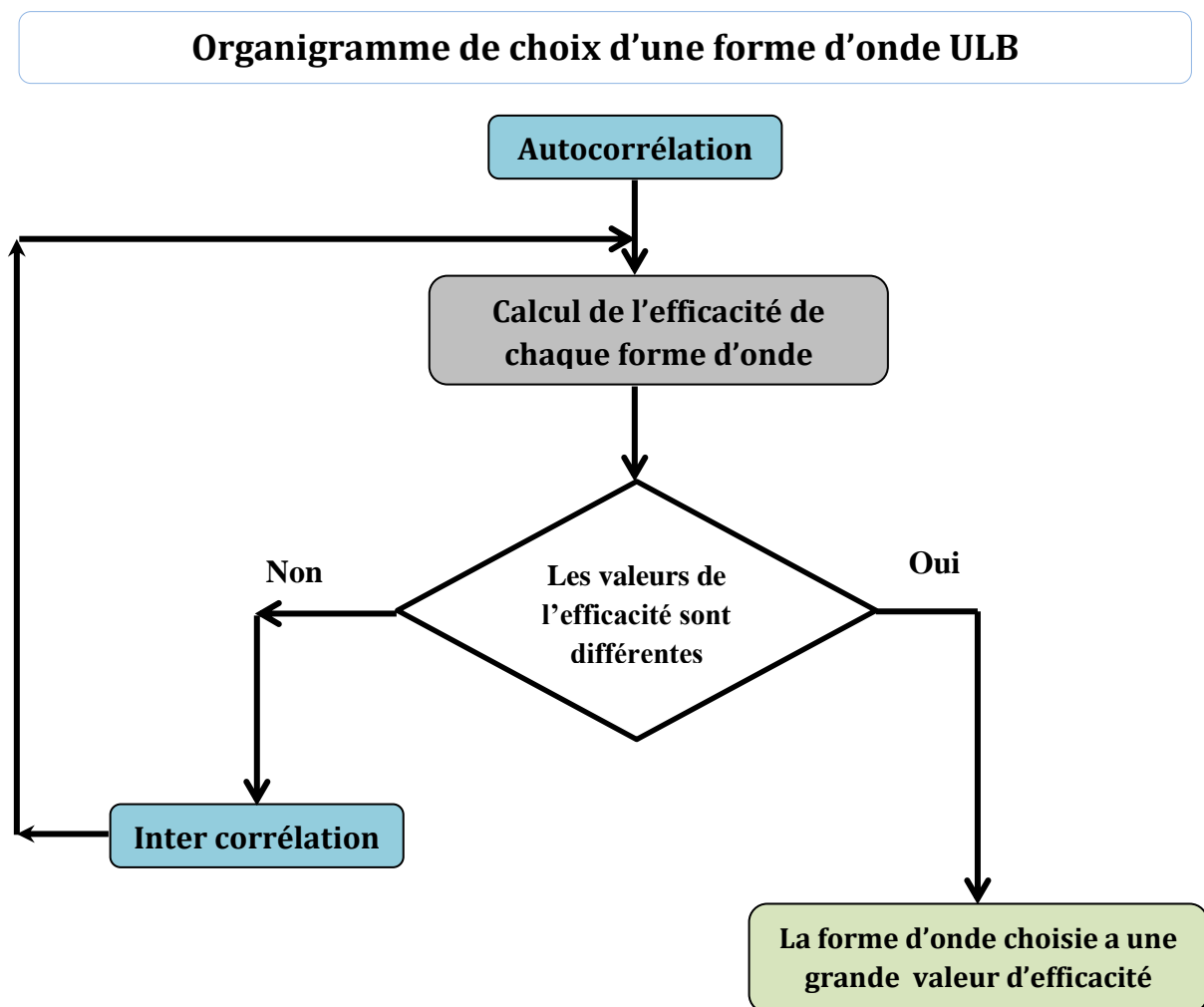


Figure II.9 : Les étapes à respecter pour choisir une forme d'onde



L'influence de la forme d'onde choisie est optimale selon le code pseudo aléatoire utilisé dans la chaîne de transmission. Donc, la partie suivante est réservée à la présentation des codes pseudo aléatoires associés aux formes d'onde ULB.

## II.5 Les Codes Pseudo Aléatoires

Les codes pseudo aléatoires sont des séquences binaires cycliques. Ils ont des propres propriétés comme l'état initial, la longueur, le nombre de codes générés et le maximum d'auto et d'inter corrélation. Ils sont utilisés dans divers domaines comme les applications Web, biomédical et la simulation stochastique. Dans le domaine de télécommunication, les codes PA sont utilisés dans les opérations d'étalement du spectre. Cette opération permet de réduire les effets d'interférence inter utilisateurs.

On distingue deux familles, des codes simples et d'autres orthogonaux. En revanche les codes performants dans les systèmes de communication sont appelés des codes préférés. La figure II.10 présente les codes PA les plus utilisés [19].

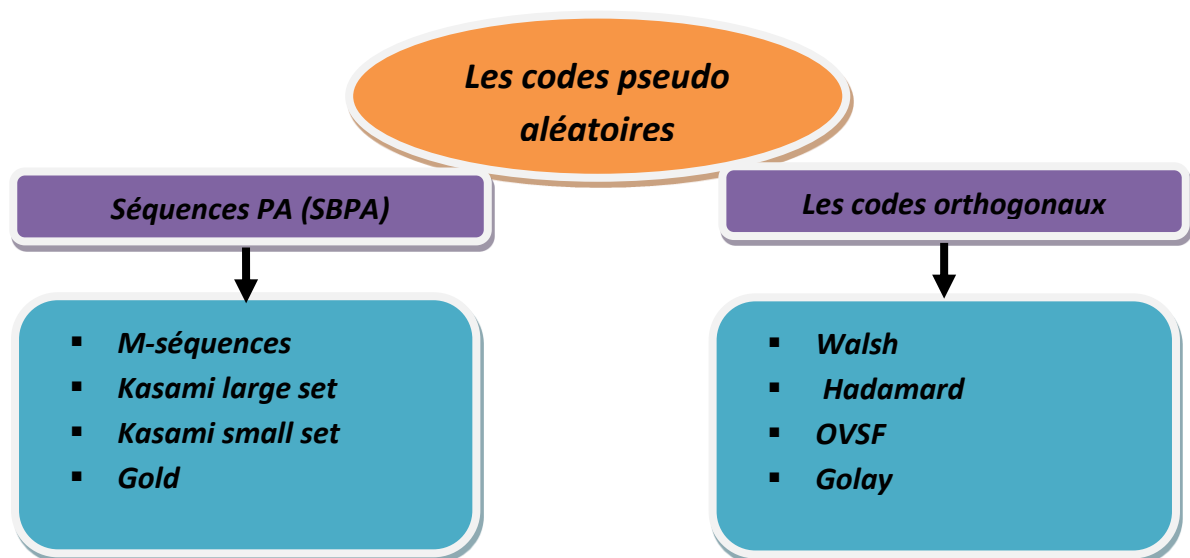


Figure II.10 : les Code Pseudo Aléatoires utilisées dans la technologie l'ULB

### II.5.1 Les Séquence Binaire Pseudo Aléatoire SBPA

Les séquences SBPA ou bien des codes PA simples sont des séquences cycliques et particulières. La génération des séquences pseudo aléatoire de type **M-séquence** est réalisée par un registre de décalage contient **n** bascule **D** rebouclées avec

des « OU » exclusifs et synchronisées par un signal d'horloge. Ces rebouclages sont décrits par des polynômes  $g(x)$ . On associe à chaque bascule une puissance de  $x$ .

S'il y a un rebouchage, le coefficient de  $x$  est 1 sinon 0. La génération des séquences s'arrête lorsque la longueur des séquences générées atteint la longueur du code  $(2^n - 1)$  [20]. J'ai expliqué la technique de génération des codes PA simples dans la figure II.11.

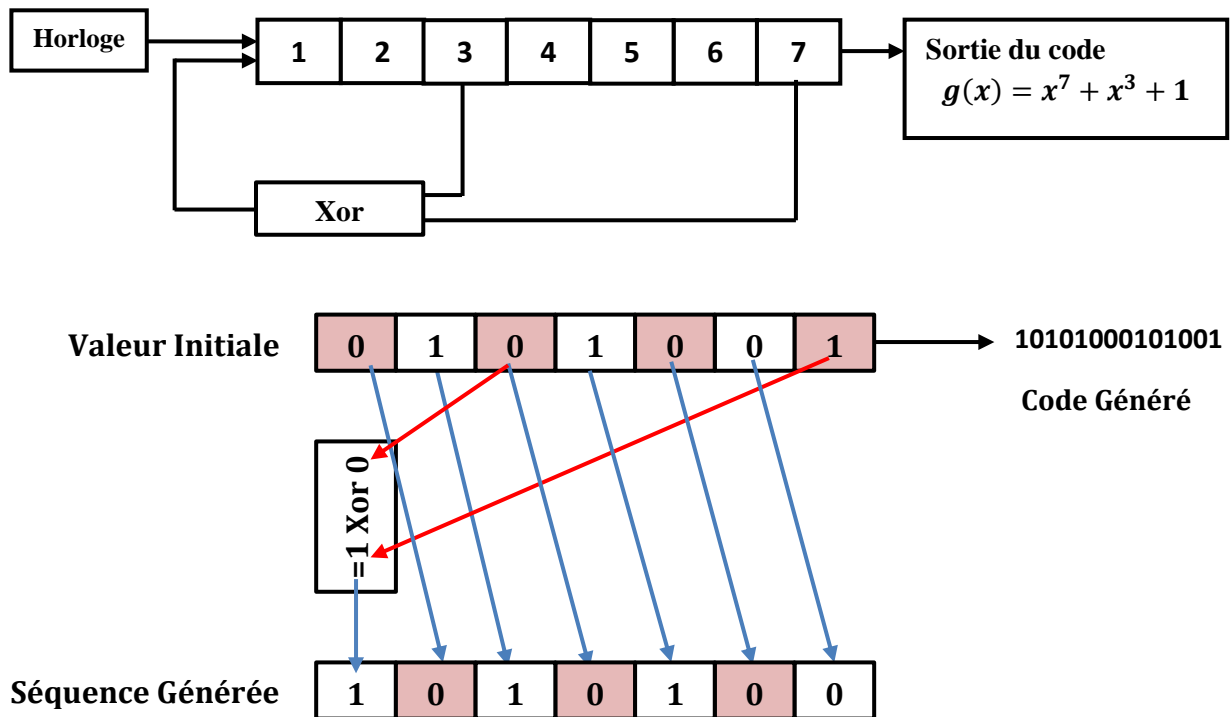


Figure II.11. Technique de génération de la séquence pseudo aléatoire

✚ Les avantages de la séquence binaire pseudo aléatoire

- La corrélation croisée entre SBPA et le bruit blanc gaussien additif BBGA est très faible ce qui permet d'avoir d'une bonne réception.
- La corrélation croisée de deux SBPA différentes est négligeable.
- Nombre d'utilisateurs considérable (cas de code Gold).

✚ Les inconvénients de la séquence binaire pseudo aléatoire

- L'absence d'orthogonalité dans les cellules, ce qui provoque moins de robustesse.
- Nombre d'utilisateurs limité par rapport au code orthogonaux.

## II.5.2 Codes PA Orthogonaux

Les codes orthogonaux sont des suites de séquences pseudo aléatoires ou le produit scalaire de ces dernières est nul.

Supposant les deux codes PA  $C_1$  et  $C_2$  qui sont définis comme suit :

$$C_1 = [a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_1, a_0] \quad (\text{II.22})$$

$$C_2 = [b_{n-1}, b_{n-2}, \dots, b_1, b_0] \quad (\text{II.23})$$

Donc le produit scalaire des deux codes  $C_1$  et  $C_2$  est donné par la formule suivante :

$$\langle C_1, C_2 \rangle = a_{n-1} * b_{n-1} + a_{n-2} * b_{n-2} + \dots + a_1 * b_1 + a_0 * b_0$$

On dit que les deux codes pseudo aléatoires  $C_1$  et  $C_2$  sont orthogonaux si seulement si leurs produit scalaire est nul.

Chaque type de code orthogonal a son propre matrice de transformation.

Les lignes de cette matrice sont orthogonales avec les autres lignes. Donc chaque ligne représente un code orthogonal.

Les codes de Walsh sont construit à partir de la matrice de transformation Hadamard définie par [20]:

$$\begin{cases} W_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} & \text{pour } n = 1 \\ W_n = \begin{bmatrix} W_{n-1} & W_{n-1} \\ W_{n-1} & \overline{W_{n-1}} \end{bmatrix} & \text{pour } n > 1 \end{cases} \quad (\text{II.24})$$

Avec  $\overline{W_n}$  est le complément de  $W_n$ .

Pour chaque n, on forme une matrice à partir de la matrice de définition, les lignes de la matrice obtenue, représente les codes de cette famille.

### ✚ Les avantages des codes orthogonaux

- La présence de synchronisation d'orthogonalité dans une seule cellule, ce qui réduit l'effet d'interférence.
- Nombre d'utilisateurs important par rapport au SBPA.
- La diversité Considérable de ces codes permet de minimiser l'interférence.

### ✚ L' inconvénients du codes orthogonaux

- La perte d'orthogonalité suite au problème de synchronisation d'orthogonalité des séquences.

### II.5.3 Choix d'un code PA

L'intérêt du bon choix de code PA dans une chaîne de transmission est de minimiser l'interférence inter utilisateurs. Donc le choix d'un code PA convenable avec une forme d'onde doit respecter certaines propriétés qui déterminent le choix de la famille codes utilisés selon la transmission désirée.

Les critères de choix d'un code PA sont les propriétés d'auto corrélation et d'inter-corrélation (maximum du pic) qui permet de mesurer la dépendance d'une séquence avec elle-même ou avec une autre séquence.

Le **Tableau II.1** illustre les caractéristiques du code les plus utilisés.

Famille	Longueur du code N	Nombres de code générés
Gold	$2^n-1$	$2^{n+1}$
Kasami	$2^n-1$	$2^{n/2}$
M- Séquence	$2^n-1$	En fctn de n
Walsh	$2^n$	$2^n$

**Tableau II.1.** : Les paramètres de quelques codes PA [20]

### II.6 La détection d'obstacle

La détection d'obstacle est basée sur l'émission d'un train des impulsions monocycles très courtes, modulées à travers d'une antenne ULB en direction d'une cible. Une partie de l'onde est réfléchiée et reçue par le récepteur qui l'analyse. Le schéma synoptique du système de détection d'obstacle est donné par la figure **II.12**.

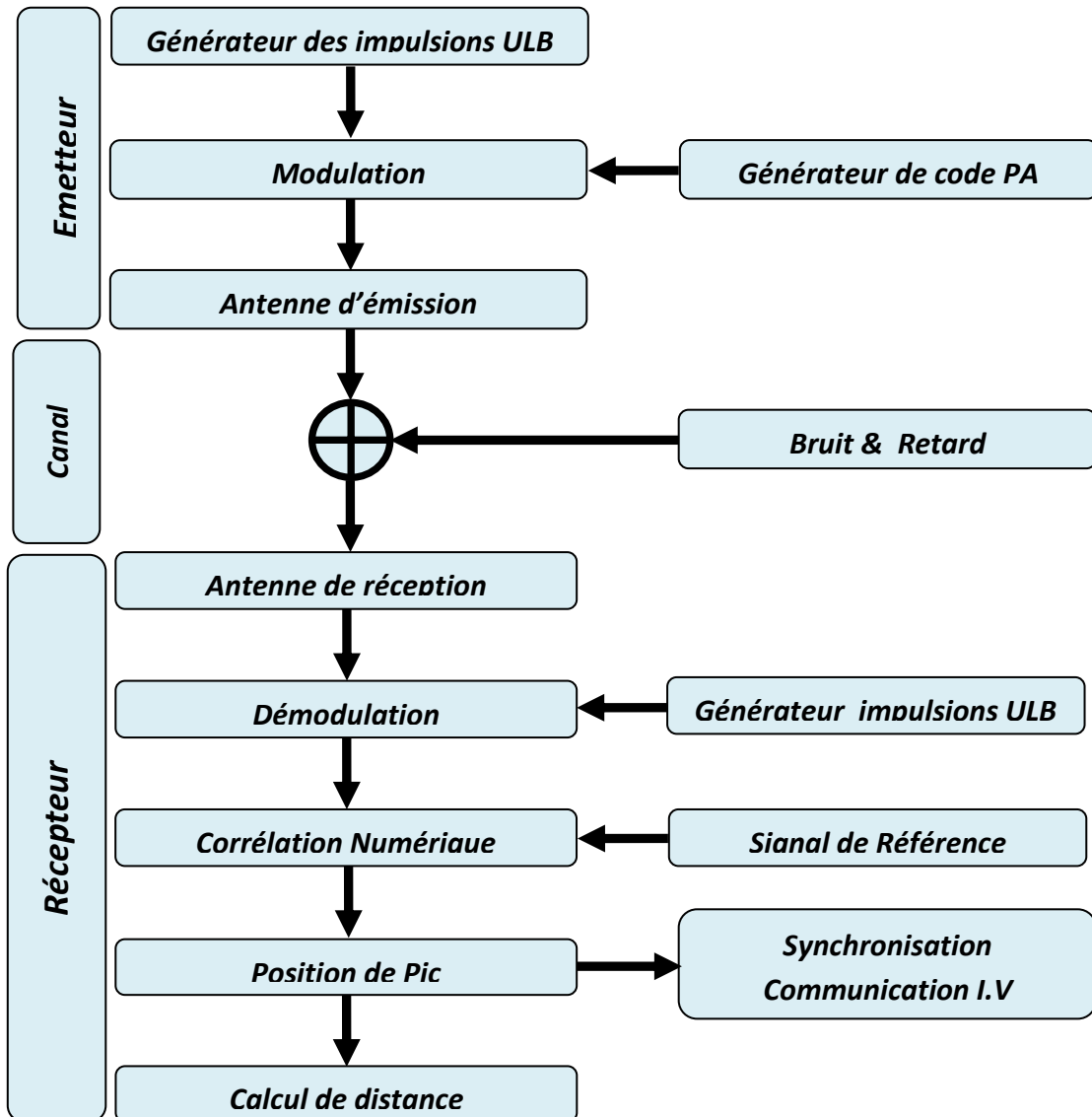


Figure II.12 : Schéma synoptique de la détection d'obstacle

### II.6.1 Etude théorique de la détection d'obstacle

D'après le schéma synoptique, le système de détection est composé de trois étages qui sont présentés comme suit :

#### II.6.1.1 Emetteur

- ✚ Le générateur des impulsions ULB génère un train d'impulsions monocycle donné par l'équation (II.2).

- ✚ Le générateur de codes PA présente à sa sortie un flux de codes donnés par l'équation (II.26) suivante :

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} c_n p(t - nT_c) \quad (\text{II.26})$$

Avec :

**A** :  $c_n = \pm 1$   
**p(t)**: l'impulsion rectangulaire  
**T<sub>c</sub>** : la durée de chips  
**t** : le temps en seconde.

- ✚ La modulation utilisée est basée sur le déplacement de phase BPSK (Binary Phase Shift Keying). La position de l'impulsion est fixe, c'est uniquement la phase qui varie. Donc, les séquences pseudo aléatoires sont modulées dans la phase de l'impulsion ULB. Le produit résultant  $A_{Dk}$  peut prendre la valeur +1 et -1.

Enfin, le signal modulé **e(t)** est donné par équation (II.27):

$$e(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} A_{Dk} g(t - kT_s) \quad (\text{II.27})$$

**Avec:**

**T<sub>s</sub>**: La durée du symbole.  
**A<sub>Dk</sub>**: le produit de la séquence binaire et l'amplitude de la forme d'onde.  
**g(t)**: la forme d'onde ULB.

La figure II.13 représente la modulation BPSK du code PA avec le train d'impulsions ULB.

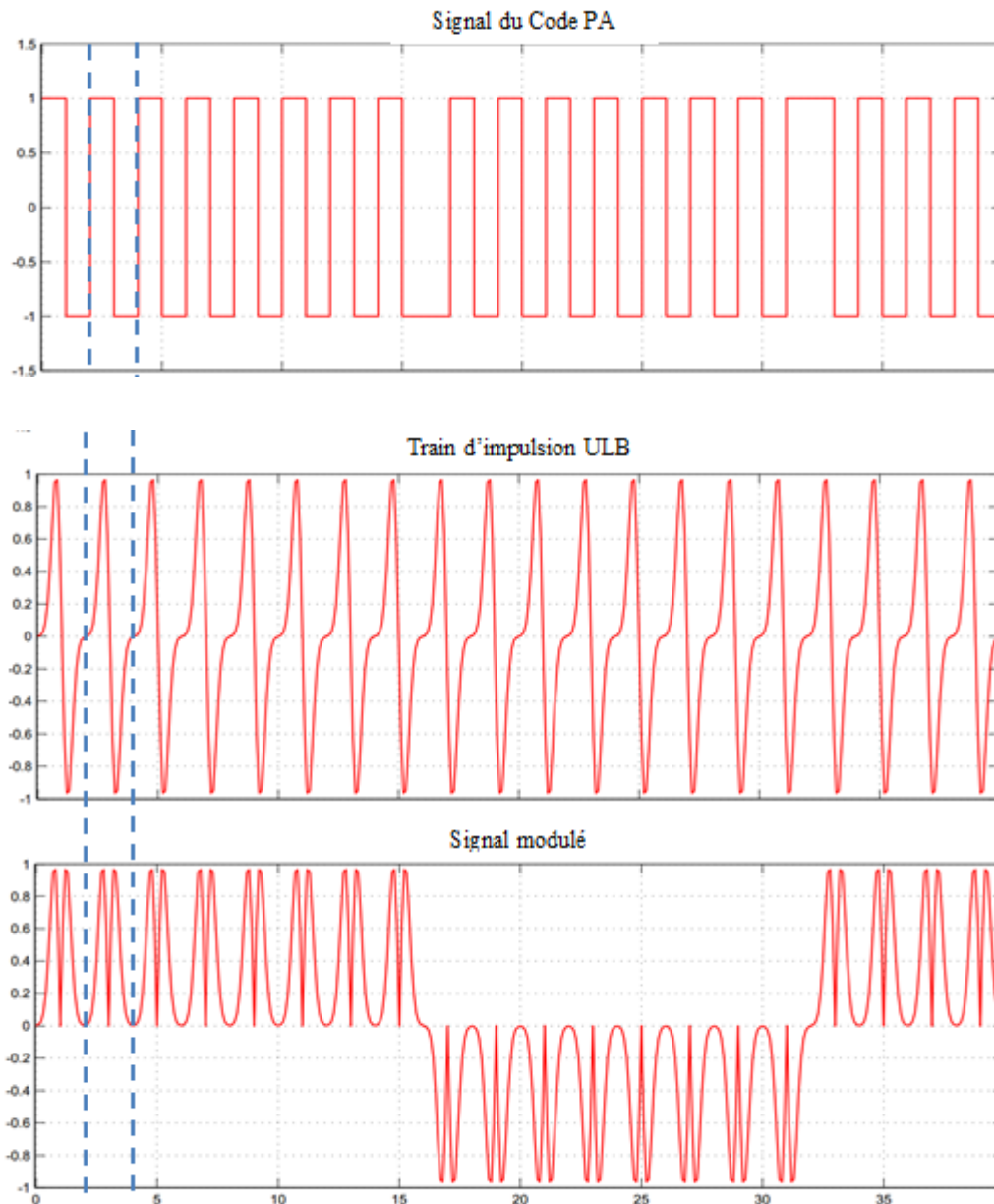


Figure II.13 représente temporelle de l'opération de la modulation en BPSK

### II.6.1.2 Canal de transmission

Dans un canal de transmission, le récepteur reçoit les répliques du signal émis provenant de diverses directions avec des retards. Ces trajets sont engendrés par la réflexion, la diffraction et la diffusion de l'onde électromagnétique. Le bruit blanc additif gaussien BBGA est l'un des facteurs qui sert à affaiblir la transmission dans le canal. Le signal reçu s'écrit alors :

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{e}(t) + \mathbf{n}(t) \tag{II.28}$$

Où le bruit blanc gaussien aditif  $\mathbf{n}(t)$  est modélisé comme un processus aléatoire stationnaire au sens large de moyenne nulle.

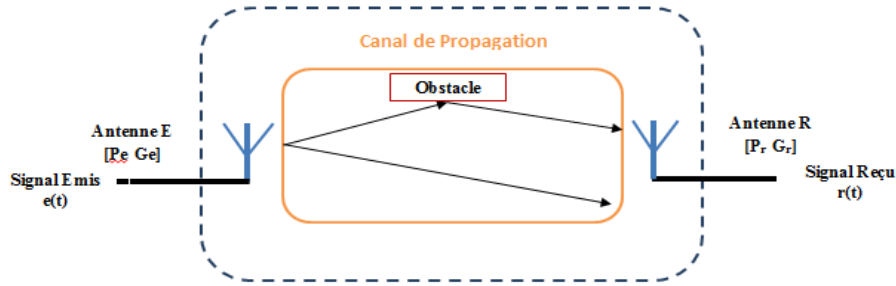


Figure II.14 : Canal de transmission

Le bruit blanc gaussien additif BBGA est modélisé à la fois par les bruits d'origine interne (bruit thermique dû aux imperfections des équipements...) et le bruit d'origine externe (bruit d'antenne...). Il est considéré comme un générateur thermique caractérisé par sa tension  $V_{BTH}$  et sa puissance moyenne  $P_{BTH}$  donnés par les

$$V_{BTH} = \sqrt{K * T * BP * R} \tag{II.29}$$

La puissance du Bruit BBGA est donnée par la formule (II.30) :

$$P_{BTH(dBm)} = 10 * \log\left(\frac{V_{BTH}^2}{R}\right) \tag{II.30}$$

Ou:

- K**: constant de Boltzmann.
- T**: température ambiante en Fahrenheit F.
- BP**: la bande passante.
- R** : la résistance du récepteur.

formules suivantes [3]:

La valeur de tension  $V_{BTH}$  est limitée par la FCC. Pour diminuer l'effet du bruit thermique sur la qualité de la réception, on utilise un amplificateur qui sert à minimiser le bruit et amplifier le signal reçu. Dans le canal de transmission, l'antenne d'émission est caractérisé par un gain d'émission  $G_e$  et qui présente une puissance d'émission ( $P_e$ ) à sa sortie.



La puissance reçue ( $P_r$ ) par l'antenne de réception, en tenant compte des pertes introduites représentées par un coefficient ( $\alpha$ ), s'écrit par équation (II.31).

$$P_r = \frac{P_e * G_e}{(4\pi D^2)^2} \alpha \frac{\lambda^2 * G_r}{4\pi \alpha} \tag{II.31}$$

Ou :

$G_r$ : Le gain d'antenne de réception.

$\lambda$  : La longueur d'onde.

$D$  : La distance antenne-Obstacle.

$\alpha$  : les pertes en trajets

### Récepteur

Le récepteur du radar détecte la présence des pics à partir d'un corrélateur qui contient plusieurs parties de traitement du signal reçu. Le schéma fonctionnel d'un corrélateur est donné par la figure II.15.

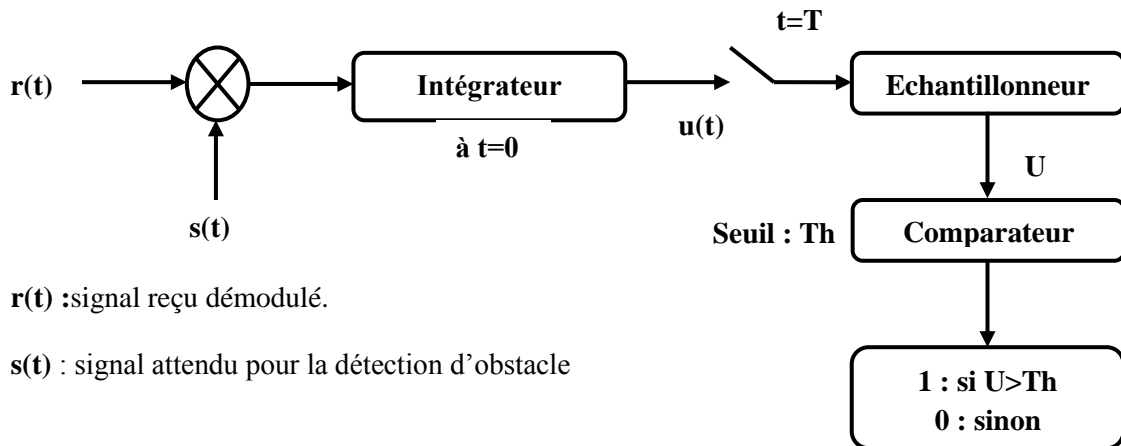


Figure II.15 : Schéma fonctionnel d'un corrélateur du radar ULB

#### II.5.1.3.1 Eude de la probabilité de détection du radar ULB

✚ Le signal reçu par le radar est démodulé et peut s'écrire :

$$r(t) = A * e(t - \Delta t) + n(t) \tag{II.33}$$

Ou:

- **A**: Coefficient d'atténuation dans notre cas le canal est de type Gaussien. Donc  $A=1$ .
- $\Delta t$  : Décalage temporel.
- **n(t)**: Bruit Blanc Additif Gaussien **BBGA**.

✚ Le signal attendu pour la détection est  $s(t)$  de durée  $T$ , donc on peut écrire l'équation (II.34) comme suit :

$$r(t) = \begin{cases} s(t) + n(t) & \text{Hypothèse 1: Détection} \\ n(t) & \text{Hypothèse 2: fausse alarme} \end{cases} \quad (\text{II.34})$$

✚ Le signal de sortie de l'intégrateur est donné par l'équation (II.35):

$$u(t) = \int_0^T r(t)s(t)dt \quad (\text{II.35})$$

✚ **Hypothèse 1**

- Le signal de sortie de l'échantillonneur  $U$  est lorsque ( $t=T$ ), on aura l'équation (II.36) :

$$U = u(T) = \int_0^T s(t)s(t + \tau) dt + \int_0^T s(t)n(t + \tau) dt \quad (\text{II.36})$$

Avec :

$\tau$  : décalage temporel.  
 $c(t)$  : signal du code pseudo aléatoire.

- Le premier terme est l'autocorrélation du signal  $s(\tau)$  qui est en principe  $c(\tau)$ . Le deuxième terme Bruit blanc gaussien de moyenne nulle et variance  $\sigma^2$ .
- La densité de probabilité  $p_{U(x)}$  du signal  $U$  est donnée par équation (II.37) :

$$p_{U(x)} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-[x-c(\tau)]^2}{2\sigma^2}\right) \quad (\text{II.37})$$

- La probabilité de détection  $p_D$  est celle pour  $U > Th$ . Donc le signal est présent et la décision est prise par le récepteur. Finalement, on peut écrire la probabilité  $p_D$  de détection d'obstacle par l'équation (II.38) :

$$p_D = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{Th}^{+\infty} \exp\left(\frac{-[x-c(\tau)]^2}{2\sigma^2}\right) dx \quad (\text{II.38})$$

En utilisant la fonction d'erreur de Gauss **erfc** :

$$\text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{+\infty} \exp(-t^2) dt \quad (\text{II.39})$$

et en posant :

$$t = \frac{(x-c(\tau))}{\sigma\sqrt{2}} \quad (\text{II.40})$$

Enfin la probabilité de détection est donnée par l'équation II.39

$$p_D = \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\frac{Th-c(\tau)}{\sigma\sqrt{2}}\right) \quad (\text{II.41})$$

### ✚ Hypothèse 2

- Le signal de sortie de l'échantillonneur U est lorsque (t=T), on aura l'équation (II.39) :

$$U = \int_0^T s(t)n(t + \tau) dt \quad (\text{II.42})$$

On a un bruit blanc gaussien de moyenne nulle et variance  $\sigma^2$ .

- On déduit la densité de probabilité du signal U est donnée par équation (II.40) :

$$p_{U(x)} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right) \quad (\text{II.43})$$

- Finalement, la probabilité de fausse alarme est donnée par équation (II.41) :

$$p_{FA} = \frac{1}{2} \text{erfc}\left(\frac{Th}{\sigma\sqrt{2}}\right) \quad (\text{II.44})$$

Le but de déterminer la probabilité de détection et de fausse alarme est de traiter les caractéristiques opérationnelles d'un radar de détection basé sur la corrélation.

### II.5.1.3.2 Identification d'obstacle

La technologie ULB peut pénétrer les obstacles, cette propriété unique permet les radars ULB d'identifier les obstacles si sont des êtres humains ou bien des

objets. On s'intéresse dans notre projet sur la mesure de la distance radar-cible qui est présentée comme suit :

L'onde électromagnétique émise par le radar va parcourir une distance **d**, soit la distance cible/radar, à la vitesse de la lumière **c**. Au contact d'un objet, une partie de l'énergie de l'onde est réfléchiée vers le radar. Le temps **t** que l'onde met à faire l'aller-retour cible/radar va permettre de déterminer avec précision la distance à laquelle se situe la cible (voir équation (II.42)). Le signal reçu sera atténué (dû aux pertes en espaces libres) et retardé temporellement (durée du trajet aller-retour). Le calcul du retard permet de déterminer la distance **d** entre le radar et la cible.

$$d = \frac{c \cdot t}{2} \quad (\text{II.45})$$

Avec :

**d** : la distance radar-cible en mètre.

**c** : la vitesse de lumière dans l'air m/s.

**t** : le temps aller-retour traversé radar-cible en seconde

## II.6 Communication inter véhiculaire

La communication inter véhiculaire concerne tous les systèmes ou applications permettant à un utilisateur (véhicules, équipements) d'échanger leurs données dans un réseau véhiculaire. Pour cela, on distingue trois architectures de communications dans un système de transport véhiculaire [21]:

- Communication V2V : véhicule à véhicule voisin.
- Communication V2I : véhicule à l'équipements d'infrastructure du système de transport intelligent STI .
- Communication V2X : est une communication hybride.

Les trois architectures de la communication inter véhiculaire sont représentées dans la **Figure II.16**.

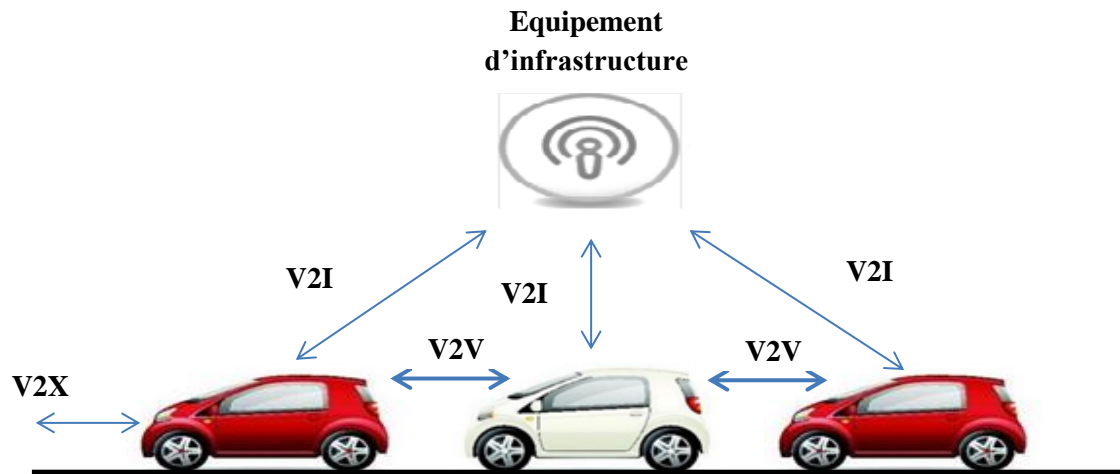


Figure II.16 : La communication Inter-Véhiculaire

### II.6.1 Les techniques de la communication véhiculaires

La technologie radio sans fil offre au système de transport véhiculaire plusieurs solutions pour assurer la communication inter véhiculaires. La **Figure II.17** présente les différents systèmes que l'on peut utiliser dans un réseau véhiculaire.

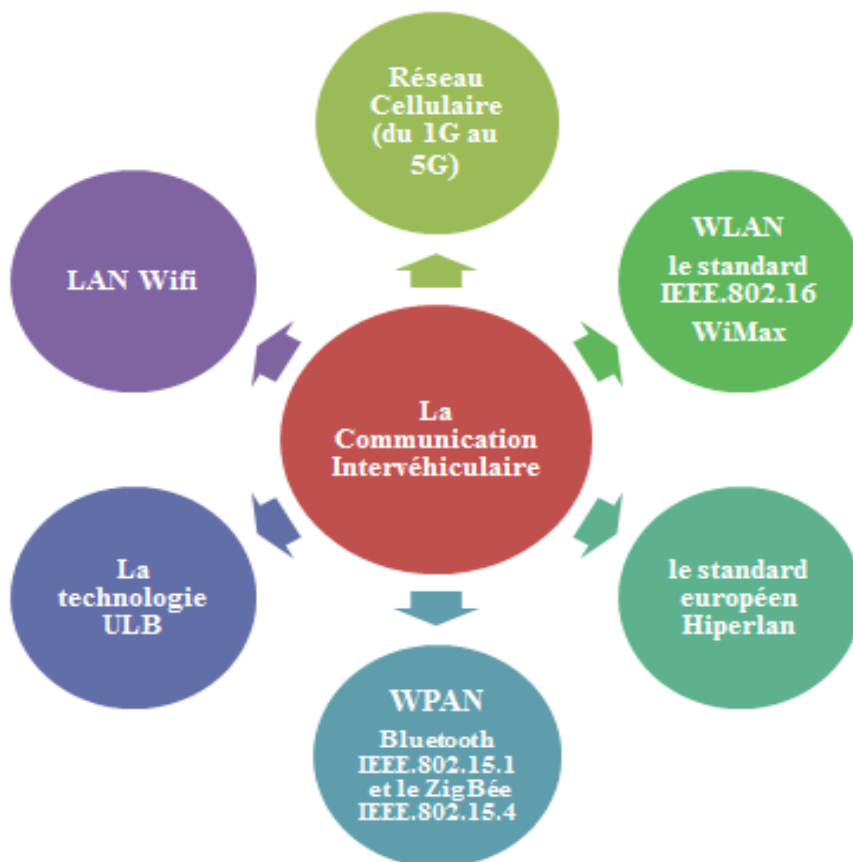


Figure II.17 : les différents systèmes utilisés dans un réseau véhiculaire.

Pour montrer les caractéristiques de la technologie ULB dans la communication inter véhiculaire, nous allons présenter la technique d'accès multiple CDMA ULB dans la section suivante.

### II.6.2 L'accès multiple basé CDMA ULB

L'accès multiple CDMA ULB est un système de communication similaire au CDMA classique, utilisé dans la communication inter véhiculaire. Cette technique est réalisée par l'application de l'approche RI-ULB. La figure II.18 présente Le schéma synoptique de la technique d'accès multiple DS-CDMA ULB.

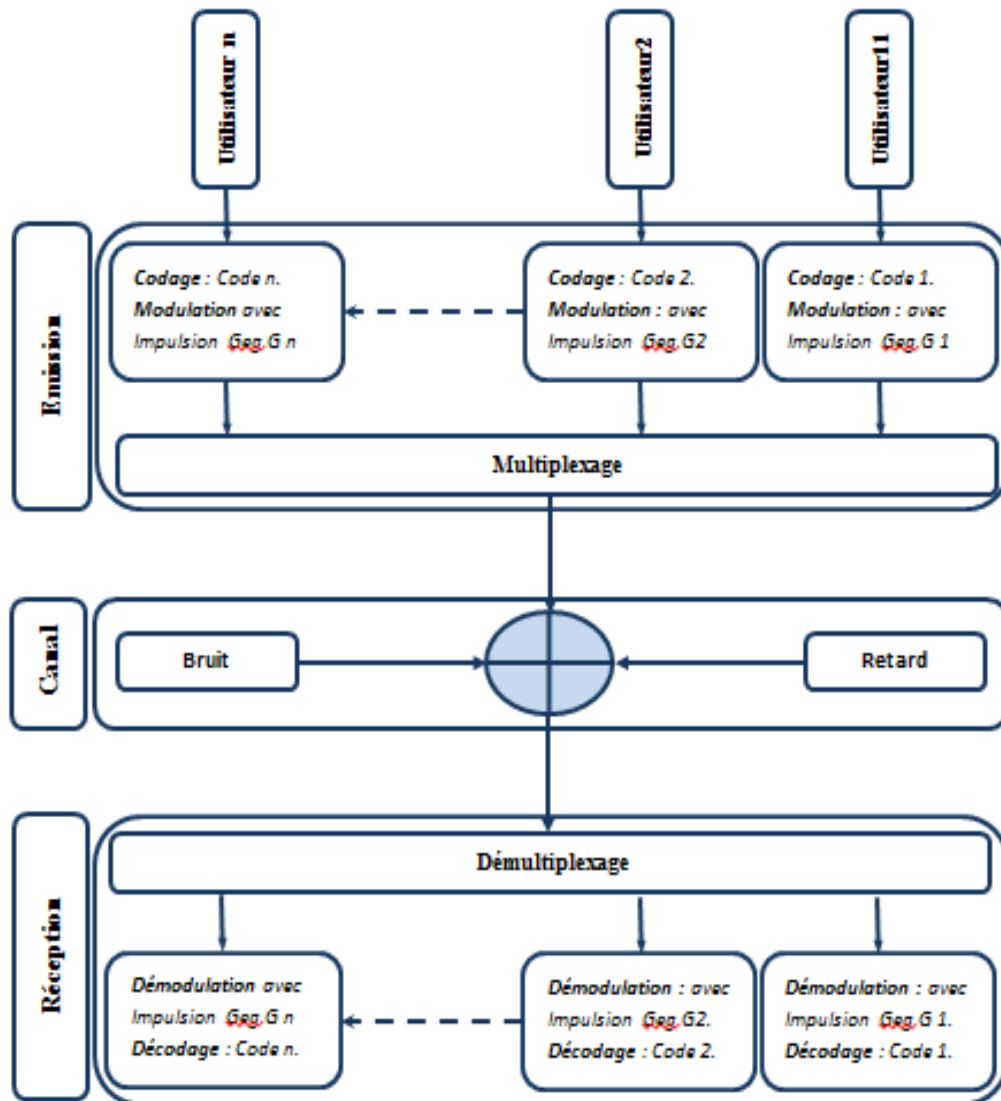


Figure II.18 : Schéma synoptique de la DS-CDMA ULB

### **II.6.3 L'impact de la forme d'onde ULB dans la technique d'accès multiple DS-CDMA ULB**

La technique d'accès multiple par la répartition des codes (CDMA pour ULB) est caractérisée par la robustesse aux effets des trajets multiples grâce à l'étalement directe du signal d'information. Cette technique permet d'un côté de réduire l'effet d'interférences, et d'autre côté d'avoir un nombre d'utilisateurs considérable. En revanche, la technologie ULB présente une autre solution qui permet aussi d'affecter chaque utilisateur un ordre de forme d'onde ULB. Par conséquent, On aura un nombre d'utilisateur important et un affaiblissement aux effets d'interférences inter utilisateur (séparation des utilisateurs pendant les communications simultanés).

Le type de modulation utilisé permet aussi d'avoir un débit considérable. La modulation en quadrature à QAM présente des bonnes performances en bande de base ou on remplace les porteuse par deux formes d'onde orthogonales.

### **II.6.4 Les avantages de la DS-CDMA ULB**

La technique CDMA ULB regroupe les avantages du CDMA classique et d'autres améliorations ajoutées :

- Considérons le théorème de Shannon la capacité d'un canal de communication donnée par l'équation **(I.5)**:

La bande passante permet d'avoir une grande capacité du canal.

- La transmission simultanée du divers utilisateur.
- Chaque utilisateur est affecté par un code et forme d'onde ce qui permet de distinguer les signaux aux autres.
- Difficulté de trouver le signal en le cachant au fond du bruit par l'effet d'étalement et dés étalement.
- Une grande protection contre les interférences aléatoires dues aux trajets multiples engendrés par la propagation.
- La simplicité de la technique modulation directement après codage des données sans changer la longueur d'onde ou bien la fréquence.
- Le débit élevé par rapport aux autres techniques d'accès multiple.

- La qualité de transmission contre les interférences intentionnelles.
- L'implantation facile qui permet de réaliser des récepteurs intelligents.

## **II.7 Conclusion**

La forme d'onde ULB permet aussi de la lutte contre les interférences inter utilisateurs. Le bon choix du code d'étalement et la forme d'onde présente des performances optimales dans les cellules du réseau de communication véhiculaire. J'ai présenté dans ce chapitre les différentes formes d'onde ULB. en revanche, j'ai décrit la corrélation qui est la technique de choix de l'impulsion convenable. Le paramètre de choix est l'efficacité qui permet de différencier l'effets de la forme d'onde. L'impact des impulsions utilisées est selon le code pseudo aléatoire utilisés. A cet effet, j'ai présenté quelques codes PA suivi par la technique de génération des séquences pseudo aléatoires. La communication inter véhiculaire est basé sur plusieurs system radio sans fils. Pour cela j'ai présenté le système d'accès multiple CDMA pour la technologie ULB.



# **Chapitre III**

Tests et résultats de  
simulation

### III.1 Introduction

On a présenté dans les chapitres précédents la technologie ULB et son application dans le domaine de transport véhiculaire, je vais consacrer ce dernier chapitre sur la simulation Matlab qui me permet de choisir deux formes d'ondes ULB l'une pour la détection des obstacles et l'autre pour la communication inter véhiculaire.

### III.2 Présentation de logiciel utilisé

On utilise le logiciel Matlab pour traiter mon projet. Ce dernier résout le calcul mathématique par l'exécution des programmes sous langage Matlab appelés des scripts ou bien par l'utilisation du Simulink qui est défini comme un programme additionnel au MATLAB pour la simulation des systèmes dynamiques. Les fonctions de transfert sont écrites sous forme des blocs et les liaisons sont réalisées par des arcs orientés. Les différents types de signaux peuvent être générés et visualisés à l'aide d'instruments virtuels [21]. La figure III.1 présente mon plan de test et simulation par Matlab.

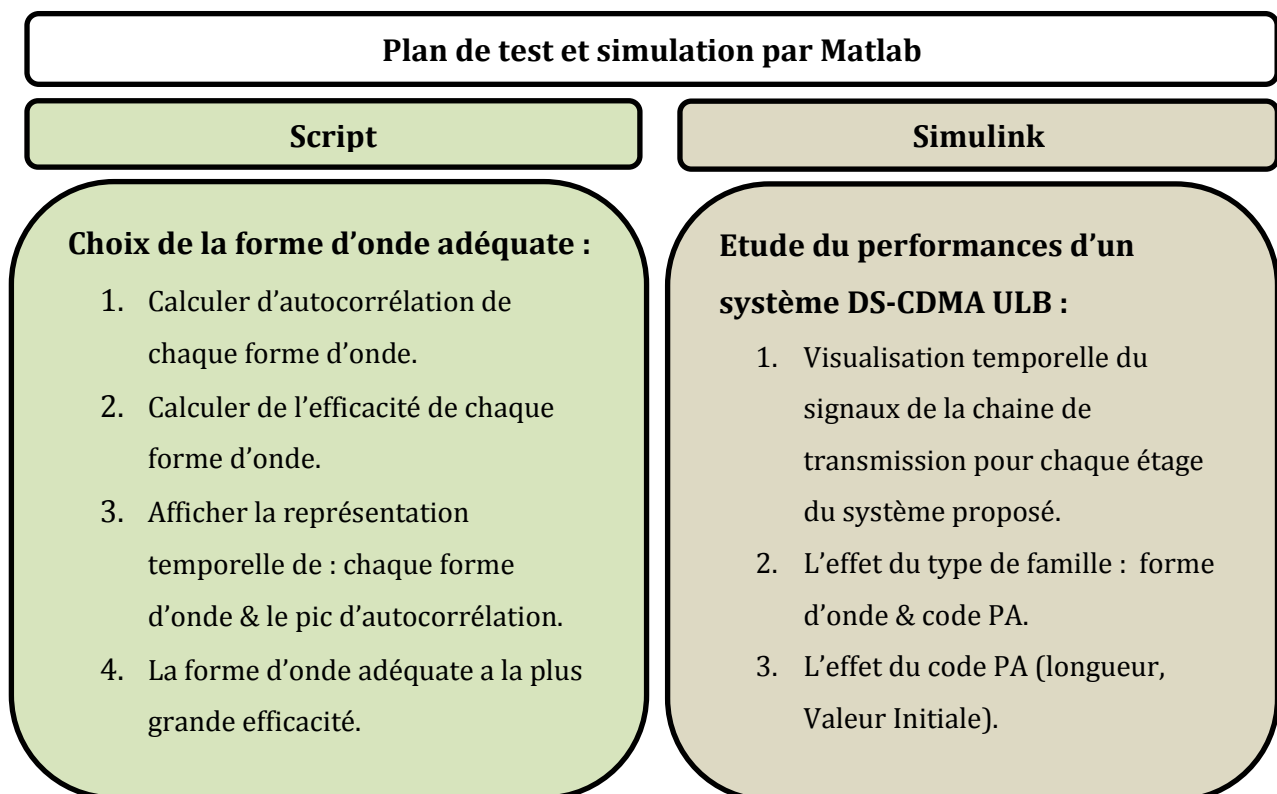


Figure III.1 : Le plan de test et simulation par Matlab

### III.3 Choix de la forme d'onde

Dans cette partie, je vais simuler les programmes Matlab qui exécutent les instructions du plan de test et simulation.

Les représentations temporelles de l'impulsion gaussienne et la fonction d'autocorrélation sont données par la figure III.2.

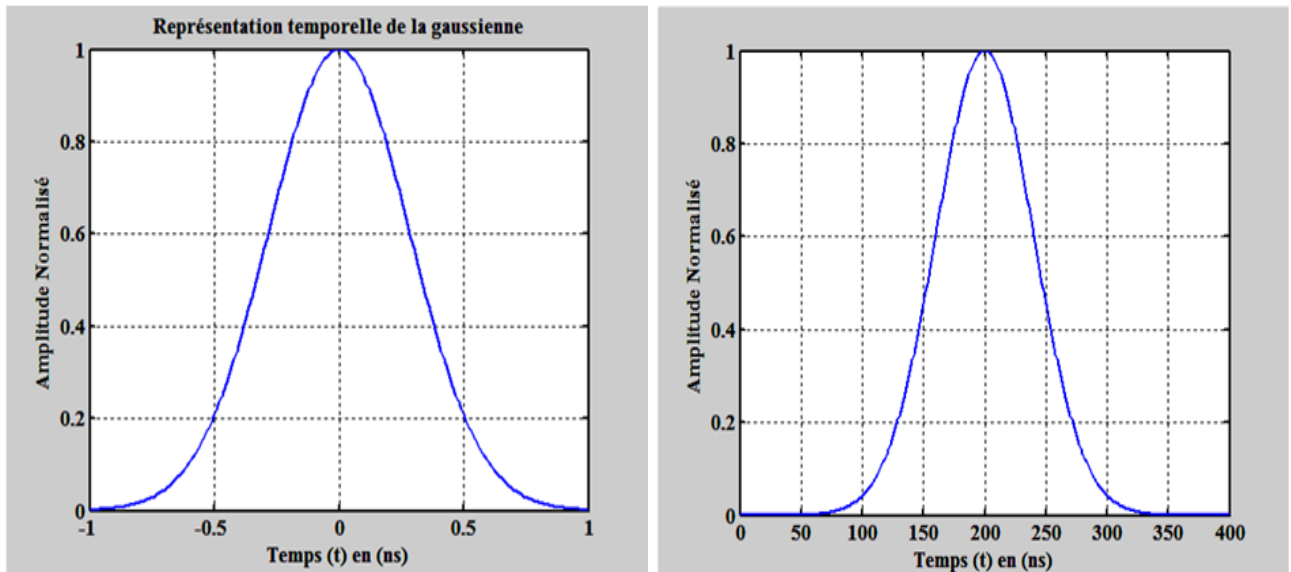


Figure III.2 : Représentation temporelle de l'impulsion Gaussienne et le Pic d'autocorrélation

La figure III.3 illustre les représentations temporelles de l'impulsion Monocycle et sa fonction d'autocorrélation.

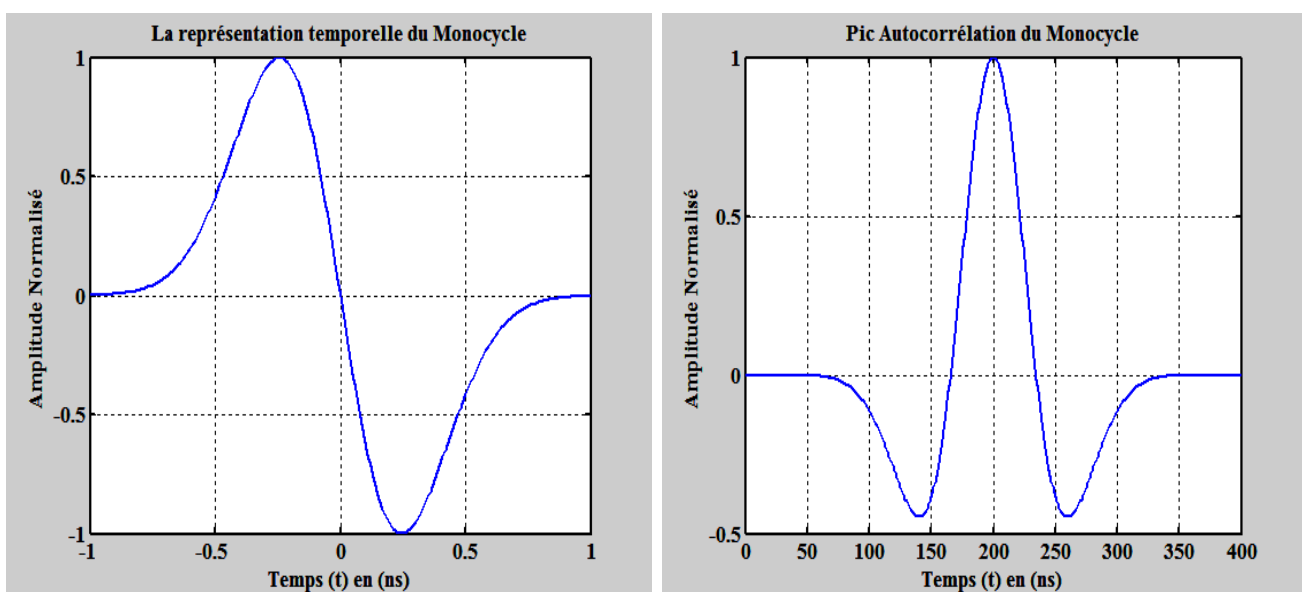
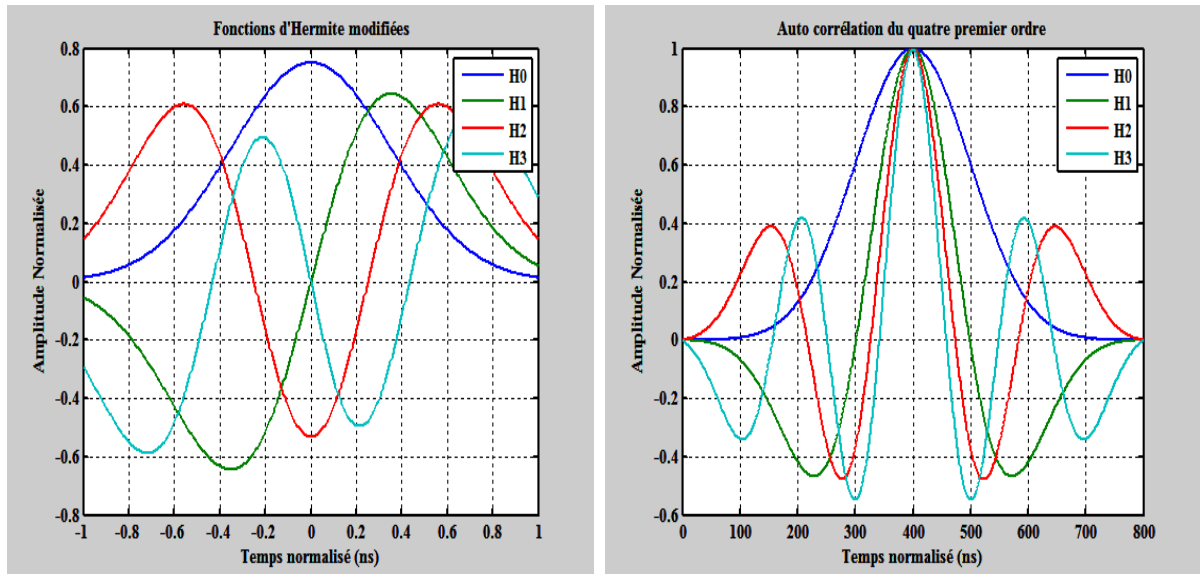


Figure III.3 : Représentation temporelle de l'impulsion monocycle et le pic d'autocorrélation

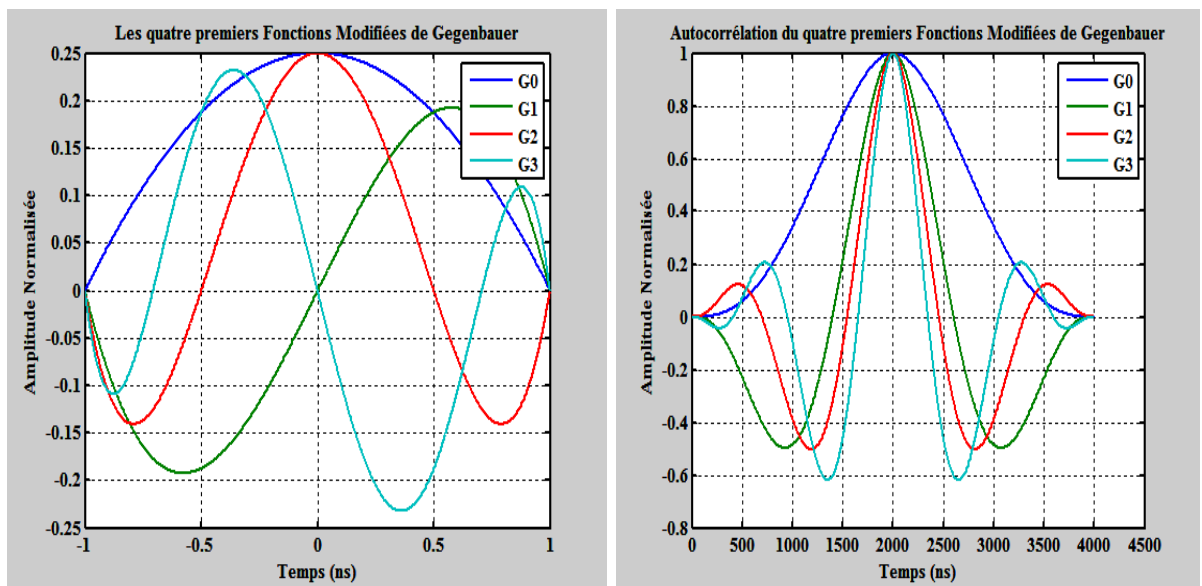
On remarque que le pic d'autocorrélation de l'impulsion Monocycle est très fin par rapport au pic de l'impulsion gaussienne.

La **Figure III.4** illustre les représentations temporelles des fonctions modifiées d'Hermite et ses fonctions d'autocorrélation.



**Figure III.4** : Représentation temporelle du quatre premier ordre des fonctions MFH

Les représentations temporelles des quatre premiers ordres de Gegenbauer modifiés et ses fonctions d'autocorrélations sont données par la **Figure III.5**



**Figure III.5** : Représentation temporelle du quatre premier fonctions MFG et l'autocorrélation

On remarque que plus l'ordre de l'impulsion croit, plus le pic d'autocorrélation devient fin. Cette propriété est très importante pour la fonctionnalité de la chaîne de transmission.

A partir des programmes Matlab exécutés, j'ai rempli les paramètres de chaque pic d'autocorrélation (Dynamique et largeur de pic) dans le **Tableau III.1**.

Famille de forme d'onde	Forme d'onde	Dynamique	Largeur du pic	Efficacité
Orthogonales	<b>G0</b>	1	386	$26.10^{-4}$
	<b>G1</b>	1	150	$67.10^{-5}$
	<b>G2</b>	0.70	89	$79.10^{-4}$
	<b>G3</b>	0.63	62	$102.10^{-4}$
	<b>H0</b>	1	234	$43.10^{-4}$
	<b>H1</b>	1	124	$81.10^{-4}$
	<b>H2</b>	0.61	94	$65.10^{-4}$
	<b>H3</b>	0.58	74	$78.10^{-4}$
Classiques	<b>Gaussienne</b>	1	142	$70.10^{-4}$
	<b>Monocycle</b>	1	115	$87.10^{-4}$

**Tableau III.1:** l'efficacité du formes d'ondes étudiées

### Analyse des résultat de simulation

Dans le cadre de comparaison des familles de forme d'onde, l'efficacité est le paramètre de choix de la forme d'onde adéquate. En effet, la forme d'onde caractérisée par une efficacité élevée reflète les faibles interférences inter utilisateurs. A partir des résultats obtenus, le troisième ordre **G3** de **MFG** a une grande efficacité pour la famille orthogonale, en revanche l'impulsion **monocycle** la plus efficace parmi les formes d'ondes classiques.

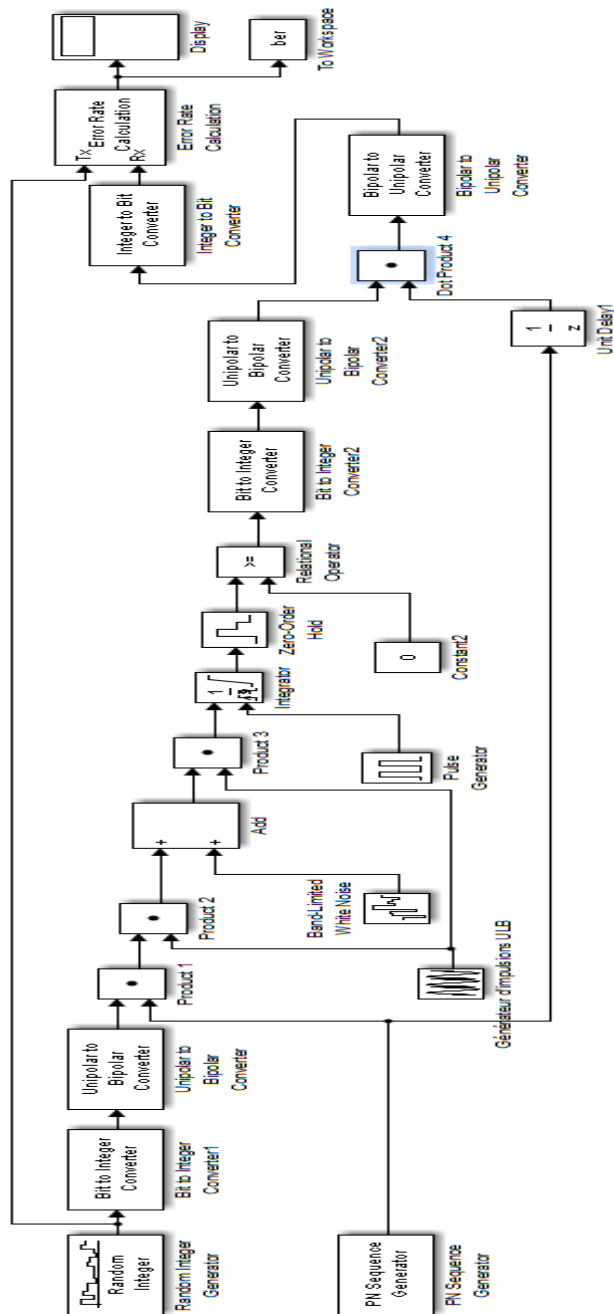
On propose l'utilisation de l'impulsion monocycle dans la détection d'obstacle et le polynôme de Gegenbauer G3 pour la communication inter-véhiculaire.

La partie suivante est réservée à l'application de la forme d'onde choisie pour étudier les performances d'un système d'accès multiple basé sur la technologie ULB.

### III.4 Etudes d'un système DS-CDMA pour ULB par Simulink en sens montant

Le système Direct Sequence CDMA ULB est une technique d'accès multiple basé sur la technologie ULB similaire au DS-CDMA. Nous avons implémenté notre

modèle par l'utilisation du Simulink. Le schéma de la chaîne de transmission DS-CDMA pour ULB est donné par la **Figure III.6**.



**Figure III.6 :** Le schéma de la chaîne de transmission DS-CDMA pour ULB est

### III.4.1 Analyse du système DS-CDMA ULB

Le système de communication ULB proposé est basé sur la corrélation qui est considérée comme un outil puissant pour la séparation des signaux au niveau du récepteur. Il utilise la modulation BPSK. Les performances du système en termes de taux d'erreur binaire en fonction du rapport signal à bruit sont évaluées sur un canal

gaussien. J'ai illustré dans la **figure III.7** le schéma synoptique du système ULB proposé.

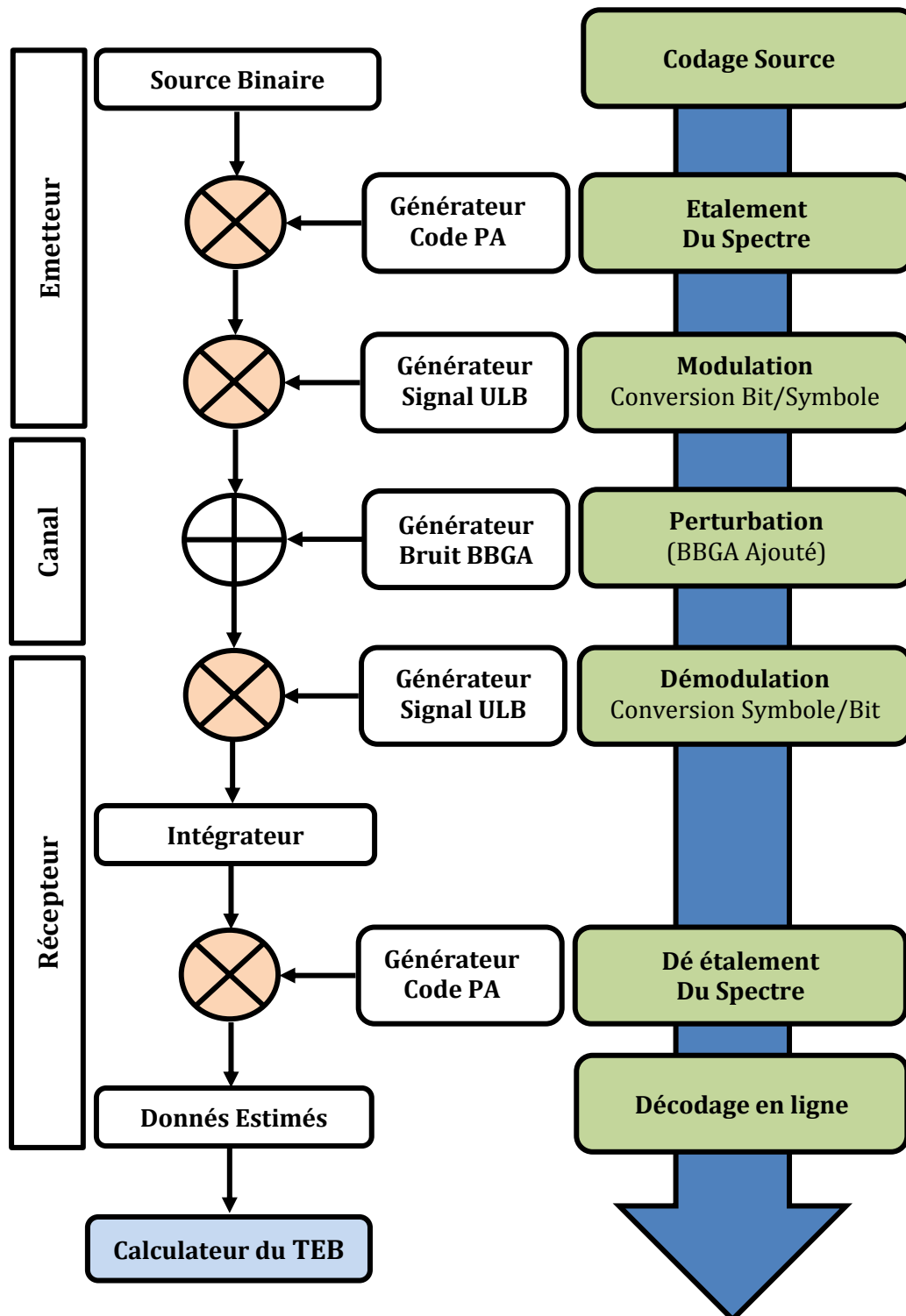


Figure III.7 : Le schéma synoptique du système DS-CDMA ULB

### III.4.1.1 Les opérations effectués au niveau des étages du DS CDMA ULB

La transmission des données binaires passe par plusieurs opérations au niveau de chaque étage du système proposé.

#### III.4.1.1.1 Au niveau de l'émetteur

L'émetteur a comme fonction de fournir un signal (représentant le message) adapté au canal de transmission. Ce dernier assure les deux opérations successives suivantes :

- **Codage source** : est l'opération d'éliminer la redondance des bits inutiles de la source binaire. C'est la conversion du signal d'information unipolaire en signal non-retour à zéro (NRZ) bipolaire.
- **L'étalement du spectre (codage canal)**: l'opération d'ajouter des bit pour coder le canal. Chaque bit d'information est représenté par plusieurs bits. L'étaleur est un multiplicateur qui fait le produit entre les bits d'information et les séquences du générateur de code PA. La visualisation temporelle des signaux est respectivement du haut au bas de la figure **III.8** en commençant par le signal de la source binaire, le code PA et le signal étalé.

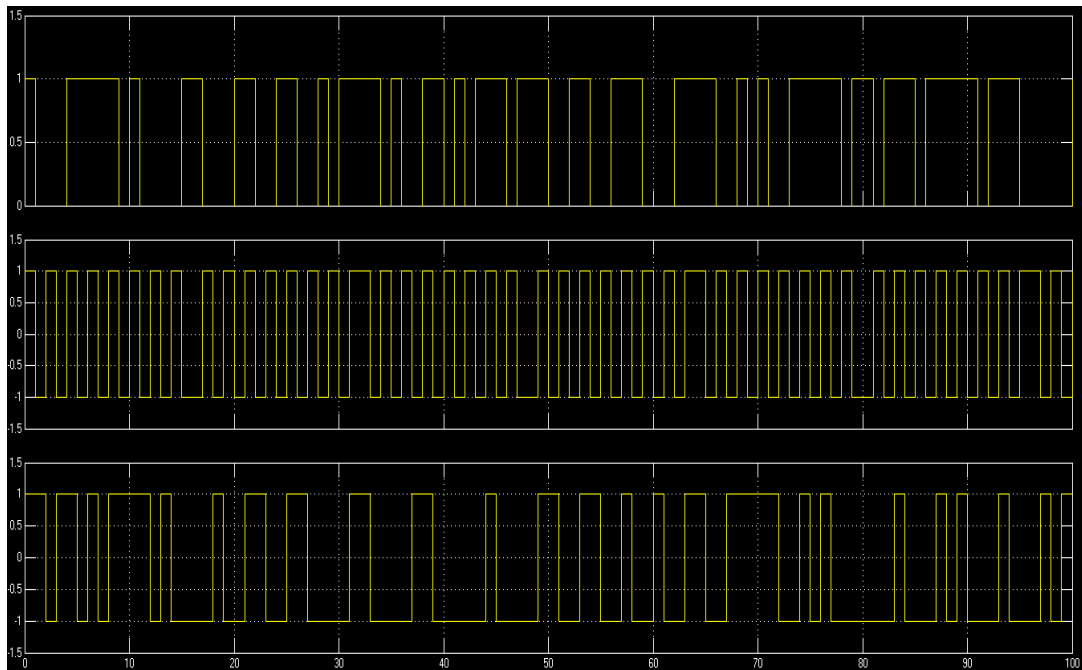
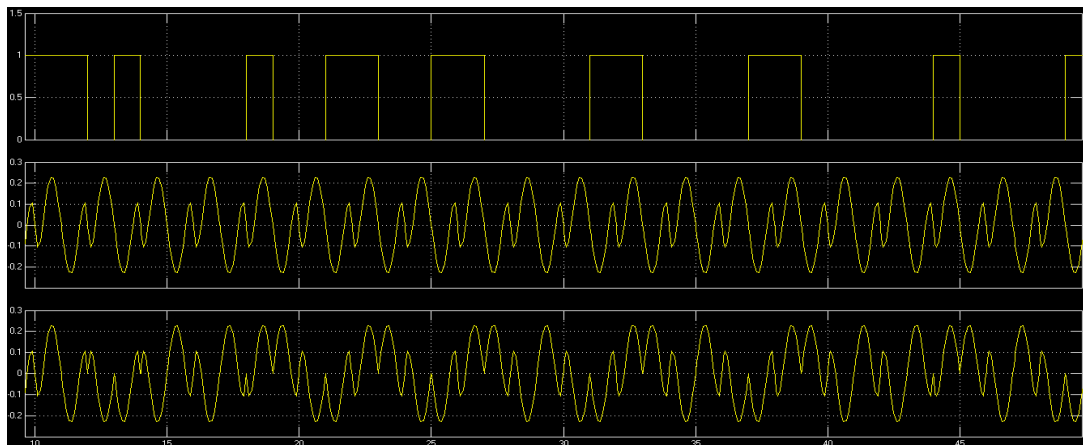


Figure III.8 : La représentation temporelle de l'opération d'étalement



- **La modulation BPSK** : est l'opération de la conversion Bit/Symbol en utilisant la modulation BPSK. La transformation est réalisée par la multiplication entre le signal ULB (l'impulsion porteuse) et le signal d'information étalé.

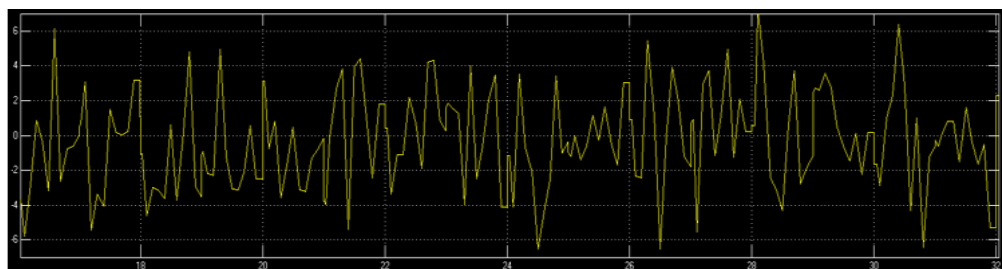
La visualisation temporelle de la modulation est donnée par la **figures III.9**. Les signaux sont classés respectivement du haut au bas de la figure en commençant par le signal étalé, la forme d'onde G3 et le signal envoyé.



**Figure III.9** : La modulation avec la forme d'onde G3 de Gegenbauer

#### III.4.1.1.2 Au niveau du canal

Dans le canal, le signal envoyé par l'émetteur a subi des perturbations à cause de plusieurs facteurs (l'effet de la température des composants, la présence des obstacles et la distance du trajet traversé,...etc.). Le canal de notre système est un canal Gaussien, donc le bruit ajouté au signal envoyé est considéré comme un générateur de bruit blanc gaussien aditif BBGA (**Band –Limited White Noise**). La visualisation temporelle du signal envoyé après canal est donnée par la **figure III.10**.

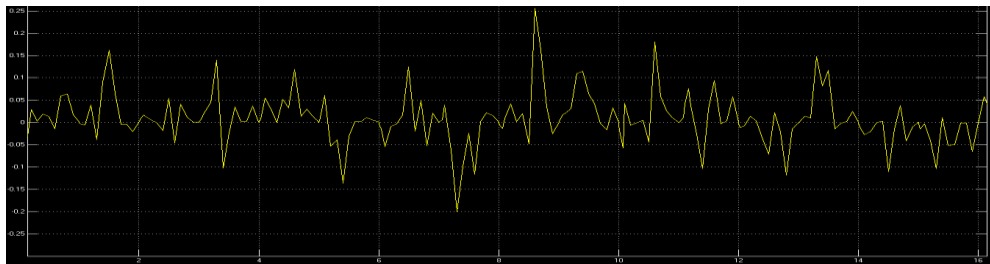


**Figure III.10** : La représentation temporelle du signal envoyé après canal

### III.4.1.1.3 Au niveau du récepteur

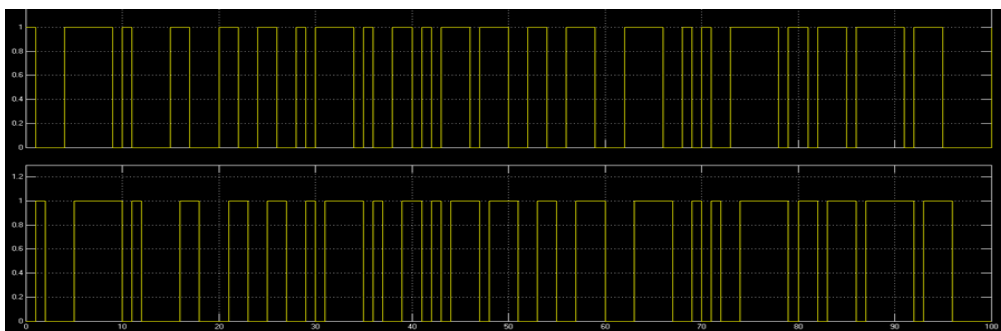
Le signal reçu s'ajoutera à bruit BBGA. Le récepteur procède successivement à la démodulation (conversion symbole/bit), des étalements de l'information et décodage source.

La visualisation temporelle du signal reçu et démodulé est donnée par la **figure III.11**.



**Figure III.11** : La représentation temporelle du signal reçu démodulé

La **figure III.12**. Les signaux sont classés respectivement du haut au bas de la figure en commençant par le signal de la source binaire suivi par signal des données récupérées.



**Figure III.12** : La représentation temporelle du signal envoyé et données

Dans cette étape, on aura un dés étalement qui est l'opération similaire de l'étalement.

### III.4.2. Etude des performances d'un système DS CDMA ULB :

Dans cette section, ma vérification porte dans un premier temps sur l'influence de la forme d'onde ULB dans la chaîne de transmission dans les deux cas mono utilisateur et multi utilisateurs. J'étudierai par la suite, l'influence du codes PA ou je démontrerai l'effet de la longueur du code pseudo aléatoire. Par la suite, je termine mon étude par l'effet de la valeur initiale du code PA.

#### III.4.2.1 L'influence de la forme d'onde ULB sur la chaîne de transmission

J'ai trouvé que la forme d'onde G3 est la meilleur pour la communication parmi les autres formes d'ondes. Les quatre formes de Gegenbauer ayant des valeurs d'énergies différentes. Pour cela, j'ai normalisé les valeurs d'énergie de chaque impulsions.

Afin démontrer l'impact des fonctions modifiées de Gegenbauer, j'ai considéré quatre scénarios.

J'ai utilisé les paramètres mentionnés dans le **tableau III.2** suivant :

Paramètre		Valeur
Nombre Max de Symbole		100
Nombre de bits		1
Code PA	Séquence d'étalement	PN séquence
	Longueur	63
Rapport Signal sur Bruit (SNR)		-5 dB à 10 dB
Forme d'onde utilisée		G0, G1, G2 et G3 de Gegenbauer, Monocycle
Type de Canal		AWGN
Nombre d'utilisateur		Mono d'utilisateur

**Tableau III.2** : Paramètres de simulations montrant l'effet de forme d'onde

La **Figure III.13** présente les variations du taux d'erreur binaire BER (Bit Error Rate) pour les quatre scénarios.

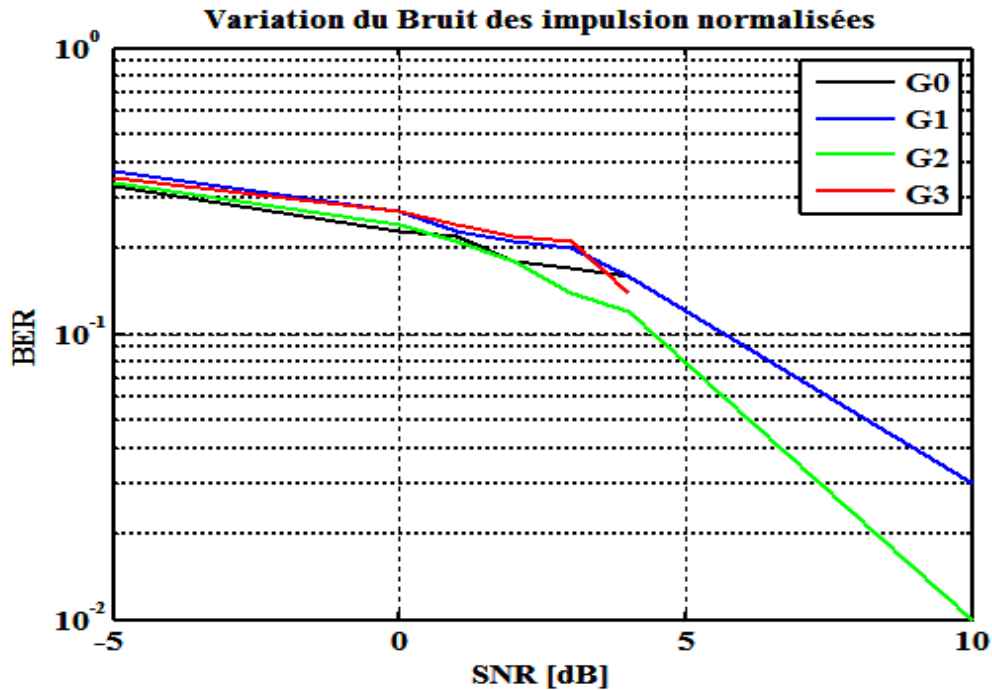


Figure III.13 : les variations du BER pour les quatre forme d'ondes ULB

A partir de la figure III.13, on constate que l'augmentation du rapport signal sur bruit (SNR) permet d'améliorer le taux d'erreur binaire BER. Donc, la meilleur forme d'onde est G3.

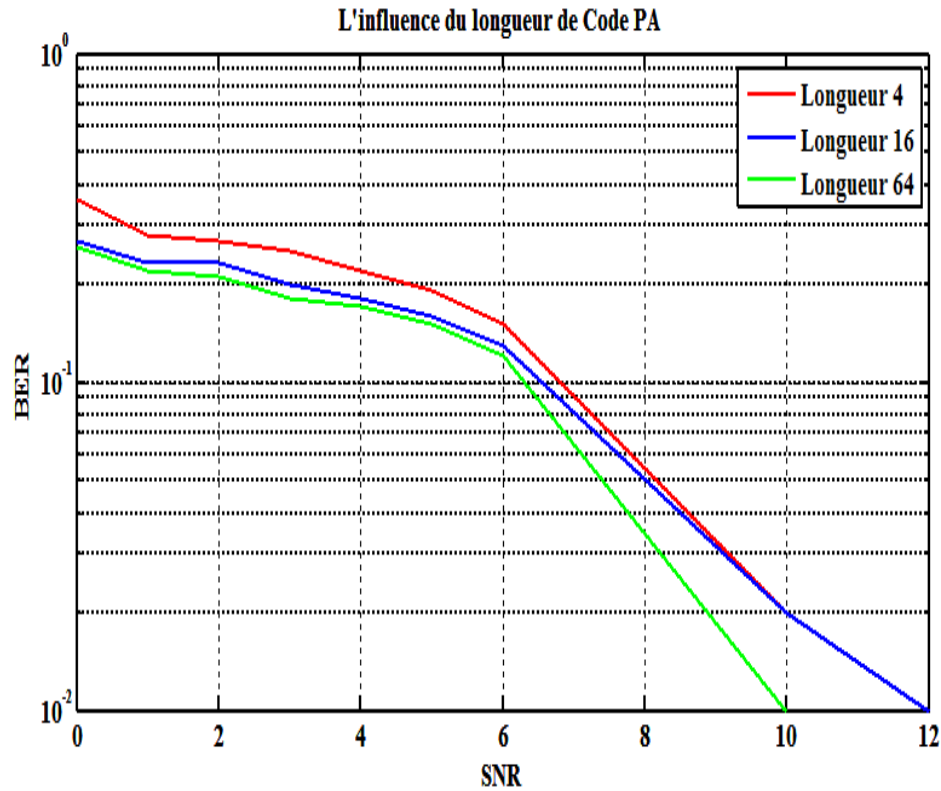
### III.4.2.2 L'influence de la longueur du code d'étalement

La longueur du code PA est un autre facteur qui peut améliorer la qualité de transmission. Pour cela, j'ai simulé trois scénarios avec un codes PA de longueur différents. J'ai respecté les paramètres mentionnés dans le tableau III.3.

Paramètre		Valeur
Nombre Max de Symbole		100
Nombre de bits par symbole		1
Code PA	Séquence d'étalement	PN séquence
	Longueurs du code utilisés	4, 16, 64
Rapport Signal sur Bruit (SNR)		0 à 12 dB
Forme d'onde utilisée		G3 de Gegenbauer
Type de Canal		AWGN
Nombre d'utilisateur		1

Tableau III.3 : les paramètre de simulations

Les résultats obtenus de variations du taux d'erreur binaire BER selon la longueur du code sont données par la figure III.14.



**Figure III.13** : les variations du BER pour les quatre forme d'ondes ULB

On constate que l'augmentation du longueur de code PA permet d'améliorer le taux d'erreur binaire BER. Donc la valeur du bruit diminue à mesure que la longueur du code augmente.

#### III.4.2.3 L'influence de la valeur initiale du code d'étalement

L'effet de la valeur initiale du code PA, j'ai simulé trois scénarios différents. Le code PA utilisé dans les trois expériences commence par des valeurs initiales différentes. Le tableau III.4 contient les paramètres ajustés dans les deux expériences.

Paramètre		Valeur
Nombre Max de Symbole		100
Nombre de bits par symbole		1
Code PA	Séquence d'étalement	PN sequence
	Longueur	63
	Les valeurs initiales	000001 et 000110
Rapport Signal sur Bruit (SNR)		0 dB à 14 dB
Forme d'onde utilisée		G3 de Gegenbauer
Type de Canal		AWGN
Nombre d'utilisateur		1

Tableau III.4 : Paramètres de simulations montrant l'effet de la valeur initiale du code PA

Les résultats de simulation obtenus sont donnés par la figure III.15

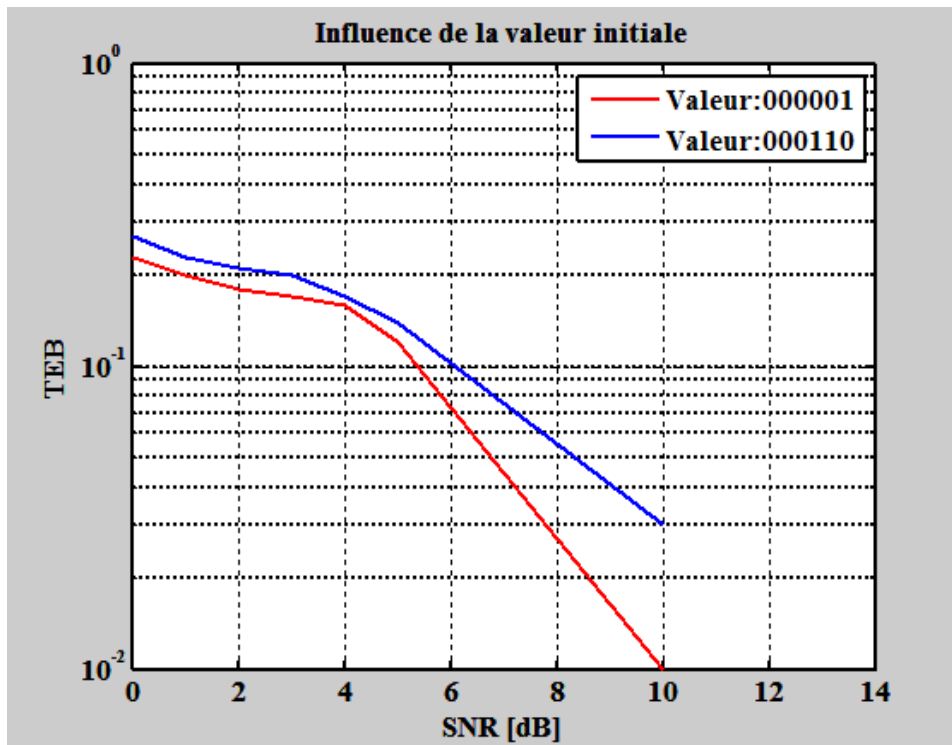


Figure III.15 : Variation de TEB selon deux valeur initiale du code PA

A partir de la figure III.15, on constate que l'augmentation de la valeur initiale du code PA sert à augmenter le taux d'erreur binaire TEB (BER).

Donc, le code pseudo aléatoire caractérisé par une valeur initiale minimale sert à améliorer les performances du système.

### **III.5 Conclusion**

Ce chapitre a représenté mon projet qui est l'application de la forme d'onde ULB dans le domaine de transport véhiculaire. En fin les résultats de simulation sont exposées et structurées de la manière suivante :

L'autocorrélation des différentes formes d'ondes et la simulation d'un système DS-CDMA ULB montre que la fonction modifiée d'ordre quatre de Gegenbauer G3 est la meilleure impulsion.

La forme d'onde classique Monocycle est choisie pour la détection d'obstacle. L'influence du code pseudo aléatoire est exploré dans la longueur du code et sa valeur initial de tel façon que l'augmentation du taille de code sert à réduire le bruit. En revanche l'augmentation de la valeur initiale augmente le bruit. Donc le bon code est caractérisé sa la longueur et la petite valeur initiale.

# **Conclusion générale**



Les objectifs des travaux de cette mémoire concernent l'application de la technologie ULB dans le domaine de transport véhiculaire. En premier lieu, nous avons commencé par la présentation générale de la technologie ULB. Ensuite, nous avons basé sur l'étude de l'approche ULB Impulsionnel (RI-ULB) en bande de base ou nous avons montré la technique de choix du forme d'onde. Les impulsions choisies ont été utilisés par ordre, l'une dans la détection d'obstacle et l'autre dans la communication inter véhiculaire.

Dans la partie pratique, l'autocorrélation des formes d'onde nous permet de choisir la forme d'onde adéquate.

L'impulsion monocycle a été utilisée dans la détection d'obstacle et le polynôme de Gegenbauer a été un polynôme générateur.

L'implémentation du systèmes DS CDMA ULB est réalisé sur Simulink Matlab. La simulation du système étudié nous montre que la forme d'onde d'ordre trois du polynôme de Gegenbauer présente des bon résultat en terme de variation du rapport signal à bruit.

L'influence du code pseudo aléatoire a été exploré dans sa longueur et sa valeur initiale. l'augmentation du nombre de registres du code permet d'avoir des performances optimales. En revanche , l'augmentation de la valeur initiale sert à augmenter la puissance du bruit.

L'impact de la forme d'onde ULB est selon le code PA associé. La solution du technologie ULB d'affecter chaque utilisateur une forme d'onde permet d'avoir une robustesse du système d'un côté et d'augmenter le débit binaire dans l'autre côté. L'utilisation multiple modulation permet aussi d'avoir des récepteurs intelligents.

# Bibliographie

- [1] [www.statista.com](http://www.statista.com)
- [2] [www.oms.org](http://www.oms.org)
- [3] FCC, Federal Communication Commission, "FCC 02-48 – First report and order: revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems", 22 Avril 2002.
- [4] James Taylor, "ULTRA wideband technology", 2001.
- [5] Andria Godard, "Conception et realization d'un radar ULBimpulsionnel Agile 300Mhr à 300Ghz", université de Limoge, 27 Octobre 2009.
- [6] G.Dobias, F.Baret, « Propositions pour fédérer les stratégies de développement des ITS en France ». ITS France, 2005.
- [7] Barrett, T.W. "History of ultra wideband (UWB) radar & communications, pioneers and innovators". Progress in Electromagnetics Symposium, Cambridge, MA, Etats- Unis, Juillet 2000.
- [8] Amel El Abed. "Etude et conception d'un système IR-UWB dédié aux communications sans fils haut débit". Thèse de Doctorat, Valenciennes, 2012.
- [9] Tarik Tahri. "Uwb cooperatif radar for localization and communication dedicated to guided transport. International Journal of Intelligent Systems and Applications (IJISA)", 2014.
- [10] Lamari A. "Conception et modélisation d'un système de communication Multi- Utilisateurs basé sur la technique Ultra Large Bande". Thèse de Doctorat à l'Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, Janvier 2007.
- [11] J.M Rouvaen." Conception d'un système de communication ultra large band appliqué aux transports". Thèse de Doctorat à l'université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, November 2003.
- [12] Lamyae Maatougui," Computation of correlation and cumulant 4 under FPGA architecture, International Journal of Engineering and Technical Research 5, 3 (2016) 86-90", Juillet 2016.

- [13] Jonathan Petit. "Surcoût de l'authentification et du consensus dans la sécurité des réseaux sans fils véhiculaires". Juillet 2013.
- [14] R. Kohno M. Ghavami, L. B. Michael. UWB Signals and systems in ingeneering. John Wiley & Sons, Ltd, 2004.
- [15] P.W.Lamberit & C.Vignat, "Polynome Orthogonaux", Octobre 2007.
- [16] John G Proakis. Intersymbol Interference in Digital Communication Systems. Wiley Online Library, 2001.
- [17] Fahim Belarbi. "Vehicle to infrastructure communication based systems: their contribution to Road traffic management. Case of AIDA: the on-board traffic information system for motorways. Science d'Ingénierie". Ecole des Ponts ParisTech, 2004.
- [18] M. K. Simon, J. K. Omura, R. A. Scholtz et B. K. Levitt, "Spread Spectrum Communications, Computer Science Press, Maryland, première édition", 1985.
- [19] R. C. Dixon, "Spread spectrum systems: with commercial applications". John Wiley & Sons, Inc., 1994.
- [20] F. J. MacWilliams and N. J. Sloane, "Pseudo-random sequences and
- [21] Arrays," Procee-dings of the IEEE, vol. 64, no. 12, pp. 1715-1729, 1976.
- [22] M. Mokhtari, A. Mesbah, " Apprendre et Maîtriser MATLAB", Springer, Allemagne, 1997