République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Dr YAHIA FARES de Médéa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département du Génie électrique et de l'Informatique



Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en

Génie électrique option :

Systèmes de Télécommunications

THÈME:

Simulation de transmetteurs-récepteurs UWB

Application au standard IEEE 802.15.3a sur un système WPAN

Présenté Par:

BENBRIH Mohamed Amine
BENROUISSI Mustapha

Promoteur :
Mr. Benrekia Fayçal
Co-promoteur :
Dr. Batel Noureddine

Promotion 2013

Simulation de transmetteurs-récepteurs UWB
Application au standard IEEE 802.15.3a sur un système WPAN

BENRIH Mohamed Amine

BENROUISSI Mustapha

Promoteur : Mr. Benrekia Fayçal

Co-promoteur : Dr. Batel Noureddine

ملخص

تقوم تكنولوجيا المجال الفوق عريض UWB بنقل ذبذبات قصيرة، في دورة أو أكثر لحاملة ترددات الراديو RF ،ولذلك تسمح باتصالات قليلة التكلفة. إن الهدف الرئيسي من هذه المذكرة هو إنجار محاكاة باستعمال أداة البرمجة SystemVue 2006 المستعمل عادة لمحاكاة أنظمة الاتصالات. المحاكاة الاولى ترتبط بناقل ومستقبل UWB مع تضمين OOK و PPM، بحيث يكون الكشف في المُستقبِل عن طريق صمام ثنائي ذو نفق. المحاكاة الثانية مرتبطة بـ DS-UWB كاقتراح للمجموعة IEEE 802.15.3a من أجل التطبيقات (الشبكات اللاسلكية للمناطق الشخصية)WPAN .

Abstract

The Ultra-Wide Band technology UWB transmits short impulses, on one or more cycles of a RF carrying, and thus allows low costs communications. The main aim of this memory is to carry out a simulation using the software tools SystemVue 2006, used usually for communication systems. The 1st simulation relates to a UWB transmitter-receiver by OOK and PPM modulations, and whose detection in the receiver is made by a diode tunnel. The 2nd simulation relates to the DS-UWB, like proposal of the IEEE 802.15.3a for WPAN applications (Wireless Personal Area Networks).

Résumé

La technologie ultra-large bande UWB transmet de courtes impulsions, sur un ou plusieurs cycles d'une porteuse RF, et permet ainsi des communications à faible coût. L'objectif principal de ce mèmoire est de réaliser une simulation à l'aide de l'outil logiciel SystemVue 2006 utilisé couramment pour des systèmes de communications. Une 1ère simulation porte sur un transmetteur-récepteur UWB à modulation OOK et PPM, et dont la détection dans le récepteur est confiée à une diode tunnel. Une 2ème simulation porte sur la DS-UWB comme proposition de l'IEEE 802.15.3a pour les applications WPAN (Wireless Personal Area Networks).

Mots clé : UWB, OOK, PPM, DS-UWB.



Nous tenons avant tout de remercier « ALLAH » qui nous a donné la volonté et le courage pour la réalisation de ce modeste travail.

A travers ce modeste travail, nous tenons à remercier vivement notre promoteur Dr. BATEL Noureddine pour l'intéressante documentation qu'il a mise à notre disposition, pour ses conseils précieux et pour toutes les commodités et aisances qu'il nous a apportées durant notre étude et réalisation de ce projet.

Que les membres de jury trouvent ici l'expression de nos sincères remerciements pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'à la fin de notre cycle universitaire.

Sans omettre bien sûr de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.

BENBRIH Mohamed Amine
BENROUISSI Musatpha

Dédicaces

Au nom d'Allah le Miséricordieux le très miséricordieux.

Je dédie ce modeste travail

À mes très chers parents

Ma mère Farida et Mon père Abdelaziz et qui étaient présents pour moi durant toute ma vie, qu'ils trouvent ici le témoignage de mon amour profond et de ma gratitude certaine. Que Dieu les préserve de toute peine et de tout malheur.

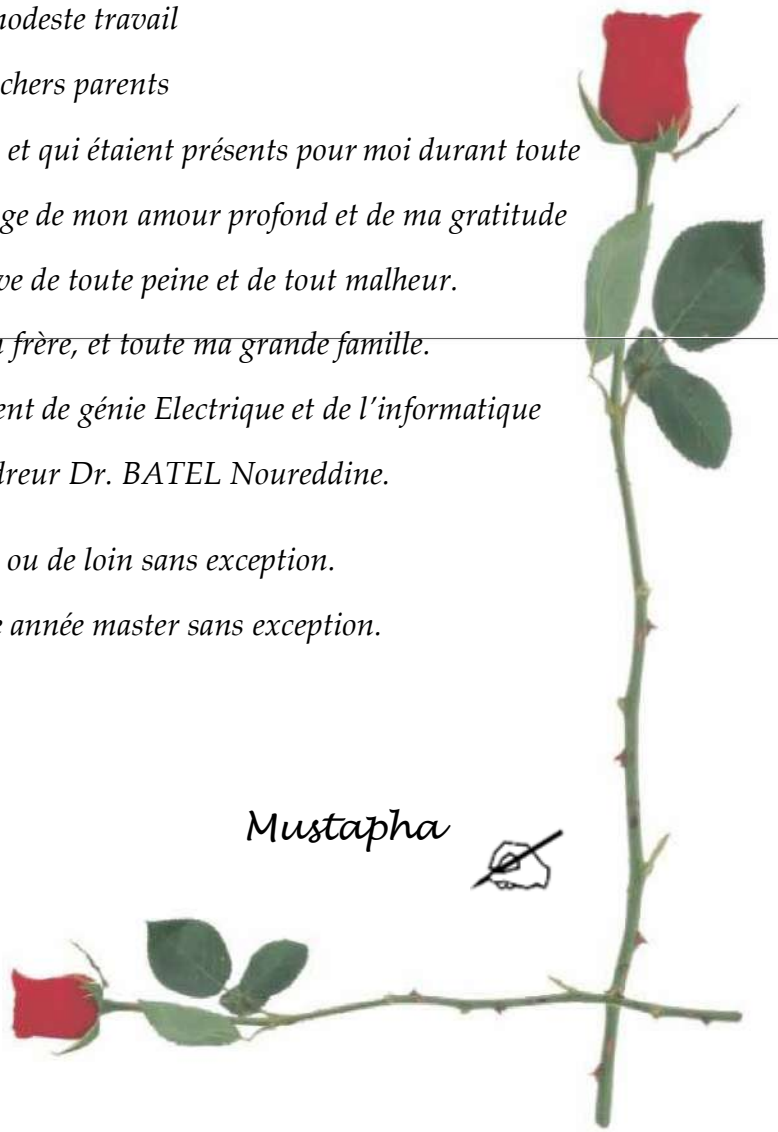
À mes chères Sœurs et mon frère, et toute ma grande famille.

À tout les enseignants du département de génie Electrique et de l'informatique

Et surtout à notre encadreur Dr. BATEL Noureddine.

À tous mes amis de près ou de loin sans exception.

À toute ma promotion 2ème année master sans exception.



Mustapha

Dédicace

A la mémoire de ma très chère mère ***Mouina***

Puisse ***ALLAH*** *l'accueillir dans son infinie Miséricorde*

A mon très cher père ***Abdelmoutalib***

pour l'éducation et le grand amour dont il m'a entouré depuis ma naissance

pour sa patience et son sacrifice

pour m'avoir poussé jusqu'au bout et pour avoir été toujours un confort moral

A mes très chers frères et sœurs

en lui souhaitant la réussite dans leurs travails et dans leurs vies

A mon binôme et mon frère ***Muastapha*** *ainsi qu'à toute sa famille*

A toute ma famille proche soit-elle ou lointaine

A tous mes amis d'université Yahia Fares

pour les moments agréables que nous avons passé ensemble et surtout ma promotion de Systèmes de télécommunications

A tous mes amis

en leurs souhaitant le succès dans leur vie aussi bien professionnelle que familiale particulièrement ***Alilou, Abdou*** *et à toute ma promotion Biologie*

A tous ceux qui m'ont aidé afin de réaliser ce travail

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

A tous ceux-ci je dédie ce travail

Amine

SOMMAIRE

Sommaire

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction générale 1

Chapitre I : Présentation générale de la technologie Ultra Wide Band

I.1 Introduction 2

I.2 Historique 2

I.3 Définition de l'UWB 3

I.4 Les standards UWB 4

I.5 Propriétés de base des signaux et systèmes UWB 6

I.5.1 Densité Spectrale de puissance 6

I.5.2 La forme d'impulsion UWB 7

I.5.3 Les masques spectraux 9

I.5.4 Muli-trajet 10

I.5.5 Caractéristique de pénétration 12

I.5.6 capacités spatiales et spectrales 12

I.5.7 La vitesse de transmission de données 14

I.5.8 Consommation de puissance 15

I.6 Les modulations utilisées 15

I.6.1 Modulation OOK 16

I.6.2 Modulation BPSK 16

I.6.3 Modulation PPM 16

I.7 Techniques d'accès multiples 17

I.7.1 La technique MB-UWB (multi-bande) 17

I.7.2 La technique DS-UWB (Direct Sequence) 19

I.8 UWB comparé à la technologie sans fil courante 21

I.9 Conclusion 23

Chapitre II : Simulation du système UWB à modulation OOK et PPM

II.1 Introduction 24

II.2 Présentation du simulateur 24

II.2.1 L'environnement de conception de SystemVue 2006 24

II.2.2 Bibliothèque Ultra-Wideband (DS-UWB) 27

II.3 Simulation d'un transmetteur/récepteur UWB par modulation OOK 28

II.3.1 Transmetteur 28

II.3.2 Pertes de Cheminement (*path-loss*) et bruit d'antenne 31

II.3.3 Récepteur 32

II.4 Simulation d'un transmetteur/récepteur UWB par modulation PPM 35

II.4.1 Transmetteur 35

II.4.2 Pertes de cheminement (*path-loss*) et bruit d'antenne 41

II.4.3 Récepteur 41

II.5 Conclusion 44

Chapitre III : Simulation du système DS-UWB

III.1 Introduction 45

III.2 Technique d'étalement de spectre à séquence directe 45

III.3 Simulation du système DS-UWB 47

III.3.1 Simulation du système DS-UWB en bande de base 47

III.3.1.1Transmetteur 47

III.3.1.1.a L'échantillonneur 49

III.3.1.1.b L'embrouilleur 50

III.3.1.1.c Le codeur convolutionnel 51

III.3.1.1.d L'entrelaceur (Interleaver) 51

III.3.1.1.e Le modulateur QPSK) 52

III.3.1.1.f L'étaleur (spreader) 53

III.3.1.2Récepteur 54

III.3.2 Simulation du système DS-UWB en RF 55

III.3.2.1 Section RF de transmission 57

III.3.2.2 Section RF de réception 59

Conclusion Générale 61

Glossaire

Références

Liste des figures

Figure I.1 : Spectre du signal UWB par rapport aux signaux conventionnels 4
Figure I.2 : Le groupe IEEE 802.15 responsable des standards WPAN 4
Figure I.3 : Systèmes de densité d'énergie haute et basse **7**
Figure I.4 : (a) forme d'impulsion UWB idéale; (b) spectre idéale d'une seule impulsion UWB 7
Figure I.5 : Modèle simple d'un circuit Matlab pour créer une impulsion doublet Gaussienne 8
Figure I.6 : Détails des impulsions produites dans un système de communication UWB typique 8
Figure I.7 : Masque spectral exigé par la FCC 15.517 (b, c) pour les systèmes UWB 9
Figure I.8 : Un scénario d'intérieur typique dans lequel l'impulsion transmise est reflétée 10
Figure I.9 deux impulsions arrivant avec une séparation plus grande que la durée d'impulsion ne recouvriront pas et ne causeront pas l'interférence 11
Figure I.10 : (a) Deux impulsions de recouvrement, (b) la forme d'onde reçue comprenant les impulsions recouvertes 11
Figure I.11 : Exemple d'une séquence d'impulsions modulée en OOK 16
Figure I.12 : Exemple d'une séquence d'impulsions modulée en BPSK 16
Figure I.13 : Exemple d'une séquence d'impulsions modulée en PPM 17
Figure I.14 : Le spectre OFDM Multi-bande 18
Figure I.15 : Spectres et formes d'onde des impulsions sur les bandes basse et haute Pour la solution DS-UWB 19
Figure I.16 : Débit binaire de l'UWB comparé avec des standards Wi-Fi 21

Figure II.1 : Fenêtre de SystemVue 2006 24
Figure II.2 : Barre de menu 25
Figure II.3 : Barre d'outils 25
Figure II.4 : Horloge du système de simultion 26
Figure II.5 : Schéma synoptique du modèle de simulation du transmetteur/récepteur UWB_OOK 28
Figure II.6 : UWB avec les MetaSystems contenant les filtres de formation d'impulsion, les pertes de chemin, et le récepteur 29
Figure II.7 : Vue à l'intérieur du MetaSystem contenant les filtres formant l'impulsion bicycle 29
Figure II.8 : Symétrie des 2 impulsions sortantes depuis les 2 filtres LC 30
Figure II.9 : l'impulsion monocycle recouvrée par le combineur 30
Figure II.10: (a) signal capturé à la sortie du transmetteur ; (b) zoom d'une impulsion du signal (a) 31

Figure II.11 : Le MetaSystem contenant les filtres du récepteur, Amplificateurs, et détecteur d'enveloppe à diode tunnel....32

Figure II.12 : Les filtres et les amplificateurs d'extrémité du récepteur UWB....32

Figure II.13 : MetaSystem contenant le détecteur d'enveloppe à diode tunnel....33

Figure II.14 : signal à la sortie d'amplificateur (en vert) avec signal à la sortie de récepteur (en rouge) ..34

Figure II.16 : Schéma synoptique du modèle de simulation de Tx/Rx UWB_PPM....35

Figure II.17 : Transmetteur UWB avec un MetaSystem contenant les filtres de formation de l'impulsion, les pertes de cheminement (*path-loss*), et le récepteur....36

Figure II.18 : MetaSystem contenant le modulateur PPM....37

Figure II.19 : signal (PN_in) de l'information sommée avec le signal de basse amplitude....37

Figure II.20 : Signal rampe de 0 à -8.6volt....37

Figure II.21 : vibration de front montant de signal rampe (zoom-in)....38

Figure II.22 : la somme de signal PN_in et le signal rampe....38

Figure II.23 : Sortie du comparateur....38

Figure II.24 : Sortie de différentiateur numérique....39

Figure II.25 : MetaSystem contenant les filtres formant les impulsions....39

Figure II.26 : Sortie de chacun des 2 filtres passe-bas de 4.0GHz....40

Figure II.27 : l'impulsion monocycle à la sortie de combinateur....40

Figue II.28 : Impulsion unique à la sortie de transmetteur....40

Figure II.29 : Le MetaSystem contenant les filtres du récepteur, les amplificateurs, et le détecteur à diode tunnel....41

Figure II.30 : Les filtres et les amplificateurs du récepteur UWB....42

Figure II.31 : MetaSystem contenant le détecteur à diode tunnel....42

Figure II.32 : MetaSystem de démodulation PPM utilisé dans le récepteur....43

Figure II.33 : Tracés des signaux à de divers emplacements dans le système....43

Figure II.34 : zoom en avant des tracés de la figure II.33....44

Figure III.1 : Bits modulés avec une séquence PN....45

Figure III.2 : Système DS-UWB proposé par Fujjita....46

Figure III.3 : Schéma synoptique du système DS-UWB....47

Figure III.4 : Simulation du système DS-UWB en bande de base....48

Figure III.5 : Partie transmetteur DS-UWB en bande de base....49

Figure III.6 : (a) signal d'information transmise ; (b) signal échantillonné....50

Figure III.7 : Embrouilleur DS-UWB.....50
Figure III.8 : Codeur convolutionnel.....51
Figure III.9 : configuration du bloc codeur 51
Figure III.10 : Entrelaceur convolutionnel 52
Figure III.11 : Diagramme de constellation BPSK.....53
Figure III.12 : Configuration du bloc étaleur.....53
Figure III.13 : signal d'impulsions à la sortie de l'étaleur.....54
Figure III.14 : Récepteur DS-UWB en bande de base 54
Figure III.15 : Superposition du signal transmis (en vert) et du signal reçu (en rouge) 55
Figure III.16 : Système DS-UWB en bande de base et les sections RF 56
Figure III.17 : le MetaSystem contenant la section RF de transmission (conversion vers les HF) 57
Figure III.18 : signal à la sortie du filtre en racine du cosinus surélevé.....57
Figure III.19 : signal à la sortie de la section RF de transmission.....58
Figure III.20 : Recouvrement du signal à l'entrée d'étaleur en réception avec bruit.....58
Figure III.21 : Recouvrement du signal à l'entrée d'étaleur en réception sans bruit.....59
Figure III.22 : le MetaSystem contenant la section RF de réception.....59
Figure III.23 : rassemblement des deux signaux à la sortie du filtre passe-bas en émission.....60
Figure III.24 : Signal transmis (en vert) rassemblé au signal reçu (en rouge).....60

Liste des tableaux

Tableau I.1 : PSD de quelques systèmes sans fil de diffusion et de communication **6**

Tableau I.2 : Comparaison de la capacité spatiale de divers systèmes sans fil d'intérieur 13

Tableau I.3 : Comparaison de débit binaire d'UWB avec d'autres normes de câble et sans fil 14

Tableau 1.4 : Puissance d'énergie d'UWB et d'autres chipsets de communication mobile 15

Tableau II.1 : déscription des blocs de la bibliothèque DS-UWB 27

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La transmission UWB (Ultra-Wide Band) a connu dernièrement un grand intérêt dans les domaines académique et industriel pour des applications de communication sans fils. Un système UWB est défini comme tout système radio ayant une bande supérieure ou égale à 20% de sa fréquence centrale. L'organisme de régulation américain ''Federal Communication Commission'' (FCC) réserve la bande fréquentielle libre comprise entre 3.1GHZ et 10.6GHz, pour les systèmes de communication UWB sans fil. Deux standards industriels ont été proposés : le standard IEEE 802.15.3a (haut débit) et le standard IEEE 802.15.4a (bas débit).

La technologie UWB a plusieurs avantages grâce à la nature de sa bande très large qui permet un débit élevé et une très bonne résolution temporelle. Ainsi, la très courte durée des impulsions émises assure une transmission robuste dans un canal multi-trajets dense. Enfin, la densité spectrale de puissance du signal permet au système UWB de coexister avec les applications existantes.

Les travaux de notre mèmoire portent sur une simulation de transmetteur - récepteur UWB appliquée au standard IEEE 802.15.3a sur un système WPAN. Le présent manuscrit est structuré autour de trois chapitres :

- Le premier de ces chapitres, introduit le contexte historique dans lequel la technologie UWB s'est développée pour aboutir à une réglementation pour les communications. Une brève définition de cette technologie avec ses standards, après une discussion des propriétés de base des signaux et systèmes UWB, est présentée une explication des modulations utilisée et les techniques d'accès multiples, sont aussi abordés, enfin une petite comparaison avec les autres technologies sans fil est entamée.
- Le second chapitre est consacré à la présentation du simulateur SystemVue. Ce dernier utilise des blocs logiques ou numériques afin d'avoir des signaux qui correspondent au système simulé. Ensuite, la simulation UWB avec les modulations OOK et PPM est effectuée. On discute par la suite des données transmises et reçues où une brève définition ou fonctionnement de chaque bloc utilisé, est présentée. En dernier, une comparaison entre les deux simulations est faite.
- Le troisième chapitre introduit la technique DS-UWB proposée par le groupe IEEE 802.15.3a. Dans une première partie, on donne la définition et le principe de la technique d'étalement de spectre à séquence directe DSSS. Dans une deuxième partie, la simulation de la technique en bande de base, puis en HF avec l'explication des différents blocs et étages est présenté.

Chapitre I

Présentation générale de la technologie Ultra Wide Band

I.1 Introduction

I.2 Historique

I.3 Définition de l'UWB

I.4 Les standards UWB

I.5 Propriétés de base des signaux et systèmes UWB

I.6 Les modulations utilisées

I.7 Techniques d'accès multiples

I.8 UWB comparé à la technologie sans fil courante

I.9 Conclusion

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre, on va présenter le contexte dans lequel notre mémoire s'articule. La technologie ultra large bande UWB (Ultra Wide Band en anglais), suscite un intérêt important dans la communauté des communications, car elle laisse entrevoir la possibilité d'accéder à de très hauts débits. Nous aborderons dans ce qui suit quelques propriétés principales des systèmes UWB.

I.2 Historique :

Le terme UWB depuis longtemps a désigné des formes d'ondes sans porteuse, c'est-à-dire des signaux impulsionnels dont la durée est de l'ordre de nanoseconde.

On trouve ainsi, à l'origine de l'UWB, les travaux sur l'électromagnétisme dans le domaine temporel menés par les armées américaine et soviétique dans les années 60.

C'est à cette époque que des systèmes émettant des signaux non sinusoïdaux commencent à être réellement exploités et, dans un premier temps, essentiellement dans les systèmes radar. Les systèmes à impulsions ont en effet de très bonnes propriétés de résolution spatiale puisque celle-ci est inversement proportionnelle à la largeur de leurs bandes ; la brièveté d'un signal impulsionnel détermine la largeur de son spectre.

A partir de la fin des années 60, Henning F. Harmuth de la Catholic University of America rédige plusieurs ouvrages et papiers [1,2] rendant publiques des informations sur la conception d'émetteurs et de récepteurs de signaux non- sinusoïdaux. Parallèlement et indépendamment, en 1973, Gerald F. Ross et Kenneth W. Robbins déposent pour Sperry Rand Corporation le premier brevet sur un système de communications reposant sur l'émission et la réception d'impulsions en bande de base d'une durée inférieure à la nanoseconde [3]. Tout le monde s'accorde pour désigner ce brevet comme étant le premier pour les communications UWB.

L'année 1974 marque le premier succès commercial d'un système UWB pour la Geophysical Survey Systems, Inc (GSSI) avec la présentation par R.M. Morey du ground penetrating radar (GPR), radar pour l'analyse du sol [4]. Le GPR est l'un des premiers exemples de radar basé sur l'émission et la détection d'impulsions en bande de base. Il est utilisé à l'époque, entre autres, pour la détection de mines enfouies dans le sol.

Jusqu'à la fin des années 80, de nombreuses publications se succèdent dans lesquelles la technologie UWB est alternativement caractérisée par des termes tels que impulsionnelle (impulse), sans porteuse (carrier-free), radio dans le domaine temporel (time domain radio) [5]. C'est en 1989 que le terme UWB est pour la première fois utilisé par la défense américaine (DoD).

A partir de 1994 les projets américains aboutissent à des travaux de recherche sur la technologie UWB.

Dès 1998, le domaine des systèmes de communications subit une évolution considérable avec l'explosion de l´économie de l'Internet et des télécommunications. Cette évolution est motivée par le souhait du monde industriel de fournir au grand public des débits toujours plus élèves avec une qualité de service améliorée.

Depuis la première utilisation du terme UWB par la DoD et jusqu'en **2002**, l'UWB désigne principalement ce que l'on appelle (impulse radio IR), c'est-à-dire les techniques basées sur l'émission d'impulsions de très courte durée (inférieure à la nanoseconde) et présentant un très faible rapport cyclique [(1)]. En conséquence, la bande occupée par ces signaux constitués d'impulsions très brèves est très large et ils sont émis avec une très faible densité spectrale de puissance (DSP).

Face à son potentiel, les industriels s'intéressent de plus en plus à la technologie UWB. Ils incitent alors le gouvernement américain à prendre des mesures pour réglementer ses émissions.

En effet, jusqu'en 2002 aucune réglementation ne traite le cas de l'UWB. Seule la directive FCC [(2)] [6,7] limitait les émissions non-intensionnelles des systèmes commerciaux fonctionnant en l'absence de licence à 500μV/m dans une bande de 1 MHz à 3 mètres de l'antenne d'émission, soit une DSP limite de −41.3 dBm/MHz. Ce sera chose faite le 14 février 2002, date clé dans l'histoire de l'UWB. C'est en effet à cette date que la FCC a statué sur l'UWB en publiant un rapport intitulé First Report and Order [8].

I.3 Définition de l'UWB :

La définition proposée par la FCC pour la transmission UWB est : tout signal, qui a une largeur de bande partielle (*Bf* : fractional bandwidth) plus grande que 0.20, ou qui occupe une largeur de bande plus que 500 mégahertz, c.-à-d. :

$$Bf \geq 0.2 \text{ or}$$
$$BW > 500 \text{ MHz}$$

La largeur de bande partielle est définie comme le rapport de la largeur de bande de signal sur la fréquence centrale, et est donné par :

$$Bf = \frac{BW}{f_c} = \frac{(f_H - f_L)}{(f_H + f_L)/2} \qquad (1.1)$$

(1) Le rapport cyclique est défini comme étant le rapport entre la durée d'une impulsion et sa période de répétition.
(2) Federal Communication Commission, l'autorité régulatrice du spectre radio-fréquence aux Etats-Unis.

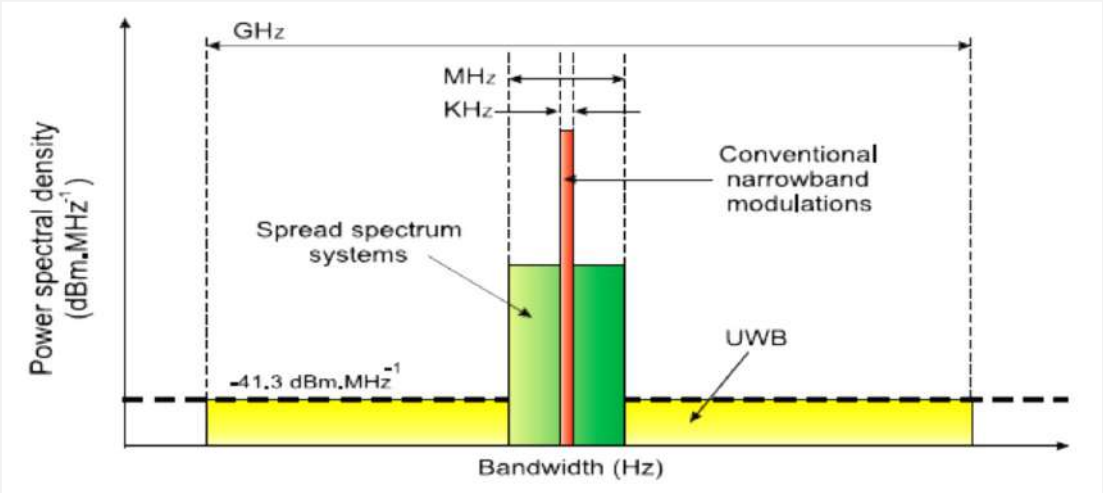


Figure I.1 : Spectre du signal UWB par rapport aux signaux conventionnels.

Telle que *fH* et *fL* sont les plus hautes et plus basses fréquences transmises à -10dB des points d'émission, respectivement, *BW* est la largeur de bande du signal et *fc* est la fréquence centrale.

Suivant les indications en Figure I.1, les systèmes conventionnels de transmission radio (c.-à-d. à bande étroite, aussi bien que les systèmes à large bande) ont de petites largeurs de bande partielles une fois comparées aux signaux UWB.

Comme exemple, considérons l'UMTS, ou système de communication mobile travaillant sur environ 2 GHz avec une largeur de bande de 5MHz. Ce système s'appelle souvent « large bande », toutefois selon l'équation (1.1), la largeur de bande partielle est 0.0025, qui est beaucoup plus petite que 0.2 (c.-à-d., 80 fois plus petite) [9].

I.4 Les Standards UWB :

En 1999, le groupe de travail IEEE 802.15.3, Figure I.2, proposait de mettre en place un standard de communication radio haut débit.

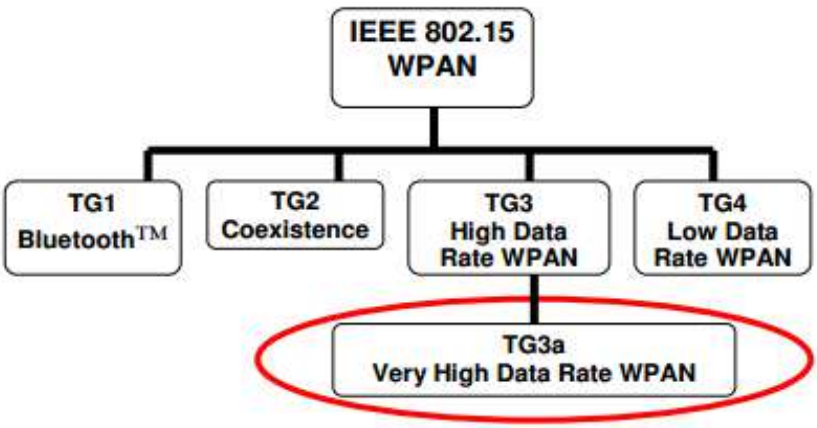


Figure I.2 : Le groupe IEEE 802.15 responsable des standards WPAN.

Ce standard prévoit l'utilisation sans licence de la bande ISM à 2. 4 GHz, pour la mise au point d'une couche physique fournissant les débits de 11, 22, 33, 44 et 55 Mbit/s à une distance comprise entre 10 et 70 mètres. Parmi les applications visées, on peut citer la transmission de données entre appareils multimédias tels que le transfert de fichiers volumineux sur un appareil portatif ou l'affichage du contenu d'une caméra vidéo sur un écran. . .

Ces applications requièrent un important débit de transmission mais imposent aussi généralement des contraintes de qualité de services et parfois de sécurité. Les appareils concernés sont le plus souvent de petites tailles et fonctionnent sur batteries.

Le système de transmission radio doit donc être à la fois peu encombrant et peu gourmand en énergie. Destinés à un très large public, ces appareils doivent également être simplement et rapidement configurable et fonctionner dans un contexte de réseau ad hoc, le tout à faible coût.

La télévision haute définition (HDTV) est destinée à prendre de plus en plus d'importance dans un avenir proche. Mais la transmission simultanée de plusieurs flux HDTV requiert des débits excédents 110 Mbit/s ; ce que le standard IEEE 802.15.3 n'est pas en mesure d'offrir. C'est pourquoi le groupe de travail IEEE 802.15.3a est créé afin d'étudier une couche physique alternative basée sur la technologie UWB et permettant d'accéder à des débits atteignant 480 Mbit/s pour des portées inférieures à 10 mètres. Mis à part ces débits plus élevés, ce nouveau standard reprend les contraintes formulées par le groupe IEEE 802.15.3.

Les premières propositions au standard IEEE 802.15.3a apparaissent en mars 2003. Elles sont toutes basées sur des traitements cohérents en réception. A l'issu d'un long processus de sélection, deux solutions coexistent sans qu'aucune d'elles ne puisse être adoptée pour le standard. D'un côté, la solution impulsionnelle DS-CDMA propose des hauts débits en augmentant la fréquence d'émission des impulsions. De l'autre côté, l'approche Multi-Bandes évite les interférences inter-symboles en adoptant une période de répétition, sur chaque sous-bande, supérieure à la durée d'étalement du canal. La solution Multi-Bandes impulsionnelle exploite la division en sous-bandes par l'utilisation d'un saut de fréquence. Cette solution séquentielle est rapidement délaissée au profit de la solution OFDM qui privilégie l'émission simultanée de signaux sur des fréquences parallèles aux dépend de l'exploitation de la bande disponible.

Un troisième standard IEEE 802.15.4a a été proposé en août 2004, avec des exigences moins sévères permettant des transmissions ne dépassant pas les 2 Mbit/s. C'est le standard de communications UWB bas débit.

Il garantit des transmissions radio plus fiables que celles permises par la norme IEEE 802.15.4 (fondement de ZigBee), en augmentant la portée allant jusqu'à 300 mètres. Il offre une gamme de débits plus larges (de 50 kbit/s à 1 Mbit/s), supporte des nœuds mobiles et satisfait les applications aux contraintes de coût et de consommation plus sévères [10].

I.5 Propriétés de base des signaux et systèmes UWB :

I.5.1 Densité Spectrale de puissance :

La densité spectrale de puissance (DSP) des systèmes UWB est généralement considérée extrêmement basse, particulièrement pour des applications de communication. La (PSD) est définie comme :

$$DSP = \frac{P}{B} \qquad (1.2)$$

Où P est la puissance transmise en watts, B est la largeur de bande du signal en hertz, et l'unité de DSP est watts/hertz.

Pour un système UWB, les impulsions ont un temps très court et une largeur de bande B très grande. Il est utile de passer en revue quelques applications sans fil traditionnelles de diffusion et de communication, et de calculer leur DSP suivant les indications du tableau I.1.

System	Puissance de transmission	Largeur de bande	PSD [W/MHz]	Classification
Radio	50 kW	75 kHz	666 600	Bande étroite
Télévision	100 kW	6 MHz	16 700	Bande étroite
Téléphonie 2G	500 mW	8.33 kHz	60	Bande étroite
802.11a	1 W	20 MHz	0.05	Large bande
UWB	0.5 mW	7.5 GHz	$6.670\ 10^{-8}$	Ultra large bande

Tableau I.1 : PSD de quelques systèmes sans fil de diffusion et de communication.

L'énergie employée pour transmettre un signal sans fil n'est pas infinie et, généralement devrait être aussi basse que possible, particulièrement aux appareils électroniques du consommateur.
Si nous avons une quantité fixe d'énergie nous pouvons transmettre beaucoup de densité d'énergie sur une petite largeur de bande ou peu de densité d'énergie sur une grande largeur de bande. Cette comparaison est montrée pour la DSP de deux systèmes sur la figure I.3.

Pour des systèmes UWB, l'énergie est étendue sur une largeur de bande très grande (d'où le nom ultra) et, est généralement d'une DSP très basse.

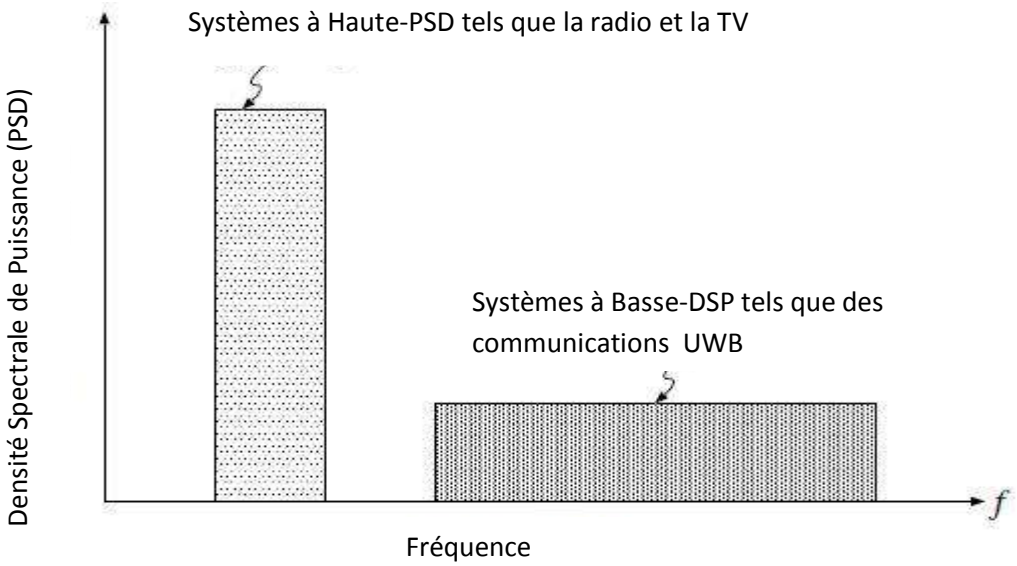


Figure I.3 : Systèmes de densité d'énergie haute et basse.

I.5.2 La forme d'impulsion UWB :

Une forme d'impulsion typique du système UWB, parfois connue sous le nom de doublet gaussien est montrée en Figure I.4. Cette impulsion est employée souvent dans des systèmes UWB parce que sa forme est facilement produite. C'est simplement une impulsion rectangulaire qui a été formée par l'élévation du temps de descente de l'impulsion et des effets de filtrage des antennes de transmission et réception. Une impulsion carrée peut être facilement produite en commutant rapidement un transistor en marche et en arrêt.

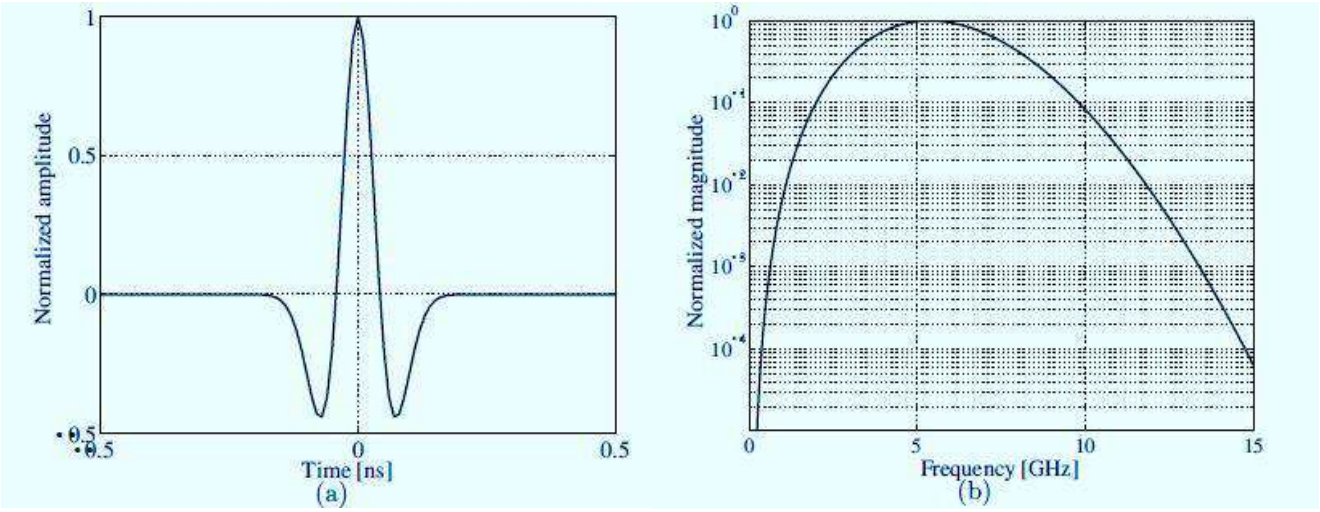


Figure I.4 : (a) forme d'impulsion UWB idéale; (b) spectre idéale d'une seule impulsion UWB.

Nous montrons un modèle simple de générateur d'impulsion sur la Figures I.5, qui montre la production des doublets gaussiens.

Nous commençons par une impulsion rectangulaire, figure I.6 (a). Les impulsions UWB sont typiquement d'ordre de la nanoseconde ou de picoseconde. La commutation rapide en marche et en arrêt, mène à une forme d'impulsion qui n'est pas rectangulaire, mais qui a les bords lissés.

La forme d'impulsion rapproche la courbe de fonction gaussienne. Une fonction gaussienne G (x) suit l'équation bien connue :

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-x^2/2\sigma^2} \tag{1.3}$$

C'est l'origine du nom de l'impulsion gaussienne, monocycle ou doublet. [11]

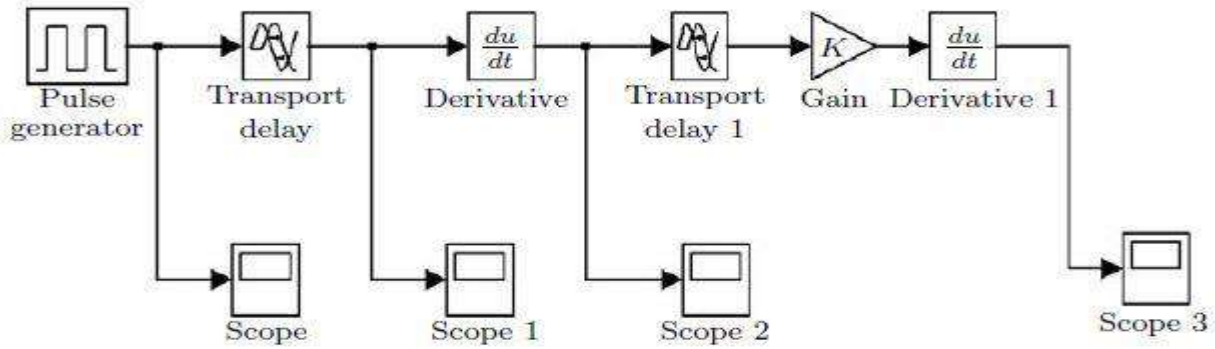


Figure I.5 : Modèle simple d'un circuit Matlab pour créer une impulsion doublet Gaussienne.

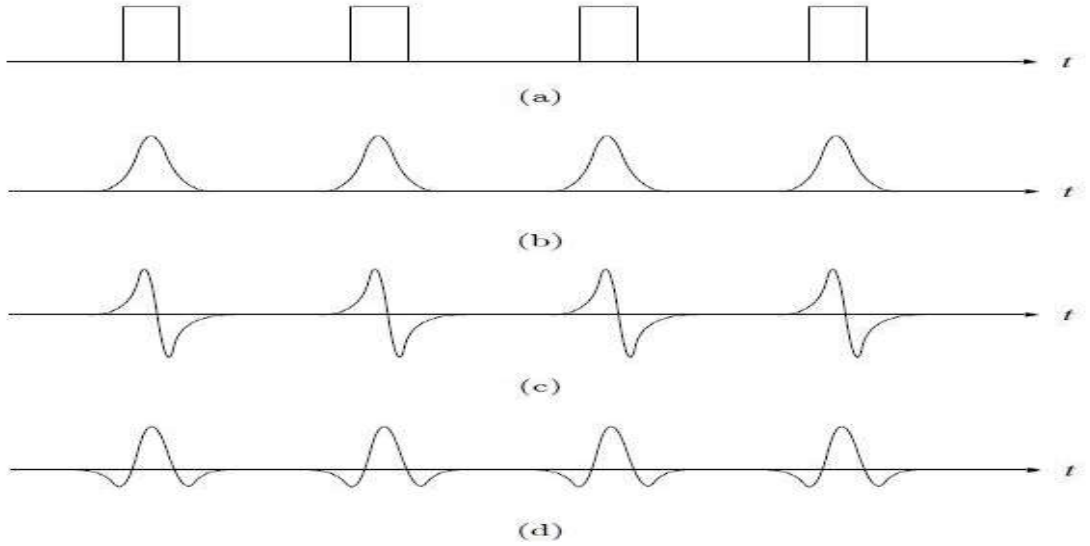


Figure I.6 : Détails des impulsions produites dans un système de communication UWB typique :

(a) Train d'impulsion rectangulaire (b) impulsions Gaussiennes (c) première dérivé d'impulsion (d) impulsion doublet Gaussienne.

I.5.3 Les masques spectraux :

Le spectre d'un signal UWB est l'un des thèmes principaux confrontant l'industrie et les gouvernements pour l'usage commercial du système UWB. En fait, la large bande relative au nom « ultra » suggère que la question du spectre soit au cœur de la technologie UWB.

Toute communication par radio est sujette à différents lois et règlements relatif à la puissance de sortie dans certaines bandes de fréquence. C'est pour empêcher l'interférence avec d'autres utilisateurs, tout près ou à la même bande de fréquence.

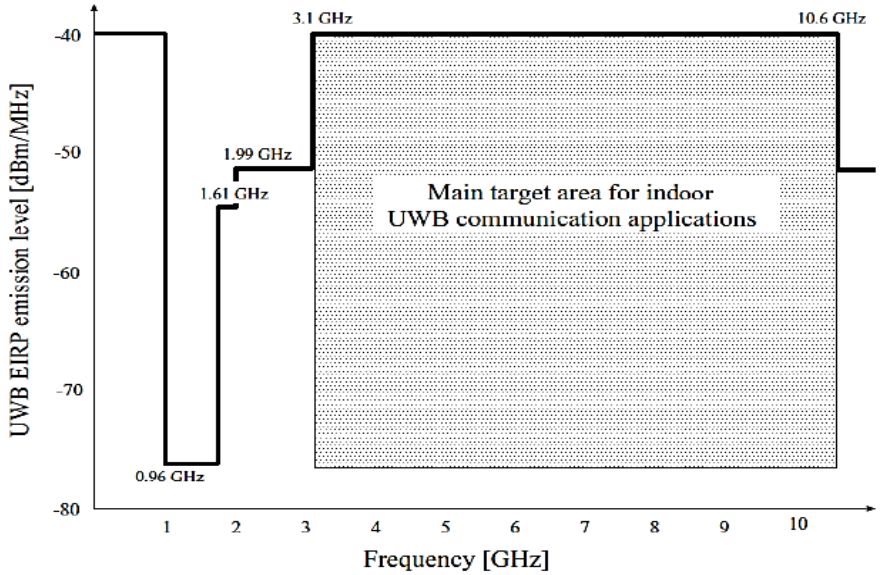


Figure I.7 : Masque spectral exigé par la FCC 15.517 (b, c) pour les systèmes UWB.

Les systèmes UWB couvrent un grand spectre et interfèrent avec les utilisateurs existants. Afin de garder cette interférence au minimum, la FCC et d'autres groupes de normalisation spécifient les masques spectraux pour différentes applications, qui montrent la puissance de sortie permise pour des fréquences spécifiques.

Sur la figure I.7 un exemple est montré du masque spectral de FCC pour les systèmes UWB. Une grande largeur de bande contiguë de 7.5 GHz est disponible entre 3.1 GHz et 10.6 GHz à une puissance de sortie maximale −41.3 dBm/MHz.

Les raisons principales de l'extrême basse puissance de sorite permise dans les bandes de fréquence 0.96-1.61 GHz, et pour ne pas gêner des groupes représentant des services existants, tels que la téléphonie mobile, le GPS, et l'utilisation militaire. Le niveau permis −41.3 du dBm/MHz lui-même est considéré conservateur, et beaucoup de groupes ont incité à une puissance permise plus élevée.

I.5.4 Muli-trajet :

Dans cette section nous regarderons les effets de multi-trajets, en particulier dans un canal sans fil d'intérieur, sur l'impulsion de base UWB que nous avons décrit. Nous verrons que, en raison des largeurs d'impulsion extrêmement courtes, si ces impulsions peuvent être résolues dans le domaine de temps puis les effets de multi-trajets, tels que le brouillage inter symbole (ISI), peuvent être atténuées. *Multi-trajets* est le nom donné au phénomène de réception par lequel après transmission, un signal électromagnétique voyage par divers chemins au récepteur. La figure I.8 illustre un exemple de la propagation par trajets multiples dans une salle. Cet effet est provoqué par réflexion, absorption, diffraction, et dispersion de l'énergie électromagnétique par des objets entre l'émetteur et le récepteur. S'il n'y avait aucun objet pour absorber ou réfléchir l'énergie, cet effet n'aurait pas lieu et l'énergie propagerait à l'extérieur de l'émetteur, limitée que par les caractéristiques d'antenne de transmission. Cependant, dans le monde réel, les objets entre l'émetteur et le récepteur causent les effets physiques de la réflexion, de l'absorption, de la diffraction, et de la dispersion, et ceci provoque les chemins multiples. En raison des différentes longueurs des chemins, l'impulsion arrivera au récepteur à différents instants, avec un retard proportionnel à la longueur du trajet.

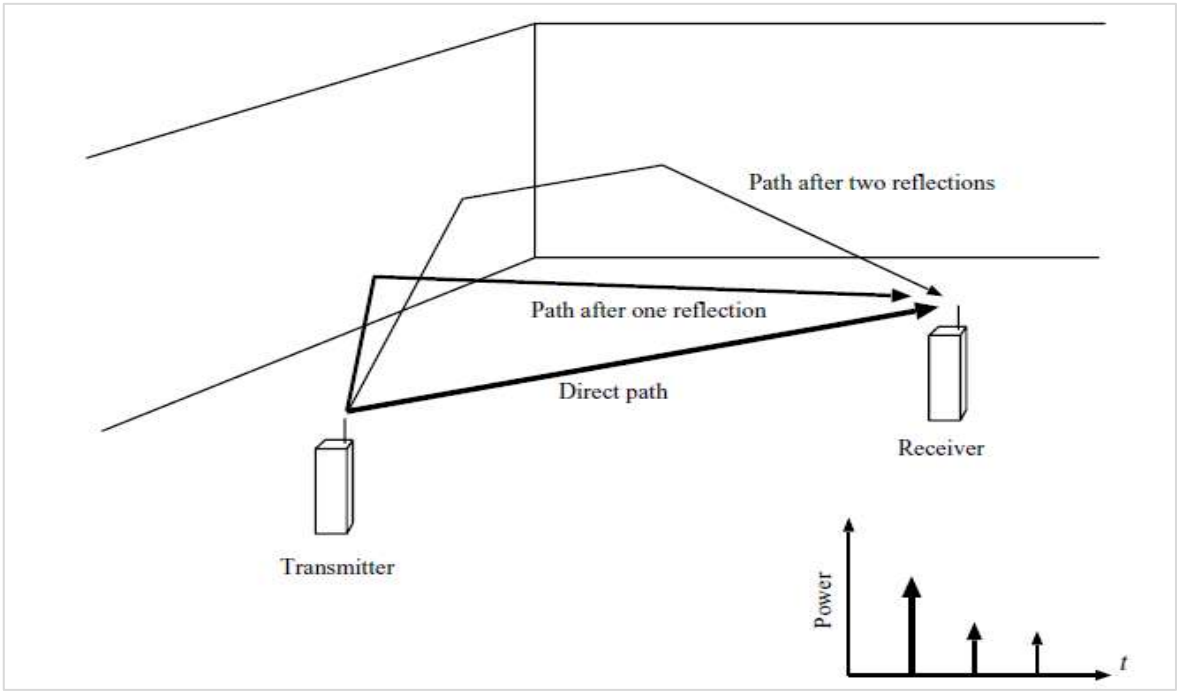


Figure I.8 : Un scénario d'intérieur typique dans lequel l'impulsion transmise est reflétée outre des objets dans la salle, de ce fait créant les copies multiples de l'impulsion au récepteur, avec différents retards.

Des systèmes UWB sont souvent caractérisés comme multi-trajets résistant ou multi-trajets immunisé. Examinant les impulsions décrites précédemment, nous pouvons voir que si les impulsions arrivent avec un décalage inférieur à une durée d'impulsion, elles s'y mêleront, alors que si elles sont séparées par au moins une durée d'impulsion, elles ne s'y mêleront pas.

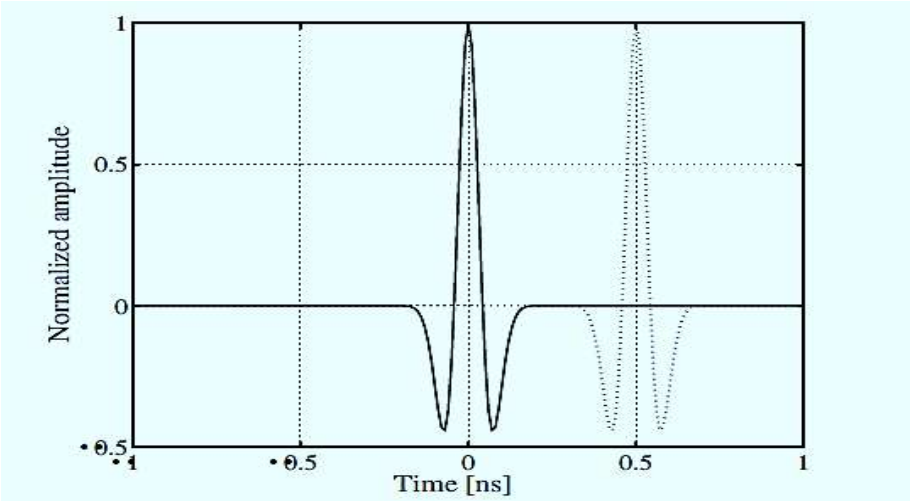


Figure I.9 deux impulsions arrivant avec une séparation plus grande que la durée d'impulsion ne recouvriront pas et ne causeront pas l'interférence.

Si les impulsions ne se recouvrent pas, alors elles peuvent être filtrées dans le domaine du temps ou, en d'autres termes, ignorées. Assumant un symbole par impulsion, elles ne produiront pas l'interférence avec le même symbole. Alternativement, les énergies peuvent être additionnées ensemble au récepteur. Les figures I.10(a) et (b) montrent des impulsions non-recouvertes et recouvertes, respectivement.

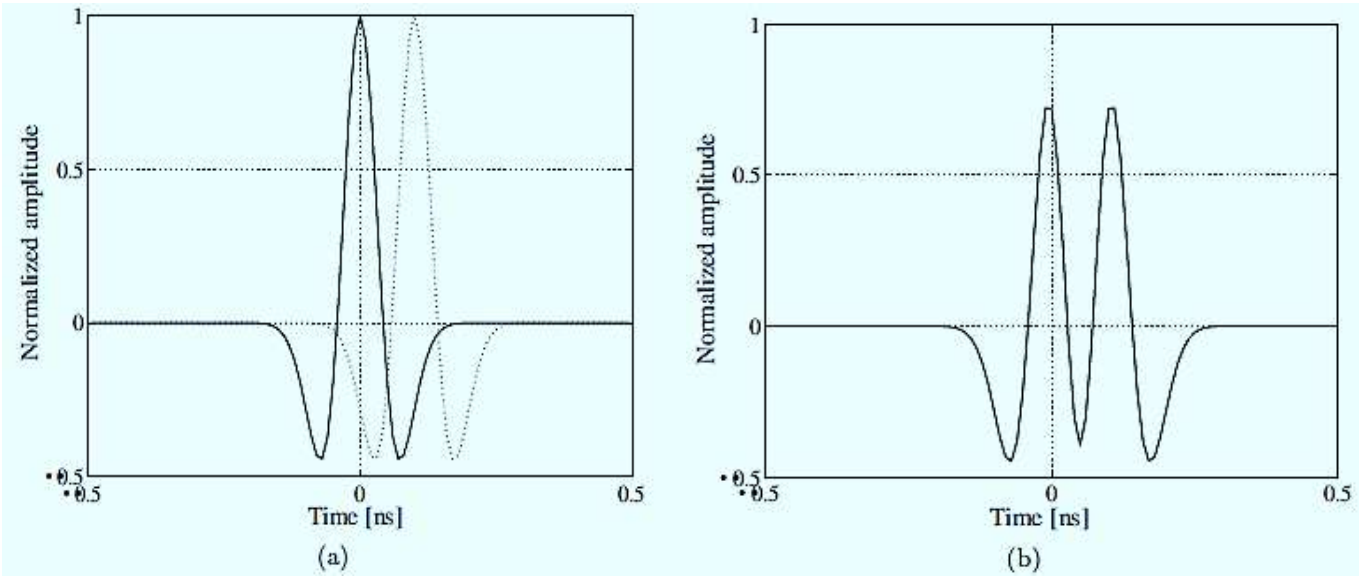


Figure I.10 : (a) Deux impulsions de recouvrement, (b) la forme d'onde reçue comprenant les impulsions recouvertes.

I.5.5 Caractéristiques de pénétration :

Un des avantages les plus importants du système de communication UWB est la capacité des impulsions de pénétrer facilement des murs, des portes, des cloisons, et d'autres objets dans l'environnement de maison et de bureau. Dans cette section nous examinerons les résultats rapportés pour la pénétration des impulsions UWB, et présenterons des observations sur la façon dont celles-ci affecteront la communication dans la maison et le bureau.

La fréquence $\boldsymbol{f}$ et la longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda}$ sont liées par la vitesse de la lumière $\boldsymbol{c}$, comme montré dans l'équation (1.4) :

$$\lambda\,[m] = \frac{c\,[m/s]}{f[Hz]} \qquad (1.4)$$

En d'autres termes, la fréquence et la longueur d'onde, sont inversement proportionnelles.

Dans une communication sinusoïdale conventionnelle, les ondes de fréquence inférieures ont la caractéristique de pouvoir passer par des murs, des portes, et des fenêtres, parce que la longueur d'onde est beaucoup plus longue que le matériel qu'elle traverse. D'autre part, les ondes de plus hautes fréquences auront plus d'énergie réfléchie sur des murs et des portes, puisque leur longueur d'onde est beaucoup plus courte.

Les impulsions UWB se composent de gamme étendue de fréquences, figure I.4 (b). Une des caractéristiques de base des premiers systèmes de communication du prototype UWB, était leur capacité de passer par des murs, particulièrement en comparaison aux systèmes de réseau local (WLAN) sans fil IEEE 802.11. Puisque en 2002 par la FCC, la fréquence centrale pour la plupart des systèmes UWB a sensiblement augmenté. Ceci signifie que les caractéristiques de pénétration des signaux ont sensiblement diminué, particulièrement en comparaison avec des systèmes IEEE 802.11b qui sont centrés à 2.4 GHz.

I.5.6 Capacités spatiales et spectrales :

Une autre propriété de base des systèmes UWB est leur capacité spatiale élevée, mesurée dans les bits par seconde par mètre carré [bps/m ²]. La capacité spatiale est une limite relativement récente, et son utilisation provient de l'intérêt de débits plus élevés, même avec des distances extrêmement courtes.

La capacité spatiale peut être calculée comme débit maximum d'un système, divisé par le secteur au-dessus duquel ce système peut transmettre.

Le secteur de transmission peut être calculé à partir du secteur circulaire, assumant un émetteur au centre. Cependant, dans la pratique un principe de base est d'employer la place de la distance de transmission maximum :

$$\text{Capacité spatiale } [\text{bps/m}^2] = \frac{\text{Débit maximum [bps]}}{\text{Région de transmission [m}^2]}$$

$$\text{Région de transmission [m}^2] = \pi \times (\text{Distance de transmission })^2$$

Pour les systèmes à bande étroite, la mesure de capacité la plus populaire a été la capacité spectrale, mesurée dans les bits par seconde par hertz (bps/Hz), parce que le spectre a été la ressource la plus limitée. La puissance a été généralement seulement limitée par la sûreté et les raisons commerciales, telles que la durée de vie de la pile des dispositifs mobiles :

$$\text{capacité spectrale } [\text{bps/Hz}] = \frac{\text{Débit de donnée maximal [bps]}}{\text{Largeur de bande [Hz]}}$$

Pour les systèmes UWB, qui fonctionnent dans d'autres spectres autorisés, la puissance doit être maintenue très basse. Ceci est compensé en employant des largeurs de bande extrêmement grandes. En utilisant la mesure traditionnelle de capacité spectrale [bits/Hz], UWB a la capacité spectrale très basse comparée aux systèmes actuels. Cependant, en comparant la capacité spatiale, UWB est extrêmement efficace. Le tableau I.2 montre une comparaison de la capacité spatiale et spectrale parmi divers systèmes sans fil d'intérieur.

Nom de système	Débit binaire maximal [Mbps]	Distance de transmission [m]	Capacité spatiale [kbps/m²]	Capacité spectrale [bps/Hz]
UWB	100	10	318.3	0.013
IEEE 802.11a	54	50	6.9	2.7
Bluetooth	1	10	3.2	0.012
IEEE 802.11b	11	100	0.350	0.1317

Tableau I.2 : Comparaison de la capacité spatiale de divers systèmes sans fil d'intérieur.

I.5.7 La vitesse de transmission de données :

Un des avantages de la transmission UWB pour les communications est son débit élevé. Tandis que des systèmes courants sont continuellement améliorés, la plupart des applications de communication UWB visent la gamme de 100-500 Mbps, qui est rudement l'équivalent de l'Ethernet avec câble à USB 2.0. Il est clair que ces débit est de 100 à 500 fois la vitesse de Bluetooth, environ 50 fois la vitesse du 802.11b.

Comme peut être vu dans le tableau I.3, le débit courant pour la transmission d'intérieur de la radio UWB est entre 110 Mbps et 480 Mbps. C'est rapide en comparant aux normes courantes sans fil ou câblées. En fait, actuellement la vitesse de la transmission est normalisée à trois vitesses différentes : 110 Mbps avec une distance de transmission minimum de 10m, 200 Mbps avec une distance de transmission minimum de 4 m, et 480 Mbps sans distance minimale fixée.

Les raisons de ces distances particulières, se trouvent la plupart du temps avec différentes applications. Par exemple, les 10m couvriront une salle moyenne et peuvent convenir à la connectivité sans fil à la maison. Une distance de plus ou moins 4 m, couvrira la distance entre les appareils, tels qu'un serveur à la maison et une télévision. Une distance de plus moins de 1 m, couvrira les appareils autour d'un PC. [11]

Vitesse [Mbps]	Standard
480	UWB, USB 2.0
200	UWB (4m minimum), 1394a (4.5m)
110	UWB (10m minimum)
90	Fast Ethernet
54	802.11a
20	802.11g
11	802.11b
10	Ethernet
1	Bluetooth

Tableau I.3 : Comparaison de débit binaire d'UWB avec d'autres normes de câble et sans fil.

I.5.8 Consommation de puissance :

Avec une conception de technologie appropriée, la consommation de puissance résultante du système UWB peut être assez basse. Comme avec n'importe quelle technologie, on s'attend à ce que la puissance d'énergie diminue pour des circuits plus efficaces conçus, à plus de traitement des signaux sous des tensions plus faibles [11].

Le tableau 1.4 montre quelques cas pour la puissance d'alimentations des circuits intégrés courants.

Jeu de puces d'application	Puissance d'alimentation [mW]
802.11a	1500–2000
400 Mbps 1394 LSI	700
Téléphone Mobile RISC à convertisseur 32-bit	200
Appareil photo numérique à convertisseur A/D 12-bit	150
UWB (cible)	100
Panneau d'écran couleur du téléphone mobile (TFT)	75
MPEG-4 décodeur LSI	50
LSI de codec de voix de téléphone mobile	19

Tableau 1.4 : Puissance d'énergie d'UWB et d'autres chipsets de communication mobile (LSI, intégration à large échelle ; RISC, processeur à jeu d'instructions réduit ; TFT, transistor de la couche mince).

I.6 Les modulations utilisées :

Une grande variété de schémas de modulation peut être mise en œuvre dans un système UWB. La majorité de ces schémas sont basés sur une modulation de l'information soit en amplitude telle que « Pulse Amplitude Modulation » (PAM) ou (OOK), soit en position avec « Pulse Position Modulation » (PPM). Ces modulations sont populaires à cause de leur simplicité et leur flexibilité envers les systèmes impulsionnels à faible rapport cyclique.

I.6.1 Modulation OOK :

La modulation On-Off Keying (OOK), aussi connue sous le nom de modulation unipolaire, est une technique simple de modulation impulsionnelle d'amplitude dans laquelle la transmission d'une impulsion correspond à la transmission d'un «1» logique, tandis que le « 0 » logique est codé par une absence d'impulsion comme l'illustre la Figure I.11.

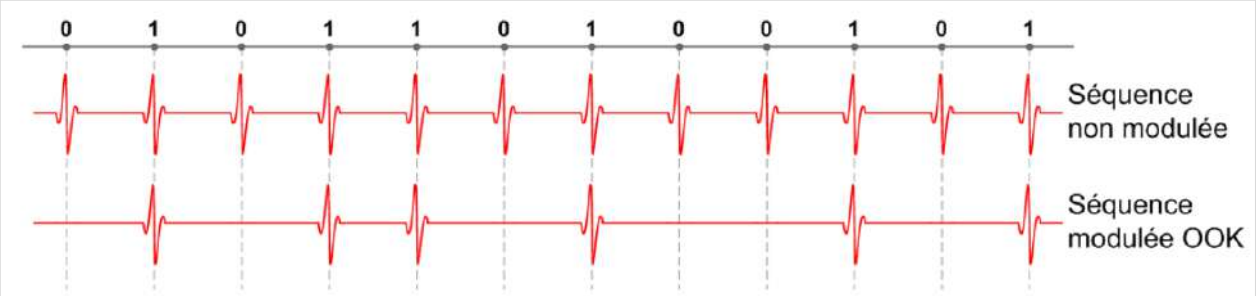


Figure I.11 : Exemple d'une séquence d'impulsions modulée en OOK.

Cette modulation est un cas particulier de la PAM, plus facile à mettre en œuvre car elle contient seulement un niveau d'amplitude.

I.6.2 Modulation BPSK :

La modulation Binary Phased Shift Keying (BPSK) est un autre cas particulier de la PAM. Son principe repose sur l'utilisation de l'information de phase – le signe – pour coder l'impulsion, comme l'illustre la Figure I.12. Comparée à une modulation OOK, cette modulation BPSK est plus efficace d'un point de vue énergétique car l'écart d'énergie entre deux symboles est maximisé. En démodulation, le taux d'erreur binaire sera donc amélioré.

De plus, la DSP « densité spectrale de puissance » d'un signal modulé en BPSK ne possède pas de composante discrète car le signal transmis est de moyenne nulle, ce qui permet de maximiser la DSP à l'inverse d'une modulation OOK.

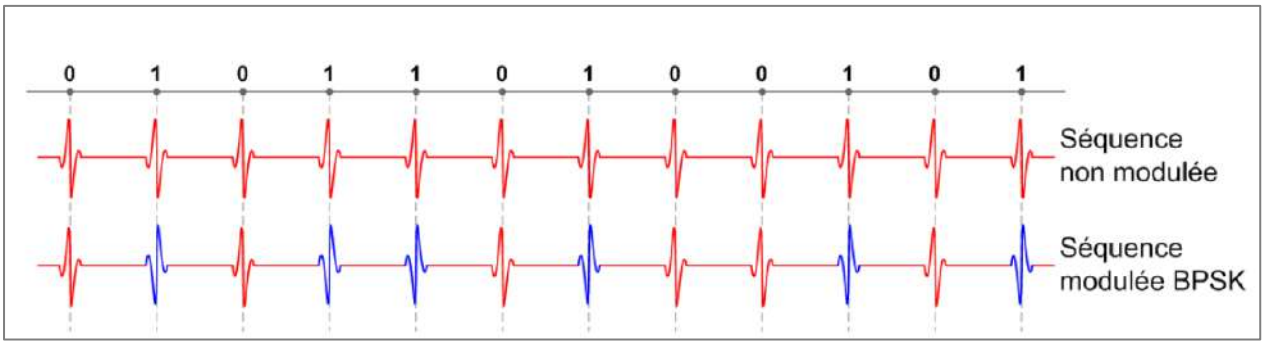


Figure I.12 : Exemple d'une séquence d'impulsions modulée en BPSK.

I.6.3 Modulation de position PPM :

La PPM est une modulation dans laquelle l'information est codée par la position temporelle de l'impulsion et non pas par son amplitude. Dès lors, toutes les impulsions transmises sont identiques comme l'illustre la Figure I.13. Cette modulation est à plusieurs états car plusieurs positions temporelles sont possibles pour l'impulsion.

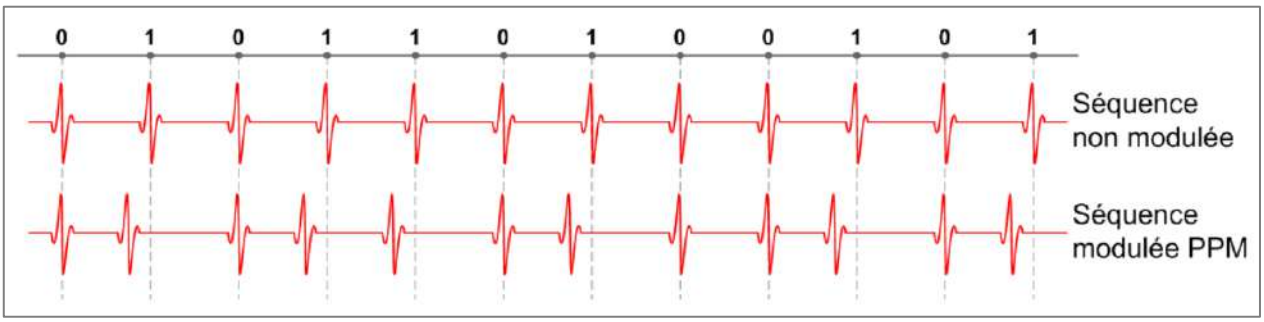


Figure I.13 : Exemple d'une séquence d'impulsions modulée en PPM.

L'expression mathématique d'une telle modulation est la suivante :

$$m(t) = \sum_{n \in Z} p(t - \delta b_n - jT_s) \qquad 1.5$$

Avec δ : L'indice de modulation.

b_n : La séquence des positions correspondant aux données à transmettre, $b_n \in N$.

T_s : Durée de symbole.

En termes de performance en démodulation, la PPM affiche les mêmes performances que la modulation OOK. Elle est donc sous-optimale par rapport à une modulation BPSK [12].

I.7 Techniques d'accès multiples :

L'UWB impulsionnelle permet la mise en œuvre de techniques d'accès multiples afin d'augmenter la robustesse du lien de communication et permettre ainsi l'accès à un même médium pour plusieurs utilisateurs. Les techniques « Multi-Band » (MB-UWB) et « Direct Sequence » (DS-UWB) sont les deux techniques les plus couramment utilisées, comme mentionné dans la section I.4.

I.7.1 La technique MB-UWB:

La technique (MB-OFDM), *Multi-Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing* ou multiplexage de fréquence orthogonale multi-bande, est proposée comme une norme pour la couche physique de réseau personnel sans fil, WPAN.

Cette approche a été supportée par un groupe de compagnies internationales, *Texas In-struments, Intel* et *Time Domain corporation and an alliance* (appelée MBOA et puis WiMedia) a été réalisé afin de soutenir la solution basée sur l'OFDM multi-bande pour les systèmes UWB.

Le projet proposé divise le spectre disponible de l'UWB en plusieurs sous-bandes non-recouvertes, de largeur de bande de 528 MHz chacune. Cette approche est semblable à la technique de saut de fréquence *frequency-hopping* (FH) à bande étroite.

La division du spectre UWB en bandes de fréquence multiples offre l'avantage d'éviter la transmission au-dessus de certaines bandes, telles que 802.11 à 5 GHz, et pour empêcher le bruit le plus possible.

Suivant les indications en figure I.14, cinq groupes de bande sont définis dans la bande de fréquence de 3.1 à 10.6 GHz. Deux modes d'exécution sont actuellement considérés : Le premier mode sert dans les sous-bandes 1 à 3, alors que le deuxième mode utilise les sous-bandes 1 à 3 et 6 à 9.

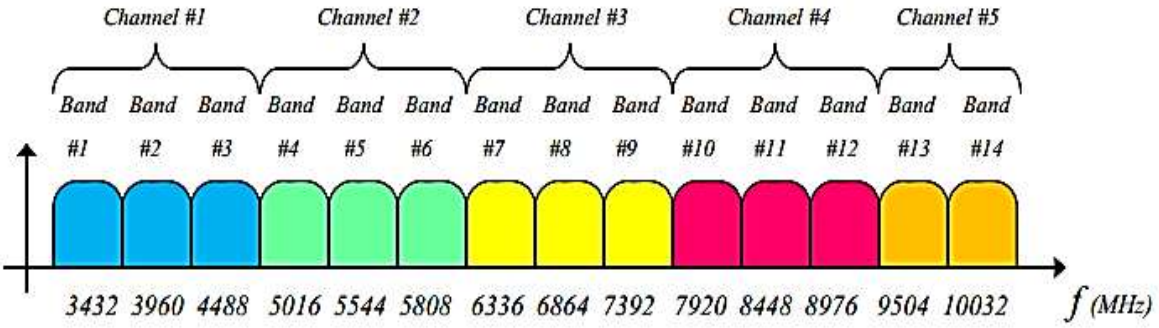


Figure I.14 : Le spectre OFDM Multi-bande.

Dans chaque sous-bande, l'information est transmise en utilisant la modulation OFDM codée conventionnellement avec la méthode du saut de fréquence (FH). Une fréquence porteuse différente, correspond à une des trois bandes adjacentes.

L'intérêt des approches multi-bandes est double. D'une part, elles permettent à chaque utilisateur de bénéficier une indépendance en fréquence liée à une bande bien plus large. D'autre part, elles offrent plus de souplesse pour la gestion du spectre radio. Il est en effet possible par exemple, d'interdire une bande de fréquences pour ne pas brouiller un système bande étroite qui l'occupe.

Dans le cas de la solution WiMedia, il est également possible de n'interdire que quelques sous-porteuses. Cette souplesse est d'autant plus avantageuse que la réglementation n'est pas uniforme dans tous les pays et continents.

Le signal OFDM est robuste face à la sélectivité du canal, et en réception, il permet une récupération efficace de l'énergie contrairement à des solutions nécessitant un récepteur type Rake dont le nombre de doigts sera limité pour des raisons de complexité. D'autre part, c'est la seule technique de communication UWB qui bénéficie actuellement d'une norme internationale, la norme ECMA-368, disponible depuis fin 2005. De plus, l'utilisation de cette technique est envisagée pour les versions sans fils des normes telles que l'USB sans fil ou encore l'IEEE 1394. [13]

I.7.2 La technique DS-UWB :

L'approche DS-CDMA pour l'UWB, plus communément nommée DS-UWB, a été introduite par la firme américaine *XtremeSpectrum Inc*. Appartenant à présent à *Freescale Semiconductor*, filiale de Motorola. Ils ont par la suite formé le forum UWB, constitué de différents partenaires industriels et académiques dont le but était de soutenir cette nouvelle approche au sein du groupe de travail IEEE 802.15.3a.

La solution DS-UWB consiste à utiliser simultanément toute la bande de fréquences disponible, l'accès multiple au sein d'un réseau de petite dimension appelé *piconet* étant assuré par l'utilisation de codes d'étalement orthogonaux propres à chaque utilisateur, d'où le terme CDMA.

En réalité, le spectre a été divisé en deux bandes de fréquences distinctes : une bande de largeur égale à 1.75 GHz comprise entre 3.1 et 4.85 GHz, et une bande haute de largeur de 3.5 GHz, entre 6.2 et 9.7 GHz. La bande U-NII a été laissée libre de toute émission de signaux UWB. Afin d'occuper efficacement ces larges bandes de fréquences, les signaux émis sont de type impulsionnels et non sinusoïdaux comme dans les systèmes DS-CDMA classiques.

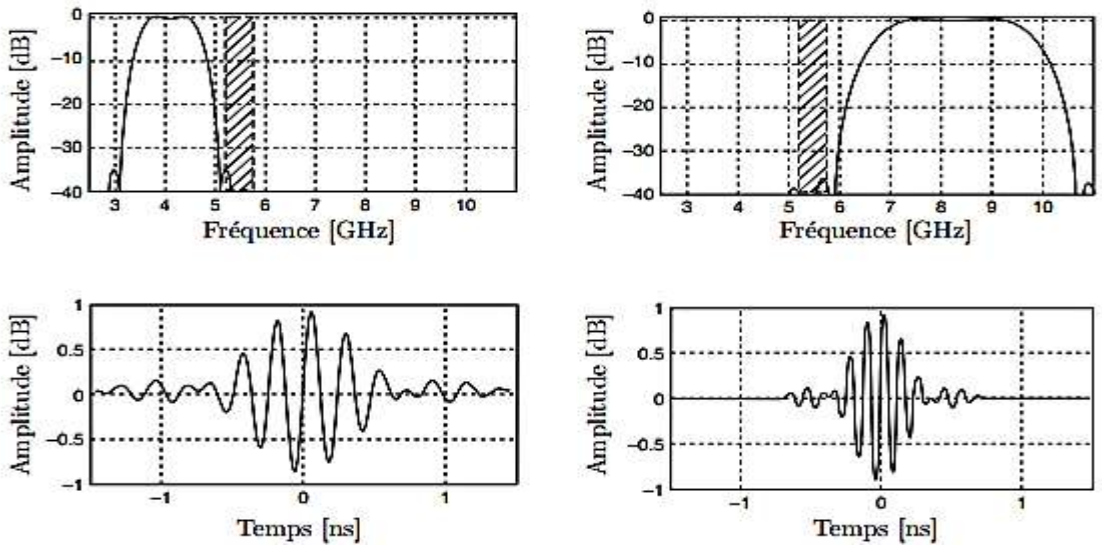


Figure I.15 : Spectres et formes d'onde des impulsions sur les bandes basse et haute Pour la solution DS-UWB.

La figure I.15 représente le contenu spectral ainsi que la forme temporelle des signaux émis sur les bandes, basse et haute. Pour faciliter l'implémentation des architectures, dans un premier temps seule la bande basse est obligatoire, la bande haute étant quant à elle optionnelle.

Dans la proposition initiale effectuée en mars 2003, les codes ternaires sont tous de longueur égale à 24. Parmi les 3^{24} codes possibles, 4 familles de M/2 codes quasi-orthogonaux sont créées et utilisées conjointement avec une modulation BPSK pour former une modulation dite M –BOK *(M -ary Bi-Orthogonal Keying)* à M états. Des valeurs de M entre 2 et 16 ont été envisagées, associées à des codes convolutifs ou des codes de *Reed Solomon* offrant la possibilité d'atteindre des débits de 28.5 à 400 Mbit/s dans la bande basse.

La solution a ensuite évolué vers plus de simplicité avec une nouvelle proposition faite en mars 2004. Les systèmes DS-UWB utilisent exclusivement une modulation BPSK et, de façon optionnelle, une modulation 4-BOK [(3)] pour assurer une transmission plus robuste. La longueur des codes ternaires utilisés est à présent variable et comprise entre 1 et 24 chips. Le rendement du codage convolutif associé étant par ailleurs 1/2, 3/4 ou 1, ce dernier symbolisant l'absence de codage. Les débits résultants accessibles s'étendent de 28 Mbit/s à 1320 Mbit/s, Tableau I.5 [14].

Débits [Mbit/s]	Rendement du code correcteur d'erreur[(a)]	Modulation	Longueur du code d'étalement	Rythme symbole [Msymb/s]
28	$\frac{1}{2}$	BPSK	24	55
55	$\frac{1}{2}$	BPSK	12	110
110	$\frac{1}{2}$	BPSK/4-BOK	6/12	220/110
220	$\frac{1}{2}$	BPSK/4-BOK	3/6	440/220
500	$\frac{3}{4}$	BPSK/4-BOK	2/4	660/330
660	1	BPSK/4-BOK	2/4	676/338
1000	$\frac{3}{4}$	BPSK/4-BOK	1/2	1320/660
1320	1	BPSK/4-BOK	1/2	1320/660

[(a)] Codeur convolutif de longueur de contrainte k = 6.

Tableau I.5 : Débits proposés pour la solution DS-CDMA utilisant une modulation BPSK ou 4-BOK dans la bande basse.

[(3)] La mise en œuvre de la modulation 4-BOK se fait en divisant le flux de données binaires en blocs de 2 bits. Chaque bloc de 2 bits est ensuite codé à l'aide d'un des 4 codes ternaires C disponibles (C = −C2, −C1, C1, C2).

I.8 UWB comparé à la technologie sans fil courante :

La technologie sans fil courante n'a pas encore pu satisfaire la demande de la puissance faible à grande vitesse, et à courte portée. UWB a le potentiel de satisfaire et surpasser ces demandes. Quand l'UWB est comparé à la technologie sans fil courante, il est plus facile de voir combien elle est efficace.

Wi-Fi

La technologie Wi-Fi est actuellement disponible aujourd'hui sur le marché et se conforme aux normes IEEE 802.11a/b/g. Ces normes ont été conçues pour l'usage dans des infrastructures telles que l'environnement familial de bureau, ou fournissant l'accès d'Internet et de réseau sans fil dans tout un bâtiment.

L'UWB est sensé transmettre au-dessous de distances plus courtes, avec des débits binaires plus élevés. La différence dans la distance et le débit peut être considéré sur la figure I.16.

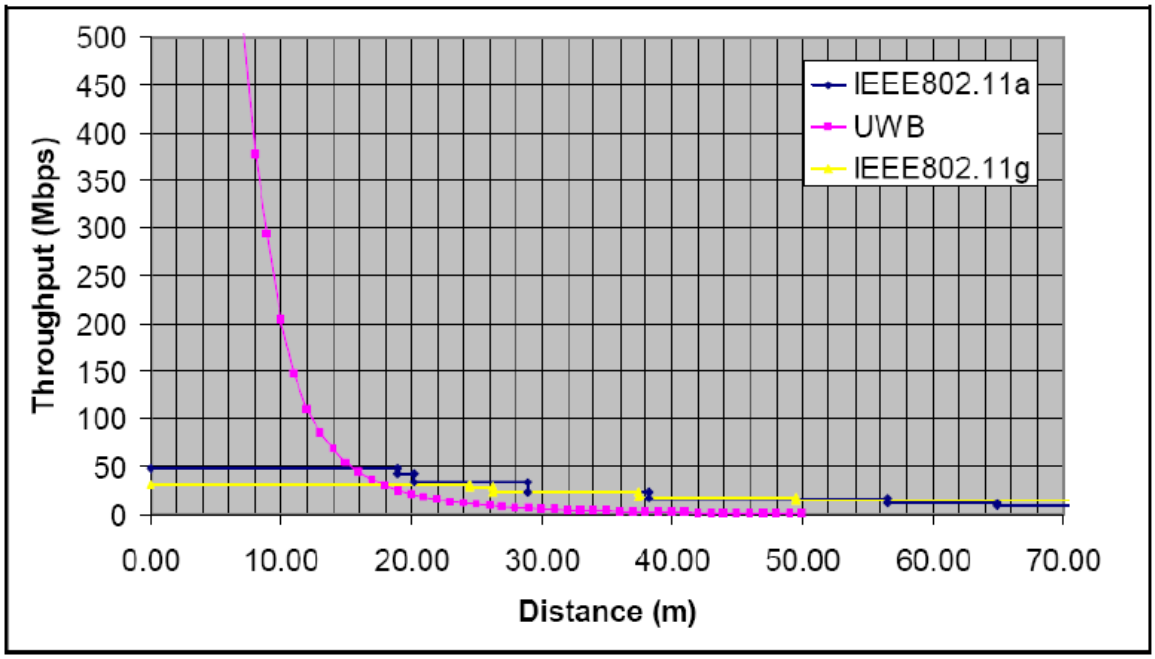


Figure I.16 : Débit binaire de l'UWB comparé avec des standards Wi-Fi.

Le Wi-Fi fonctionne bien une fois utilisé pour transférer des données, mais n'a pas été conçu pour la haute définition couvrant l'audio et la vidéo. Le Wi- fi 802.11b/g fonctionne dans la bande (ISM) industrielle, scientifique et médicale de 2.4 GHz, alors que le 802.11a fonctionne dans une bande de 5 GHz. Ces normes sont également connues pour consommer la puissance approximativement 200 fois plus grande (environ 100 mW) que les normes de l'UWB (environ 0.5 mW).

Cette consommation de puissance élevée faite aux normes Wi- fi, moins d'idée pour de plus petits dispositifs portatifs exigeant de grands débits.

L'UWB et le Wi-Fi sont conçus pour différents usages. Le Wi-Fi est conçu pour fournir à des vastes zones, l'accès multiple d'utilisateur pour des applications basées sur Ethernet, et il peut être configuré pour l'usage point par point, mais il n'est pas optimal. En attendant, l'UWB est idéal pour transmettre des données point par point, telles que l'audio et la vidéo. On projette que l'IEEE 802.11a/b/g/n soutiendra des dispositifs UWB.

Bluetooth

La technologie sans fil Bluetooth a été créée comme manière de remplacer beaucoup de câbles communs. Quelques exemples des demandes de Bluetooth sont les souris sans fil, les claviers, les casques mains libres, les PDAs, et divers autres.

Le Bluetooth utilise la modulation GFSK (*Gaussian frequency shift keying*) avec une déviation de fréquence maximale de 140 à 175 kHz. Il utilise également la méthode de saut de fréquence à étalement de spectre (FHSS) à 1600 sauts/sec entre 79 canaux (chacun des canaux séparé par 1 MHz). Il y a trois classes de transmission de Bluetooth, où que la plus basse classe transmet à une puissance maximale de 1mW (0 dB) avec une gamme typique de 1m, alors que la classe commerciale typique transmet à 2.5mW (10dB) avec une gamme typique de 10m.

Le débit maximum de bande de base est 1 Mb/s pour Bluetooth v1.2. Le Bluetooth v2.0 soutient les mêmes classes de transmission mais avec une plus grande transmission de débit, 3 Mb/s. Toutes ces caractéristiques ont été fixées pour fournir la transmission sans fil dans la majorité de dispositifs portatifs qui n'exigent pas les transmissions élevées de débit. Une fois comparé à l'UWB, le Bluetooth v2.0 le plus rapide est environ 20 fois plus lent que la transmission UWB la plus lente. En plus, L'UWB emploie moins d'énergie.

Le Bluetooth fonctionne également dans la bande non autorisée et bruyante de 2.4 GHz (ISM), Ce canal bruyant diminue souvent les possibilités de la transmission de Bluetooth.

À l'avenir, il pourrait y avoir concurrence entre Bluetooth et dispositifs de technologie UWB. principalement, parce que le Bluetooth aura été autour de plus longtemps ainsi les prix de ces articles seront sensiblement inférieurs. On projette également que la plupart des compagnies mettront en application une combinaison des dispositifs d'UWB et de Bluetooth, L'une ou l'autre manière Bluetooth est ici resté jusqu'à ce que l'UWB se soit prouvé. [15]

I.9 Conclusion :

Ce premier chapitre nous a permis d'introduire la technologie UWB. Le bref historique a présenté l'UWB depuis son origine lorsqu'elle était utilisée dans les radars pour la localisation 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, sa vitesse de transmission et sa faible consommation de puissance, ont permis à la communauté scientifique et industrielle d'envisager un certain nombre d'applications attrayantes comme les réseaux WPAN à très haut débit, des applications domotiques, etc.

Nous avons présenté les différents types de modulations utilisées pour la transmission du signal UWB, comme OOK, PPM et BPSK, et que nous utiliseront en suite dans la simulation.

Nous avons présenté aussi l'activité des deux groupes de travail qui ont été créés au sein de l'IEEE pour la mise en place de deux nouvelles normes utilisant la technologie UWB. Le premier groupe IEEE 802.15.3a spécialisé dans les applications de communications à haut débit avec deux solutions, DS-UWB et MB-OFDM, soutenues par deux ensembles d'industriels qui se sont opposées sans arriver à se départager. Dans le second groupe, est proposé pour le bas débit, et les applications de localisation, selon la norme IEEE 802.15.4a qui repose sur des techniques impulsionnelles.

Nous avons finalement présenté une brève comparaison entre la technologie UWB et les Technologies sans fil courantes, le Wi-Fi et le Bluetooth, l'avantage UWB est sans contexte.

Chapitre II

Simulation du système UWB à modulation OOK et PPM

II.1 Introduction

II.2 Présentation du simulateur

II.3 Simulation d'un transmetteur/récepteur UWB par modulation OOK

II.4 Simulation d'un transmetteur/récepteur UWB par modulation PPM

II.5 Conclusion

II.1 Introduction :

Dans ce chapitre on commence par la présentation du simulateur SystemVue, qu'il s'agit d'un environnement de système de communication en bande de base et en haute fréquence. Ensuite, on va détailler notre première partie de simulation du système transmetteur-récepteur UWB en utilisant la modulation OOK, puis la modulation PPM, avec la discussion de rôle et intérêt de chaque fonction du système.

II.2 Présentation du simulateur :

SystemVue 2006 fournit les moyens pour établir un modèle de simulation de système de type graphique. SystemVue 2006 utilise des blocs symboliques (modèles fonctionnels) pour représenter des processus de traitement et de mesure, et une base de temps pour représenter les caractéristiques d'échantillonnage de système. Des simulations de système complet ou de sous-système sont conçues dans la fenêtre de conception, où des blocs sont choisis parmi les diverses bibliothèques puis connectés entre eux.

La configuration des différents blocs se fait des boîtes de dialogue conviviales ou par entrée directe de valeurs dans les représentations graphiques d'icônes de circuit. L'utilisateur peut contrôler le temps de démarrage, le temps d'arrêt, le taux d'échantillonnage de système, les précisions temporelles et fréquentielle.

II.2.1 L'environnement de conception de SystemVue 2006 :

L'environnement de conception de SystemVue par défaut, comprend plusieurs éléments de développements.

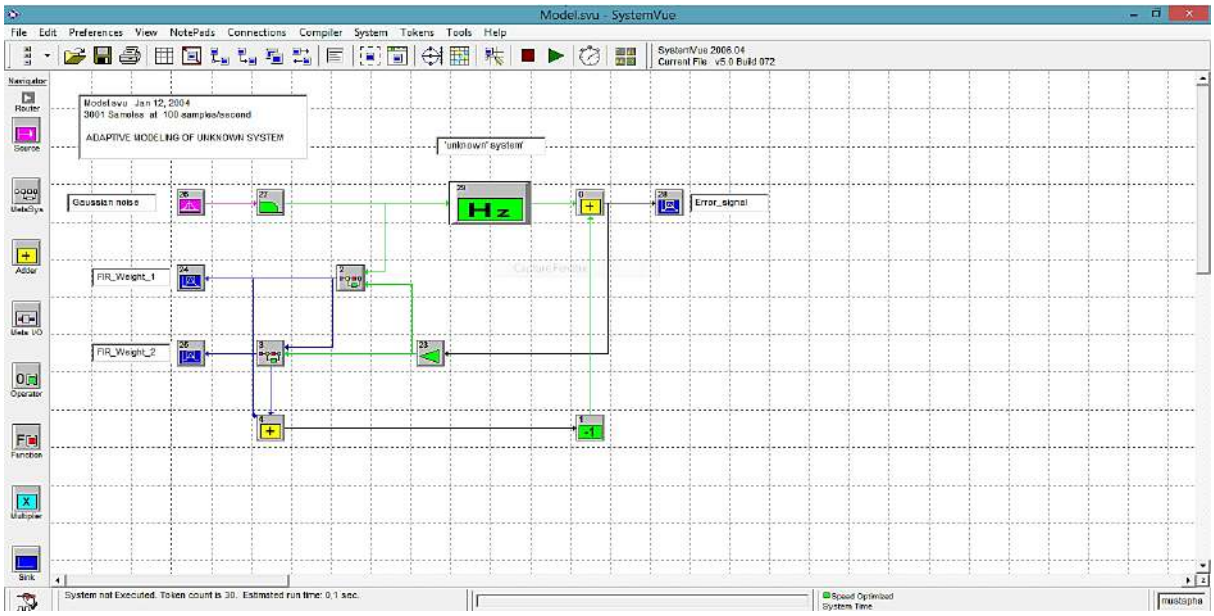


Figure II.1 : Fenêtre de SystemVue 2006.

2. Fenêtre de systèmes :

La fenêtre de systèmes, représentée sur la figure II.1, se compose d'une barre de menu, une barre d'outils, des barres de défilement horizontales et verticales, une région de conception, une zone de message, et un réservoir de bibliothèque.

2. Barre de menu :

La barre de menu affiche les fonctions et les commandes utilisés dans SystemVue : *File, Edit, View, Preferences, NotePads,Connections, Compiler, System, Tokens, Tools, et Help.*

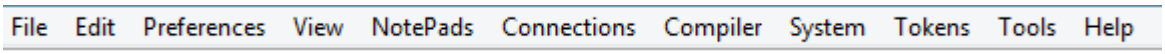


Figure II.2 : Barre de menu.

3. Barre d'outils :

La barre d'outils se compose des boutons comprenant lesquels exécuter les fonctions :

- Agissant sur des blocs ou des groupes de blocs dans la fenêtre de système,
- Commençant et arrêtant une simulation,
- Permettant d'accéder à la fenêtre d'analyse et à d'autres fonctions de service.



Figure II.3 : Barre d'outils.

4. Réservoir de bibliothèques :

Les blocs sont les modules utilisés dans toutes les simulations de SystemVue. Le réservoir sur l'aile gauche de la fenêtre affiche les blocs génériques représentant ceux disponibles.

 **Bouton de bibliothèques :** On clique sur ce bouton pour alterner entre les bibliothèques standard et optionnelles de SystemVue.

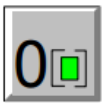


Bloc de sources : Ce bloc, représente une bibliothèque de source à sorties seulement, employé pour assurer des entrées de système, (y compris à partir des fichiers externes)

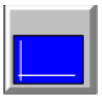


Bloc MetaSystems : Ce bloc permet d'ajouter la hiérarchie à une conception. il est employé pour importer un MetaSystem prédéfini dans le système actuel sous conception.

 **Bloc I/O de MetaSystem:** Ce bloc définit les noeuds d'entrée et de sortie dans un MetaSystem.

 **Bloc d'opérateurs :** Ce bloc représente une bibliothèque des opérateurs qui utilisent les données d'entrée comme argument pour l'exécution.

 **Bloc de fonctions :** Ce bloc représente une bibliothèque des fonctions qui utilisent les données d'entrée comme argument à la fonction.

 **Bloc de mesure :** Ce bloc représente une bibliothèque d'instruments rassemblent, affichent, analysent, et font sortir les données d'un système. Ce bloc a des entrées seulement.

5. Horloge système :

Le boutton  situé dans la barre d'outils, donne accés à l'horloge du système de simulation, repésentée dans la figure II.4.

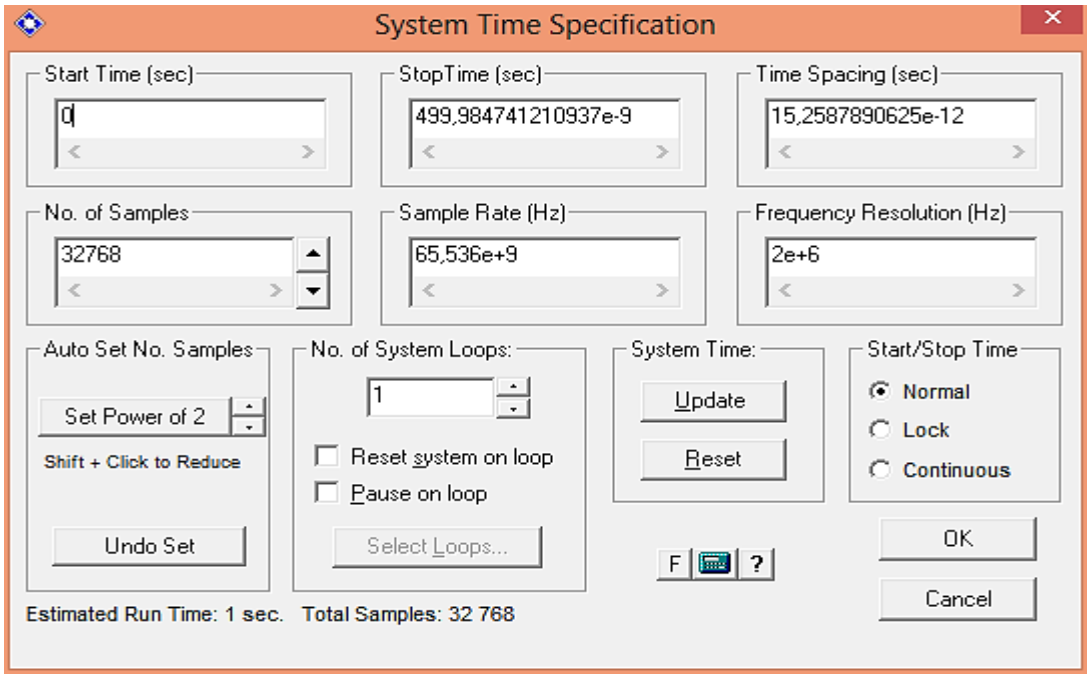


Figure II.4 : Horloge du système de simultion.

Elle permet les réglages de base pour l'analyse des flux de données (Temps arrêt / démarrage, taux d'échantillonnage et espacement temporel, nombre d'échantillons, nombre de boucles de système , et résolution fréquentielle).

II.2.2 Bibliothèque Ultra-Wideband (DS-UWB) :

Les bibliothèques du système de communication UWB sont entièrement integrées dans SystemVue.On peut construire des récepteurs et des émetteurs complets avec différent modèles de canal, en plaçant simplement des blocs spécifiques dans l'environnement de conception de SystemVue.

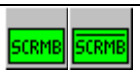
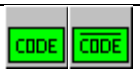
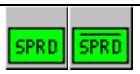
Blocs DS-UWB	Déscription
	Modèle de canal UWB
	Générateur de paquet
	Embrouilleur / Désembrouilleur (Scrambler / Descrambler)
	Entrelaceur / Désentrelaceur (Interleaver / Deinterleaver)
	Codeur/Décodeur convolutionnel
	Modulateur/Démodulateur QPSK
	Etaleur / désétaleur (Spreader/Despreader)

Tableau II.1 : déscription des blocs de la bibliothèque DS-UWB.

II.3 Simulation d'un transmetteur/récepteur UWB par modulation OOK (On/Off keying) :

Dans cette première partie de simulation on va exploiter la transmission UWB en utilisant la modulation On/Off keying OOK qui base sur la présence ou l'absence d'énergie. La figure II.5 représente le schéma synoptique du modèle.

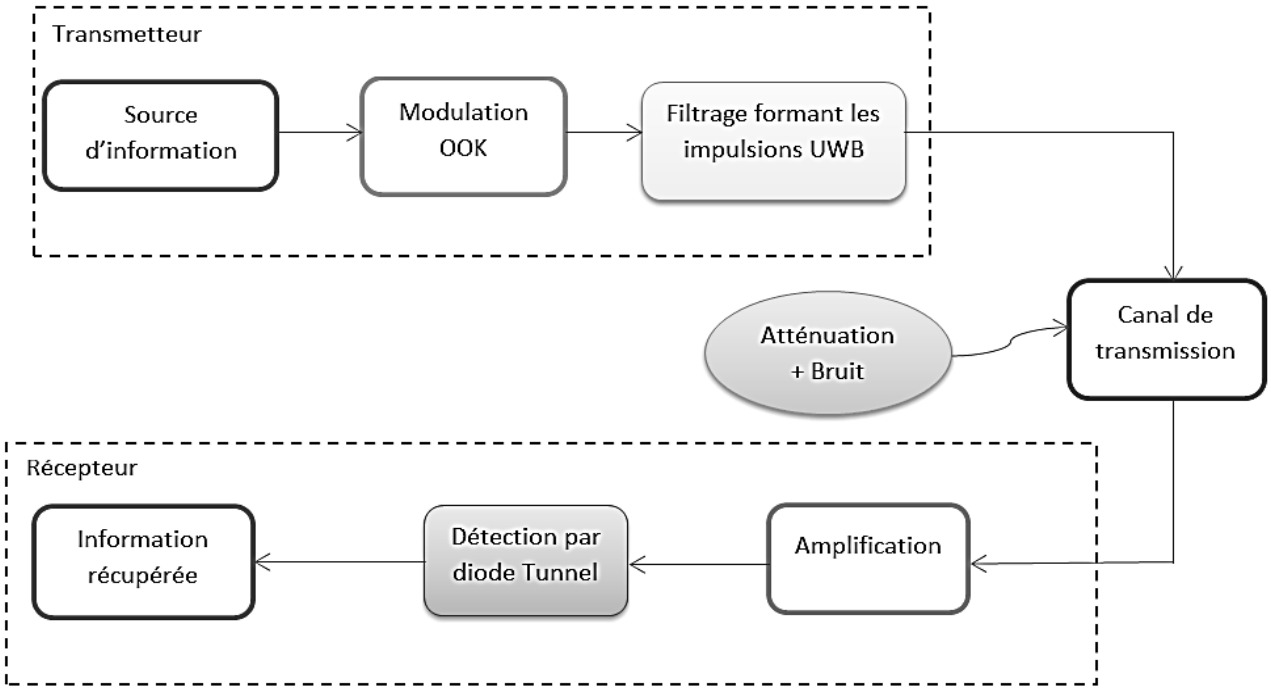


Figure II.5 : Schéma synoptique du modèle de simulation du transmetteur/récepteur UWB_OOK.

II.3.1 Transmetteur:

Le système UWB sur la figure II.6 utilise la modulation OOK pour moduler l'information transmise. Juste avant le canal de transmission, un jet continu de très courtes impulsions unipolaires est généré. Les impulsions ont une durée de 80.10^{-12} s et se répètent à un taux de 40 MHz. Les impulsions sont gardées ou enlevées en multipliant le jet d'impulsion par +1 ou 0 volt. Un mode de contrôle permet de désactiver la source PN (*pseudonoise*) qui simule l'information transmise et envoie les impulsions en mode continu pour essai. Ce mode est réalisé par le bloc *Switch*, figure II.6.

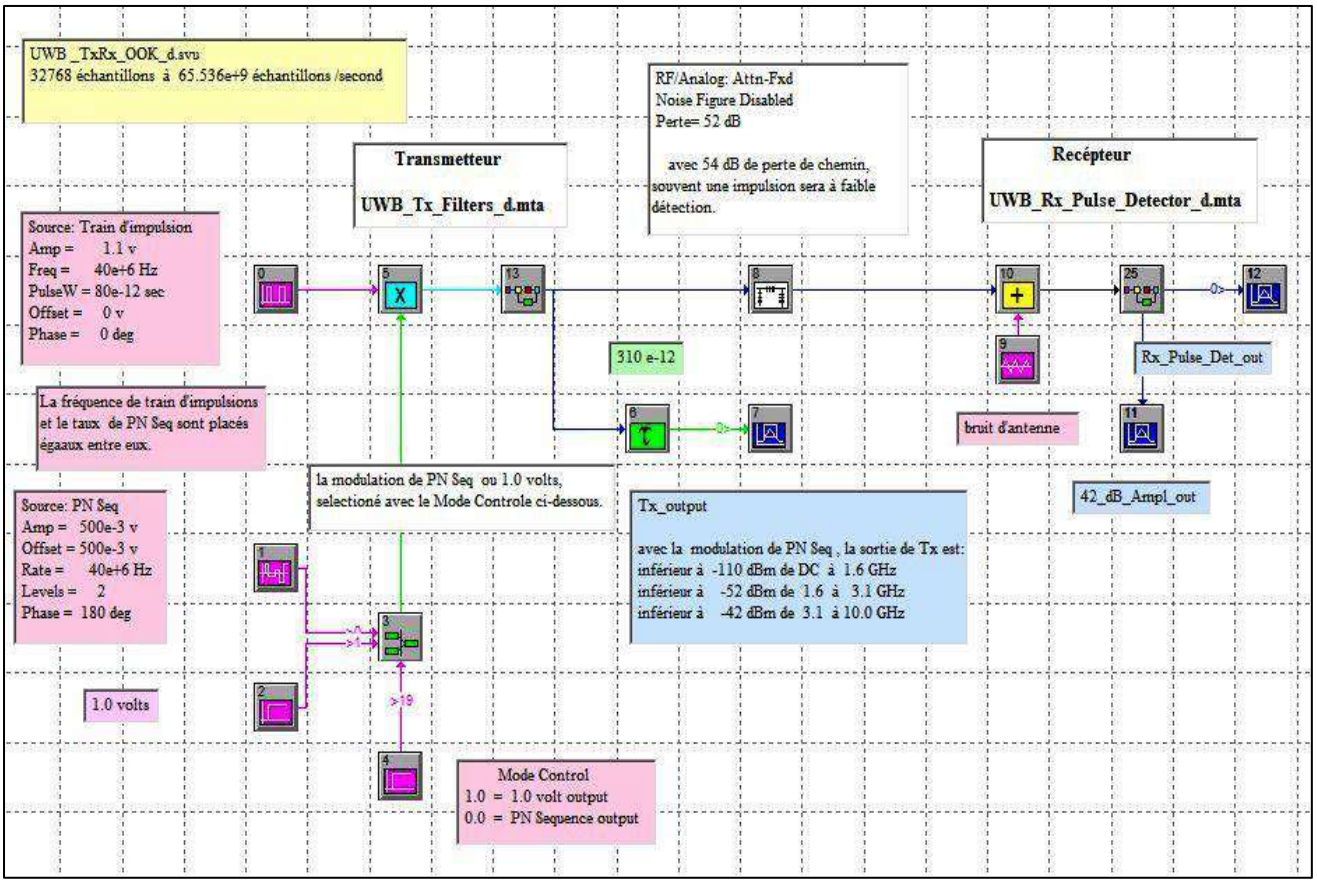


Figure II.6 : UWB avec les MetaSystems contenant les filtres de formation d'impulsion, les pertes de chemin, et le récepteur.

Les impulsions unipolaires de 0.0 à +1.1 volts sont appliquées à un MetaSystem, figure II.6, qui est un bloc de filtre contenant les composants passifs, figure II.7. Dans ce MetaSystem, le jet d'impulsion est coupé en deux chemins en utilisant un diviseur bidirectionnel de 180 degrés. Chacun des chemins a un filtre passe-bas; cependant le chemin inférieur a également un retard de 71 e^{-12} s.

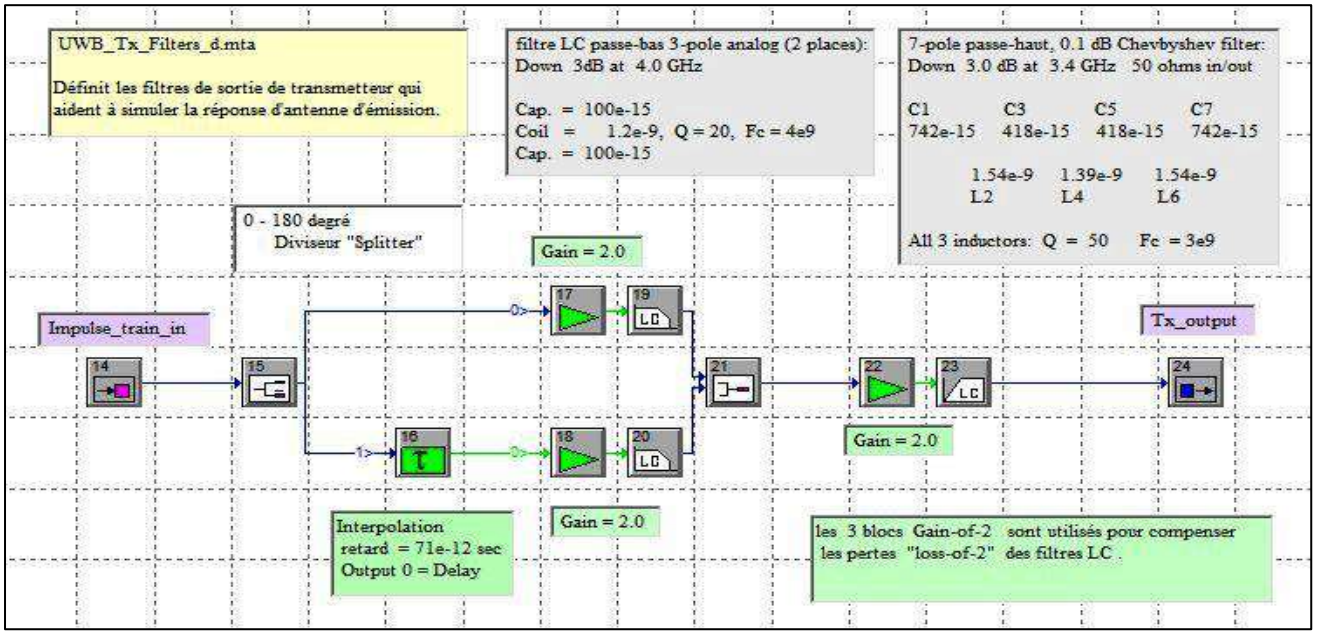


Figure II.7 : Vue à l'intérieur du MetaSystem contenant les filtres formant l'impulsion monocycle.

La figure II.8 montre un recouvrement à la sortie de chacun des deux filtres passe-bas de 4.0 GHz, une impulsion allant positivement, et une impulsion retardée allant négativement. Les chemins supérieurs et inférieurs sont alors combinés en utilisant un combinateur bidirectionnel de 0-degrés, ce qui produit l'impulsion monocycle, figure II.9.

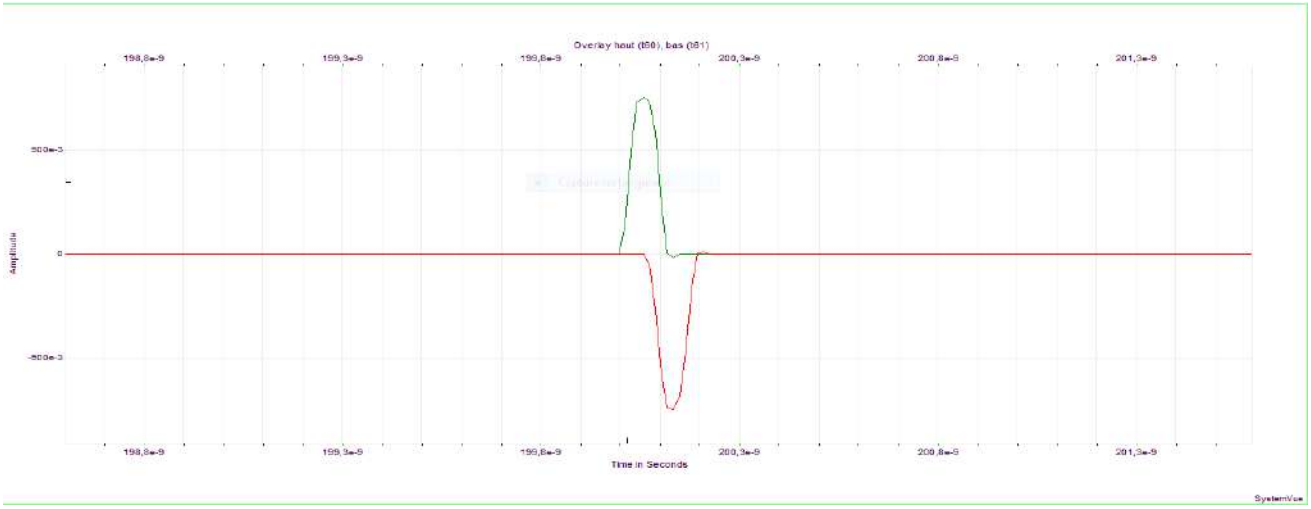


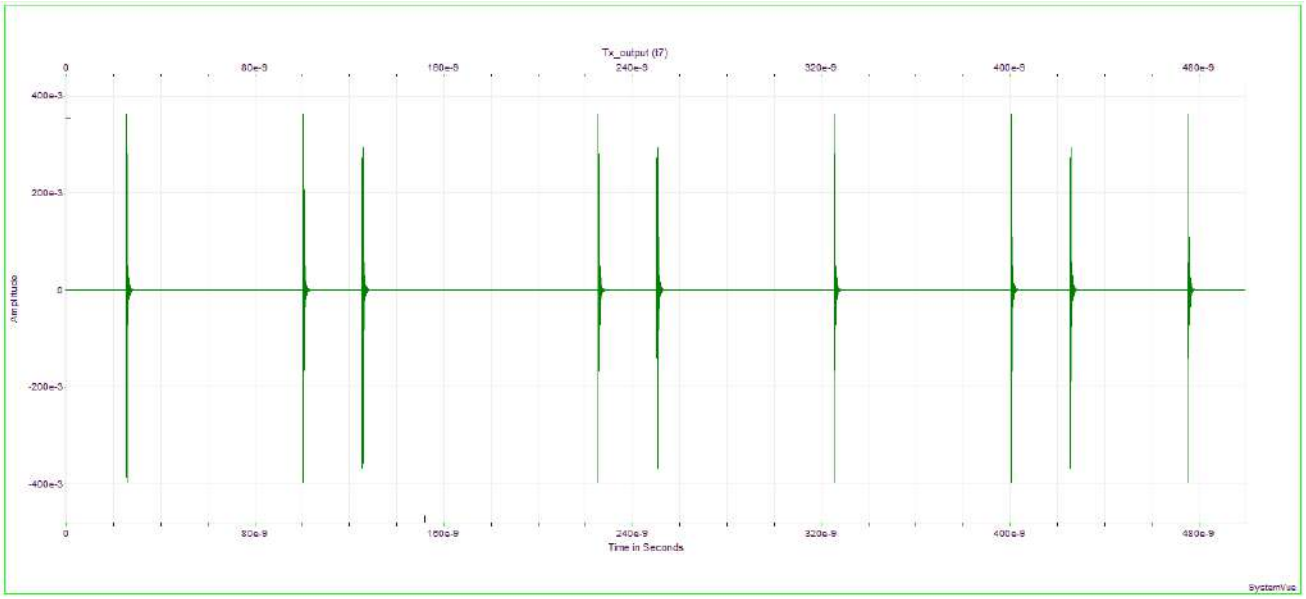
Figure II.8 : Symétrie des 2 impulsions sortantes depuis les 2 filtres LC.

A la sortie du transmetteur, figure II.7, il y a un filtre passe-haut à 7 pôles. Quand l'impulsion monocycle figure II.9 passe par le filtre passe-haut, le résultat est une onde sinusoïdale de 2 cycles atténuée par 5.5 GHz représentée sur la figure II.10(b).

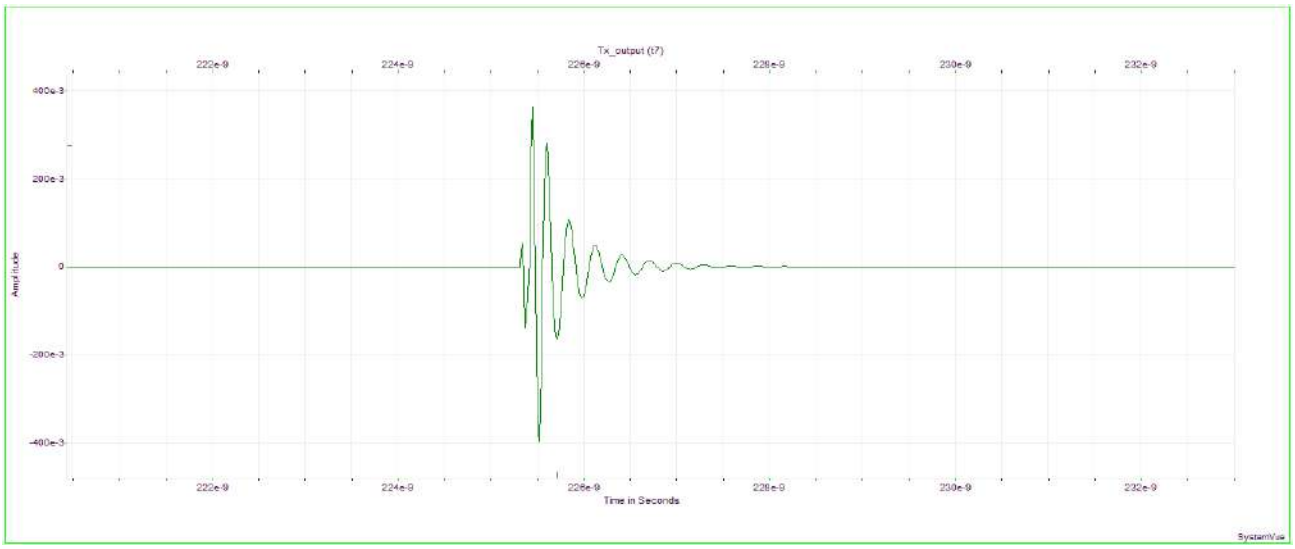
Chacun des filtres-LC passe-bas est précédé par un bloc de *gain (*×2) pour compenser la perte inhérente provoquée par les résistances d'entrée-sortie de 50 ohms dans le bloc de filtre.



Figure II.9 : l'impulsion monocycle recouvrée par le combineur.



(a)



(b)

Figure II.10: (a) signal capturé à la sortie du transmetteur ; (b) zoom d'une impulsion du signal (a).

II.3.2 Pertes de Cheminement (*path loss*) et bruit d'antenne :

Le signal à la sortie du transmetteur passe par des Pertes de Cheminement de 52dB qui simule le canal de transmission. Un certain bruit d'antenne est ajouté au signal avant qu'il rentre dans le récepteur « MetaSystem », Ce traitement est assuré par le bloc « Attenuator-Fixed » de la bibliothèque « RF/Analog ».

II.3.3 Récepteur :

Le récepteur du système UWB_OOK, Figure II.11, se compose d'un filtre et d'un amplificateur, suivis d'un détecteur d'enveloppe à diode tunnel et un circuit commutateur.

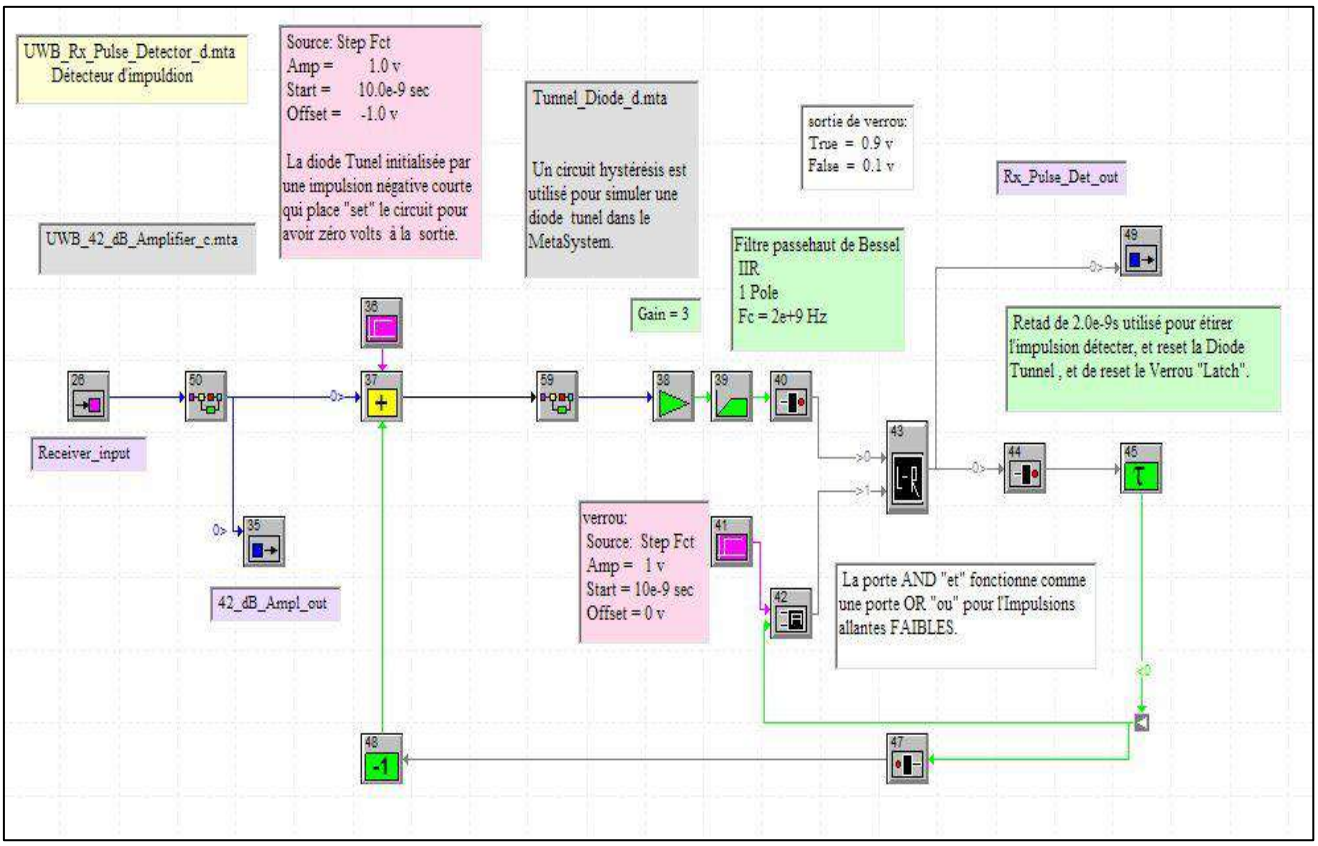


Figure II.11 : Le MetaSystem contenant les filtres du récepteur, Amplificateurs, et détecteur d'enveloppe à diode tunnel.

Le filtre d'entrée du récepteur, figure II.12, est une conception passe-bande de Butterworth à 3 pôles avec atténuation de -3 dB sur les points 1.6 GHz et 7.0 GHz.

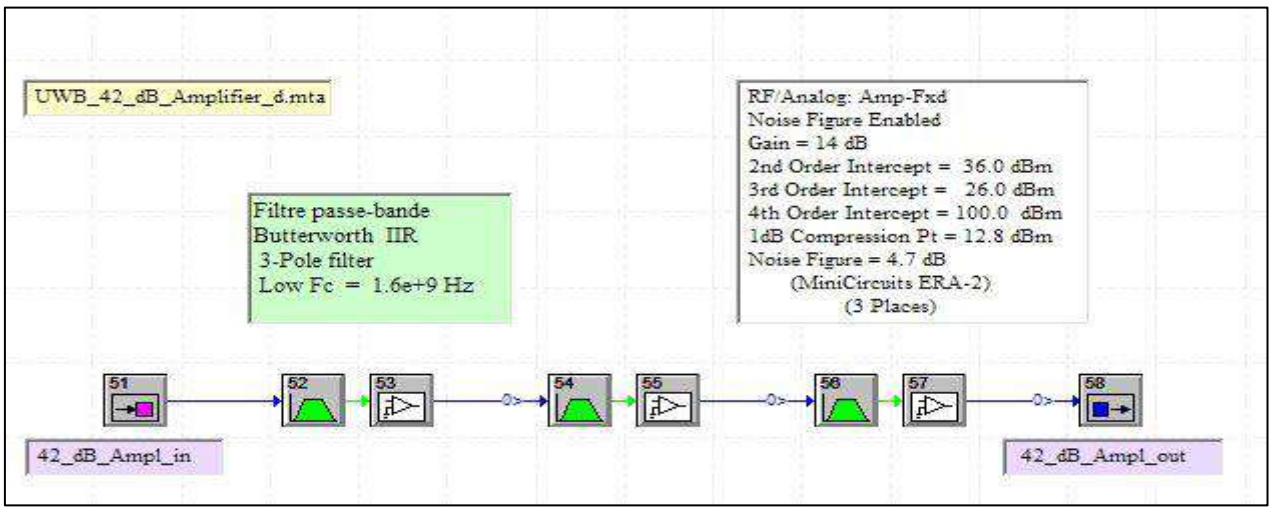


Figure II.12 : Les filtres et les amplificateurs d'extrémité du récepteur UWB.

Un amplificateur RF suit Le filtre avec un gain de 14 dB, d'autres paramètres de l'amplificateur sont utilisés pour tenir compte de sa non-linéarité et figure de bruit.

La combinaison du filtre passe-bande *Butterworth* à 3 poles et l'amplificateur à 14dB, est répétée deux fois, ayant pour résultat un gain total de 42dB. Sachant que les trois amplificateurs sont non-inverseurs, la propagation de l'impulsion à travers les trois filtres tend à inverser la forme d'onde de l'impulsion. L'impulsion amplifiée du récepteur traverse un additionneur avant d'entrer dans un MetaSystem qui simule un détecteur d'enveloppe à diode tunnel.

Simulation du détecteur d'enveloppe à diode tunnel

Une diode tunnel est assimilée à une diode conventionnelle sauf que près du point d'ouverture « *turn-on* », la diode tunnel a une région de résistance négative, où le courant diminue à fur et à mesure que la tension augmente. Cette résistance négative a comme conséquence un temps très rapide de commutation. La résistance négative est modélisée par l'utilisation d'un Amp-op hystérésis en parallèle avec une diode de germanium, figure II.13.

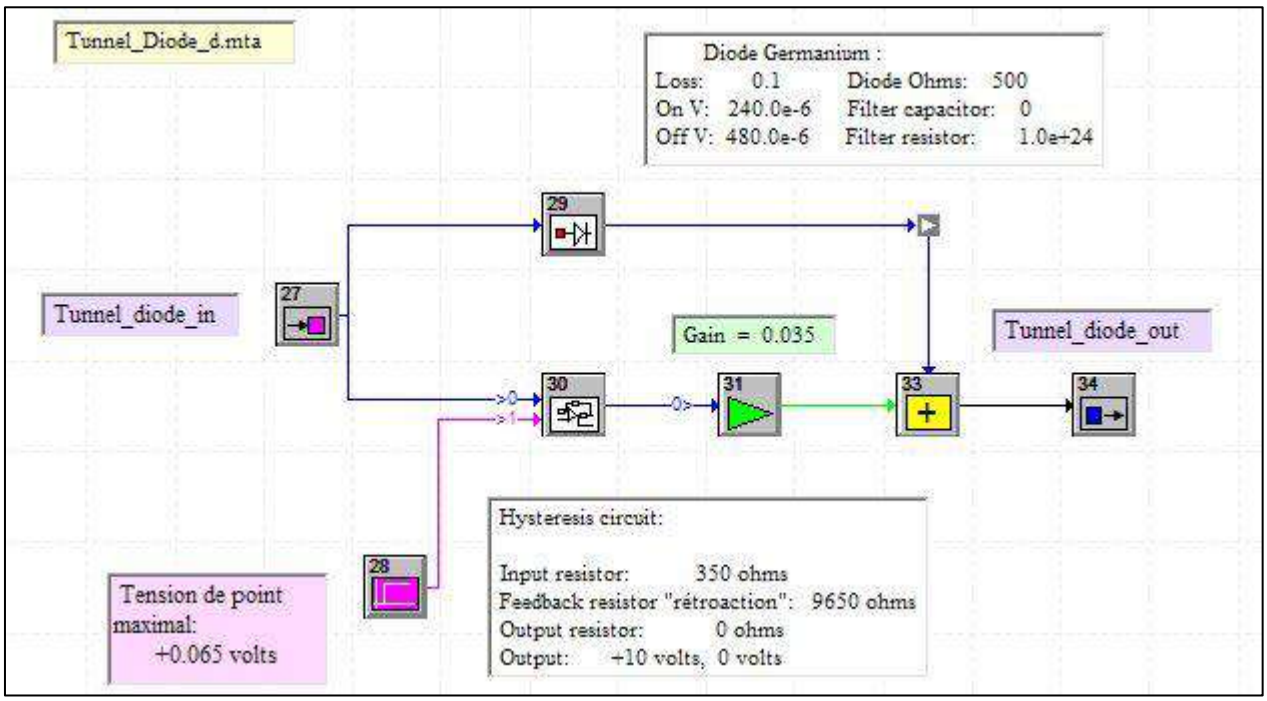


Figure II.13 : MetaSystem contenant le détecteur d'enveloppe à diode tunnel.

L'impulsion à la sortie de la diode tunnel est amplifiée, filtrée passe-haut, et envoyée au commutateur *Set/Reset*. Toute fois lors le commutateur est placé sur '*Set*' il y a un bref retard avant qu'une impulsion de remise à zéro assure la commutation '*Reset*', qui remet à zéro la diode tunnel. On va donc récupérer l'information telle qu'elle a été transmise, la figure II.14 montre le signal des impulsions détectées après amplification et filtrage.

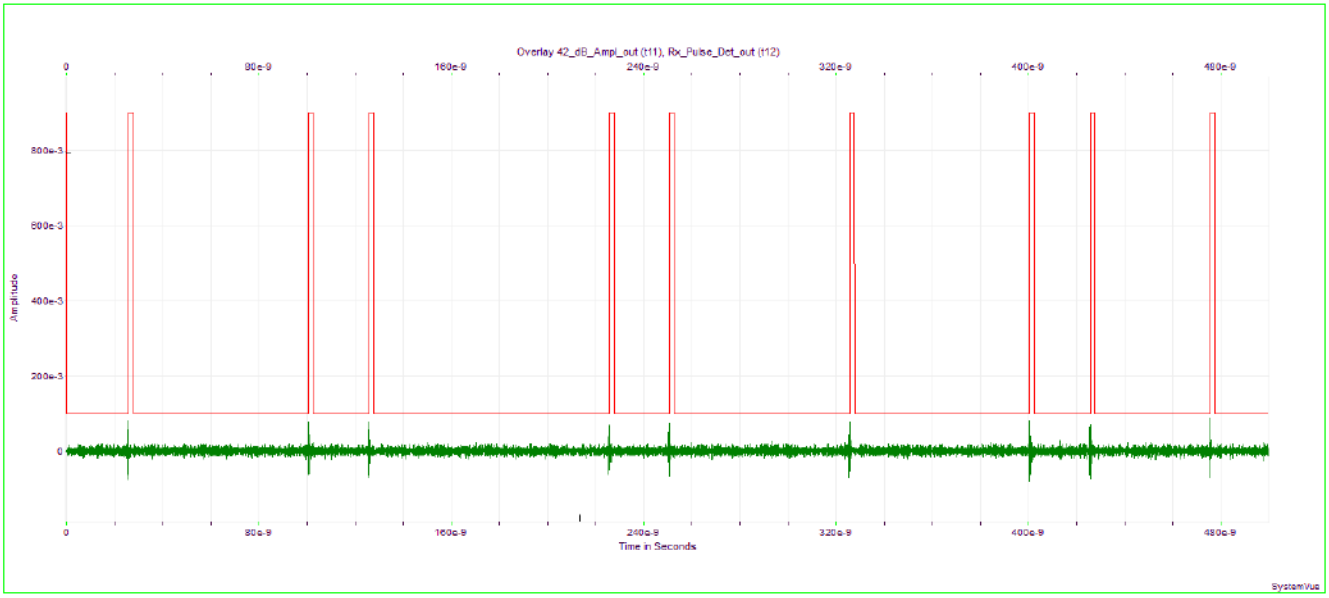
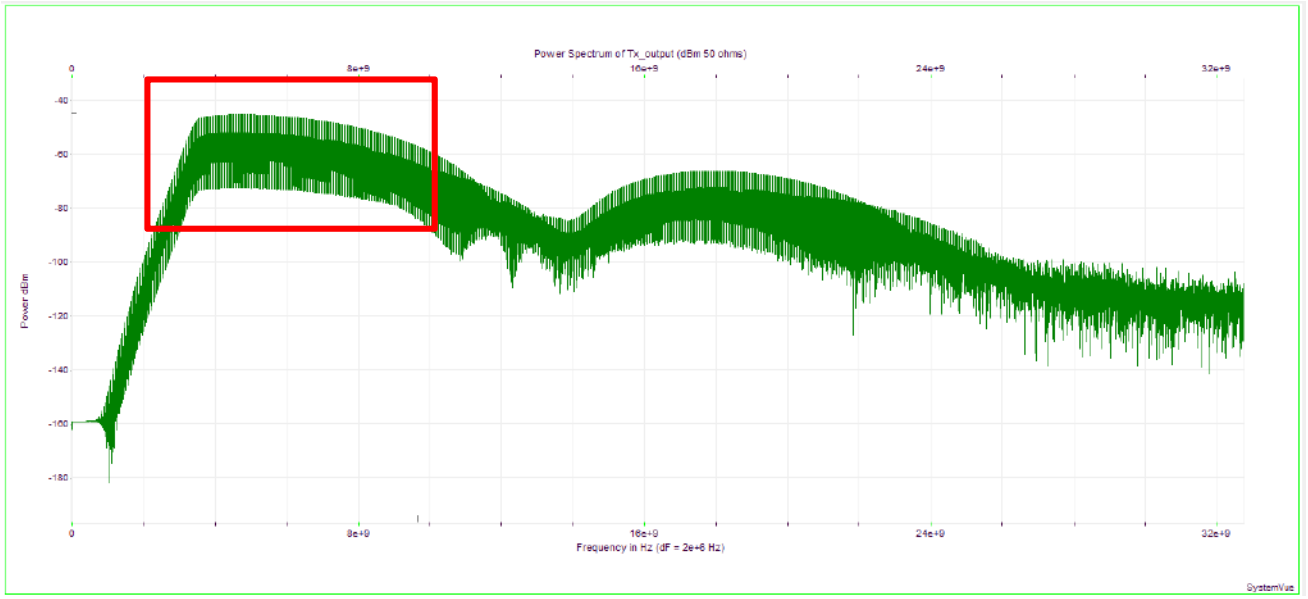


Figure II.14 : signal à la sortie d'amplificateur (en vert) avec signal à la sortie de récepteur (en rouge)



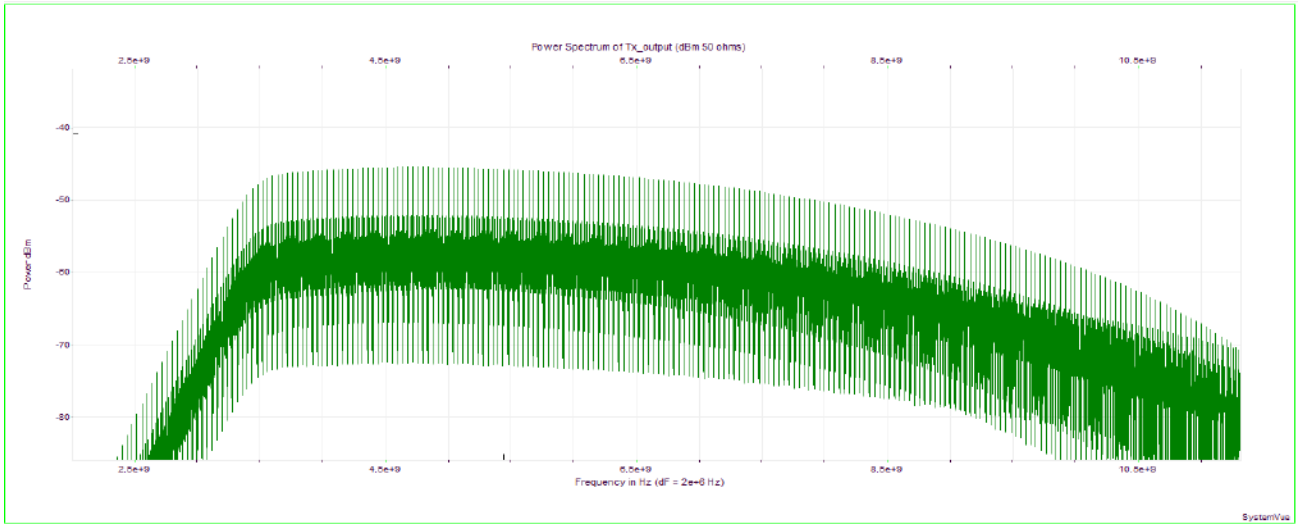


Figure II.15 : spectre de puissance du signal transmis.

II.4 Simulation d'un transmetteur/récepteur UWB par modulation PPM (Pulse Position Modulation):

La simulation du système UWB par l'utilisation de modulation PPM présente presque les mêmes étapes de simulation par modulation OOK, sauf qu'à la réception, les impulsions sont détectées après avoir démodulées en utilisant deux MetaSystem distincts, figure II.16.

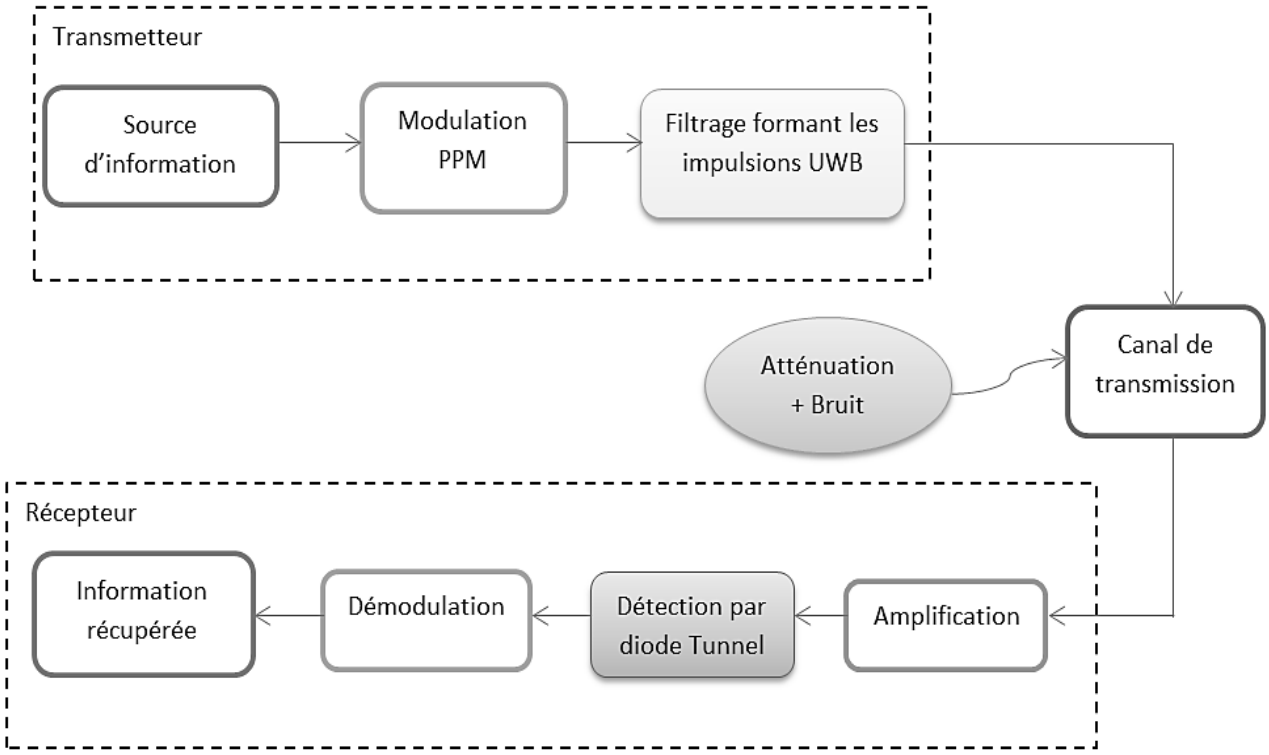


Figure II.16 : Schéma synoptique du modèle de simulation de Tx/Rx UWB_PPM.

II.4.1 Transmetteur :

Le système UWB sur la figure II.17 utilise la modulation d'impulsions en position (PPM) pour transmettre l'information. Le transmetteur est composé de deux blocs MetaSystem, le premier est le modulateur, le deuxième est un bloc des filtres formant l'impulsion UWB.

L'horloge pour le modulateur, figure II.18, est un train d'impulsion rectangulaire de 40 MHz (25.0 10^{-9} sec entre les fronts montants). La sortie du modulateur est une impulsion très courte (de durée $0{,}250.10^{-9}$ sec) qui se produit de temps à autre après le front montant de l'horloge à 40 MHz. L'information d'entrée analogique du modulateur est de -4.0 à +4.0 volts.

Avec une entrée de -4.0 volts, l'impulsion de sortie se produit environ $0{,}5.10^{-9}$ sec après le front montant de l'horloge à 40 MHz, et avec +4.0 volts l'impulsion de sortie se produit environ 12.10^{-9} sec après le front montant. Et quand les données d'entrée sont à 0.0 volt, l'impulsion monocycle se produit près du milieu de la moitié positive du rythme de transmission.

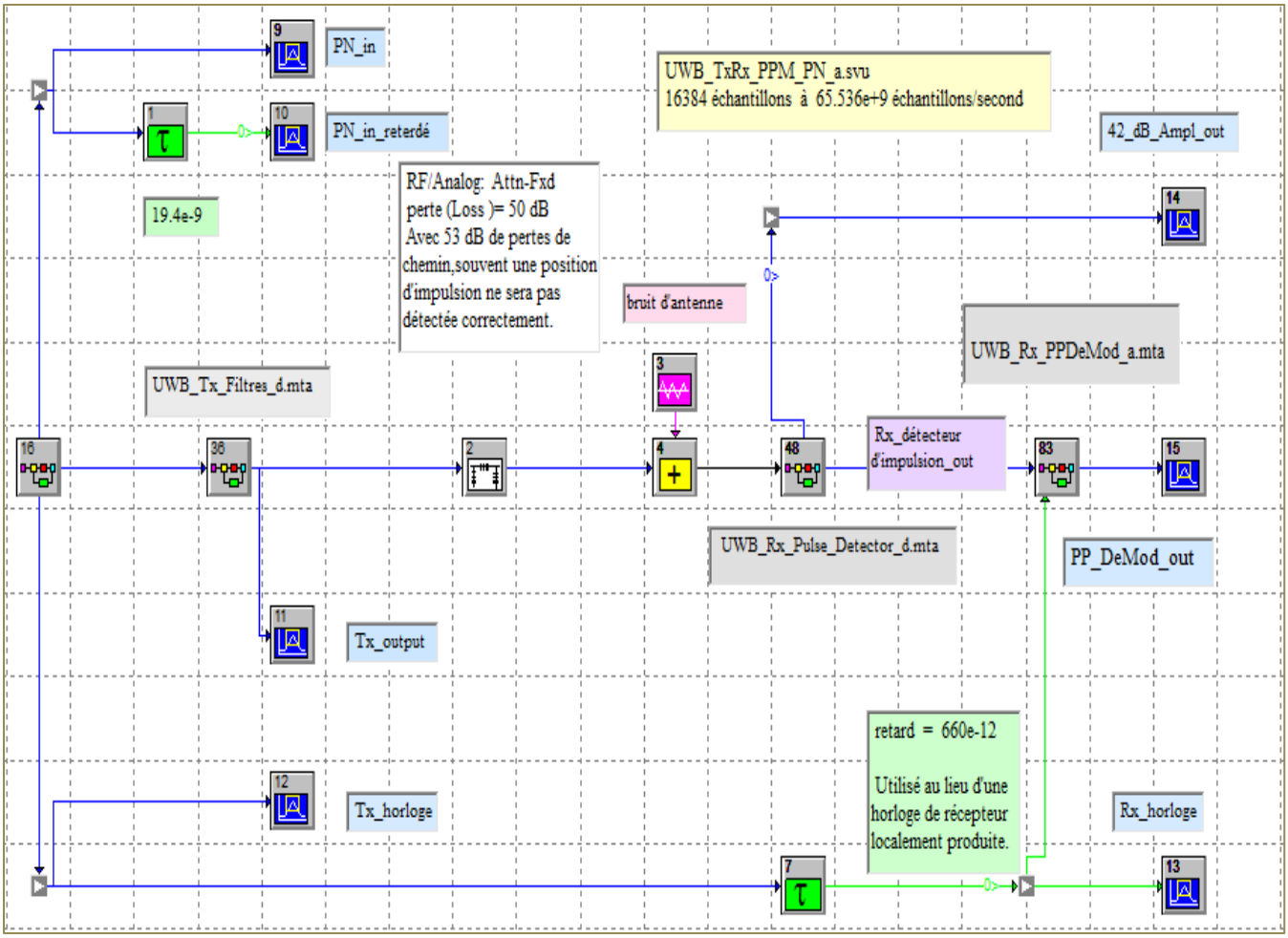


Figure II.17 : Transmetteur UWB avec un MetaSystem contenant les filtres de formation de l'impulsion, les pertes de cheminement (*path-loss*), et le récepteur.

A l'entrée du modulateur, figure II.18, la donnée à transmettre est représentée par 8 niveaux, antipodaux (+/- 4.0 volts), de la séquence PN. Cette donnée est combinée avec un signal « *data dithering* » de basse amplitude (+/- 0.1 volt). La donnée plus le signal de basse amplitude désignés sous le nom **PN_in**, sont représentés en figure II.19. Une horloge de 40MHz conduisant un circuit analogique d'intégration-et-décharge (*integrate-and-dump*) crée un signal de rampe de 0 à -8,6 volts et de 40 MHz, figure II.20. Le front montant de remise à zéro de la rampe est accompagné d'un parasite sous forme d'une brève oscillation, figure II.21.

Le signal de PN_in et la rampe sont ajoutés ensemble, la figure II.22, et sont appliqués à l'entrée positive d'un comparateur analogique. Ce dernier est un **Amp-op** qui a la rétroaction positive (comparateur par hystérésis). Le dispositif d'hystérésis permet de considérer un fonctionnement non linéaire à déclenchement par triffer de Schmitt. L'entrée négative au comparateur (référence, 1) est prise constante de valeur -4.3 volts.

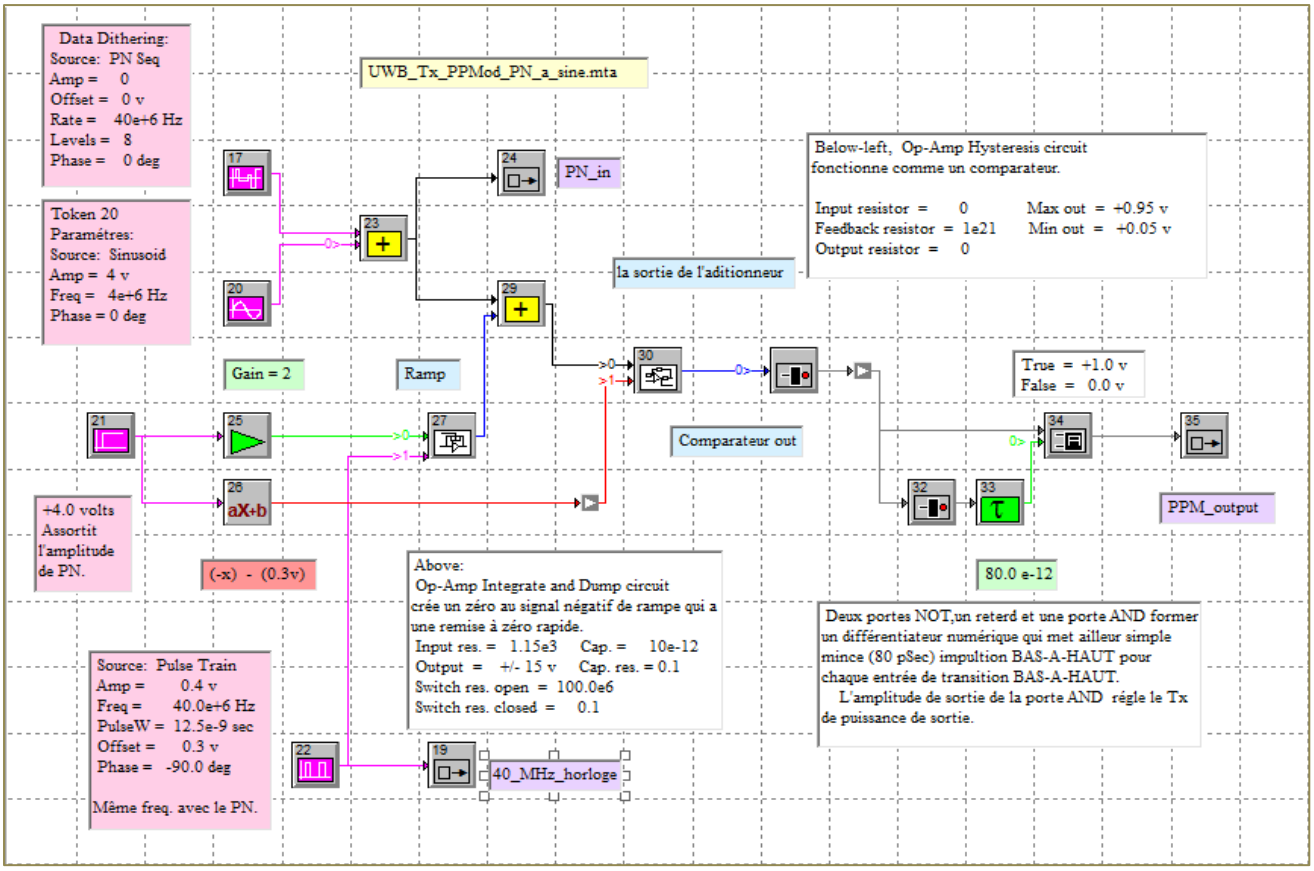


Figure II.18 : MetaSystem contenant le modulateur PPM.

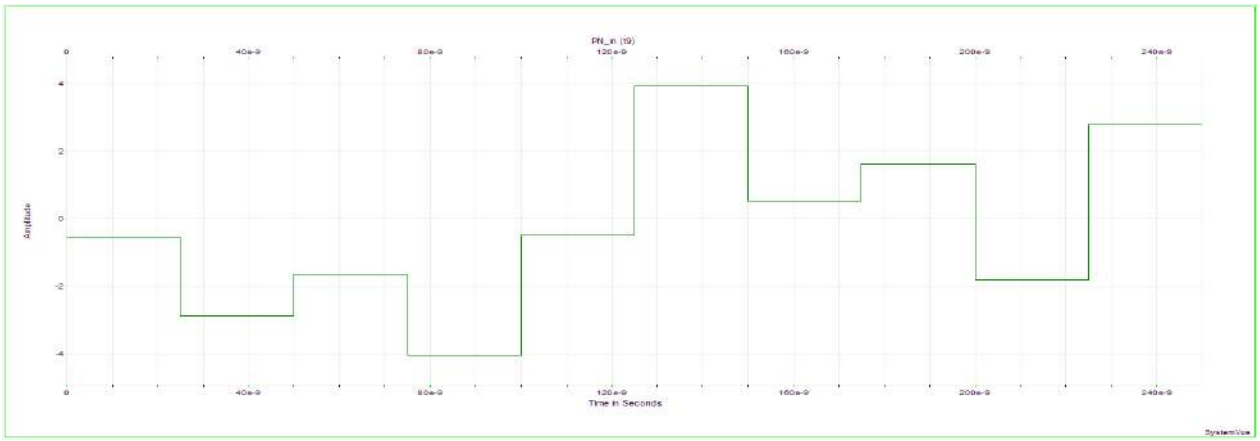


Figure II.19 : signal (PN_in) de l'information sommée avec le signal de basse amplitude.

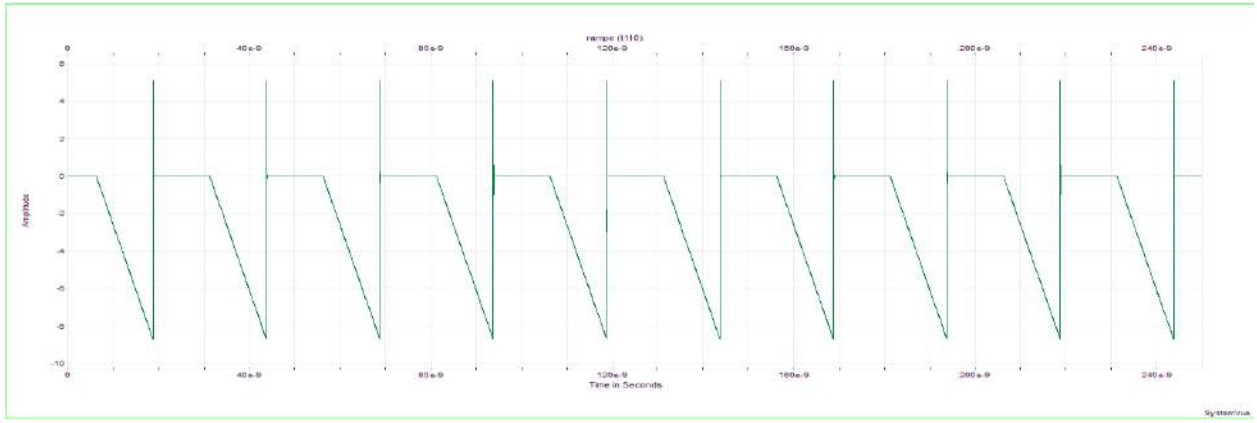


Figure II.20 : Signal rampe de 0 à -8.6volt.

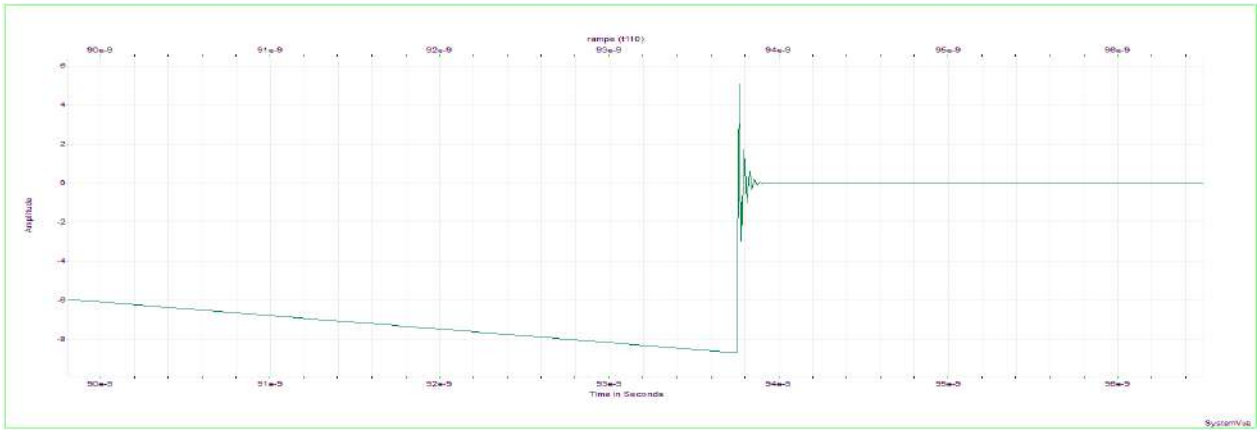


Figure II.21 : vibration de front montant de signal rampe (zoom-in).

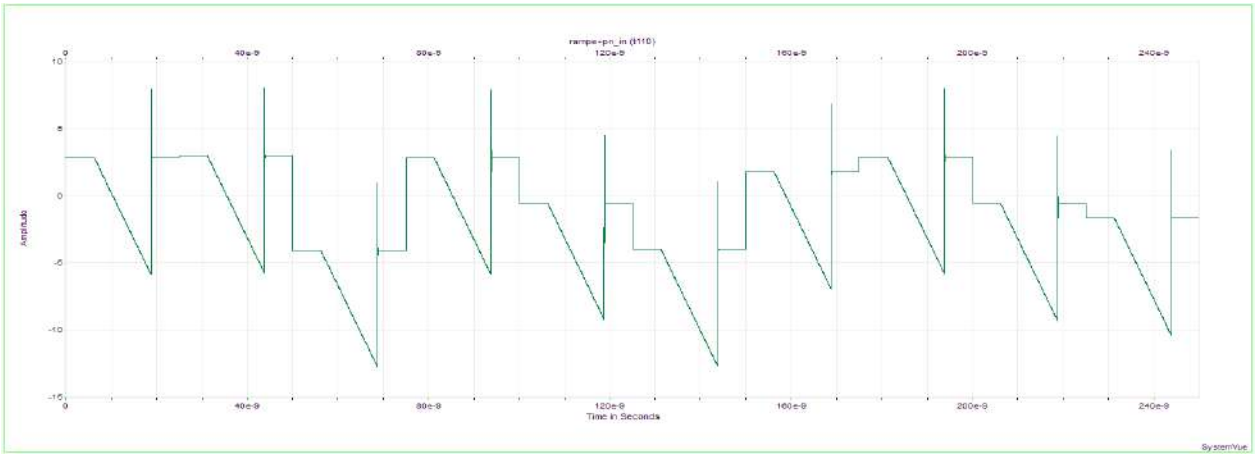


Figure II.22 : la somme de signal PN_in et le signal rampe.

La sortie du comparateur, la figure II.23, contient l'information de position et est dirigée vers un circuit différentiateur numérique, réalisé à l'aide de deux portes inverseuses, *un* retard, et une porte *AND*.

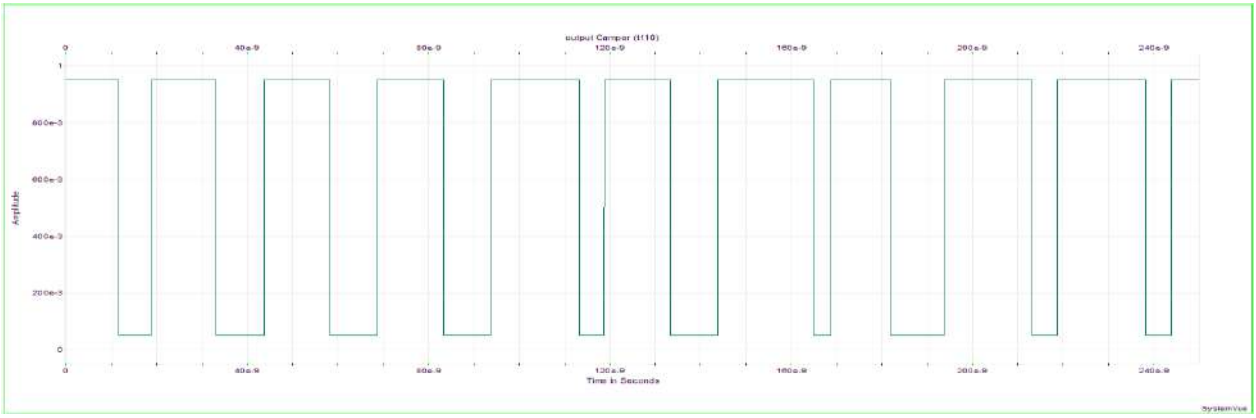


Figure II.23 : Sortie du comparateur.

Le circuit différentiateur numérique fournit une mince (80 p Sec) impulsion, de bas en haut, pour chaque sortie de transition de bas en haut du comparateur. Les paramètres d'amplitude de sortie de la porte *AND*, imposent la puissance de sortie du transmetteur.

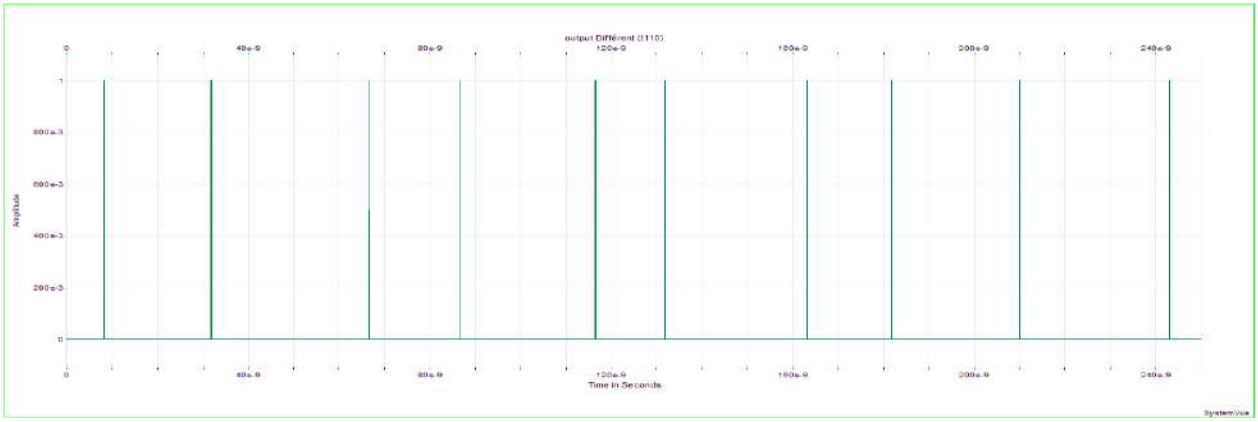


Figure II.24 : Sortie de différentiateur numérique.

Les impulsions unipolaires 0.0 à +1.0 volts à partir de la porte *AND*, la figure II.24, sont appliquées à un MetaSystem, figure II.25, qui est un bloc de filtre contenant des composants passifs.

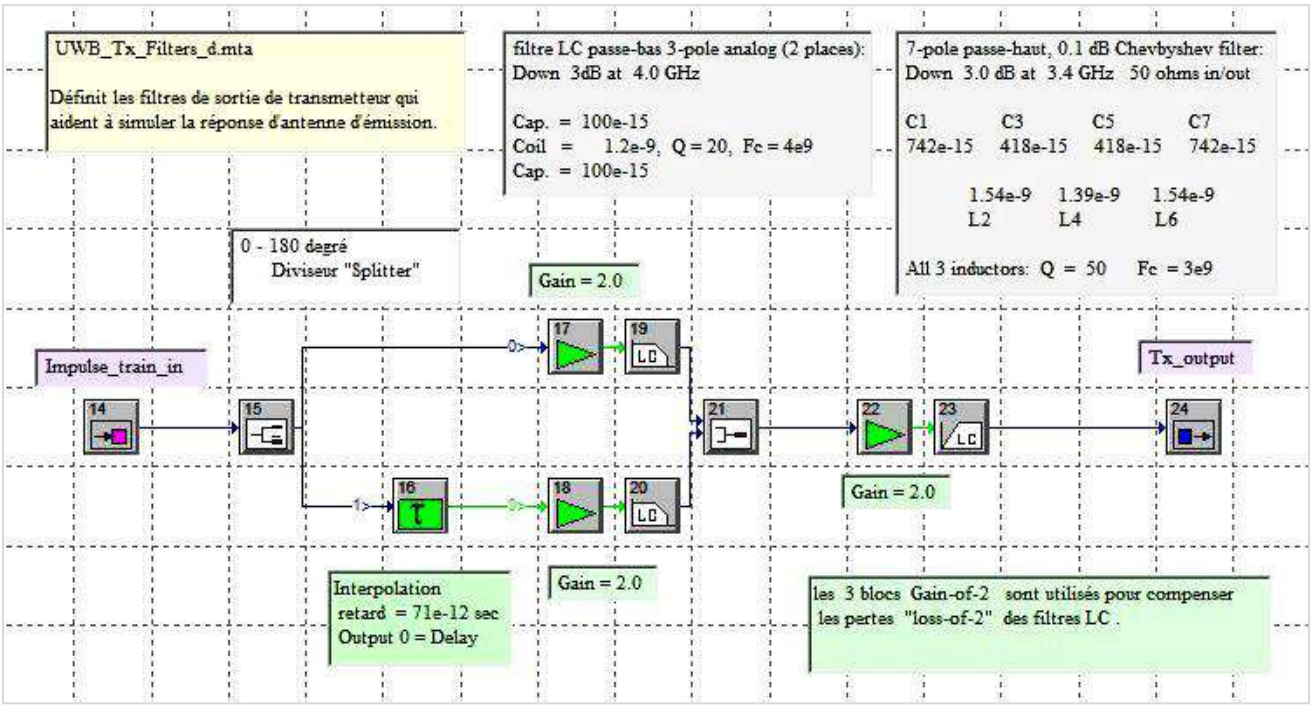


Figure II.25 : MetaSystem contenant les filtres formant les impulsions.

Dans ce MetaSystem, le courant d'impulsion est divisé en deux chemins en utilisant un bidirectionnel et un répartiteur à 180 degrés. Le répartiteur utilisé s'appelle *PSplit 180* de la bibliothèque *RF Analog*, il coupe le signal en deux parts égales et décale la phase de la deuxième sortie par 180 degrés. Cette partie a une perte par insertion à 3 dB. Une perte additionnelle peut être spécifiée, en général de 0.5 dB.

Chacun des chemins a un filtre passe-bas de 4.0 GHz ; cependant le chemin inférieur a un retard de 71.10^{-12} sec. La figure II.26 montre un recouvrement à la sortie de chacun des deux filtres passe-bas à 4.0 GHz. Une impulsion allant positivement, et une autre impulsion retardée et allant négativement.

Sur la figure II.25, les circuits supérieurs et inférieurs ont été combinés en utilisant un bidirectionnel et un combineur de 0 degrés. La perte du combineur est de 3.5 dB.

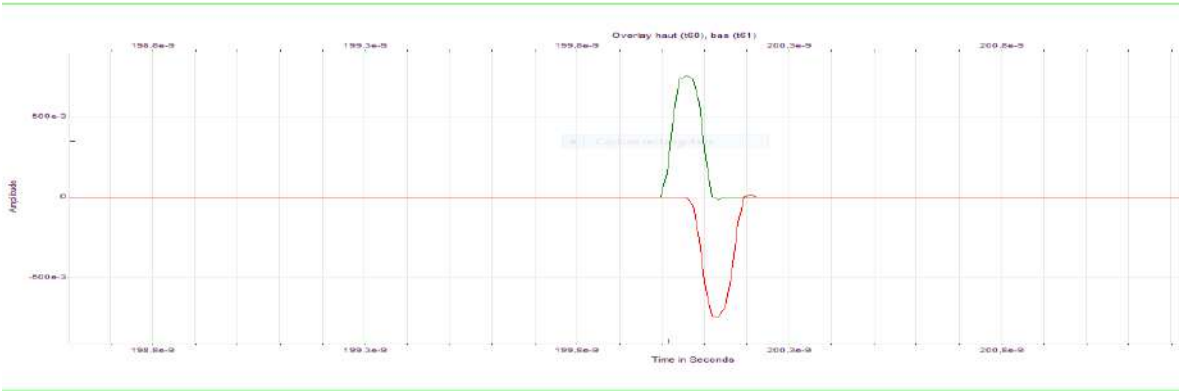


Figure II.26 : Sortie de chacun des 2 filtres passe-bas de 4.0GHz.

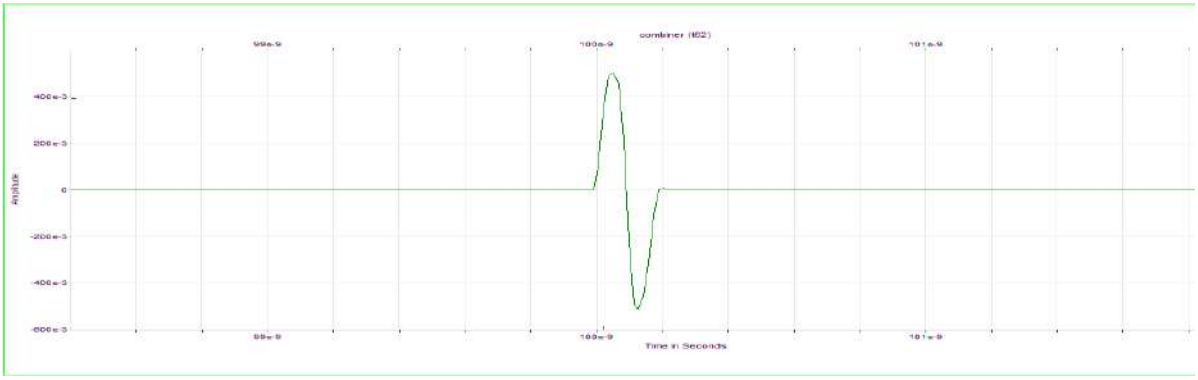
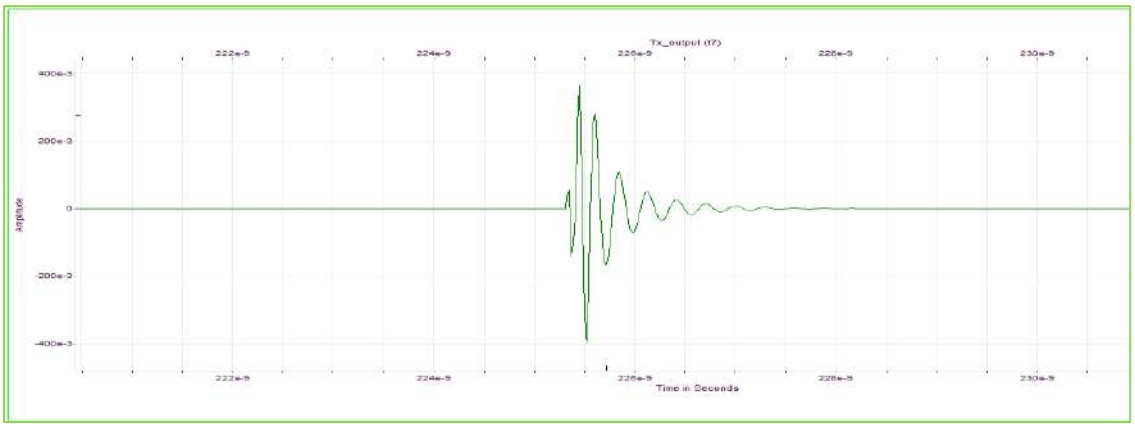


Figure II.27 : l'impulsion monocycle à la sortie de combinateur.

A la sortie du transmetteur, il y a un filtre passe-haut à 7-poles de 3.4 GHz. Quand l'impulsion monocycle de figure II.27 passe dans le filtre passe-haut, le résultat est l'impulsion UWB de forme sinusoïdale à deux cycles atténuée de 5,5 GHz représentée sur la figure II.28. Chacun des filtres est précédé par un gain de 2 pour compenser la perte inhérente provoquée par les résistances d'entrée-sortie de 50 ohms du filtre.



Figue II.28 : Impulsion unique à la sortie de transmetteur.

II.4.2 Les pertes de cheminement (*path-loss*) et bruit d'antenne :

Sur la figure II.17, le signal sortant du transmetteur est affecté par les pertes de cheminement (*path-loss*) à 50 dB et un bruit d'antenne est ajouté pour réduire le niveau de puissance du signal avant qu'il rentre dans le MetaSystem de récepteur.

II.4.3 Récepteur :

A l'entrée de récepteur, un MetaSystem contenant le détecteur d'impulsion UWB, figure II.17, est montré en figure II.29.

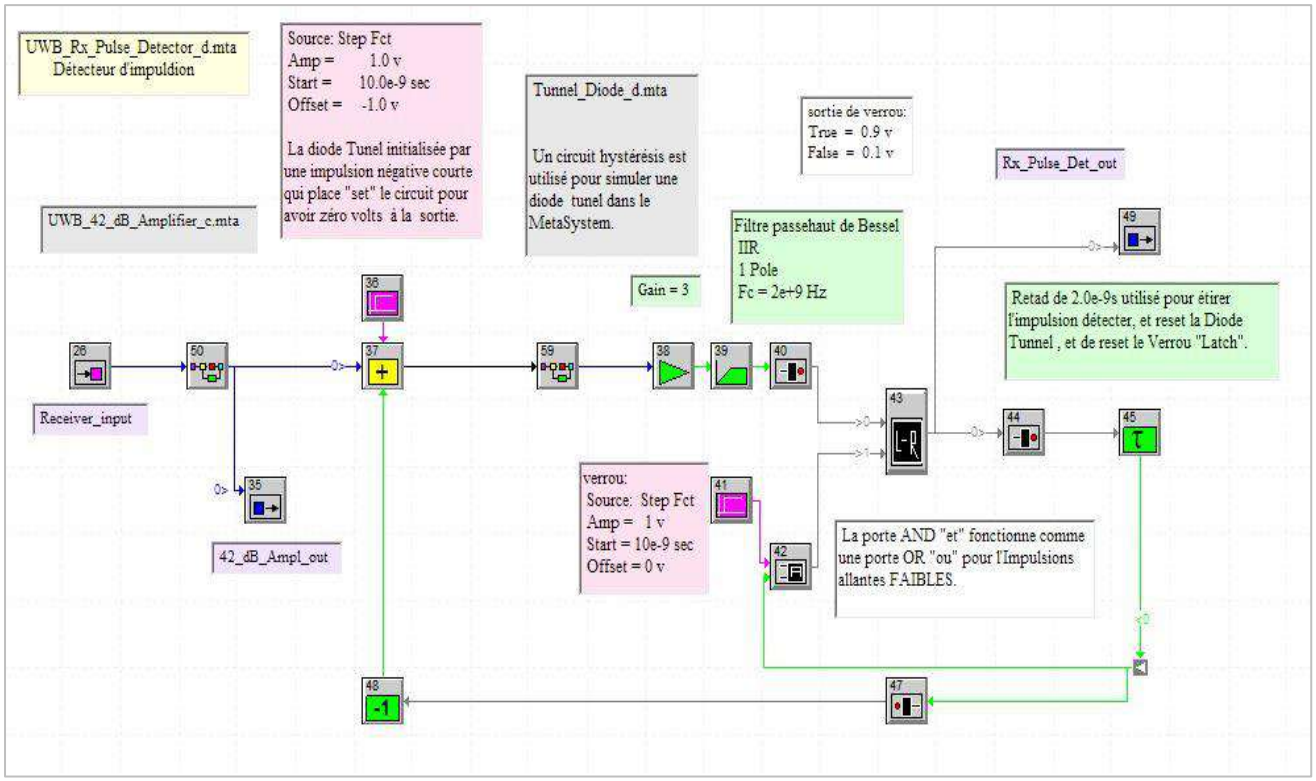


Figure II.29 : Le MetaSystem contenant les filtres du récepteur, les amplificateurs, et le détecteur à diode tunnel.

Le détecteur assure 4 fonctions :

1. Filtrage et amplification dans un MetaSystem.

2. Un additionneur qui est utilisé pour initialiser le circuit.

3. Un MetaSystem qui représente un détecteur à diode tunnel.

4. Une civière d'impulsion composée d'un ensemble de set/reset, commutateur et de quelques portes logiques.

La figure II.30 qui représente les filtres et les amplificateurs d'entrée de récepteur et la figure II.31 qui représente le détecteur d'enveloppe à diode tunnel, ont déjà été présentés et discutés dans la première partie de simulation utilisant la modulation OOK.

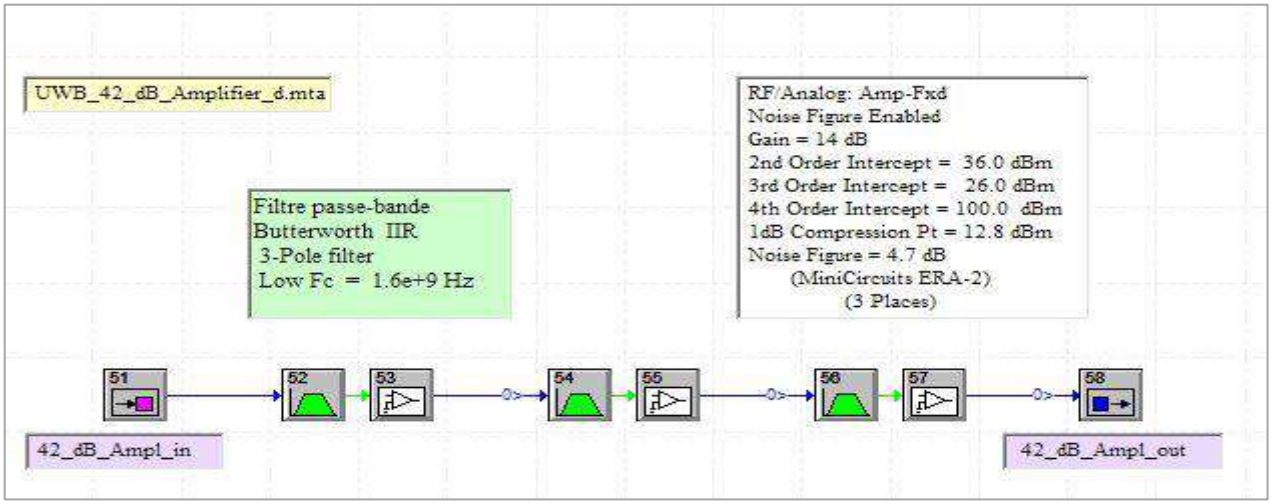


Figure II.30 : Les filtres et les amplificateurs du récepteur UWB.

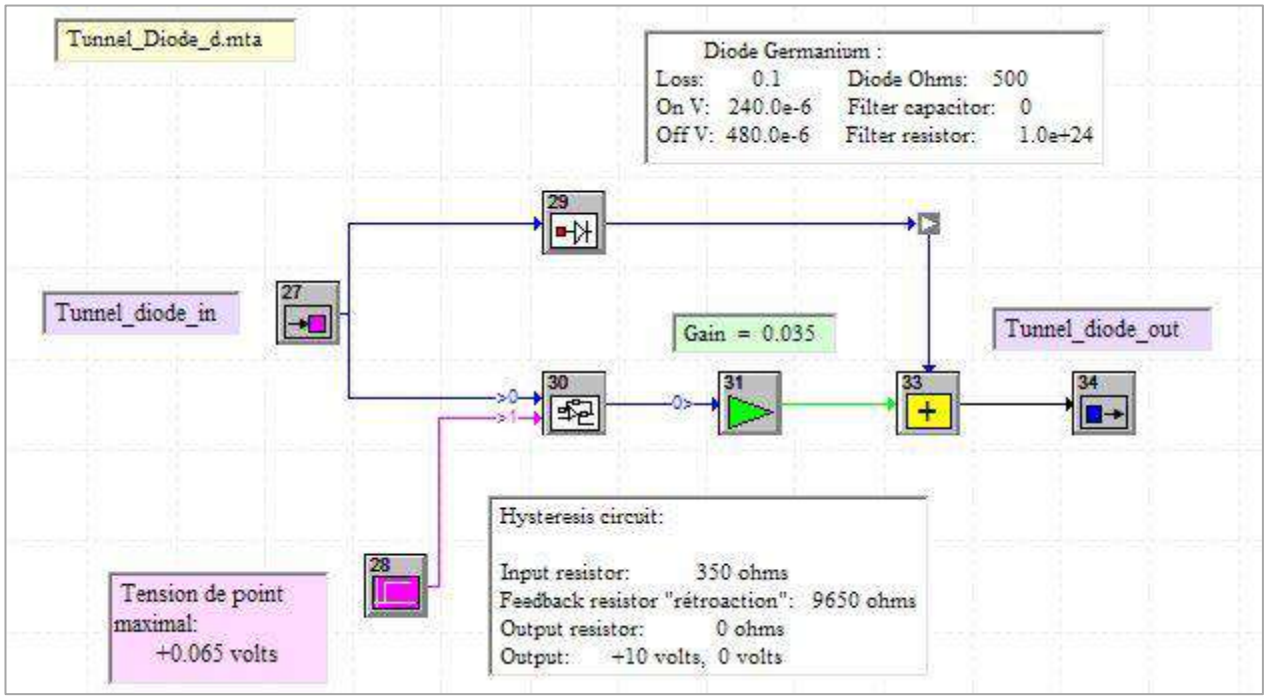


Figure II.31 : MetaSystem contenant le détecteur à diode tunnel.

La sortie du détecteur d'impulsion et l'horloge retardée sont des signaux d'entrée au MetaSystem de démodulation UWB_Rx_PPDeMod_a.mta, figure II.32. L'horloge retardée est utilisée au lieu d'une horloge de récepteur localement produite.

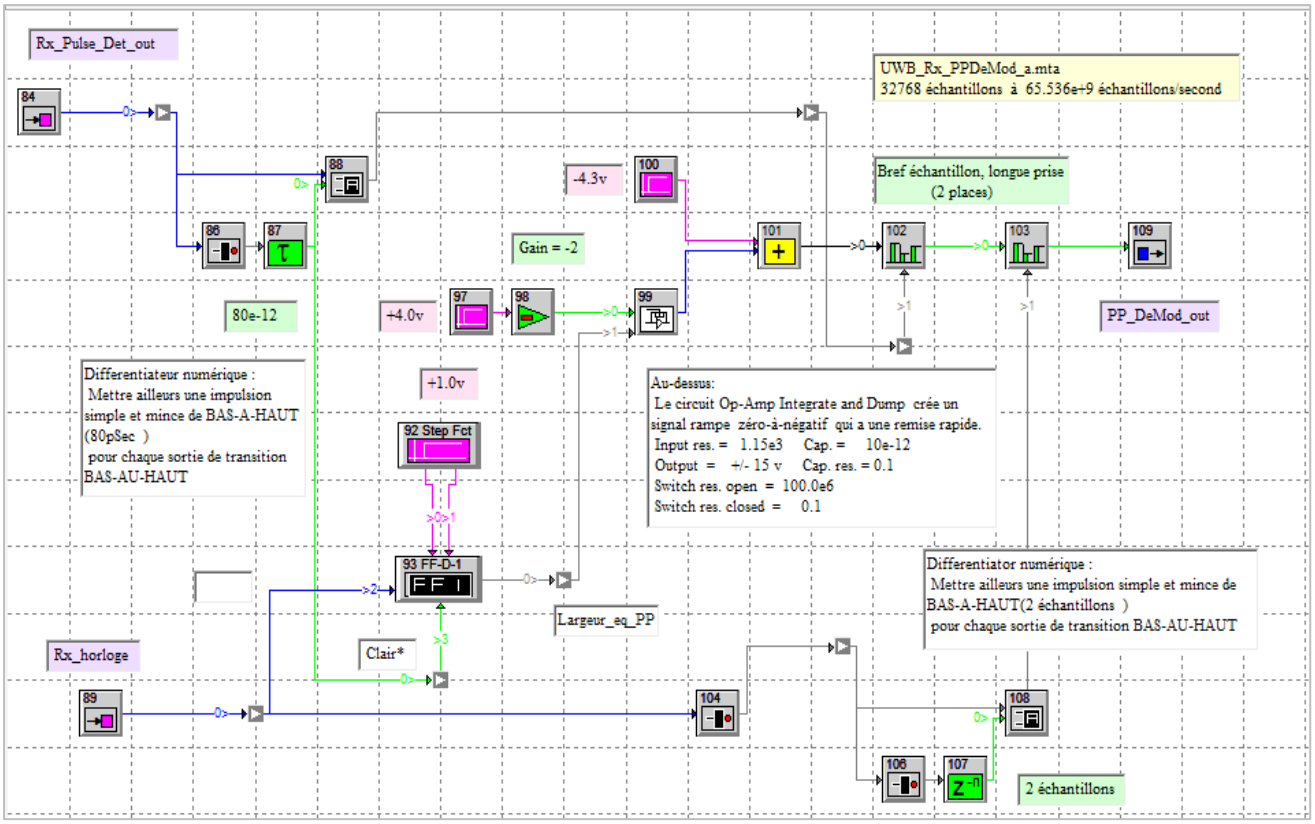


Figure II.32 : MetaSystem de démodulation PPM utilisé dans le récepteur.

Des tracés de signaux à divers emplacements dans le transmetteur et le récepteur sont affichés sur la figure II.33. Le tracé gauche supérieur est le signal à la sortie du transmetteur, ‘’Tx_output’’. Le tracé gauche inférieur est la sortie de l'amplificateur à 42dB, (42_dB_Ampl_out).

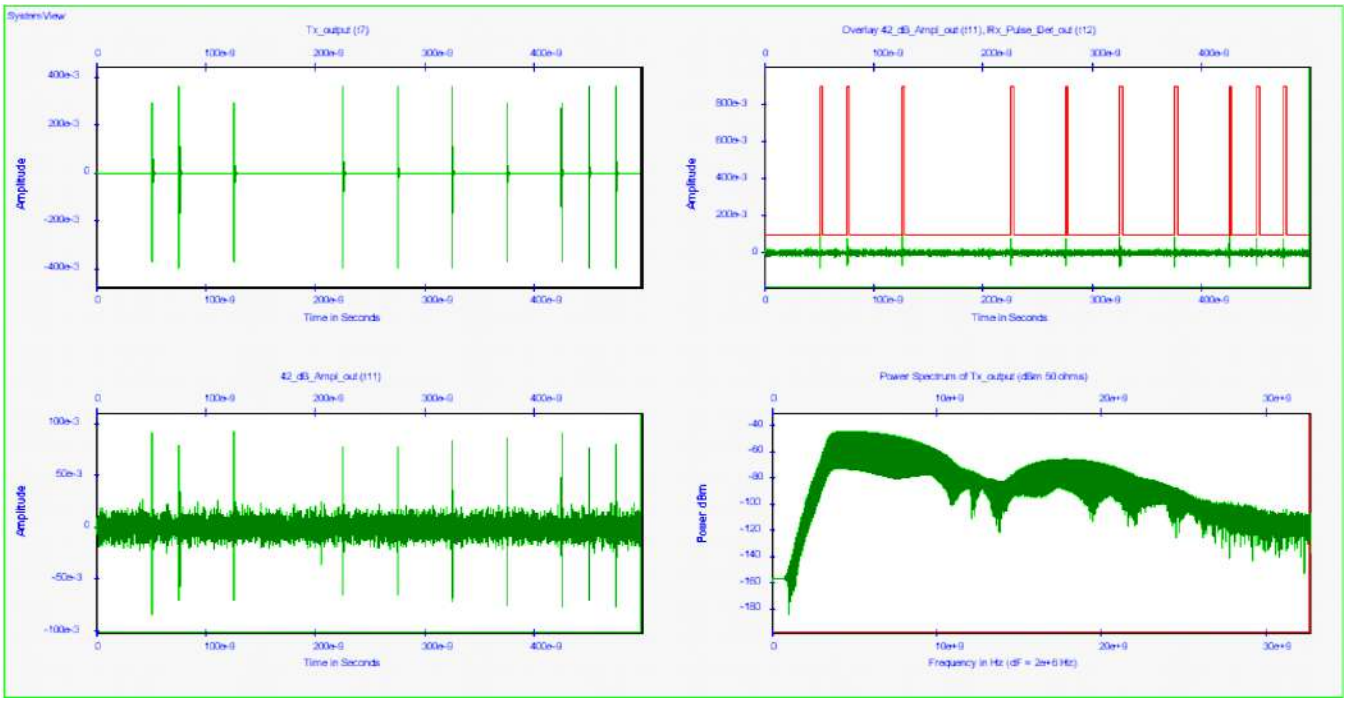


Figure II.33 : Tracés des signaux à de divers emplacements dans le système de transmetteur et récepteur

À la droite supérieure, il y a deux ou trois tracés recouverts ; chaque impulsion à la sortie d'amplificateurs à 42dB est étirée à une largeur constante. Le tracé inférieur à droite est le spectre de puissance de la sortie de transmetteur. Les tracés dans la figure II.34 sont des vues agrandisses (Zoom) des tracés de la figure II.33.

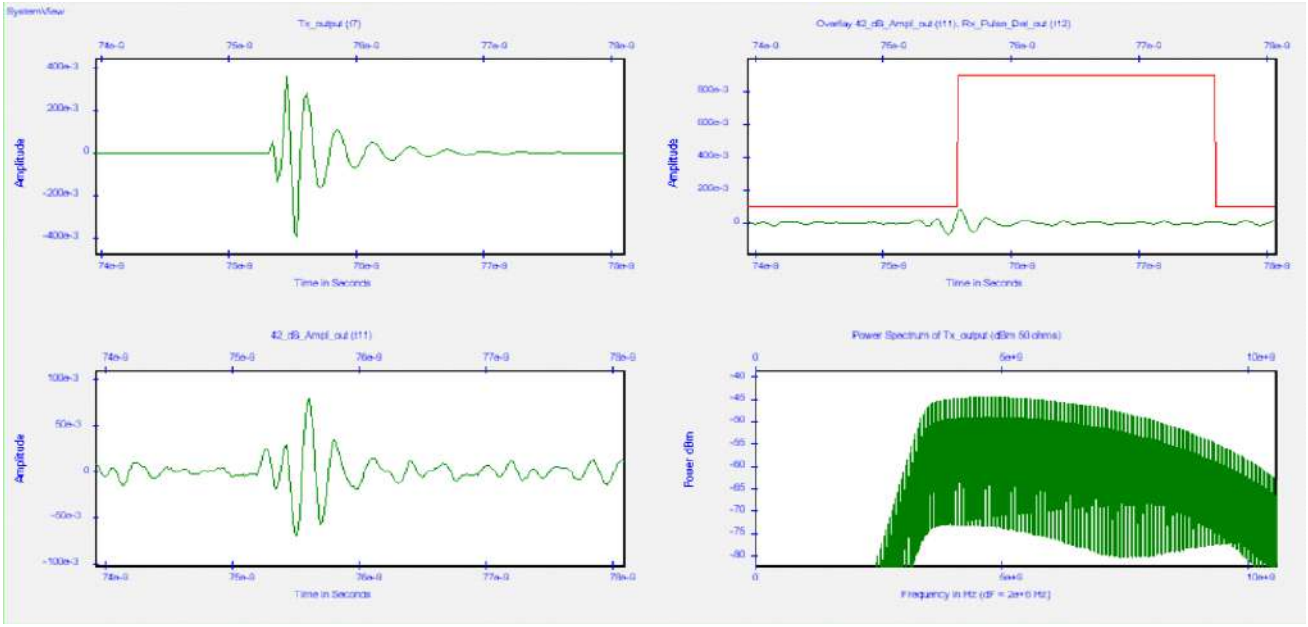


Figure II.34 : zoom en avant des tracés de la figure II.33.

II.5 Conclusion :

L'objectif de ce chapitre est de fournir les principes fondamentaux des systèmes transmetteur récepteur UWB, de telles sortes que les lecteurs généraux puissent pouvoir saisir facilement certaines des idées dans la conception de transmetteur récepteur pour des transmissions à ultra large bande. Le chapitre décrit brièvement l'architecture de système transmetteur récepteur UWB. Les dispositifs utilisés pour cette technologie passionnante sont devenus petits, une faible puissance et un coût bas qui à leur tour accéléreront leur utilisation répandue dans les transmissions d'intérieur.

Dans la première simulation qui était avec la modulation OOK, on remarque qu'elle montre moins de complexité de circuit que la deuxième avec la modulation PPM, où la génération de signal transmis dans la modulation OOK est plus simple que celui dans la modulation PPM, ainsi l'extraction du signal transmis dans la simulation par OOK est une partie inclue dans la simulation par PPM.

Alors, puisque on avait les mêmes résultats à la sortie des deux simulations, on peut conclure que la simulation du système UWB avec la modulation OOK est plus agréable que celui avec la modulation PPM, mais elle reste abordable dans la présence de multi-trajet.

Chapitre III

Simulation du système DS-UWB

III.1 Introduction

III.2 Technique d'étalement de spectre à séquence directe

III.3 Simulation du système DS-UWB

III.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons exploiter notre deuxième simulation du système UWB qui porte sur la technique DS-CDMA. Premièrement, on discute en bref la technique DS-CDMA et ses particularités régies sur les systèmes UWB, puis on abordera les étapes de simulation.

III.2 Technique d'étalement de spectre à séquence directe :

La technique de spectre étalé à séquence directe, également connue sous le nom accès multiple par division des codes à séquence directe (DS-CDMA), est l'une de deux approches à la modulation de spectre étalé pour la transmission de signal numérique sur les ondes hertziennes. L'autre technique est connue sous le nom d'accès multiple par division des codes à saut de fréquence (FH-CDMA).

En spectre étalé à séquence directe, le flux d'information à transmettre est divisé en petites partie. Cette technique consiste donc à transmettre pour chaque bit, une séquence de bits *pseudo-aléatoire (pseudo-random noise)*, noté *PN*. Ainsi chaque bit valant 1 est remplacé par une séquence de bits, et chaque bit valant 0 par son complément. Par exemple, la couche physique de la norme 802.11 définit une séquence de 11 bits (10110111000) pour représenter un 1 et son complément (01001000111) pour coder un 0. On appelle *chip*, chaque bit codé à l'aide de la séquence PN. Cette technique (appelée chipping) revient donc à moduler chaque bit avec la séquence PN, figure III.1.

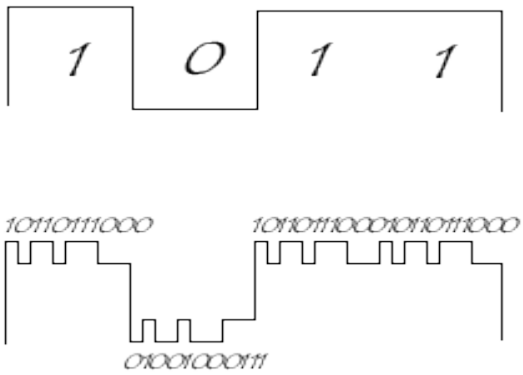


Figure III.1 : Bits modulés avec une séquence PN.

Les systèmes UWB basés sur le DS-CDMA sont bien sûr régis par les mêmes principes que les systèmes à spectre étalés traditionnels, mais ils comportent toutefois certaines particularités dont voici les principales :

- ✓ La différence fondamentale entre les systèmes UWB et les systèmes à spectre étalés réside dans le fait que les signaux à spectre étalé sont modulés par une porteuse sinusoïdale. Ce qui implique qu'on transmet une onde sinusoïdale, alors que les signaux à ultra large bande sont des trains d'impulsions qui ne sont pas des ondes continues et qui sont sans porteuse.

- ✓ La largeur de bande des signaux à spectre étalé se situe habituellement entre 1 % et 25 % de la fréquence centrale, alors qu'elle est supérieure à 20 % de la fréquence centrale pour les signaux à ultra large bande.
- ✓ Contrairement aux systèmes à spectre étalé, l'utilisation d'un code PN dans les systèmes utilisant l'UWB ne sert pas à augmenter la largeur de bande des signaux, car les signaux à bande ultra large ont fondamentalement une largeur de bande très grande due à la forme des impulsions. Le code PN sert plutôt à séparer les différents usagers du système, à uniformiser l'énergie dans le domaine des fréquences et à diminuer l'influence du brouillage intentionnel.
- ✓ Les signaux à ultra large bande peuvent potentiellement être utilisés dans les mêmes bandes de fréquences que les signaux d'autres systèmes de transmission, car leur puissance moyenne est très faible. Au contraire, les fournisseurs de services des systèmes à spectre étalé possèdent leur propre bande de fréquences d'opération.

De nombreuses autres différences peuvent découler de celles présentées. Quoique les signaux à spectre étalé et les signaux à bande ultra large soient fondamentalement différents, les systèmes utilisant l'UWB se basent sur les mêmes concepts pour la transmission et la réception que ceux utilisés pour les systèmes à spectre étalé, sauf pour la génération des formes d'ondes [16].

Un système particulier de DS-UWB a été proposé par Fujjita. Ce système utilise la modulation BPSK à $\pi/2$, figure III.2. Ce modèle particulier est projeté à fournir des données à débit de 115 Mb/s à un intervalle de 10 mètres, tout en consommant 150 mW d'alimentation électrique [15].

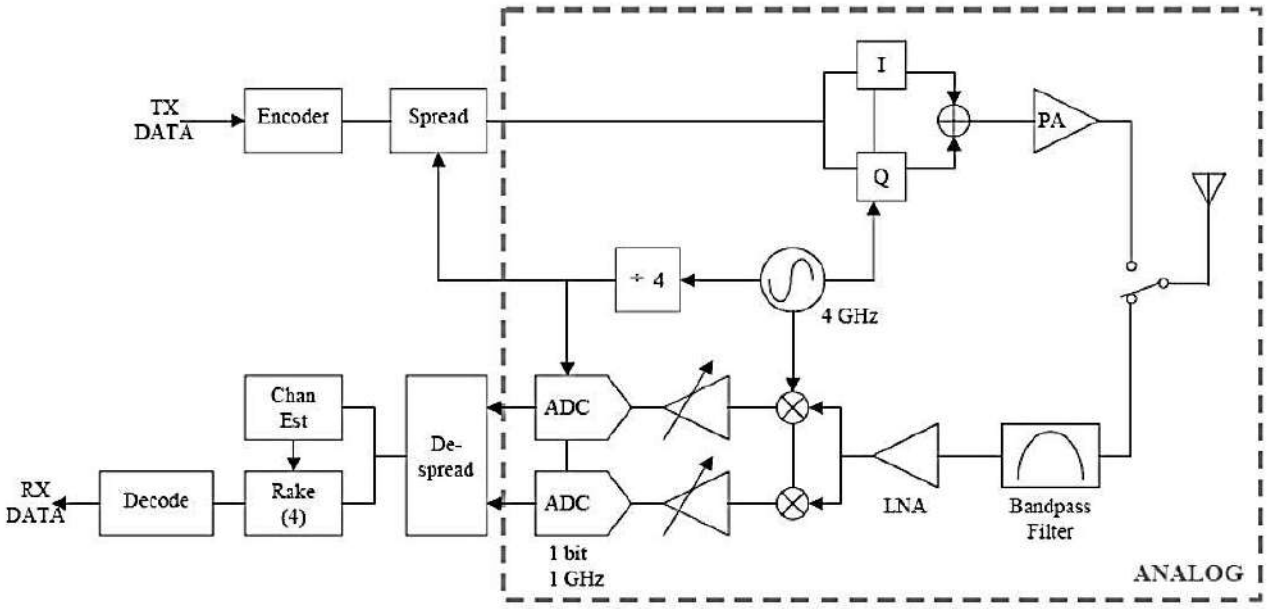


Figure III.2 : Système DS-UWB proposé par Fujjita.

III.3 Simulation du système DS-UWB :

Dans cette partie de simulation du système UWB, on utilise la technique d'étalement de spectre à séquence directe. Les caractéristiques de ce système sont proposées par le standard IEEE 802.15 pour les réseaux sans fil personnels (WPAN), dont l'étude de la couche physique du système DS-UWB est réalisée par le groupe 3a [17].

D'abord, on simule notre système en bande de base, puis on ajoute une section RF. La chaîne du système débute par le transmetteur avec un traitement en bande de base, ensuite une conversion vers la section RF avec le filtrage, puis vers le récepteur avec une reconversion en bande de base. Un schéma synoptique illustre les différentes étapes de simulation en figure III.3.

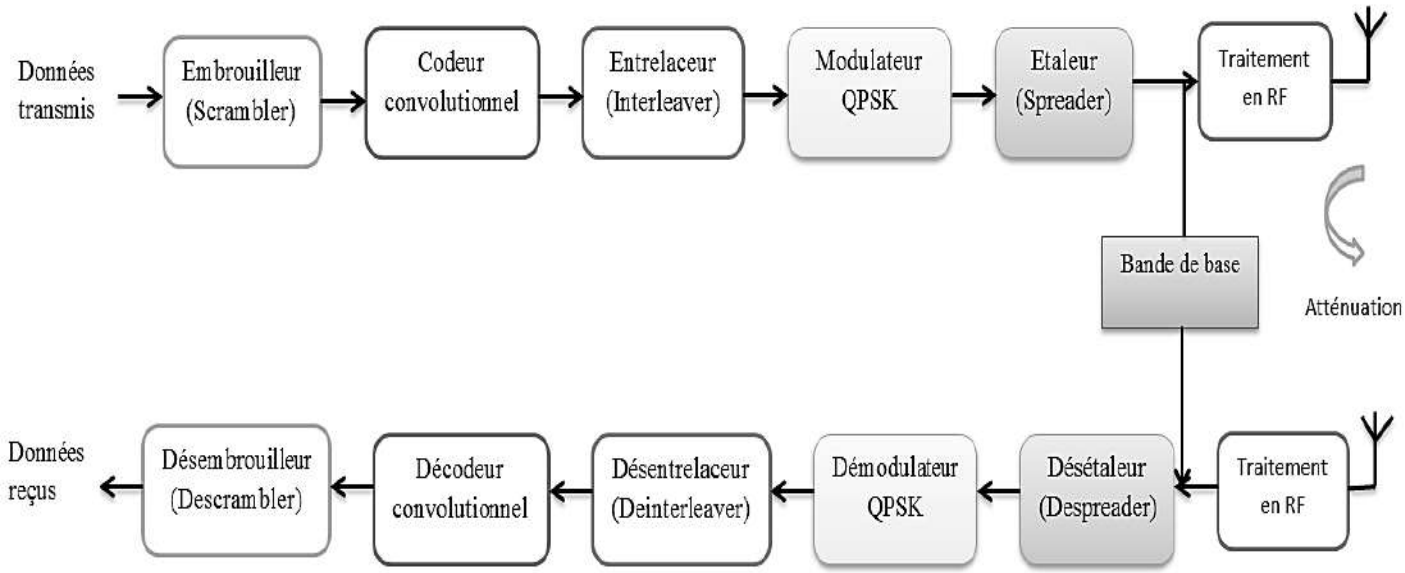


Figure III.3 : Schéma synoptique du système DS-UWB.

III.3.1 Simulation du système DS-UWB en bande de base :

La figure III.4 montre un système de transmission et réception DS-UWB, en utilisant des blocs de la bibliothèque UWB du SystemVue. Dans cette partie, on simule le système en bande de base seulement, pour cette raison on met deux blocs de retard de 10 échantillons entre le transmetteur et le récepteur, dont l'un remplace le chemin de données dans la section RF.

III.3.1.1Transmetteur :

Le début de la chaîne de transmission est la génération de l'information transmise par une source PN (pseudo aléatoire), qui représente un signal unipolaire d'amplitude 1v et de débit 109,4167 MHz, en approuvant le modèle proposé par le groupe IEEE 802.15.3a.

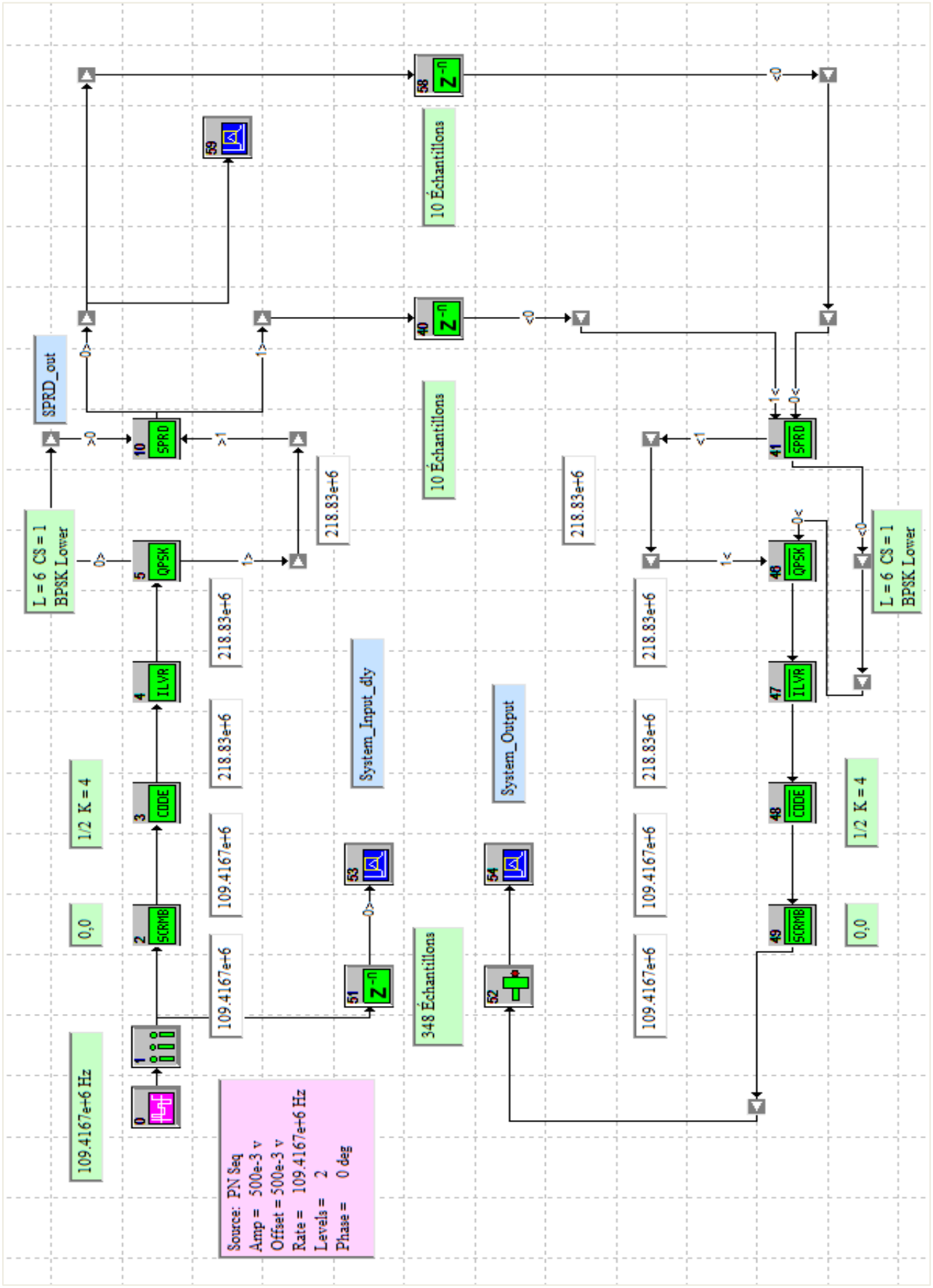


Figure III.4 : Simulation du système DS-UWB en bande de base.

La suite de la chaîne du transmetteur, figure III.5, est composée par les blocs suivants : échantillonneur (sampler) ; embrouilleur (scrambler) ; codeur convolutionnel ; entrelaceur (interleaver) ; modulateur QPSK ; étaleur (spreader). On va discuter le rôle de chaque bloc, en déterminant sa configuration et son fonctionnement.

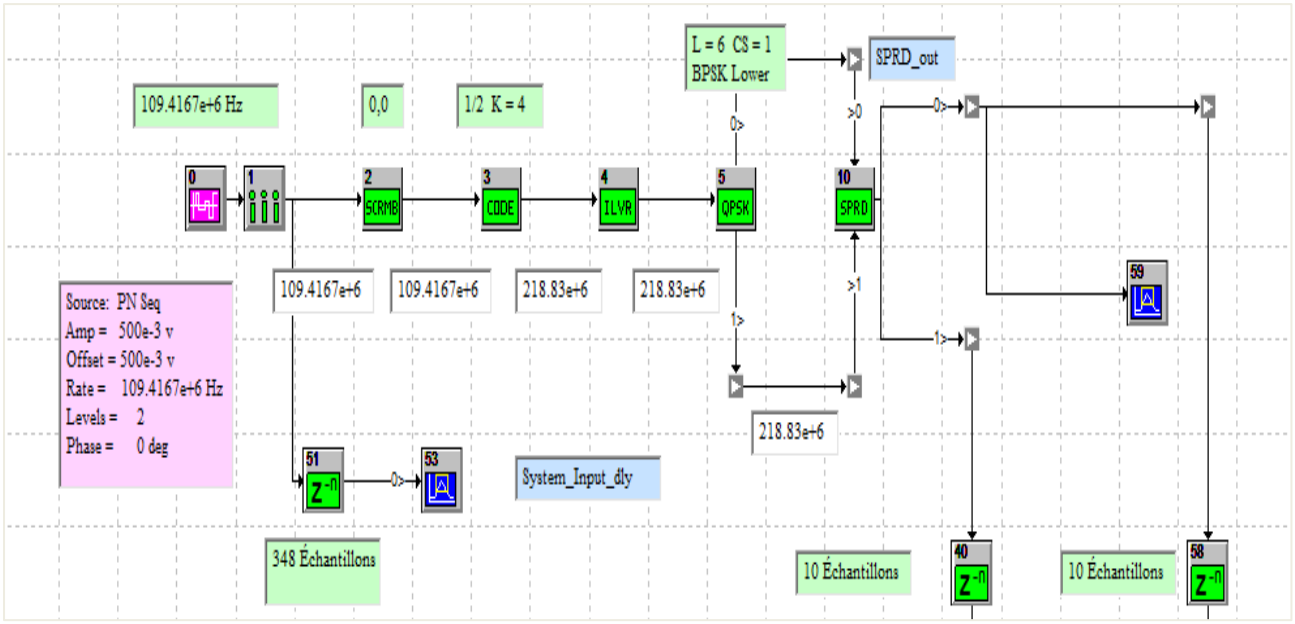
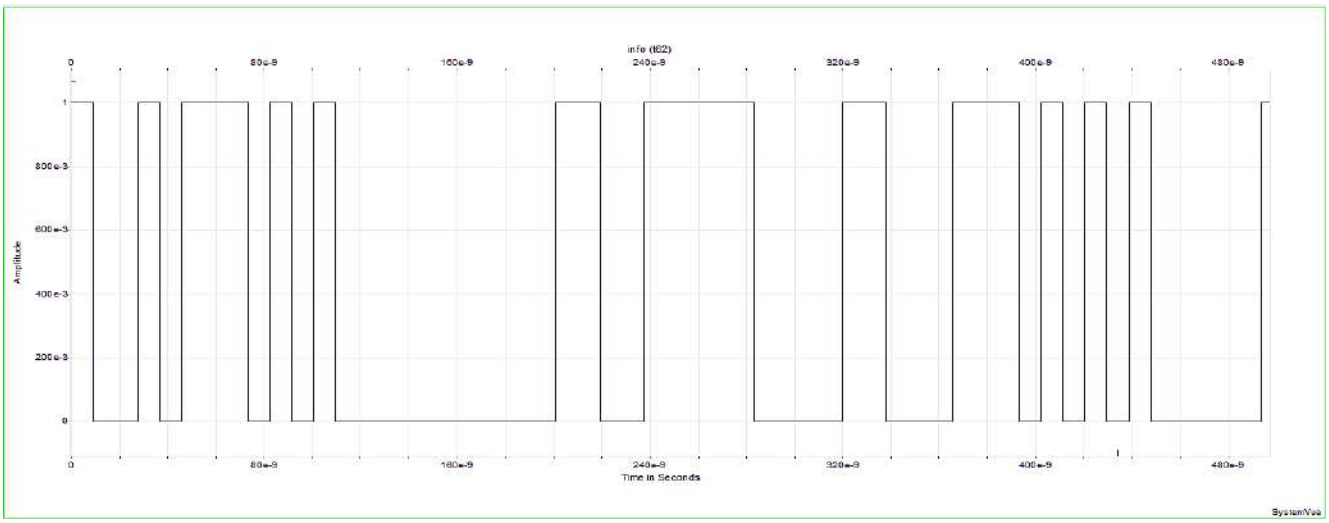


Figure III.5 : Partie transmetteur DS-UWB en bande de base.

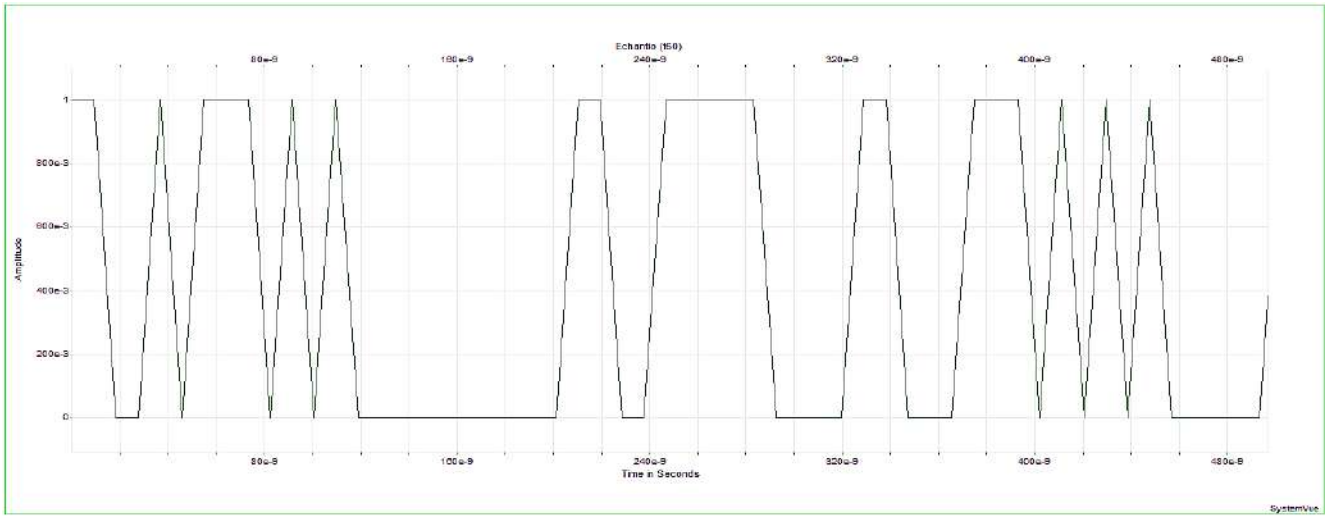
III.3.1.1.a L'échantillonneur :

Ce bloc appartenant à la bibliothèque des opérateurs. Il échantillonne le signal d'information en choisissant une même fréquence d'échantillonnage que le signal d'entrée (109,4167 MHz).

Ainsi, le signal à la sortie de l'échantillonneur représente un échantillon par durée de bit, figure III.6. Le but de cette opération est l'adaptation du signal transmis avec le bloc « embrouilleur », qui exige 1 échantillon représentatif par bit, pour diminuer le temps de traitement.



(a)



(b)

Figure III.6 : (a) signal d'information transmise ; (b) signal échantillonné.

III.3.1.1.b L'embrouilleur (scrambler) :

La plupart des systèmes sans fil utilisent l'embrouilleur. Son rôle principal est d'exclure de la transmission, les longues chaînes de bits, 1 ou 0. L'embrouillage se fait avec l'opération d'addition modulo2 *(XOR)*, appliquée sur les bits de données selon la séquence pseudo aléatoire générée par le polynôme :

$$G(D) = 1 \oplus D^{14} \oplus D^{15} \qquad (3.1)$$

Où D représente une opération de retard, par exemple : pour une séquence S=10101000011, D^5 = 0000010101000011.

L'opération de retard se fait par des registres à décalages, comme l'illustre la figure III.7.

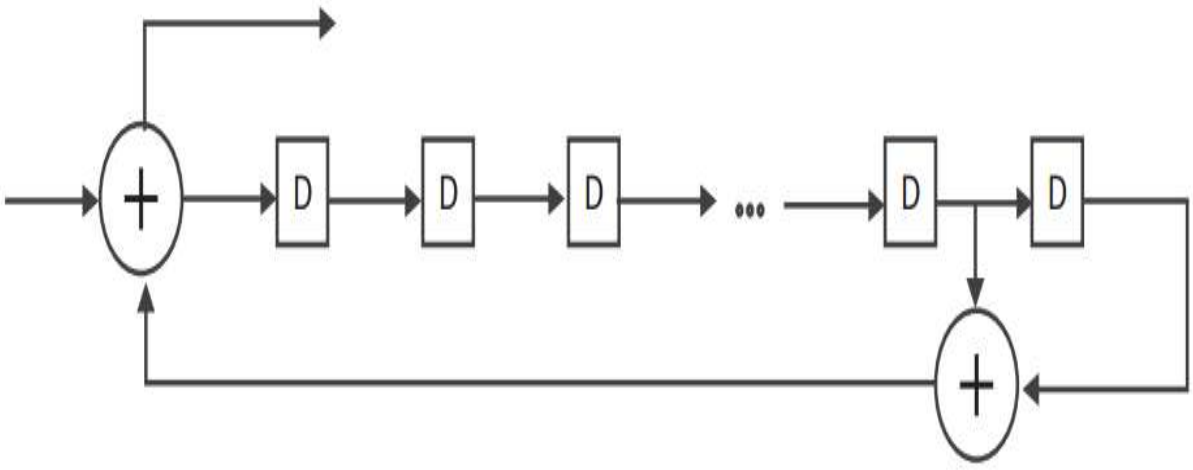


Figure III.7 : Embrouilleur DS-UWB.

III.3.1.1.c Le codeur convolutionnel :

C'est un codeur correcteur d'erreurs, qui est capable de détecter si des erreurs de transmission ont eu lieu, et éventuellement les corriger. La sortie d'un codeur convolutif est de n_s bits dépendant de n_e bits de l'information courante à coder, ainsi que de l'information précédente ou état du codeur. Le débit du code est défini par le rapport $R = n_e/n_s < 1$.

Le codeur introduit donc de la redondance se traduisant par une augmentation du débit d'un facteur 1/R entre l'entrée et la sortie du codeur. La figure III.8, représente un schéma bloc d'un codeur convolutionnel employé dans un système DS-UWB. En réception, le décodage s'effectue suivant l'algorithme de Viterbi.

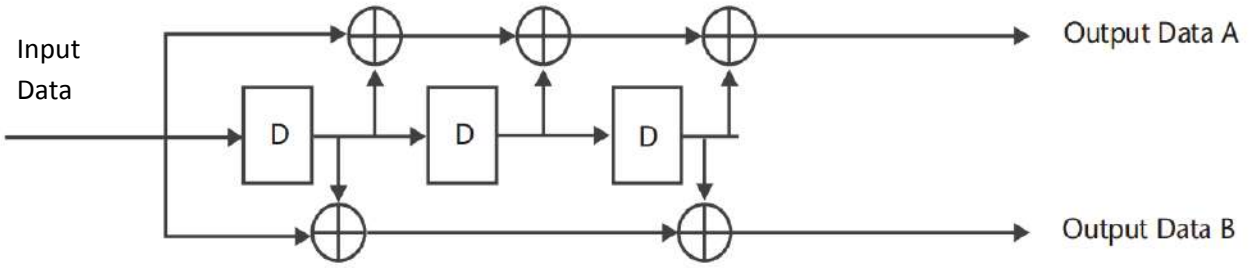


Figure III.8 : Codeur convolutionnel ; taux de codage R =1/2; longueur de contrainte k = 4; générateur de polynôme $(15,17)_8$.

Dans notre système simulé figure III.9, les paramètres de configuration de bloc du codeur sont : R=1/2, et K=4 qui signifie une longueur de contrainte. Pour R=1/2, il est clair que le débit binaire après passage du signal d'information dans le codeur, va être multiplié par deux, on passe donc de la valeur 109.4167 à la valeur 218.83 Mb/s.

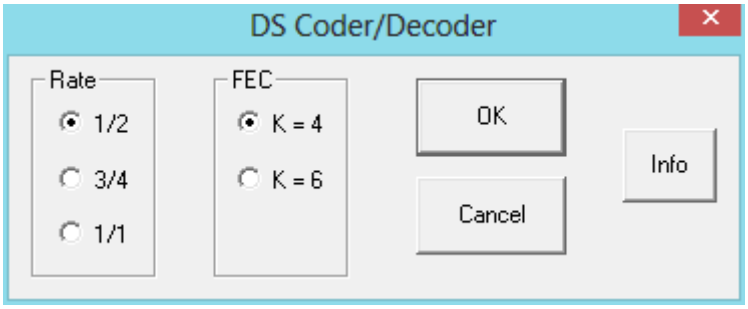


Figure III.9 : configuration du bloc codeur.

III.3.1.1.d L'entrelaceur (Interleaver) :

Ce bloc situé habituellement aprés le codeur convolutionnel est appelé donc, entrelaceur convolutionnel. Son principe est de modifier l'ordre de transmission des bits codés de manière à éloigner au maximum les bits consécutifs de sorte à assurer une indépendance statistique entre les

éléments successifs. Les erreurs après désentrelacement seront donc reparties ponctuellement, en améliorant les performances du code correcteur d'erreur en réception.

L'entrelaceur travaille en mode de temps continu. Il y a des séries de N registres à une mémoire de bit J,telleque J, 2J,…, (N-1) J. Deux commutateurs collectent un cycle de commutation d'un registre à un prochain, avec la base de bit par bit, figure III.10.

À t= 0, les registres sont initialisés à 0. Donc, le premier bit est transmis. À t=1, les commutateurs passent au deuxième registre et donnent lecture au bit de droite, qui est un 0 (et sera par la suite ignoré dans le désentrelaceur). En même temps, le deuxième bit est écrit dans la position extrême gauche du registre. Au temps t=2, les commutateurs passent dans la troisième position et indiquent la sortie de bit de droite, qui est de nouveau un 0. Le bit 2 est écrit dans la position extrême gauche de ce registre. Ce processus continue au $n_{ième}$ registre. Les commutateurs vont maintenant copie une sauvegarde jusqu'à la fin des registres, et le processus entier est répété (c.-à-d., le bit N+1 est transmis).

Pendant que le processus continue, les bits dans les divers registres obtiennent poussés vers la droite, et sont par la suite donnés lecture dans le système.

Pour le système DS-UWB, la configuration du bloc entrelaceur est indiquée par défaut, où le nombre de registres ou de collecteurs est N=10, et la mémoire en taille est de bits J=7.

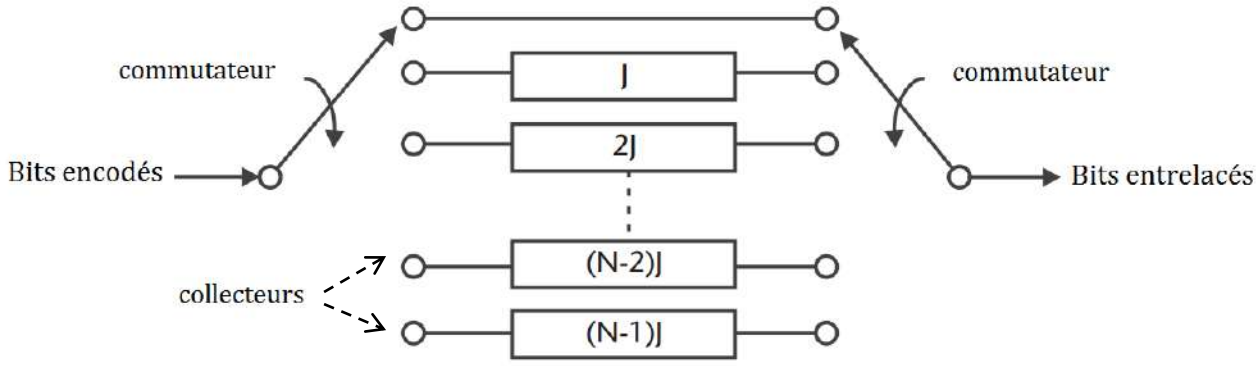


Figure III.10 : Entrelaceur convolutionnel.

III.3.1.1.e Le modulateur QPSK :

Le train de bits après l'entrelacement est modulé en BPSK (*Binary phase shift keying*) ou 4-BOK (*M -ary Bi-Orthogonal Keying*), et scindé en sorties, I (en phase) et Q (en quadrature).

Dans notre système, on choisit la modulation BPSK. C'est une modulation à saut de phase binaire, effectuant un changement de phase en fonction des données numériques de l'information, et pour un système UWB, la modulation s'effectue sans porteuse.

Sur un diagramme I/Q, figure III.11, l'état I a deux valeurs différentes. Les deux emplacements signifient qu'il est possible d'envoyer un 0 ou 1 binaire.

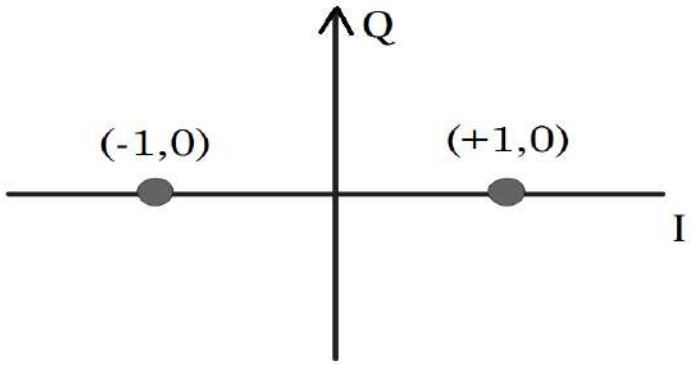


Figure III.11 : Diagramme de constellation BPSK.

La valeur de bit 0 est mise à (- 1, 0), et la valeur de bit 1 à (+1, 0). Pour la modulation BPSK seulement la sortie I est utilisée, l'autre sortie Q est utilisée pour la synchronisation au niveau du récepteur.

III.3.1.1.f L'étaleur (spreader) :

C'est le bloc principal dans le système DS-UWB, la technique d'étalement de spectre à séquence directe a été déjà discutée dans la section III.2. Le bloc d'étaleur peut fonctionner avec l'utilisation des deux modulations BPSK et 4-BOK. Suivant la chaîne de transmission, la configuration doit être réglée sur la modulation BPSK, avec une longueur du code d'étalement L=6, figure III.12.

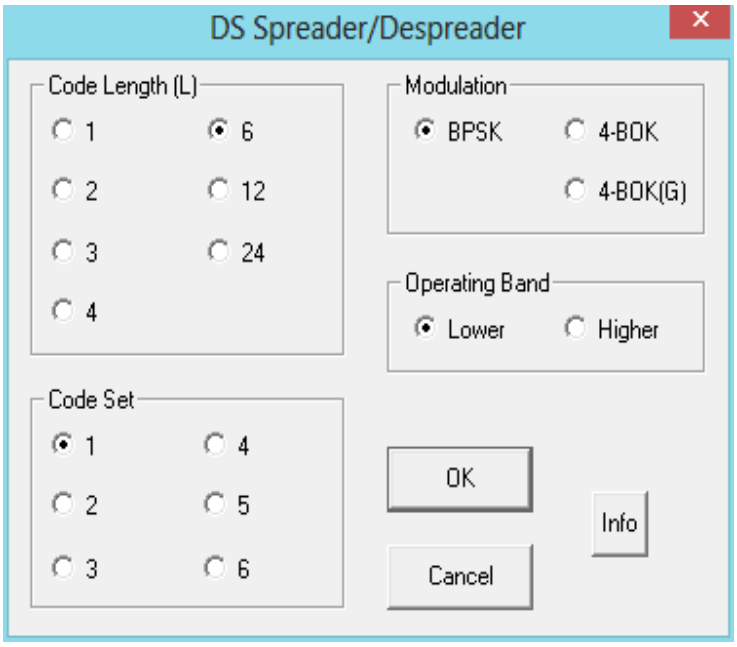


Figure III.12 : Configuration du bloc étaleur.

Les impulsions en sortie de l'étaleur sont représentées dans la figure III.13.

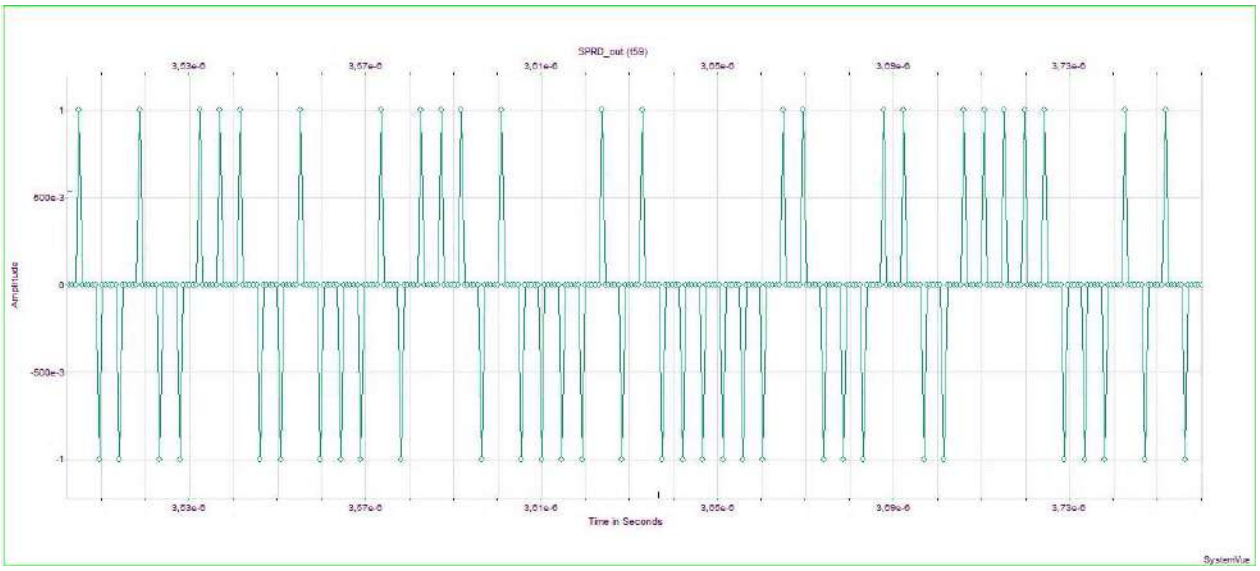


Figure III.13 : signal d'impulsions à la sortie de l'étaleur.

Avec les deux sorties I et Q d'étaleur, la chaîne du transmetteur est accomplie, et donc le signal transmis passe alors par un retard de 10 échantillons, qui simule le canal de transmission (ceci, toujours en bande de base), afin de passer dans une liaison directe vers le récepteur.

III.3.1.2Récepteur :

La figure III.14, montre la chaîne de réception du système DS-UWB simulé en bande de base. Les blocs sont issus de la bibliothèque UWB : Désétaleur (Despreader) ; Démodulateur ; Désentrelaceur (Deinterleaver) ; Décodeur ; et Désembrouilleur (Descrambler), signifient les opérations inverses de celles réalisées au niveau du transmetteur, avec les même configurations.

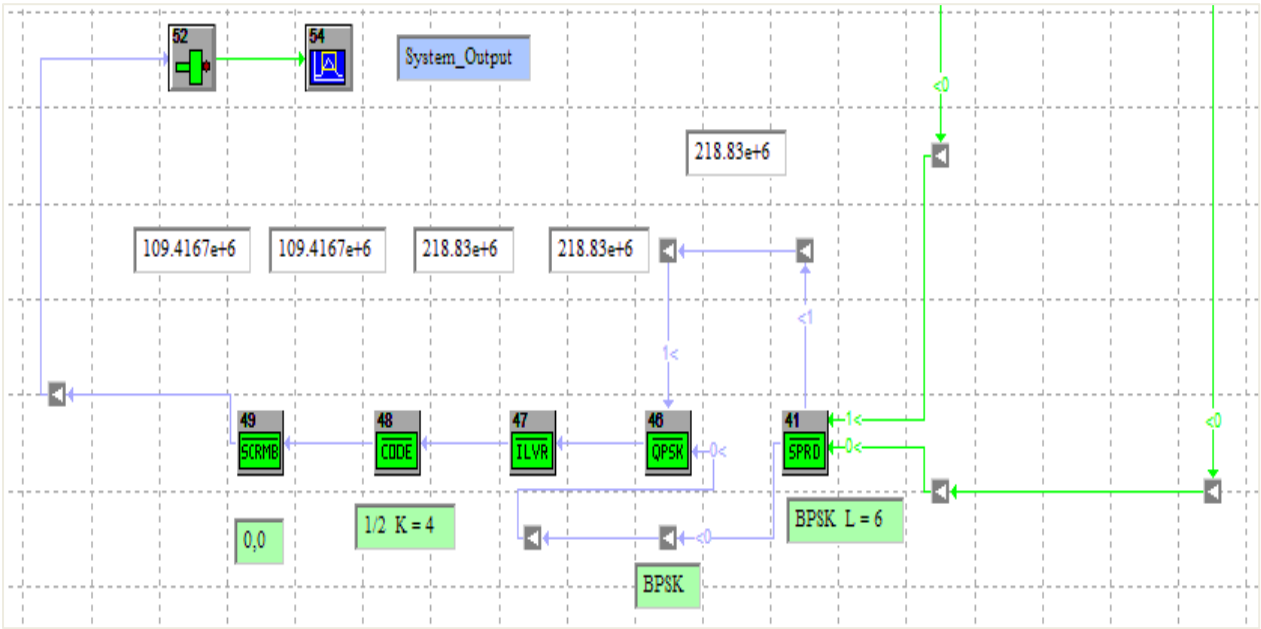


Figure III.14 : Récepteur DS-UWB en bande de base.

Le bloc logique inverseur situé en fin de chaîne, est mis en place après le désembrouilleur, et est configuré avec un offset de 0.05v, pour nous permettre de visualiser simultanément en superposé le signal transmis et le signal reçu. L'affichage en figure III.15 montre une réception sans erreurs, sous le canal retardateur sans bruit.

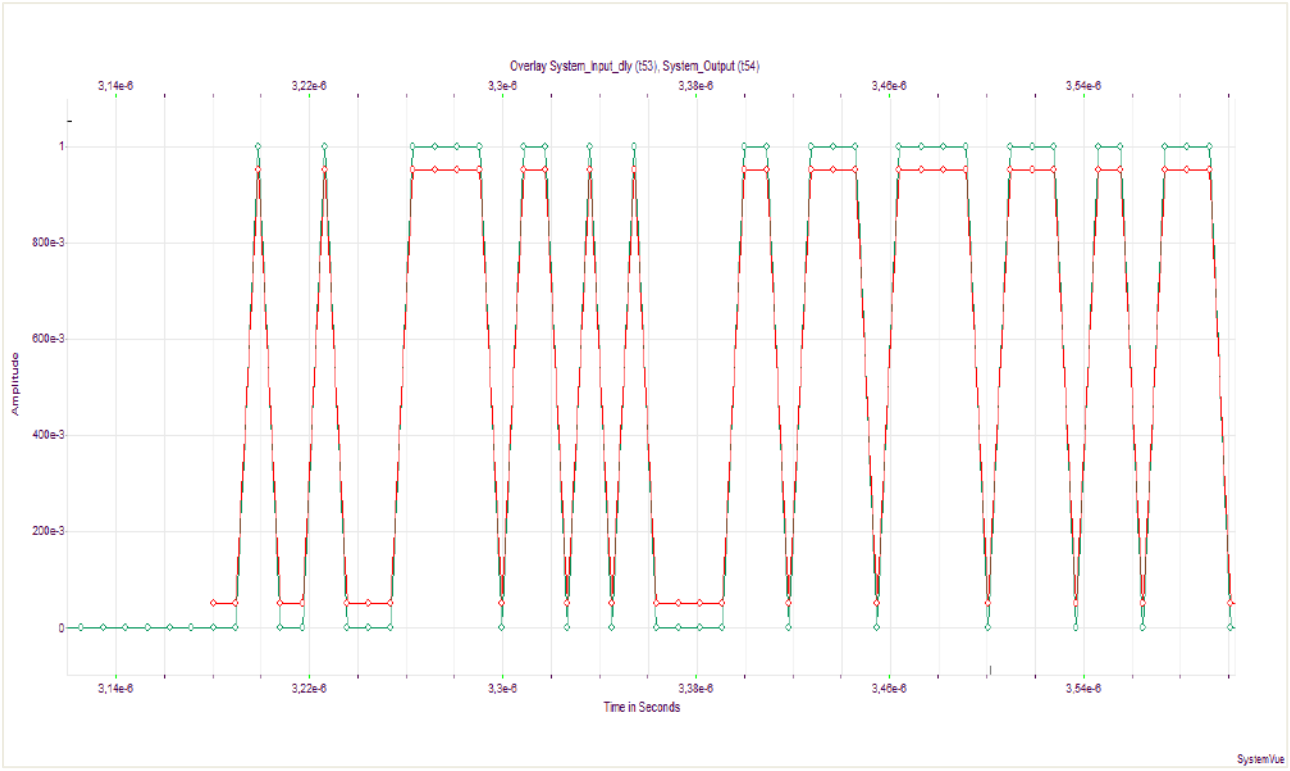


Figure III.15 : Superposition du signal transmis (en vert) et du signal reçu (en rouge).

III.3.2 Simulation du système DS-UWB en RF :

Le système DS-UWB illustré en figure III.16, est semblable au système précédent (figure III.4) simulé en bande de base, sauf que le retard des 10 échantillons dans le chemin de données est remplacé par une paire de section RF (radio fréquence), intégrées dans deux MetaSystems.

Les sections RF contiennent des échantillonneurs, des filtres, des convertisseurs élévateurs et abaisseurs de fréquences. Le système prévoit également un réglage de gain de sortie, et un bruit Gaussien additif de valeur reglable dans le chemin de réception.

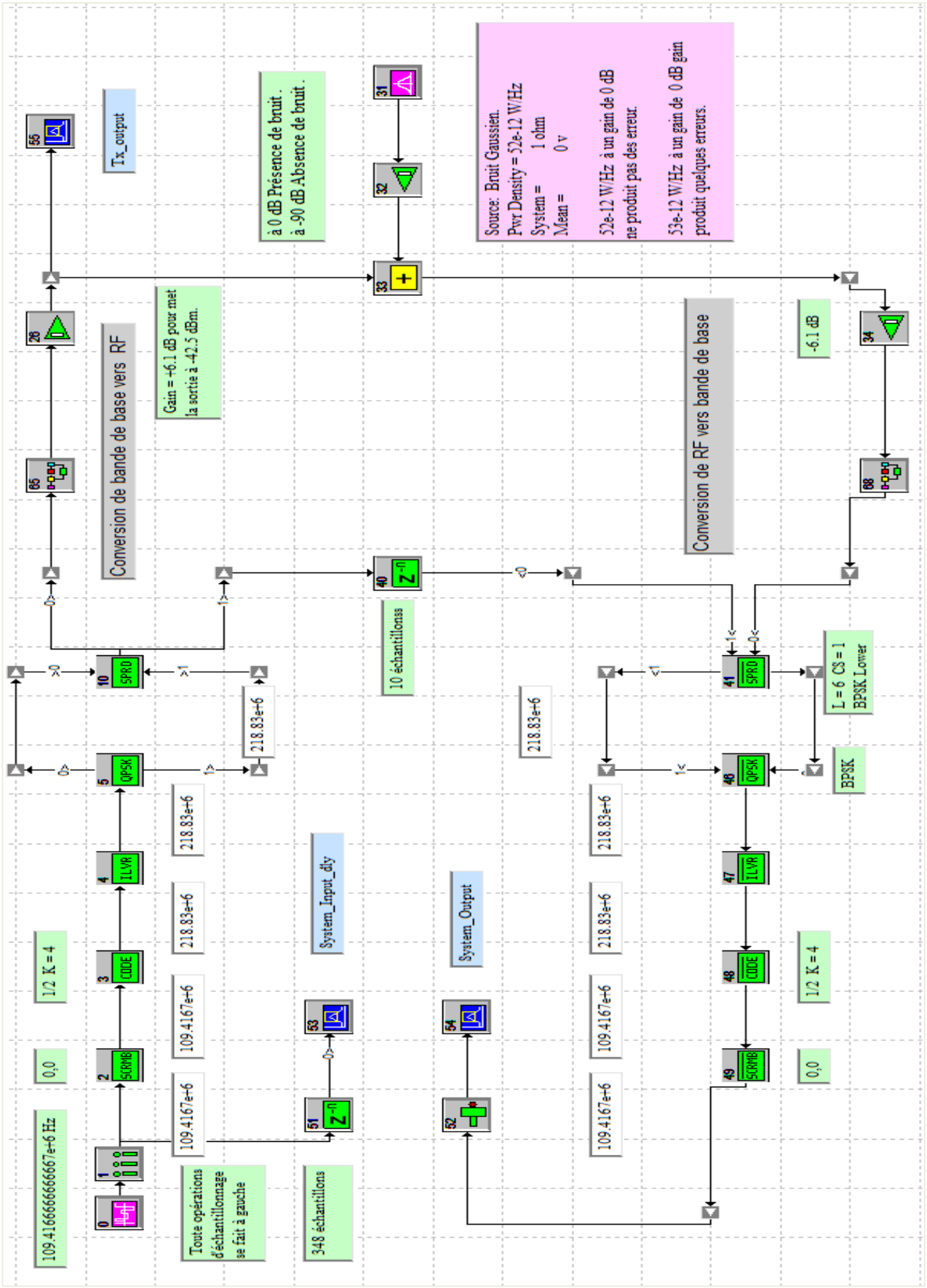


Figure III.16 : Système DS-UWB en bande de base et les sections RF.

III.3.2.1 Section RF de transmission :

Cette section illustrée en figure III.17, a pour rôle de convertir le signal binaire de la bande de base en un signal RF en GHz.

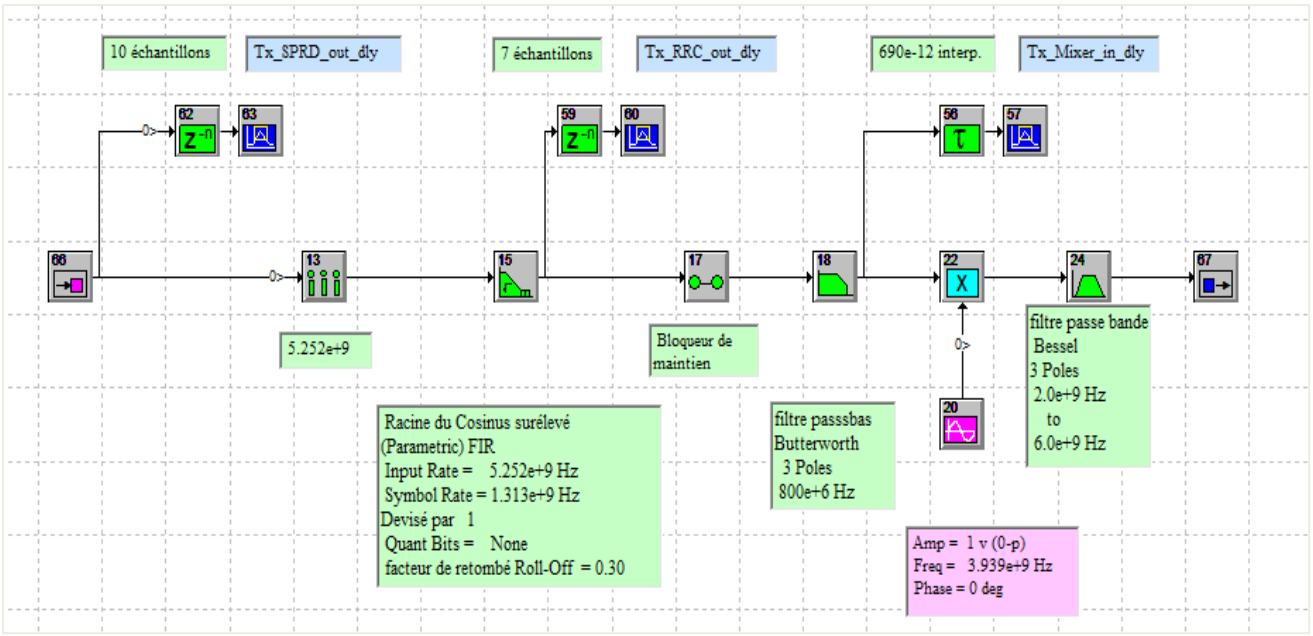


Figure III.17 : le MetaSystem contenant la section RF de transmission (conversion vers les HF).

Elle inclut un filtre en racine du cosinus surélevé (root raised cosine) d'un facteur de retombé (Roll-off) de 0.30, formant des impulsions 4 fois le débit binaire, figure III.18. La configuration du filtre est divisée pour assurer cinq passages par zéro de la réponse impulsionnelle, dans la fenêtre de conception.

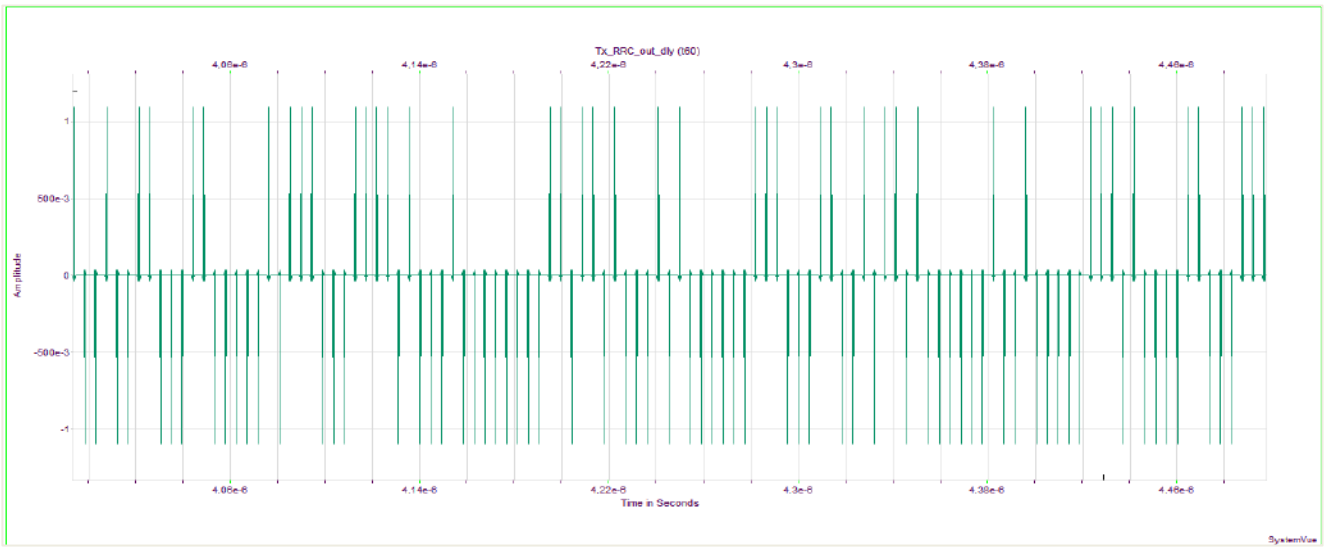


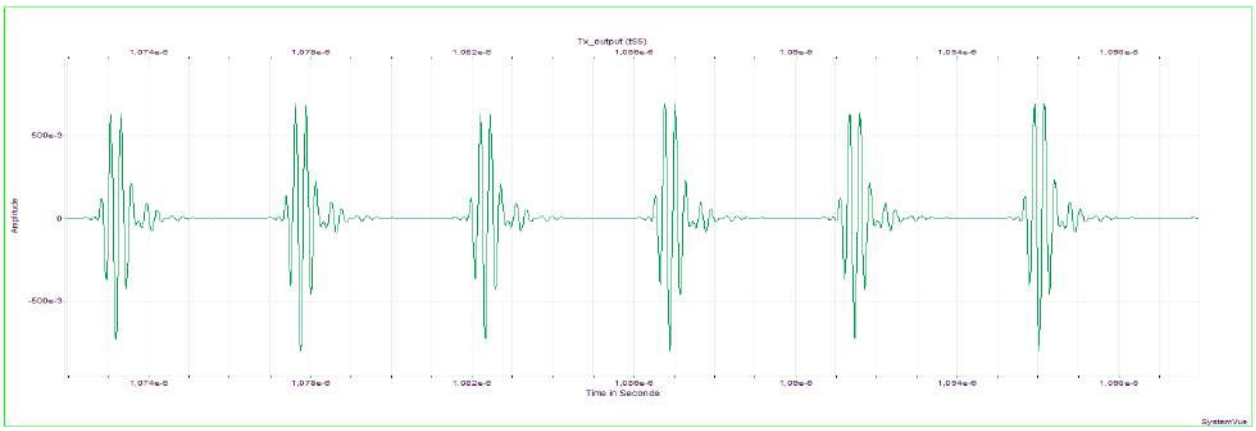
Figure III.18 : signal à la sortie du filtre en racine du cosinus surélevé.

Le bloc de maintien placé après le filtre en racine du cosinus surélevé, renvoi les données la fréquence d'échantillonnage spécifique du système, fixée à 65.536e+9 Hz.

Le filtre passe-bas à 800 MHz réduit la fréquence plus élevée indésirable en sortie du bloc de maintien, avec la préservation de la sortie du filtre en racine du cosinus surélevé. Un signal porteur sinusoïdal de fréquence 3,939 GHz est multiplié au signal pour former le signal UWB.

Un filtre passe-bande du 3ème ordre de 2.0 GHz à 6.0 GHz, est utilisé à la sortie de la section RF de transmission pour fournir un filtrage supplémentaire du système. Le bloc de gain place la sortie de la section RF à 6,1 dB.

Dans la figure III.19, qui représente le signal sortant depuis la section RF, on remarque l'apparition de l'impulsion UWB en forme d'onde sinusoïdale de 2 cycles amortis.



.Figure III.19 : signal à la sortie de la section RF de transmission.

Une quantité contrôlée de bruit peut être injectée dans le chemin de réception, par le bloc additionneur afin de simuler un canal de transmission, figure III.16. Ce bruit est de type Gaussien généré à partir de la bibliothèque, sources. On mettant dans la configuration de la densité spectrale de puissance du bruit, la valeur 53 p W/Hz, le système affiche quelques erreurs visibles dans le signal reçu, figure III.20. Pour une valeur de PSD égale à 52 p W/Hz, le système n'affiche aucune erreur, figure III.21.

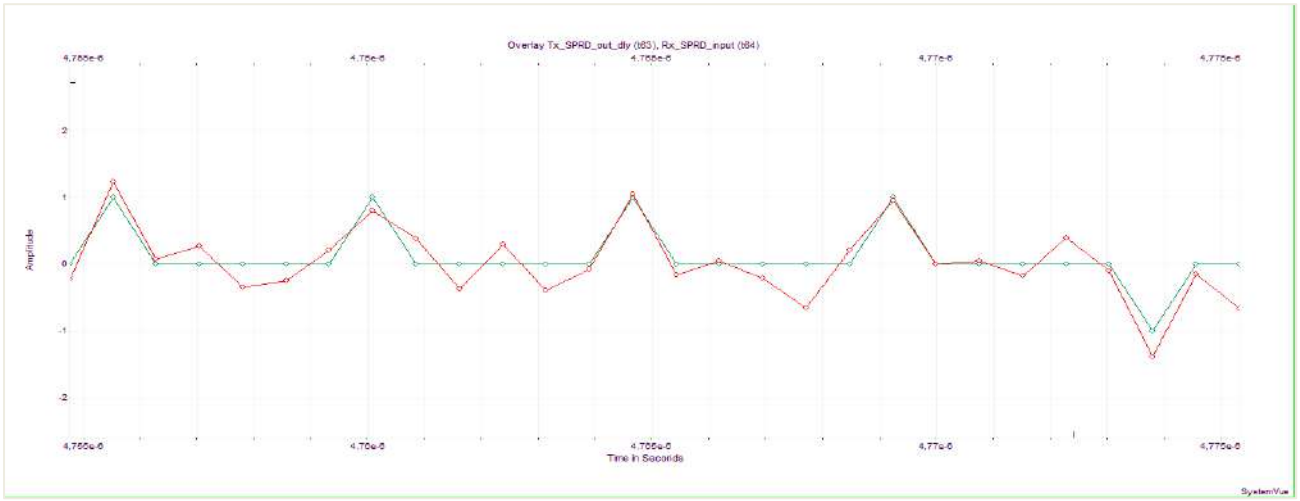


Figure III.20 : Recouvrement du signal à l'entrée d'étaleur en réception (en rouge) et du signal à la sortie d'étaleur en transmission (en vert) avec bruit

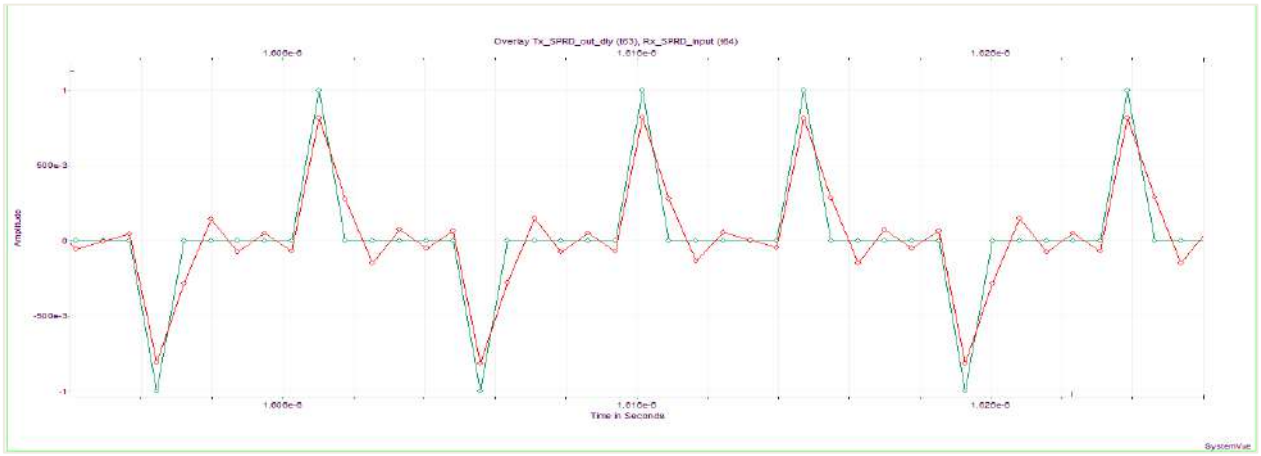


Figure III.21 : Recouvrement du signal à l'entrée d'étaleur en réception (en rouge) et du signal à la sortie d'étaleur en transmission (en vert) sans bruit.

Le bloc de gain à 6,1 dB situé à l'entrée de la section RF de réception, est placé pour compenser celui à la sortie de transmetteur. Cet ajustement de gain permet d'aligner les tracés pour un meilleur affichage.

III.3.2.2 Section RF de réception :

Le MetaSystem en figure III.22 contient la section RF de réception. Elle a le rôle de convertir le signal RF en un signal binaire, qui est traité par la suite dans la chaîne de bande de base.

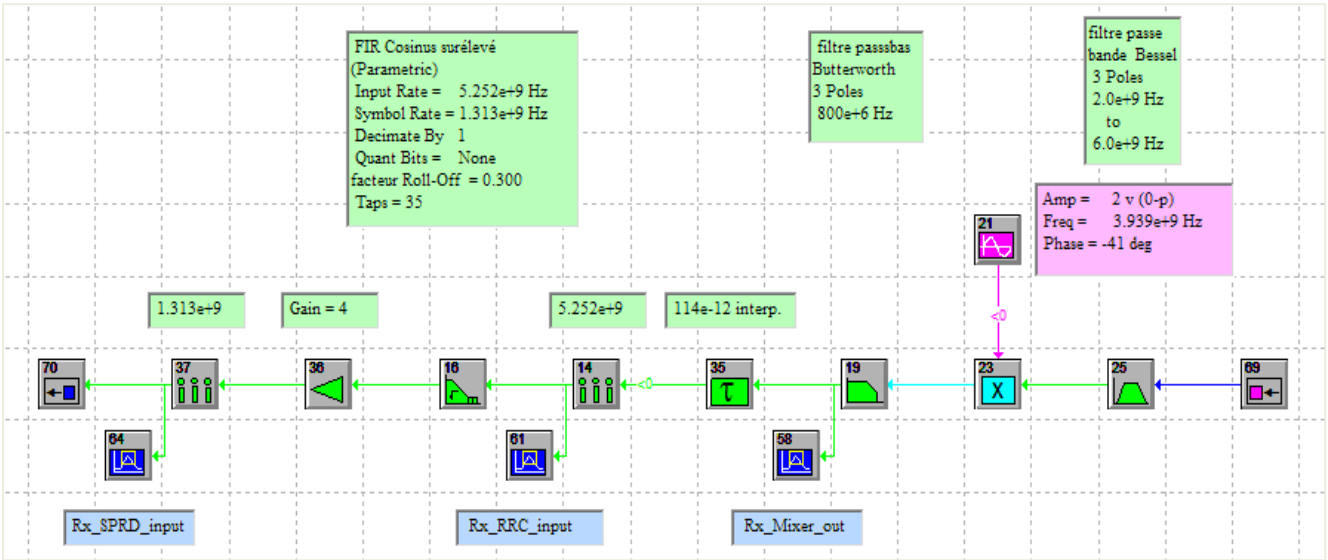


Figure III.22 : le MetaSystem contenant la section RF de réception (conversion d'abaissement de fréquence).

Les blocs qu'existent dans cette section sont similaires aux blocs de la section RF de transmission avec les mêmes configurations. La figure III.23 montre un rassemblement des deux signaux à la sortie du filtre passe-bas en émission et en réception. Il est évidant que le bloc de source sinusoïdal à 3,939e+9 Hz joue le rôle d'un oscillateur local en réception.

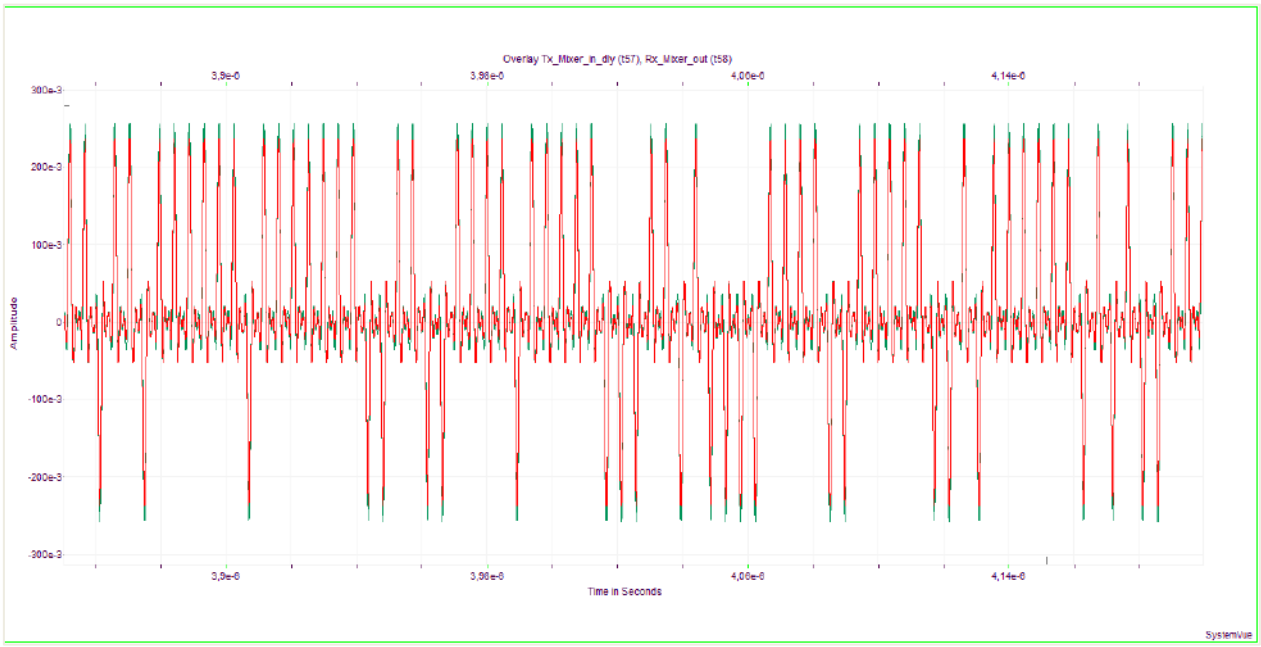


Figure III.23 : rassemblement des deux signaux à la sortie du filtre passe-bas en émission (en vert) et en réception (en rouge).

Le bloc de gain×4 est ajouté après le filtre en racine du cosinus surélevé pour augmenter l'amplitude du signal atténué. Un bloc échantillonneur à la suite du bloc de gain, avec 1,313 10^9 échantillons (6×218,83 10^6) sert à adapter le signal reçu à l'entrée du bloc de désétalement.

La chaîne de réception est donc accomplie avec le traitement de signal en bande de base. La figure III.24 illustre le recouvrement du signal transmis associé au signal reçu, en retardant le signal transmis avant sa mesure.

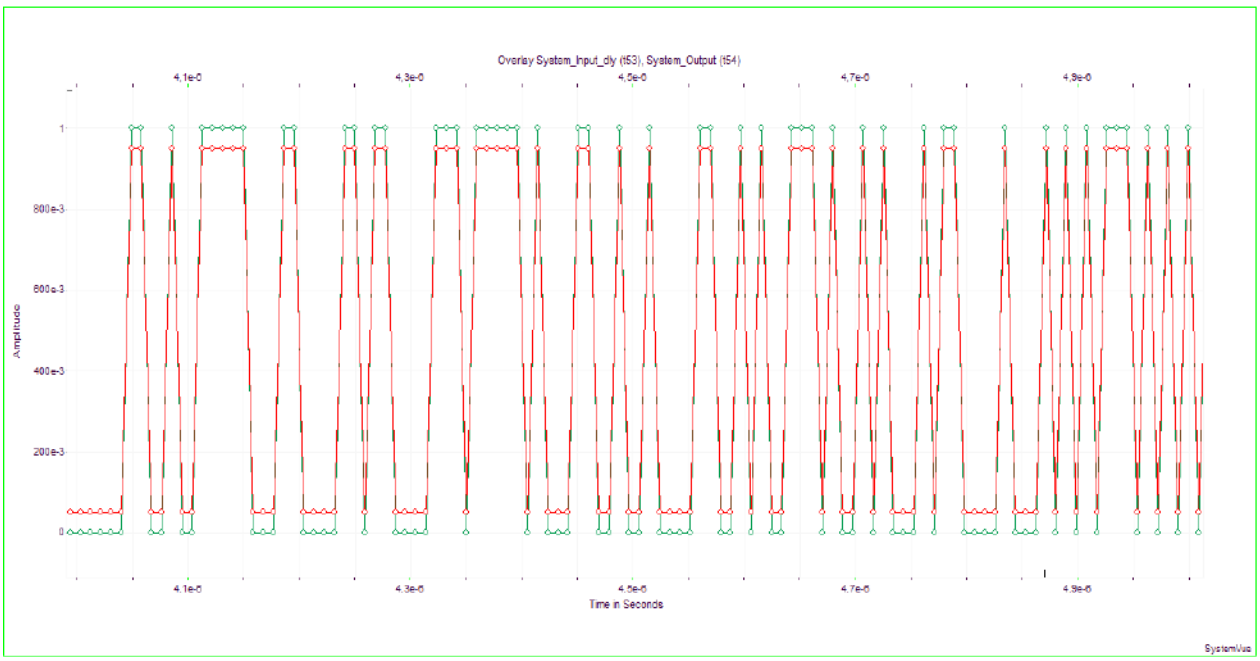


Figure III.24 : Signal transmis (en vert) rassemblé au signal reçu (en rouge).

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les travaux présentés dans ce mèmoire s'inscrivent dans le cadre général des systèmes de transmission UWB. Dans ce contexte général, notre regard s'est porté plus particulièrement sur la structure des systèmes transmetteurs-récepteurs en appliquant les techniques de modulations et de l'accès multiple.

Par l'utilisation de l'outil logiciel SystemVue, les simulations réalisées nous ont donné des approches aux conceptions des systèmes UWB, où les différents dispositifs sont faciles à configurer et contrôler.

En première partie de simulation, Les modulations OOK et PPM présentent presque les mêmes performances d'analyse des signaux transmis et reçus, la PPM montre plus de complexité de circuit, ce qui provoque des difficultés de synchronisation à la réception.

Dans la deuxième partie, Le système DS-UWB présente une adaptation des données binaires à la transmission, sur la bande de base et l'interface radio. En plus, une élimination parfaite des interférences inter symbole (ISI).Le débit élevé de transmission, et un avantage majeur dans cette technique.

Finalement, nous proposons dans les futurs projets d'améliorer notre simulation en ajoutant le multi-trajet au canal de transmission, l'utilisation des autres techniques de modulation, ainsi que plusieurs autres améliorations, car nous avons constaté durant notre recherche bibliographique que ce sujet s'inscrit dans un domaine très récent, très vaste et de grand intérêt pour les réseaux personnels sans fil du futur.

Références

[1] H. F. Harmuth. Transmission of Information by Orthogonal Functions, First Edition. Springer, 1969.

[2] H. F. Harmuth. ‘A Generalized Concept of Frequency and Some Applications’. IEEE Transactions on Information Theory, vol. IT-14, no3, pages 375–382, Mai 1968.

[3] Gerald F. Ross et Kenneth W. Robbins. ‘Baseband radiation and reception system’. U.S. Patent No 3,739,392, Juin 1973.

[4] R.M. Morey. ‘Geophysical surveying system employing electromagnetic impulses’. U.S. Patent No 3,806,795, 1974.

[5] T.W. Barrett. ‘History of Ultra WideBand (UWB) Radar & Communications: Pioneers and Innovators’. In Progress In Electromagnetics Symposium 2000 (PIERS 2000), Cambridge, USA, Juillet 2000.

[6] (Part 15 - Radio Frequency Devices). Rapport, Federal Communication Commission - Office of Engineering and Technology.

[7] (Revision of the Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems, Notice of Inquiry). Rapport, Federal Communication Commission, 1998.

[8] (First report and order, ET Docket No. 98-153). Rapport, Federal Communication Commission, Avril 2002.

[9] Homayoun Nikookar TU Delft. ‘Introduction to Ultra Wideband for Wireless Communications’, The Netherlands and Ramjee Prasad Aalborg University, Denmark CTiF, Center for TeleInFrastruktur, Springer p 26-27.

[10] Faten SALEM BAHRI. ‘Contribution à l’étude des systèmes ULTRA WIDEBAND différentielles’. l’ÉCOLE NATIONALE D’INGÉNIEURS DE TUNIS, 30 Mai 2009.

[11] M. Ghavami *King’s College London, UK* L. B. Michael *Japan* R. Kohno *Yokohama National University, Japan*. ‘Ultra Wideband Signals and Systems in Communication Engineering Second Edition’.John Wiley & Sons, Ltd, p 10-24.

[12] David MARCHALAND. ‘Architectures et Circuits dédiés aux Émetteurs Ultra Large Bande Bas Débit’. Université de Marne-La-Vallée, p 16-18.

[13] Mohamad MROUE. ‘Integration and Performance of Architectures for UWB Radio Transceiver’. L’INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE RENNES, février 2009.

[14] Emeric GUEGUEN. ‘Etude et optimisation des techniques UWB haut débit multibandes OFDM’. Institut National des Sciences Appliquées de Rennes, janvier 2009.

[15] Jarrod Cook et Nathan Gove. ‘Ultra-Wideband Research and Implementation’. Senior Capstone Project 2007.

[16] MICHEL Thériault. ‘Étude des performances d’un système DS-CDMA avec récepteur RAKE dans le contexte UWB’, FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE UNIVERSITÉ LAVAL QUÉBEC, Octobre 2005.

[17] Stephen H. Kratzet. ‘MB-OFDM and DS-UWB Ultra-Wideband Design Using SystemView by Elanix’, Eagleware-Elanix App Note AN-148.

GLOSSAIRE

BF	Fractional Bandwidth
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BW	Bande Width
DS-CDMA	Direct Sequence Code Division Multiplexing Access
DSP	Densité Spectrale de Puissance
FCC	Federal Communication Commission
FH	Frequency Hopping
GFSK	Gaussian frequency shift keying
GPR	Ground Penetrating Radar
GSSI	Geophysical Survey Systems, Inc
HDTV	High Definition Television
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Enginers
IR	Impulse Radio
ISI	Inter Symbol interference
ISM	Industrial Scientific and Medical
MB-OFDM	Multi Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing
M –BOK	M ary Bi-Orthogonal Keying
MB-UWB	Multi Band Ultra Wide Band
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OOK	On Off Keying
PAM	Phase Amplitude Modulation
PC	Personal Computer
PN	Pseudo Noise
PPM	Pulse Position Modulation
RF	Radio Frequency

UMTS	Universal Uobile Telecommunication System
USB	Universal Serial Bus
UWB	Ultra Wide Band
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network