

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب لعين تموشنت

Centre Universitaire de Ain Témouchent - BELHADJ Bouchaib -

Institut de Technologie

Département de Génie Electrique



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Domaine : SCIENCES & TECHNOLOGIES

Filière : ELECTRONIQUE

Spécialité : Instrumentation

Thème :

Conception d'un générateur IR-UWB
pour la localisation et poursuite de cibles mobiles en environnement indoor

Présenté par : BOUTEFLIKA Ali Rafik & SAHLI Yamina

Soutenu en Septembre 2020 devant le Jury :

MERADI Abdelhafid	M.C.B	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
BENCHERIF Kaddour	M.C.A	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examinateur
SLIMANE Zohra	M.C.A	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant

Année universitaire 2019/2020

Dédicace

« *Au nom de Dieu, le clément, le miséricordieux. Gloire à Allah maître des mondes, que la prière de Dieu soit sur son prophète Mohamed (q.s.s.) sur sa famille et tous ses compagnons »*

Je dédie ce travail à :

À mes parents Hadj Bouazza et Youani Fatima pour leur amour inestimable, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer.

À ma sœur Hadjer et mes deux frères Lamza et Alys

À tous les membres de la famille Bouteflika et Youani

À mes amis rachid, salah, lakhdar et ikram

*À tous nos collègues du centre universitaire
BELHADJ BOUCHAIB.*

À tous les membres de l'organisation

UGEL

l'Union Générale étudiante Libre de Ain Témouchent.

Ali Rafik

Dédicace

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

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

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

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

*Un grand merci à ma sœur Saida
qui a été toujours là pour me rendre service et m'a épaulée durant ces années.*

Une pensée éternelle à mon cher oncle Hamid et mes chères tantes Malika , Saliha et Fatna qui m'ont beaucoup épaulée et encouragée par leur amour et tendresse dans les moments les plus difficiles.

Sans oublier ma grand-mère que Dieu lui accorde une très bonne santé, elle est toujours à mes côtés avec ses adorables prières. Mon cœur n'oublie jamais ma grande famille que j'aime énormément à qui je souhaite tout le bonheur du monde.

Yamina

Résumé

L'objectif de ce travail est la conception d'un générateur IR-UWB pour la localisation et poursuite de cibles mobiles en environnement indoor. Ce type d'applications nécessite des impulsions très brèves (subnanseconde) avec une puissance suffisante quasiment dans la bande 3-10 GHz (régulation FCC). Cela permet d'avoir une très haute résolution et augmenter la portée du radar. Le générateur étudié est composé de deux modules : un module driver et un module d'impulsion. Le module driver intègre un circuit de différenciation et un circuit à base de transistor avalanche. Le module d'impulsion incorpore un circuit de mise en forme d'impulsions basé sur la diode SRD (Step Recovery Diode) et un circuit de formation d'impulsions monocycle utilisant une diode Schottky. Le générateur a été implémenté et simulé sous ADS 2009. Les résultats sont concluants. La largeur et l'amplitude de l'impulsion obtenus sont respectivement approximativement (2ns) et (2.7V) répondant tout à fait aux contraintes des applications visées.

Mots clés :

IR-UWB, UWB, ULB, FCC, SRD, SD, transistor avalanche, Schottky, Step Recovery Diode, générateur d'impulsion, impulse radio, monocycle, Radar, ADS 2009

Abstract

The objective of this work is the design of an IR-UWB generator for locating and tracking moving targets in an indoor environment. This type of application requires very short (subnanosecond) pulses with sufficient power almost in the 3-10 GHz band (FCC regulation). This allows for very high resolution and increases the range of the radar. The studied generator is composed of two modules: a driver module and a pulse module. The driver module integrates a differentiation circuit and an avalanche transistor-based circuit. The pulse module incorporates a step recovery diode (SRD) based pulse circuit and a monocycle pulse shaping circuit using a Schottky diode. The generator was implemented and simulated under ADS 2009. The results are conclusive. The width and amplitude of the pulse obtained are respectively approximately (2 ns) and (2.7V) fully meeting the constraints of the targeted applications.

Keywords :

IR-UWB, UWB, ULB, FCC, SRD, SD, avalanche transistor, Schottky, Step Recovery Diode, pulse generator, impulse pulse, monocycle, Radar, ADS 2009

الهدف من هذا العمل هو تصميم مولد IR-UWB لتحديد وتتبع الأهداف المتحركة في بيئة داخلية. يتطلب هذا النوع من التطبيقات نبضات قصيرة جداً دون ثانية مع طاقة كافية تقريباً في النطاق 3-10 جيجاهرتز (تنظيم لجنة الاتصالات الفيدرالية). هذا يسمح بدقة عالية للغاية ويزيد من نطاق الرادار. يتكون المولد المدروس من وحدتين: وحدة محرك ووحدة نبضية. تدمج وحدة المحرك دائرة تمايز ودائرة قائمة على الترانزستور الانهيار الجليدي. تشمل وحدة النبض على دائرة تشكيل نبضة تعتمد على الصمام الثنائي للاستعادة التدريجية (SRD) ودائرة تشكيل نبض الدراجة الأحادية باستخدام الصمام الثنائي شوتكي. تم تنفيذ المولد ومحاكاته بموجب ADS 2009. النتائج قاطعة. إن عرض وسعة النبضة التي تم الحصول عليها هي على التوالي تقريباً (2ns) و (2.7V) تلبي تماماً قيود التطبيقات المستهدفة.

الكلمات

:"

، ترانزستور الانهيار الجليدي ، شوتكي ، صمام ثنائي SD ، SRD ، FCC ، ULB ، UWB ، IR-UWB ، ADS 2009 استرداد الخطوة ، مولد النبض ، دورة أحادية ، رادار ،

Remerciements

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

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrant Mme SLIMANE Zohra, pour nous avoir dirigés et guidés tout le long de ce travail et pour toutes les idées et les conseils et remarques constructives étaient très bénéfiques pour notre travail Son soutien permanent ainsi que sa disponibilité pour l'achèvement de ce travail nous ont été très favorable. Son enthousiasme, sa rigueur et sa passion pour la recherche, ont rendu nos nombreuses discussions scientifiques très enrichissantes.

Nous sommes particulièrement sensibles à l'honneur que me font Messieurs les membres du jury en acceptant de lire et de juger ce mémoire. Nous tenons à remercier tout particulièrement Monsieur MERADI Abdelhafid d'avoir accepté de présider ce jury. Nous remercions Monsieur BENCHERIF Kaddour qui nous a fait l'honneur d'examiner le présent travail.

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

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

Pour finir, nous remercions nos familles pour leurs patiences, leurs sacrifices et leurs encouragements. Son oublier notre deuxièmement famille UGEL pour leur soutien et leur encouragement.

Table des matières

Résumé.....	iii
Remerciements.....	v
Table des matières.....	vi
Liste des figures.....	viii
Liste des tableaux.....	x
Acronymes.....	xi
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I

Vue d'ensemble

sur la technologie Ultra Wide Band (UWB)

1.1 Introduction.....	5
1.2 Caractéristiques générales de la technologie à bande ultra-large	6
1.3 Réglementation de La technologie UWB	8
1.3.1 Règlementation de l'UWB dans le monde	8
1.3.2 Règlementation de l'UWB aux Etats-Unis	8
1.3.3 Réglementation de la technologie UWB en Europe	11
1.3.4 Régulation de la technologie en Asie	12
1.4 Formes d'ondes UWB	13
1.4.1 MB-OFDM :	13
1.4.2 DS-CDMA	14
1.4.3 La radio par impulsion IR UWB	14
1.4.4 L'impulsion gaussienne	15
a) Le monocycle gaussien	16
b) Le doublet gaussien.....	16
1.5 Applications de la technologie UWB	17
1.5.1 Imagerie radar	17
1.5.2 Radars de véhicule	18
1.5.3 Les systèmes de surveillance	18
1.5.4 Communication haut débits	18
1.5.5 Les réseaux de communication WPAN	18
1.5.6 Réseaux de capteurs WBAN	19
1.6 Architecture émetteur/récepteur	20
1.6.1 Emetteur UWB	20
1.6.2 Récepteur UWB	21
1.7 Conclusion	22

CHAPITRE II
Techniques de mise en œuvre
de générateurs IR-UWB

2.1 Introduction.....	24
2.2 Génération d'impulsion à effet avalanche.....	24
2.3 Génération d'impulsion à effet tunnel	26
2.4 Diode SRD (Step Recoverg Diode).....	27
2.5 Comparaison des différents types de générateurs d'impulsion IR-UWB	31
2.6 Conclusion	33

CHAPITRE III
Conception d'un générateur IR-UWB
Résultats de simulations sous ADS2009

3.1 Introduction	35
3.2 Présentation du logiciel ADS	36
3.2.1 Description de logiciel ADS	36
3.2.2 Installation du logiciel ADS	36
3.2.3 Création d'un espace de travail dans l'ADS	39
3.2.4 Différentes fenêtres de l'ADS	41
3.2.5 Conception d'un système sous ADS	43
3.3 Générateur d'impulsions IR-UWB	44
3.3.1 Circuit proposé à l'étude	44
3.3.1.1 Module driver	44
(a) Circuit différentiateur	45
(b) Circuit avalanche	45
3.3.1.2 Module d'impulsion	46
(a) Circuit de mise en forme d'impulsions SRD	46
(b) Circuit de formation d'impulsions monocycle	47
3.3.2 Modèle SRD	47
3.3.2.1 Structure et caractéristique de SRD	48
3.3.2.2 Analyse du circuit équivalent SRD	49
3.4 Implémentation du circuit du générateur d'impulsion IR-UWB sous ADS 2009	51
3.5 Résultats de simulation	53
3.6 Conclusion	55
Conclusion générale.....	56
Bibliographie.....	58

Liste des figures

Figure	Page
Figure 1-1 : Fréquence et puissance des différentes technologies sans fil.....	6
Figure 1-2 : Propagation par trajets multiples [13].....	7
Figure 1-3 : Systèmes radio présents dans les bandes UHF et SHF	9
Figure 1-4 : Masque d'émission pour les signaux UWB autorisé par la FCC pour les communications en indoor (en pointille bleu) et en outdoor (en continu rouge).....	10
Figure 1-5 : Les limites de la CEPT pour les systèmes de communication UWB.....	12
Figure 1-6 : Les limites proposées en Asie pour les systèmes UWB.....	13
Figure 1-7 : Bande OFDM définie par la norme 802.15.3a.....	13
Figure 1-8 : Illustration du principe du CDMA.....	15
Figure 1-9 : Représentations temporelles et fréquentielles de l'impulsion gaussienne et ses 3 premières dérivées, pour $\tau = 100\text{ps}$	15
Figure 1-10 : Les différents spectres des impulsions gaussiennes	17
Figure 1-11 : Exemple d'un système ULB d'imagerie à travers les murs.....	18
Figure 1-12 : Réseaux personnels sans fil (WPAN).....	19
Figure 1-13 : WBAN (Wireless Body Area Network), (a) <i>La Telemedicine</i> , (b) <i>Les uniformes Intelligents</i>	20
Figure 1-14 : Schéma du principe d'un émetteur ULB.....	21
Figure 1-15 : Récepteur UWB cohérent.....	21
Figure 1-16 : Détecteur UWB non cohérent.....	22
Figure 2-1 : Générateur d'impulsion à effet avalanche.....	25
Figure 2-2 : Caractéristique $I = f(V)$ d'une diode à effet tunnel.....	26
Figure 2-3 : Montage d'utilisation d'un générateur d'impulsions d'une diode à effet tunnel.....	27
Figure 2-4 : Générateur de front raide de la diode SRD.....	28

Figure 2-5 : Chronogramme d'un générateur de front raide a diode.....	28
Figure 2-6 : Générateur de front raide à diode SRD et transistor FET	29
Figure 2-7 : Schéma d'un générateur d'impulsion à diode SRD.....	30
Figure 2-8 : Générateur d'impulsion SRD réglable par diode PIN [24].....	31
Figure 2-9 : Générateur de front raide à deux diodes SRD	31
Figure 3-1 : Création d'un nouveau projet.....	40
Figure 3-2 : La boîte de dialogue de la bibliothèque ADS	40
Figure 3-3 : La boîte de dialogue "Choose Technologie for library".....	41
Figure 3-4 : Fenêtre de schémas.....	42
Figure 3-5 : Fenêtre de masques de circuits.....	42
Figure 3-6 : Fenêtre de résultat.....	42
Figure 3-7 : Fenêtre schématique.....	43
Figure 3-8 : Générateur d'impulsions IR-UWB [10].....	44
Figure 3-9 : Module Driver : (a) circuit différenciateur, (b) circuit avalanche [10].....	45
Figure 3-10 : Module d'impulsion : (a) Circuit de mise en forme d'impulsions SRD, (b) circuit de formation de monocycle [10]....	46
Figure 3-11 : Profil d'impulsion du SRD.....	48
Figure 3-12 : Les courbes caractéristiques de tension et de courant de la diode commune et de la diode SRD.....	48
Figure 3-13 : Circuit équivalent faible signal du SRD : (a) polarisation directe, (b) polarisation inverse	50
Figure 3-14 : Modèle de la diode SRD sous ADS 2009	51
Figure 3-15 : Implémentation du driver sous ADS 2009.....	52
Figure 3-16 : Implémentation du circuit de formation d'impulsions monocycle sous ADS 2009	52
Figure 3-17 : Implémentation du circuit de mise en forme d'impulsions SRD sous ADS 2009..	53
Figure 3-18 : Train d'impulsions monocycle générées.....	54
Figure 3-19 : Forme d'onde de l'impulsion monocycle générée.....	54

Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau 1.1 : Les limites de la FCC pour les différents systèmes UWB.	10
Tableau 2-1 : Comparaison des différents générateurs selon la diode utilisée	32
Tableau 3-1 : Valeurs des paramètres utilisés dans la modélisation du SRD	51

Acronymes

BAN	Body Area Network.
BPSK	Binary Phase Shift Keying
CEPT	Conférence Européenne des Administration des Postes et Télécommunications.
DAA	Detect And Avoid.
DS-CDMA	Direct Sequence Code Division Multiple Access.
DSP	Densité Spectrale de Puissance.
ECC	Electronic communication comminutee.
ETST	Européen Télécommunication Standards Institute.
FCC	Federal Communication Comission.
GPR	Groupe Penetrating Radar.
GPS	Global Position System
GSM	Global System for Mobile.
IDA	Infocomm Développement Authority.
IR	Impulse Radio.
ISM	Industrial Scientific and Medical.
LPD	Faible Probabilité de détection.
LPI	Faible Probabilité d'interception.
MB- OFDM	Multi Band Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
MC-CDMA	Multiple carrier Code Division Multiple Access.
MRC	Maximum Ratio Combining.
NTIA	National Telecommunications and Information Administration
OOK	On –Off Keying.
PAM	PAM : Pulse Amplitude Modulation.
PIRE	Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente.
PPM	Pulse Position Modulation.
PSK	Phase Shift Keying
QPSK	Quadratue Phase Shift Keying.
RF	Radio Frequency.
RTD	Resonant Tunnel Diode.
SD	Schottky Diode.
SDD	Symbolically Defined Device.
SHF	Super Haute Fréquence ou Super High Frequency (3 à 30 Ghz)
SRD	Step Recovery Diode.

UFZ	UWB Friendly Zone.
UHF	Ultra Haute Fréquence ou Ultra High Frequency (300Mhz à 3 Ghz).
ULB	Ultra Large Bande.
U-NII	Unlicensed National Information Infrastructure.
UWB	Ultra Wide Band
UWB	Ultra Wide Bande.
WIMAX	World Wid Interoperability for Microwave Access
WPAN	Wireless Personal Area Network.

Introduction générale

L'ultra large bande ou l'ultra wide band (UWB) est une technologie de transmission radio électrique qui consiste à utiliser des signaux s'étalant sur une large bande de fréquences, typiquement de l'ordre de 500 MHz à plusieurs GHz, d'abord utilisée dans le domaine de la localisation radar, cette technologie est appliquée depuis une dizaine d'années à la communication sans fil suscitant un intérêt grandissant au sein de la communauté scientifique et industrielle.

Cela est dû ses nombreux avantages liés à la nature des signaux transmis et aux larges possibilités offertes en termes de débits ; à l'origine UWB est basée sur l'émission d'impulsion très courtes permettant d'occuper une très large bande de fréquences, offrant donc la possibilité d'atteindre de hauts débits de transmission. UWB permet d'atteindre des débits de plusieurs centaines de mégabits par seconde, tout en conservant une complexité et des coûts limités.

Dès février 2002 l'autorité de régulation américaine fédérale communication commission (FCC) a autorisé l'émission de signaux UWB dans la bande [3,1 GHz -10,6GHz] avec une puissance limitée à -41.3 dBm/Mhz , encourageant les efforts de recherche dans ce domaine. UWB offre plusieurs avantages, parmi ces avantages, on peut notamment citer la possibilité de transmettre des données sans porteuse, ce qui simplifie l'architecture des systèmes radio ainsi la très courte durée des impulsions émises assure une transmission robuste aux effets d'un canal à trajets multiples en émission et permet la coexistence de l'UWB avec d'autres technologies radio à bande plus étroite.

Les principales caractéristiques propres à la technologie UWB sont son large support spectral et son fort pouvoir de résolution temporelle, permettant de proposer des systèmes radar de détection, de localisation et d'identification.

De nouveaux défis scientifiques et techniques étaient lancés en raison de l'aspect spécifique des systèmes UWB et de ses perspectives d'application très prometteuses, l'UWB semble donc une solution innovante et attractive pour les futurs systèmes de communication radio ; deux

proposition concurrentielle pour l'UWB haut débit ont été soutenues par deux consortiums industriels.

La première proposition dite multi bande a porteuses orthogonales ou multi bande orthogonal frequency division multiplexing (MB-OFDM) repose sur la modulation multi-porteuse OFDM, tandis que l'autre dite radio impulsionnelle UWB à séquence directe (DS-UWB) qui repose sur l'émission d'impulsion de très courte durée ou le signal est combiné avec la technique d'étalement de spectre par séquence directe .

La radio impulsionnelle issue du monde du radar et de la recherche militaire est arrivée discrètement à la connaissance du monde civil dans la seconde moitié des années 90, promettant alors de changer la façon de faire de la radio, l'abandon du principe de modulation d'une porteuse analogique au profil d'impulsion constitue le changement le plus radical qu'ait connu l'art de la radio. L'émission ne se fait qu'une petite partie du temps, mais sur une très grande partie du spectre.

La radio impulsionnelle avait apporté de multiples bienfaits tels que la possibilité de réactualiser le spectre sans perturber les utilisateurs en place, d'atteindre facilement des débits de plusieurs centaines de Mbit/s avec une consommation électrique très faible ; par ailleurs la grande largeur de bande du signal UWB-IR garantit une bonne immunité contre les effets des trajets multiples et laisse entrevoir pour la première fois la possibilité d'atteindre une précision de géo-localisation très élevée, tous ces points forts devaient permettre à la radio impulsionnelle d'applications très variées, sa nature impulsionnelle et sa large bande lui confèrent en outre une bonne résistance aux brouillages et aux trajets multiples ce qui la rend très adaptée à une utilisation en indoor.

Ce mémoire a été consacré à la conception d'un générateur IR-UWB pour la localisation et poursuite de cibles mobiles en environnement indoor. Ce type d'applications nécessite des impulsions très brèves subnanoseconde avec une puissance suffisante quasiment dans la bande 3-10 GHz (régulation FCC).

La suite du présent mémoire comporte trois chapitres dont les contenus sont les suivants :

Le premier chapitre mémoire est consacré à la présentation de la technologie UWB, ceci en citant le masque fréquentiel imposé par la FCC et les caractéristiques principales de l'UWB, par la suite dans le domaine de transmission nous présentons les deux grandes familles formes d'onde , il s'agit d'une part des formes d'onde impulsionnelle, et d'autre part des formes d'onde multi porteuse (MB-OFDM, DSSSS), aussi nous abordons les techniques

de transmission haut et bas débit et nous terminons par les architectures des émetteurs récepteurs UWB.

Le deuxième chapitre présente les différentes méthodes électroniques pour générer des impulsions monocycles, nous citons la génération d'impulsion à effet tunnel et le dernier générateur d'impulsion basé sur la diode SRD, puis nous donnons une petite comparaison entre ces modèles ainsi nous ferons un choix technologique pour ce projet de fin d'études

Le troisième chapitre est consacré à la conception d'un générateur IR-UWB basé sur la diode SRD. Nous commencerons par une présentation du logiciel de simulation ADS développé par la société Keysight. Ensuite, nous présentons le circuit global du générateur, et nous décrivons les différents composants, en particulier le modèle SRD et son circuit équivalent. Enfin, nous présentons les étapes de conception, de simulation ainsi que les résultats de simulation sous ADS 2009.

Chapitre 1

Vue d'ensemble sur la technologie Ultra Wide Band (UWB)

1

Vue d'ensemble sur la technologie Ultra Wide Band (UWB)

1.1 Introduction

La technologie ULB (Ultra large bande) dite UWB (Ultra wide band (en anglais)) est un terme générique utilisé pour désigner une technique de transmission radio qui a été étudiée sous différentes appellations de puis le milieu du 20^{ème} siècle [1]. Réservée il ya encore une vingtaine d'années aux radars, aux communications militaires, la technologie UWB a évolué de façon plus qu'importante au cours de ces dernières années [2]. Ce n'est qu'en 1989 que le terme ULB à été introduit par le département américain de la défense [1]. Cette technologie qui consiste à émettre des impulsions de très courtes durées, Elle est connue comme une nouvelle technologie de communication sans fil avec des débits très importants et présentant également des fonctionnalités d'imagerie et de localisation. Elle est utilisée dans le domaine de la localisation radar[3]. Les systèmes UWB étudiés fonctionnent dans la bande [3.1-10.6] GHz en raison du gabarit spectral proposé par l'organisme de normalisation des États-Unis puis par d'autres pays [4]. Il s'agit d'une technique de transmission radioélectrique qui consiste à utiliser des signaux s'étalant sur une large bande de fréquence typiquement de l'ordre 500 MHz à plusieurs GHz. Les dispositifs de cette technologie c'est la transmission et la réception d'ondes non sinusoïdales, généralement des impulsions de très courte durée, de sorte qu'elles occupent instantanément de très grandes largeurs de bande d'émission et qu'elles couvrent fondamentalement une très grande partie du spectre de fréquence [3]. En parallèle d'un aspect très haut débit, les caractéristiques intrinsèques des signaux ULB telles que la faible puissance émise ou l'aptitude à la localisation ouvrent une voie innovante en direction des systèmes de communication contrainte à une faible consommation électrique [5]. Un des tournants dans cette évolution s'est produit en février 2002 lorsque la Federal communications commission (FCC) a mis en place une réglementation autorisant l'utilisation de la technologie UWB pour les télécommunications grand public aux États-Unis. En attribuant une bande de fréquence continue de 7.5 GHz [2].

L'évolution des circuits numérique de plus en plus rapides a mené au développement de matériel peu coûteux [3].

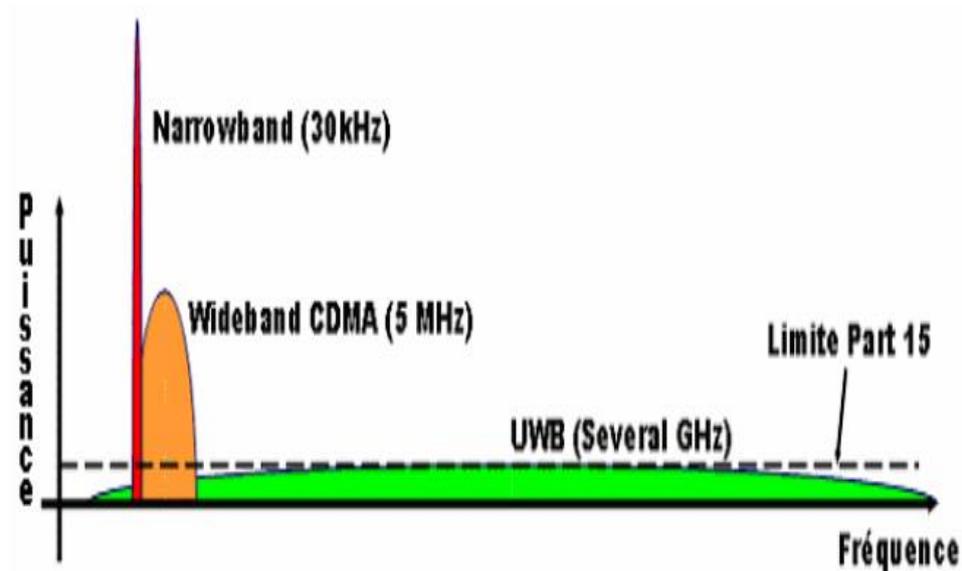


Figure 1-1 : Fréquence et puissance des différentes technologies sans fil

1.2 Caractéristiques générales de la technologie à bande ultra-large

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

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

L'évanouissement dû à la propagation par trajets multiples (figure I.6) peut réduire l'efficacité des systèmes de communication classiques (non ULB). Dans le cas des communications ULB, le signal transmis possède une grande largeur de bande (résolution temporelle très fine). Comme la fenêtre d'observation au récepteur est étroite, les réflexions multiples avec des retards inférieurs à la nanoseconde peuvent être résolues et additionnées de manière constructive pour donner un gain comparable à celui d'une propagation par trajet unique direct [13].

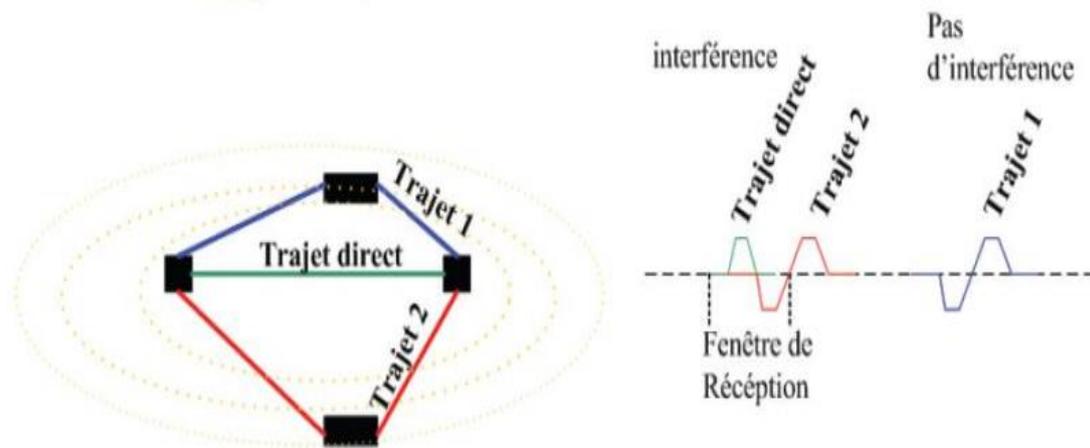


Figure I-2 : Propagation par trajets multiples [13].

- **Une sensibilité moindre au brouillage :**

La FCC a fixé pour l'UWB un niveau bas de densité spectrale de puissance en émission (PIRE maximal par MHz : -41.3 dBm). Grâce à cette caractéristique sa nuisance sur les autres systèmes est réduite.

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

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

- **Propriétés de pénétration** : Les signaux ULB ont une bonne capacité de pénétration dans les murs et les obstacles et ils permettent la localisation de grande précision. Ces propriétés seraient également utiles dans des applications telles que l'imagerie médicale.

1.3 Réglementation de La technologie UWB

1.3.1 Règlements de l'UWB dans le monde

La ressource spectrale est aujourd'hui de plus en plus saturée par la multiplication de nouvelles technologies sans fil (Fig. 1.1). Ainsi, à l'introduction d'un nouveau système de radiocommunication, les autorités de réglementation du spectre édictent des règles strictes pour l'émission de signaux, le but étant de protéger les systèmes déjà existants contre le brouillage et les personnes. Bien que la puissance d'émission de ses signaux soit très faible, l'UWB doit également être réglementé car il occupera des bandes de fréquences déjà allouées. L'une de ses principales particularités sera donc l'absence de licence pour accéder à la bande UWB permettant de produire et d'accéder au contenu librement et à moindre coût. Mais comme nous allons le voir, les décisions prises autour de l'émission de signaux UWB peuvent varier d'une réglementation à l'autre.

1.3.2 Réglementation de l'UWB aux Etats-Unis

Aux Etats-Unis, la FCC est l'organisme de réglementation du spectre pour les usages commerciaux privés, amateurs, éducatifs et pour la sécurité publique locale. Il fonctionne en accord avec la NTIA (National Telecommunications and Information Administration) qui supervise l'usage du spectre pour le gouvernement fédéral. La FCC a lancé ses travaux sur l'UWB dès 1998 [9], travaux qui ont abouti à la publication, en février 2002, du First Report and Order [8] qui réglemente les émissions UWB. A partir de cette date, l'émission de signaux UWB pour les communications est autorisée sans licence pour des applications indoor et pour des liaisons mobiles point à point en outdoor, leurs puissances étant limitées par les masques d'émission réglementation et normalisation de l'UWB représentés à la figure 1-3.

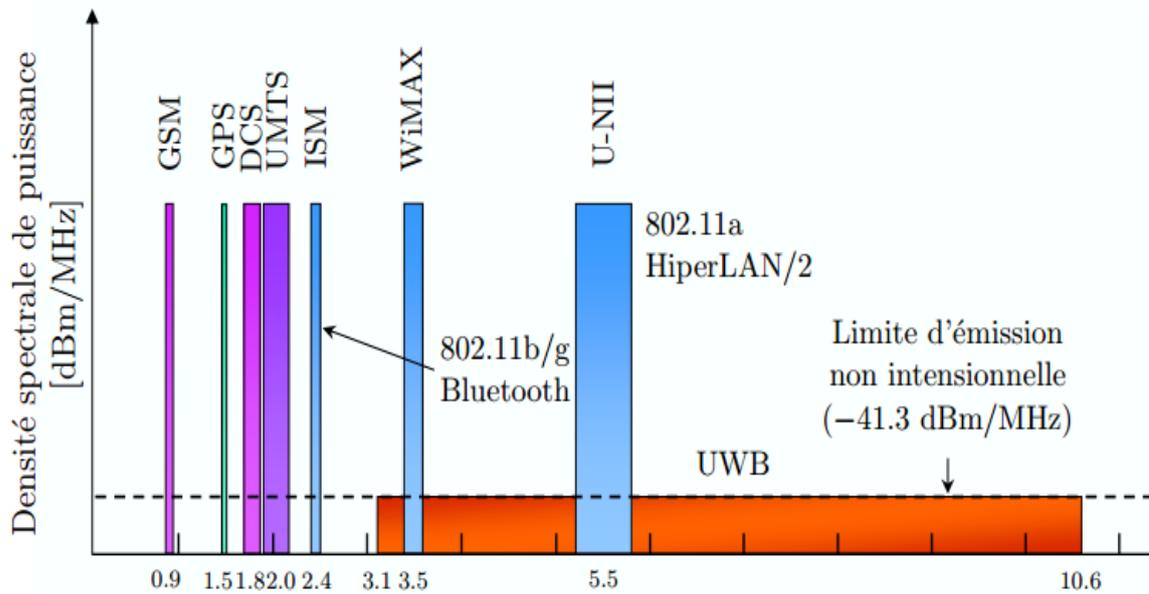


Figure 1-3 : Systèmes radio présents dans les bandes UHF et SHF.

Etant donné ces masques, l'émission de signaux UWB est en pratique limitée à la bande 3.1 – 10.6 GHz. Les systèmes cellulaires tels que le GSM ou l'UMTS, dont les bandes sont situées autour de 900 MHz, 1.8 GHz et 2 GHz, et les systèmes GPS travaillant à de très faibles niveaux de réception dans la bande 1.2 – 1.5 GHz, devraient être ainsi à l'abri des interférences causées par les systèmes UWB.

La puissance des signaux est quant à elle soumise aux limites de la partie 15 de la FCC. Dans toute bande de 1 MHz comprise entre 3.1 et 10.6 GHz, la puissance moyenne sur une durée inférieure à 1 ms ne doit pas excéder -41.3 dBm/MHz soit 75 nW. Notons que c'est la première fois dans l'histoire des télécommunications que l'on autorise une telle bande (1500 fois plus large qu'une seule licence UMTS), sans licence et de surcroît sur des bandes déjà occupées. De plus, la FCC a introduit la définition d'un signal UWB. C'est un signal présentant une bande de fréquences instantanée à -10 dB supérieure à 500 MHz ou un signal dont la largeur de bande relative à -10 dB est supérieure à 20% de la fréquence centrale, c'est-à-dire vérifiant la relation suivante :

$$B_{f,10dB} = 2 \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{max} + f_{min}} \geq 20\% \quad (1.1)$$

où f_{min} et f_{max} représentent respectivement les fréquences basse et haute à -10 dB de la bande occupée par le signal UWB. D'après la FCC [8], les systèmes UWB dont la fréquence centrale f_c est supérieure à 2.5 GHz devront avoir une bande instantanée d'une largeur au moins égale à 500 MHz et pour $f_c \leq 2.5$ GHz ils devront vérifier la relation (1.1).

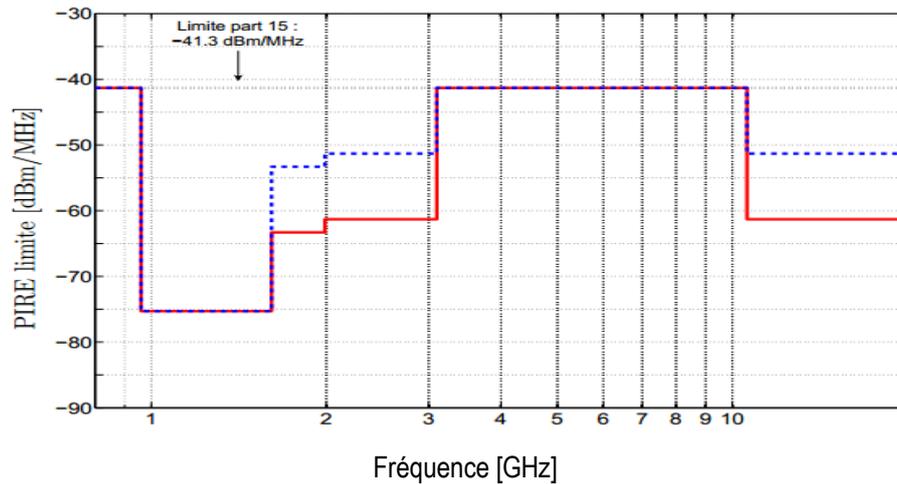


Figure 1-4 : Masque d'émission pour les signaux UWB autorisé par la FCC pour les communications en indoor (en pointille bleu) et en outdoor (en continu rouge).

Elle a limité les niveaux d'émission des signaux UWB pour les communications à -41.3 dBm/MHz sur la bande de fréquence de 3.1GHz à 10.6 GHz, a également défini les limites sur la densité spectrale de puissance (DSP) pour les diverses applications potentiellement envisagées pour l'ULB comme résumé dans le tableau 1.1. [2].

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

Tableau 1.1 : Les limites de la FCC pour les différents systèmes UWB.

Enfin, dans le cadre des applications de communication, l'émission de signaux UWB doit être dédiée uniquement à la transmission d'informations vers un récepteur associé. Une réponse du récepteur est nécessaire pour s'assurer que celui-ci est en portée de l'émetteur.

Les autres applications visées par la réglementation FCC sont les systèmes d'imagerie et surveillance. Parmi eux on trouve tout d'abord le GPR, radar qui permet d'obtenir des images d'objets enfouis dans le sol. Le second système concerne le sondage de parois permettant d'y localiser des objets tels que des tuyaux, des câbles, etc. Enfin, le troisième est le système d'imagerie à travers les murs permettant la visualisation d'objets situés dans une autre pièce. Les équipes de sécurité publique et de sauvetage peuvent bénéficier de ces systèmes, les deux premiers étant exploitables par des compagnies minières et des entreprises de construction. La FCC prévoit également des applications d'imagerie médicale utilisant la bande entre 3.1 et 10.6 GHz. La dernière catégorie d'applications réglementées par la FCC sont les systèmes radars embarqués comme, par exemple, les radars pour les voitures, dont la bande autorisée s'étend de 24 à 29 GHz.

1.3.3 Réglementation de la technologie UWB en Europe

En Europe, deux sous-bandes ont été proposées, la bande inférieure s'étendant de 3.4 GHz à 4.8 GHz serait autorisée avec un niveau d'émission de -41.3dBm/MHz si le DAA (Detect and Avoid) ou bien (détection et évitement) mécanisme de protection est disponible, autrement il devrait être -85dBm/MHz dans la marge de fréquence de 3.4GHz à 3.8GHz et à 70 dBm/MHz dans la bande de fréquence 3.8GHz à 4.2GHz [18]. Le niveau d'émission des signaux ULB dans la haute bande s'étendant de 6GHz à 8.5GHz est -41dBm/MHz sans protection de DAA [19]. De même, la marge de fréquence de 4.2GHz à 4.8GHz serait provisoirement gardée jusqu'au 30 juin 2010. La figure 1.5 représente le masque proposé par le CEPT en février 2006.

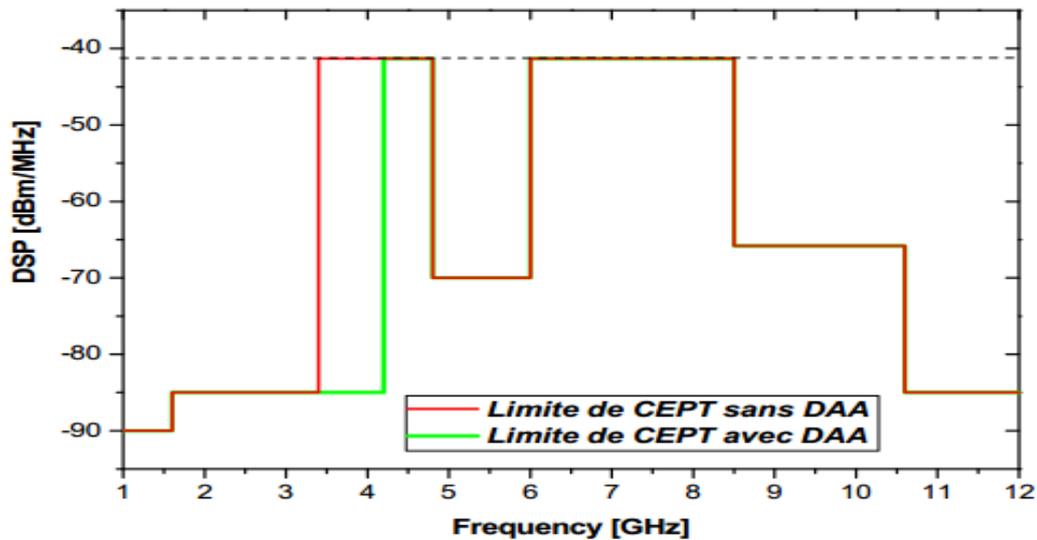


Figure 1-5 : Les limites de la CEPT pour les systèmes de communication UWB.

1.3.4 Régulation de la technologie en Asie

En Asie, certains pays comme le Japon, la Corée, et Singapour ont mis sur pied leur propre masque. Au Japon, en août 2005, le ministère de l'intérieur et de la communication (MIC) en charge de la réglementation des télécommunications a autorisé l'émission de signaux UWB sans licence. Dans un premier temps, cette autorisation concerne les bandes 3.4 à 4.8 GHz et 7.5 à 10.25 GHz avec les mêmes contraintes en puissance que la FCC. En Corée, l'institut de recherche de l'électronique et de télécommunications (ETRI) a recommandé les masques à un niveau d'émission beaucoup plus bas que le masque de FCC (5GHz à 10.25 GHz) avec les mêmes contraintes en puissance que la FCC (41.3 dBm). Au Singapour, en février 2003, le groupe de régulation Infocomm Development Authority (IDA) a autorisé l'émission des signaux ULB pour une période expérimentale. Ces émissions sont soumises au respect d'un masque favorable que celui de la FCC mais uniquement dans une zone géographique appelée UWB friendly zone (UFZ) qui située au cœur du pôle de et de développement à Singapour. Cette action a pour but d'étudier la coexistence des systèmes UWB avec les applications existantes et d'utiliser ces expérimentations pour la réglementation ultérieure autorisant le déploiement de l'UWB à des fins commerciales. Les propositions d'ULB au Japon, en Corée, et au Singapour avec celles de la FCC sont illustrées sur la figure 1.6

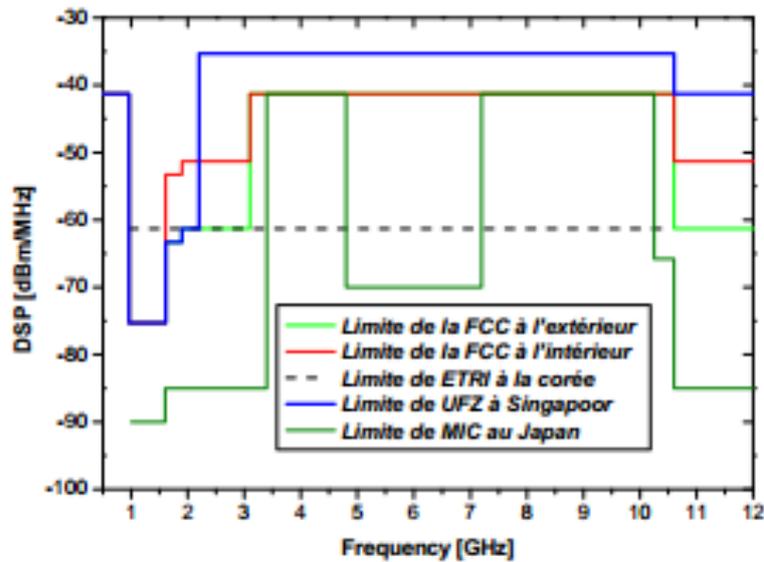


Figure 1-6: Les limites proposées en Asie pour les systèmes UWB.

1.4 Formes d'ondes UWB

Dans le domaine des transmissions UWB, deux grandes familles de formes d'onde sont en concurrence. Il s'agit d'une part des formes d'onde impulsionnelle, et d'autre part des formes d'onde multi-porteuses (MB-OFDM, DS-CDMA).

1.4.1 MB-OFDM :

La bande de fréquence [3,1-10,6 GHz] est découpée en 14 bandes de 528 MHz, qui sont réparties en cinq groupes différents (Figure I.7). Une application UWB utilisant le MBOFDM n'utilise qu'un seul des cinq groupes, et dans ce groupe, un utilisateur n'occupe qu'une bande à la fois. Par ailleurs, l'allocation des bandes aux utilisateurs est gérée par un code temps-fréquence qui a pour rôle de minimiser les collisions entre les différentes communications. Enfin, chaque bande est découpée en 128 sous-porteuses de 4 MHz afin de former un symbole OFDM



Figure 1-7 : Bande OFDM définie par la norme 802.15.3a

L'utilisation de l'OFDM se justifie pour plusieurs raisons. La première est intrinsèque à cette technique qui a été créée pour répondre aux problèmes des effets de fading des canaux de propagation en exploitant une diversité spatio-temporelle (plusieurs porteuses et entrelacement). D'autre part, elle présente l'avantage de pouvoir s'adapter facilement aux problèmes d'interférences (technique DAA : Détection And Avoidance).

1.4.2 DS-CDMA

L'approche DS-CDMA est largement inspirée de celle de la technologie CDMA. Chaque symbole de données est représenté par une séquence de données, unique pour chaque utilisateur et constituée par un code orthogonal de type Walsh, Gold ou encore Hadamard, sur le principe d'étalement de spectre à séquence directe. Le principe du codage CDMA est illustré sur la Figure I.8. Il consiste à effectuer un « ou exclusif » entre la séquence d'information et le code. A la réception, l'information se retrouve en effectuant la même opération séquence reçue et le même code que celui utilisé en émission. La séquence codée est alors modulée par une modulation de type BPSK ou QPSK.

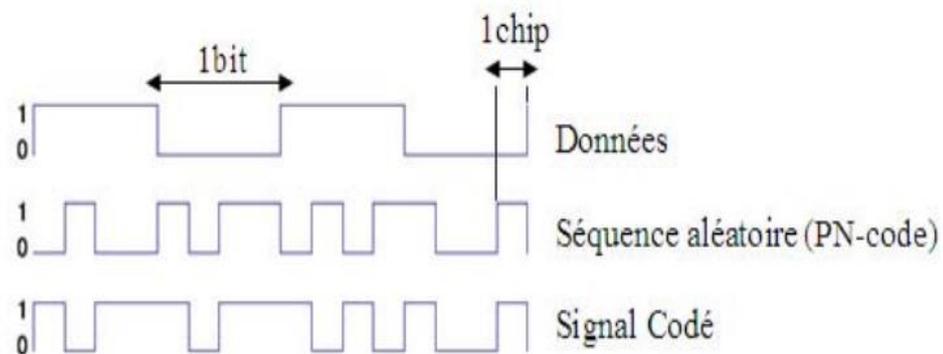


Figure 1-8 : Illustration du principe du CDMA

1.4.3 La radio par impulsion IR UWB

Les signaux IR-UWB sont constitués d'une suite d'impulsions qui sont modulées et codées en temps. Ces impulsions sont caractérisées par une période notée T_f et une durée très brève (de l'ordre de 100 ps à 2 ns) notée T_p . Typiquement, ce type d'impulsions occupe un spectre très large. Il s'agit donc d'une approche mono-bande. Les formes d'impulsions généralement adoptées pour les communications UWB incluent l'impulsion gaussienne, sa dérivée première

(monocycle), et sa dérivée seconde, comme représenté dans la figure I.9. Le défaut de l'impulsion gaussienne réside dans sa valeur moyenne non nulle, qui correspond dans le donc pas se propager sans déformation, et on lui préfère généralement le monocycle gaussien .Le monocycle gaussien peut s'écrire comme suivante :

$$V(t) = \frac{t}{\tau} e^{-\frac{t^2}{\tau}} \quad (1.2)$$

Avec τ la durée du monocycle et t représente la variable temps

La figure 1.9 nous montre les représentations temporelles et fréquentielles du modèle Gaussien et de ses premières dérivées. Pour certains gabarits, il faut avoir recours à un ordre assez élevé de la dérivée pour positionner le spectre de l'impulsion à l'intérieur du masque autorisé. A contrario, il est difficile de réaliser des générateurs d'ordre supérieur à 2 à cause du nombre d'oscillations

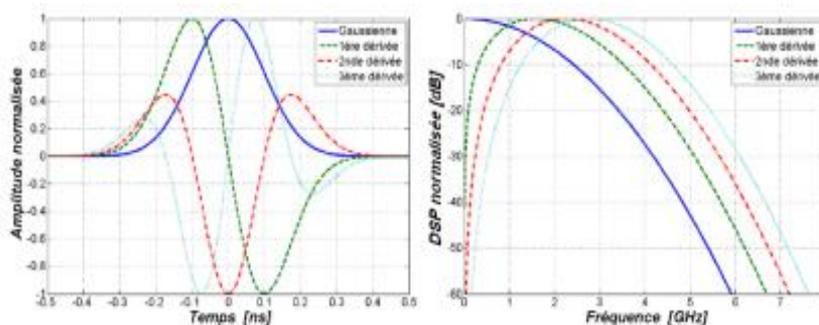


Figure 1-9 : Représentations temporelles et fréquentielles de l'impulsion gaussienne et ses 3 premières dérivées, pour $\tau = 100ps$

1.4.4 L'impulsion gaussienne

L'impulsion gaussienne a la forme d'une distribution gaussienne. Elle constitue un modèle mathématique facilement manipulable et compatible avec les possibilités de filtrage réel, son expression dans le domaine temporel est donnée par l'équation :

$$x(t) = A / \sqrt{2\pi\sigma} \exp(-t^2/2\sigma^2) \quad (1.3)$$

Où A est l'amplitude du signal et σ^2 représente la variance et σ est la constante du temps permettant d'ajuster la largeur de l'impulsion.

Dans le domaine fréquentiel, l'impulsion gaussienne a la forme suivante :

$$X(f) = A / (-2(\sigma\pi f)^2) \quad (1.4)$$

Le défaut de l'impulsion gaussienne réside dans sa valeur moyenne non nulle, qui correspond dans le domaine fréquentiel à une composante continue importante. L'impulsion gaussienne ne peut donc généralement pas se propager sans déformation, et on lui préfère généralement ses dérivées.

a) Le monocycle gaussien

Le monocycle gaussien est la première dérivée de l'impulsion gaussienne, sa représentation temporelle est donnée par :

$$p_1(t) = A \sqrt{2\pi\sigma^3} t \exp(-t^2/2\sigma^2) \quad (1.5)$$

Dans le domaine fréquentiel, l'équation du spectre du monocycle gaussien est la suivante :

$$P_1(f) = 2i\pi f A (-2(\sigma\pi f)^2) \quad (1.6)$$

b) Le doublet gaussien

Appelée aussi la dérivée seconde de l'impulsion gaussienne, son expression dans le domaine temporel est donnée par l'équation suivante :

$$p_2(t) = A \sqrt{2\pi\sigma^3} \exp(-t^2/2\sigma^2) (t^2/\sigma^2 - 1) \quad (1.7)$$

Dans le domaine fréquentiel, le doublet gaussien est défini comme :

$$P_2(f) = (2i\pi f)^2 A (-2(\sigma\pi f)^2) \quad (1.8)$$

Il faut souligner que de nombreuses autres formes d'impulsions peuvent être utilisées pour les applications UWB. Le choix de la forme de l'impulsion est généralement dicté par les exigences de la conception et de l'application du système et il est essentiel pour le masque FCC et les limites de puissance d'émission. Les formes d'impulsion gaussiennes sont choisies parce qu'elles sont relativement faciles à générer.

Ces différents spectres sont représentés sur la figure 1.10

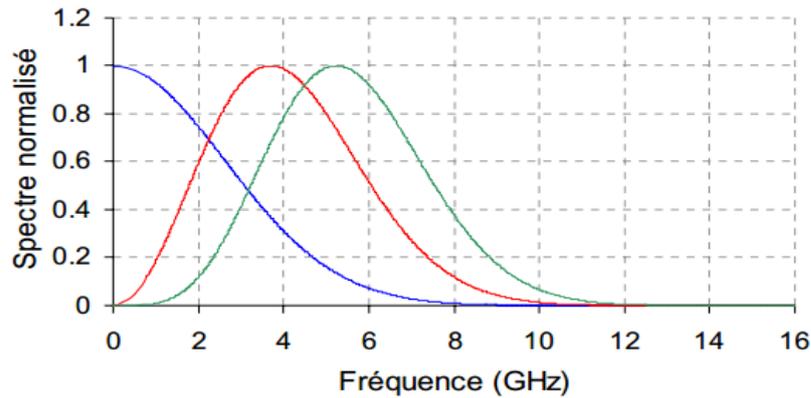


Figure 1-10 : Les différents spectres des impulsions gaussiennes

1.5 Applications de la technologie UWB

La technologie UWB présente une solution très intéressante et innovatrice pour un grand nombre d'applications qui sont généralement classées en trois catégories [20].

1.5.1 Imagerie radar

Cette catégorie comprend les systèmes d'imagerie par radar à pénétration du sol (GPR: Ground Penetrating Radar), d'imagerie de l'intérieur des murs et à travers les murs, d'imagerie médicale, d'imagerie pour la construction et les réparations à domicile, d'imagerie pour l'exploitation minière et d'imagerie de surveillance. La bande de ces systèmes doit être inférieure à 960MHz ou comprise entre 1.99 et 10.6 GHz.



Figure 1-11 : Exemple d'un système ULB d'imagerie à travers les murs.

1.5.2 Radars de véhicule

Cette catégorie comprend les radars d'avertissement de collision, les systèmes radar de véhicule peuvent déterminer la distance entre des objets et un véhicule et ils peuvent être intégrés au système de navigation du véhicule. Certains dispositifs radar de véhicule installés sur des voitures de luxe ont fait leur apparition dans des salons de l'automobile.

1.5.3 Les systèmes de surveillance

Système établissant un champ RF stationnaire, permettant de détecter l'intrusion de personnes ou d'objets. Les systèmes de surveillance ULB doivent opérer entre 1.99GHz et 10.6GHz, et uniquement dans le cadre de licences d'utilisation restreinte.

1.5.4 Communication haut débits

Les systèmes de communication, étudiés plus en détail dans la partie suivante, sont divisés en deux catégories : les appareils de type indoor (intérieur), définis par le fait qu'ils nécessitent une infrastructure fixe (e.g. le secteur électrique) et les handheld (portatifs). Les principales différences entre ces deux catégories concernent le masque d'émission ainsi que quelques contraintes protocolaires.

1.5.5 Les réseaux de communication WPAN

Le réseau personnel sans fil WPAN (Wireless Personal Area Network) concerne les sans fil d'une faible portée, de l'ordre de quelques mètres. Ce type de réseau sert généralement à

relier des périphériques (imprimante, téléphone portable, appareils domestiques,...etc) ou un assistant personnel (PDA) à un ordinateur sans liaison filaire ou bien permettre la liaison sans fil entre deux machines très peu distantes.

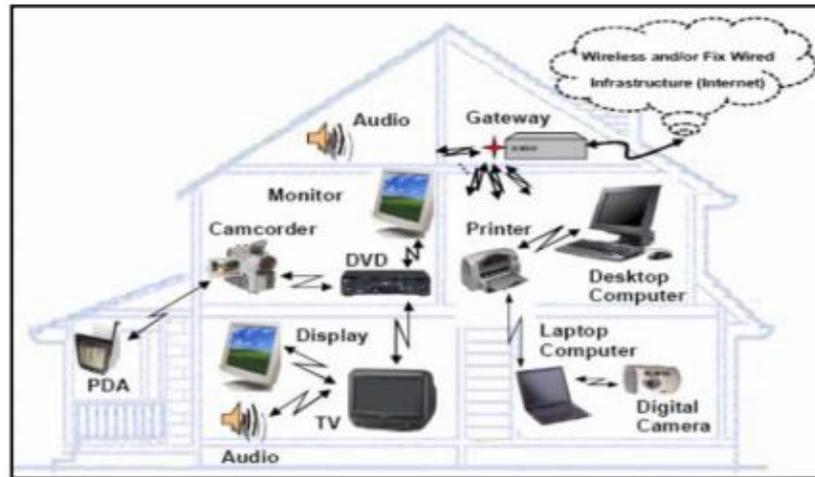


Figure 1-12 : Réseaux personnels sans fil (WPAN)

1.5.6 Réseaux de capteurs WBAN

Les réseaux BAN (Body Area Network) visent à remplacer les câbles autour du corps humain rencontrés dans diverses applications. Le plus souvent, les BAN sont associés à des applications et des scénarios dans lesquels plusieurs capteurs et équipements électroniques peuvent recueillir et regrouper des informations d'ordre physiologique et prendre des mesures en conséquence, échanger des données, les stocker, les enregistrer ou les transmettre à une unité distante. Les différents éléments du réseau peuvent être localisés à l'intérieur du corps, portés sur le corps, dans les vêtements ou encore dans le voisinage proche du corps.

La plupart des réseaux qui existent aujourd'hui sont liés aux applications médicales, mais le BAN ambitionne d'explorer un champ d'applications plus large tels que la localisation, le sport ou encore le multimédia. Les éléments du réseau doivent être en mesure de communiquer les uns avec les autres en utilisant la même interface air, quelques soient les applications visées.

Le défi avec les BAN est de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour que chaque élément puisse trouver sa place dans le réseau, et que chaque application ait assez de ressources pour fonctionner correctement suivant deux contraintes majeures : une transmission à très faible puissance et à débit variable. Le réseau est muni d'un coordinateur qui est le dispositif le plus apte à prendre des décisions et contrôler le réseau. Il doit pouvoir

collecter des informations, les expédier à l'intérieur ou en dehors du réseau et gérer l'utilisation des ressources spectrales dans le temps. La figure 1.7 montre le schéma d'un réseau BAN avec son coordinateur.

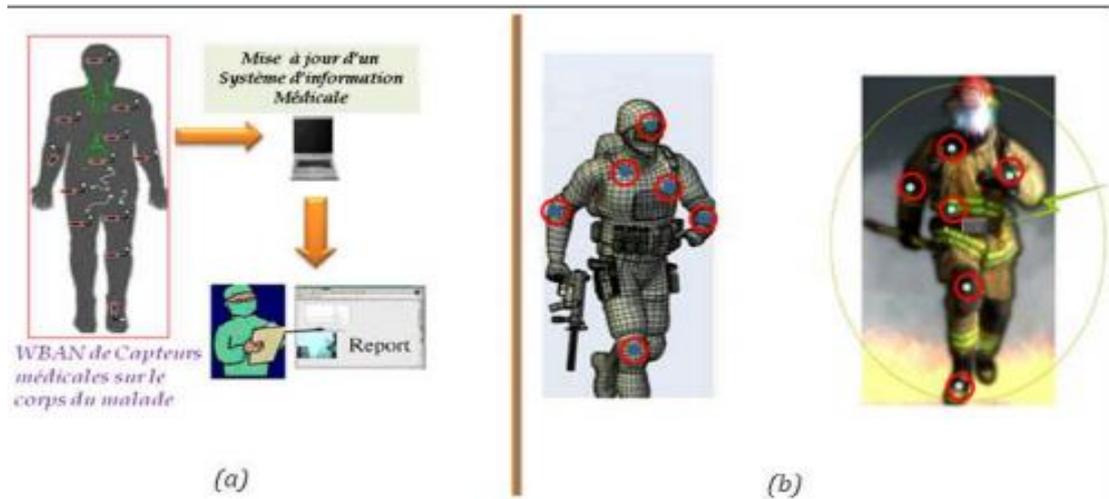


Figure 1-13 : WBAN (Wireless Body Area Network),
(a) La Telemedicine, b) Les uniformes Intelligents

1.6 Architecture émetteur/récepteur

1.6.1 Emetteur UWB

Les critères de définition d'un signal UWB permettent d'envisager les mécanismes les plus variés pour que le signal émis ait une largeur de bande supérieure à la valeur requise de 500MHz. De façon générale, une impulsion est définie par :

- Sa fréquence centrale
- Sa bande passante à -3dB ou -10dB
- Sa durée
- Son amplitude crête-à-crête
- Sa puissance
- Sa forme d'onde

Parmi les actions accomplies par l'émetteur UWB on distingue :

- Générer des impulsions courtes
- Moduler les impulsions suivant le schéma de modulation choisi

– Préparer le signal pour l'émission par l'antenne (transposition, amplification, filtrage...)

Dans les systèmes UWB impulsionnels, l'architecture de l'émetteur est très simple ; un schéma de principe est donné à la figure 1.14 :

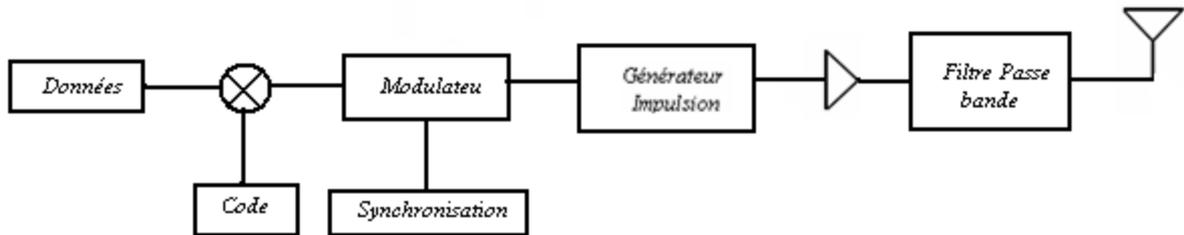


Figure 1-14 : Schéma du principe d'un émetteur ULB

1.6.2 Récepteur UWB

Pour l'approche impulsionnelle, il existe deux types de récepteurs à corrélation):

- Un récepteur à corrélation cohérent : basé sur la détection de l'impulsion (amplitude et phase) et ceci par l'utilisation d'un générateur d'impulsions de référence, il nécessite une bonne synchronisation (Figure 1.15) :

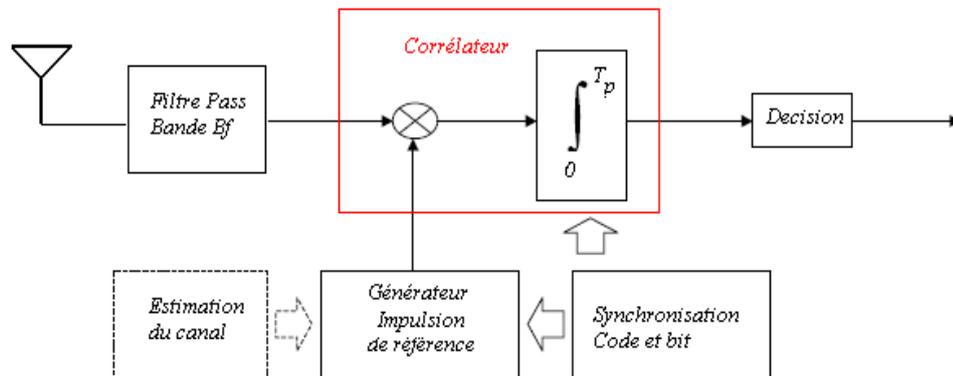


Figure 1-15 : Récepteur UWB cohérent

- Un récepteur à autocorrélation non cohérent : basé sur la détection de l'énergie de l'impulsion, (Figure 1.16):

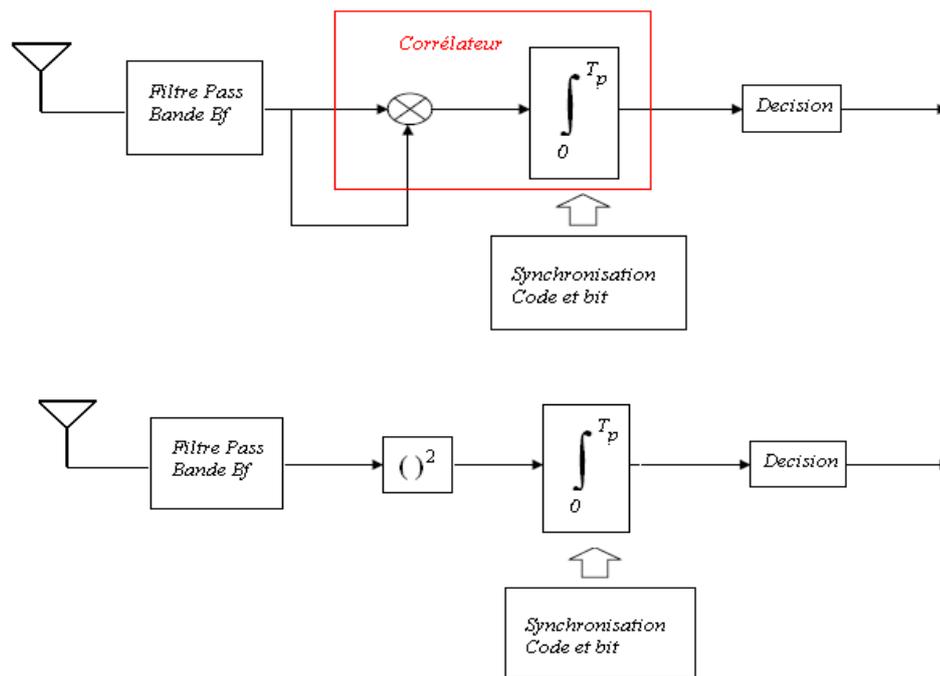


Figure 1.16 :Détecteur UWB non cohérent

1.7 Conclusion

Ce premier chapitre nous a permis d'introduire la technologie UWB. C'est une technologie envisagée pour divers types d'applications [8]. Les principales caractéristiques de l'UWB justifient l'engouement de la communauté scientifique pour cette récente technique d'accès radio. Son très large support spectral lui permet en effet de proposer des débits élevés, jusqu'aux plusieurs centaines de Mbits/s et des applications radar haute résolution. Plusieurs moyens peuvent être utilisés pour générer un signal UWB selon les critères définis par la FCC. Dans le chapitre suivant, nous allons voir les approches existantes dans la littérature pour générer un signal IR-UWB.

Chapitre 2

Techniques de mise en œuvre de générateurs IR-UWB

2

Techniques de mise en œuvre de générateurs IR-UWB

2.1 Introduction

Ce chapitre détaille la conception du générateur d'impulsion IR-UWB, nous décrivons les principales méthodes de génération des ondes impulsionnelles UWB, en donnant l'intérêt et les utilisations de chacun de ces différents types de générateurs et du circuit permettant la transposition de fréquence, et en présentant également la forme temporelle et le spectre correspondant. Ensuite, nous faisons une comparaison entre ces principaux modèles pour en définir notre choix sur le quel portera la simulation.

Génération d'impulsion :

Les performances d'un générateur d'impulsion sont fixées par certaines caractéristiques, à savoir :

- la forme temporelle de l'impulsion
- la largeur de l'impulsion
- la période de répétition des impulsions
- l'amplitude de sortie crête du générateur

De plus chaque générateur impulsionnel doit répondre à différents critères imposés par le cahier de charges du système de communication sans fil que nous devons concevoir.

On distingue deux types de générateurs impulsionnels : à base de transistor et à base de diode.

Trois sont détaillés dans les paragraphes suivants.

2.2 Génération d'impulsion à effet avalanche

La montée en fréquence des technologies sur silicium permet depuis quelques années de générer des impulsions à base de transistors. L'effet d'avalanche est un phénomène qui peut se produire à l'intérieur de semi-conducteur ou des matériaux isolants, ce phénomène est

utilisé dans certains composants électroniques par exemple diode zener, les transistors à effet d'avalanche...etc.

Un transistor placé en condition d'avalanche débite une variation très rapide de son état exploitable pour la génération d'une impulsion

L'augmentation de la tension de polarisation inverse crée une augmentation du champ électrique dans la zone déplétion les porteurs de charge en transit dans la région de déplétion sont fortement accélérés lorsque le champ électrique atteint une certaine valeur suffisamment élevée, des porteurs secondaires vont être générés par chocs ionisants et peuvent générer de nouvelles paires électron-trou, c'est le phénomène de multiplication avalanche [6].

La figure 2.1 représente un générateur d'impulsion à avalanche. La base du transistor bipolaire NPN est pilotée par une impulsion obtenue par le filtrage passe-haut d'un signal carré. Avant l'impulsion, la base est polarisée à une tension nulle ou négative, le courant du collecteur est nul et la capacité C_o est chargée via la résistance R_c . A condition que la polarisation du transistor soit adéquate (tension V_{CE} nettement supérieure à celle recommandée pour un usage normal, droite de charge active entièrement placée hors de la zone d'emploi sûr), l'avènement de cette impulsion sur la base va provoquer l'effet avalanche. Le courant de collecteur I_c augmente très rapidement alors que la tension V_{CE} décroît également très rapidement provoquant la décharge de C_o . Une fois la capacité déchargée, le transistor se bloque puis après charge de la capacité, retourne aux conditions initiales de polarisation. Ce type de montage permet d'obtenir des impulsions sub-nanoseconde.

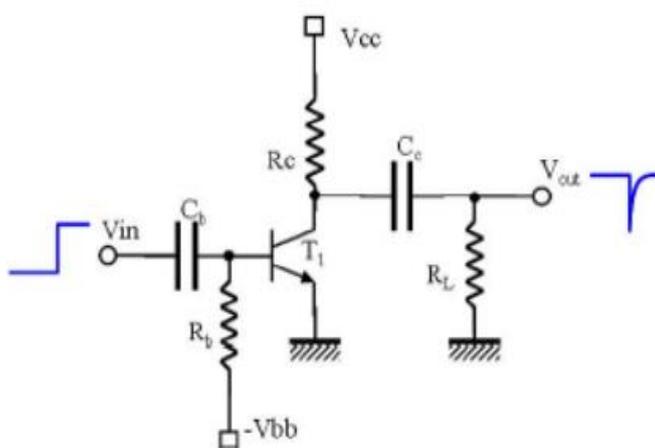


Figure 2-1 : Générateur d'impulsion à effet avalanche

Cependant une latence est nécessaire avant que le montage retourne à son état de repos et donc avant qu'il y ait possibilité de déclenchement d'une nouvelle impulsion.

2.3 Génération d'impulsion à effet tunnel

Les générateurs d'impulsion à diodes sont historiquement les premiers à avoir été développés en raison de leur faible consommation. L'un d'eux est celui basé sur l'effet tunnel. Le principe du générateur d'impulsion à base de diodes à effet tunnel a été introduit en 1973.

A cette époque les matériaux permettaient de réaliser des impulsions de l'ordre de ns. En 1994, un générateur d'impulsion à base de RTD (Resonant Tunnel Diode) exploite les effets des lignes de propagation, des impulsions avec des temps de montée de quelques picosecondes sont alors créés.

La diode à effet tunnel est fréquemment utilisée pour la conception d'oscillateur dû à l'existence d'une résistance différentielle négative.

Ces diodes sont fabriquées en germanium ou GaAs avec des dopages environ mille fois supérieur à celui d'une diode conventionnelle. Il en résulte une jonction très fine et fortement dopée [2]

L'amincissement des couches semi-conductrices a donné naissance à un nouveau type de diode tunnel, la diode exploitant les effets quantiques qui apparaissent en présence de couches semi conductrices et très faible épaisseur (quelques nm) et aussi à d'effets quantiques des électrons peuvent traverser directement cette couche même s'ils n'ont pas une énergie suffisante pour surmonter la barrière de potentiel. Le temps de transit des porteurs est alors très rapide augmentant de manière considérable la fréquence de fonctionnement de ces diodes. Les générateurs d'impulsion à base de RTD ont des temps de montée de moins de 5 ps avec une faible amplitude (250-500 mV), une polarisation sensible à la température du fait du faible volume de production, une fréquence de répétition très élevée et sont chers relativement [1,2]. La figure 2.2 présente les caractéristiques $I = f(V)$ d'une telle diode et la figure 2.3 un montage d'utilisation [1.2]

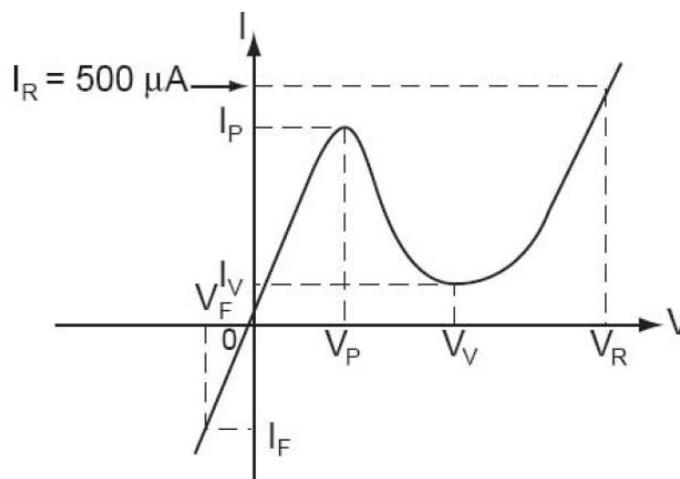


Figure 2-2 : Caractéristique $I = f(V)$ d'une diode à effet tunnel

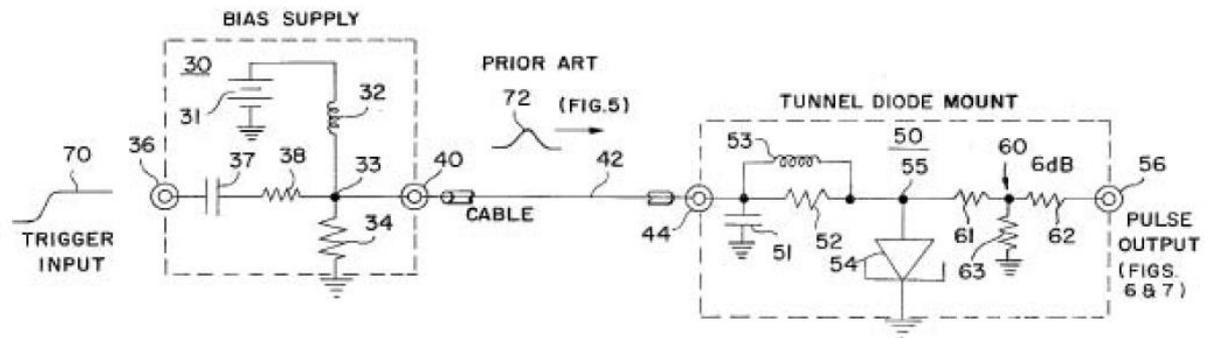


Figure 2-3 : Montage d'utilisation d'un générateur d'impulsions d'une diode à effet tunnel

2.4 Diode SRD (Step Recoverg Diode)

Dans le cas de UWB radio impulsionnelle la méthode de génération d'impulsion le plus souvent présentée repose sur l'utilisation d'une diode SRD [3].

La principale différence entre une diode classique et une diode SRD concerne la recombinaison des porteurs. En effet, contrairement à une diode classique où les porteurs minoritaires se recombinent très rapidement, la durée de vie de ces derniers est suffisamment longue pour s'assurer que les porteurs ne se recombinent pas immédiatement.

Lorsque la diode passe en inverse, ces porteurs minoritaires s'orientent vers la jonction où ils deviennent porteurs majoritaires [1].

La diode SRD peut être réalisée en technologie silicium mais étant toute fois plus performante en AsGa [2].

Cette diode présente des caractéristiques statiques très proches de celle d'une diode à jonction PN. Toutefois, ses caractéristiques dynamiques (en commutation) diffèrent nettement. Polarisée directement, cette diode est passante avec une impédance de l'ordre de 1Ω , mais lorsque sa tension de polarisation s'inverse et que la diode se polarise en inverse, la charge accumulée dans sa jonction PN lui permet de suivre l'inversion de tension et donc de demeurer passante, jusqu'à l'épuisement de cette charge. La diode se bloque alors très rapidement ce qui forme un front extrêmement raide [3].

Une diode de type SRD est une jonction semi-conductrice permettant de passer très rapidement de l'état passant à l'état bloqué [1] et possède une très forte dépendance entre son impédance de jonction et la charge interne, stockée dans la couche intrinsèque en polarisation directe. Ce stockage de charge est dû au temps de recombinaison non nul des porteurs minoritaires injectés en polarisation directe.

Après une polarisation en directe au cours de laquelle des charges sont stockées, en polarisant la diode en inverse, celle-ci continue à conduire et ceci tant que la charge n'est pas évacuée de la couche intrinsèque. Durant cette phase, la diode présente une impédance très faible, typiquement inférieure à 1. Une fois la couche intrinsèque déplétée, la diode passe brutalement en haute impédance : on dit qu'elle « claque » (snap off). Ce changement brutal d'impédance de durée inférieure à la nanoseconde est mis à profit pour générer des impulsions [4]

La Figure 2.4 présente un montage basique permettant d'augmenter la raideur d'un front en utilisant une diode SRD.

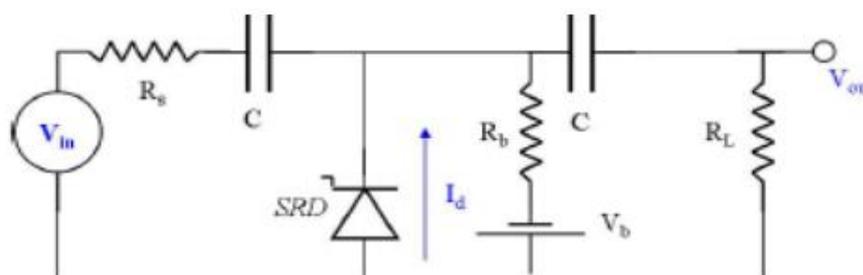


Figure 2-4 : Générateur de front raide de la diode SRD

La Figure 2.5 présente les chronogrammes associés. La source continue V_b délivre à la diode un courant constant I_F permettant le stockage de charge dans la jonction. Lorsque la source V_{in} présente un front montant, le courant traversant la diode I_d s'inverse.

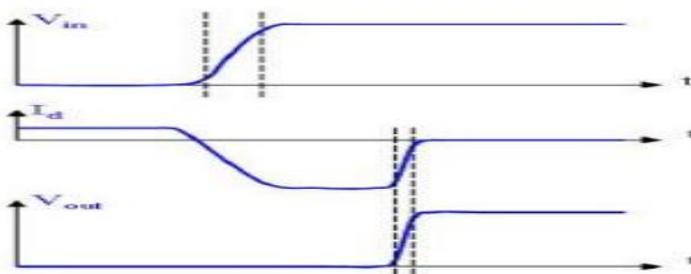


Figure 2-5 : Chronogramme d'un générateur de front raide a diode

Du fait des charges accumulées en polarisation directe, l'impédance de la diode demeure basse jusqu'à ce que l'ensemble des charges soient évacuées. L'impédance passe alors brutalement d'un état de quasi court-circuit à celui de circuit ouvert. La source V_{in} se trouve alors appliquée à la charge R_L provoquant aux bornes de celle-ci la production d'un front en tension.

La plupart des montages proposés ont pour objet la production de monocycles.

Une des mises en œuvre la plus simple pour réaliser un générateur d'impulsion à base de diodes SRD est la connecter en sortie à une ligne de transmission en court-circuit. L'énergie emmagasinée dans la diode durant son état passant est ensuite déchargée dans cette ligne lorsque la diode est à nouveau polarisée en inverse la largeur de l'impulsion est d'environ 150 ps.[1]

Dans [19], le montage présenté permet d'obtenir un monocycle de 2V crête-à-crête et de largeur 333ps à partir d'un signal carré de temps de montée de 10ns et de fréquence 10MHz. La diode SRD utilisée possède un temps de transition de 75ps, une durée de vie nominale de 10ns et une capacité de jonction de 0,6pF. Dans [20], les mêmes auteurs proposent un autre circuit faisant appel à une diode SRD, une diode Schottky, un transistor FET et un amplificateur MMIC (Figure 2.6). Le circuit, réalisé en technique micro-rubans, permet d'obtenir des monocycles de largeur 300ps et d'amplitude crête-à-crête d'environ 2V, à une fréquence de 10MHz. Les monocycles sont obtenus par combinaison de deux impulsions en opposition de phase et décalées.

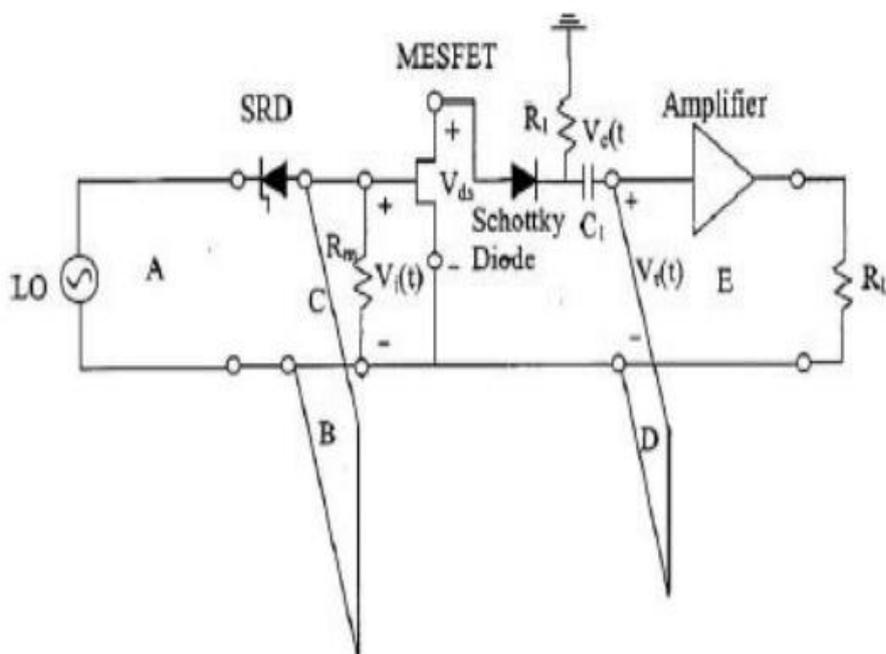


Figure 2-6 : Générateur de front raide à diode SRD et transistor FET

La figure 2.7 présente un exemple de schéma de générateur d'impulsion à diode SRD. La diode est alimentée par un oscillateur sinusoïdal qui charge la diode durant les alternances positives et la charge sur les alternances négatives et qui produit un front montant extrêmement raide suivant le principe expliqué plus haut. La section de ligne en court-circuit, notée « A » génère un écho inversé et retardé du front raide produit par la diode SRD ; ce front fournit en fait la seconde moitié de l'impulsion. La diode SCHOTKY sert à empêcher

l'alternance négative de remonter vers la sortie du générateur alors que le filtre passe haut permet de supprimer les composantes basse fréquence et le décalage DC, tout en limitant aussi les phénomènes d'écho. La seconde section de ligne notée B sert à provoquer une réplique retardée de l'impulsion ce qui permet de former un doublet à partir de l'impulsion de départ

[3].

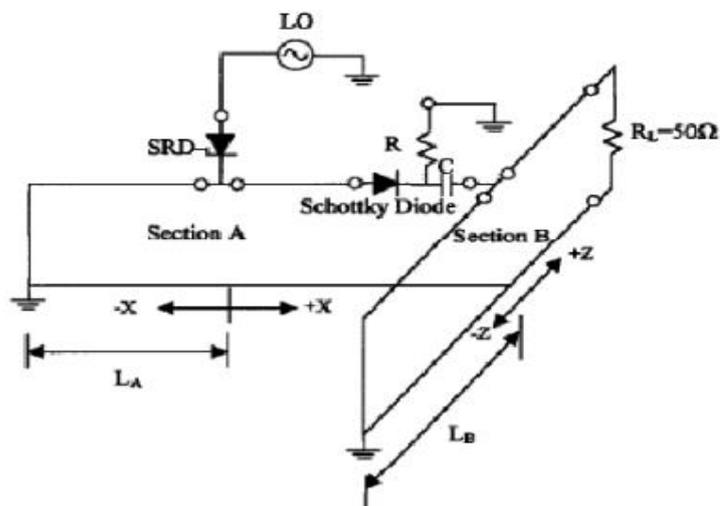


Figure 2-7 : Schéma d'un générateur d'impulsion à diode SRD

Dans le montage proposé (Figure 2.8) permet d'obtenir des monocycles de largeur 300ps et d'amplitude 200mV crête-à-crête avec des oscillations résiduelles ramenées à -17dB . Les monocycles sont obtenus par dérivation grâce à un simple filtre RC. L'avantage est que le monocycle a une durée proche de celle de l'impulsion utilisée. La source associée à la diode SRD produit un front raide réfléchi par le stub en court-circuit. La combinaison des deux signaux produit une impulsion dont la largeur est fixée par la longueur du stub. Un circuit composé de deux diodes Schottky, d'un stub et d'un circuit de polarisation permet d'éviter la production successive de plusieurs impulsions à partir d'un déclenchement et de réduire les oscillations après l'impulsion une structure à sortie différentielle est proposée. Les signaux produits en sortie sont des impulsions de largeur 335ps et d'amplitude 900mV ou 1, 6mV à une fréquence de 20MHz.

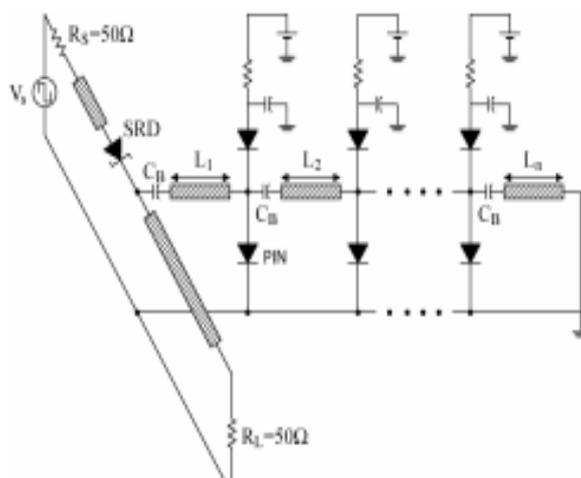


Figure 2-8 : Générateur d'impulsion SRD réglable par diode PIN [24]

Dans [22], une structure est décrite permettant de générer et moduler les impulsions UWB à partir du signal en bande de base (figure 2.9). Le circuit permet d'obtenir un signal modulé en On-Off Keying (OOK), Pulse Position Modulation (PPM), Pulse Amplitude Modulation (PAM) et Phase Shift Keying (PSK). Le circuit proposé est simple et utilise deux diodes SRD tête-bêche. La résistance R1 sert à appairer les impédances et le filtre LC produit une double dérivation permettant l'obtention de l'équivalent d'une dérivée seconde d'une impulsion gaussienne. Le signal en bande de base est un signal carré sur trois niveaux $[-1, 0, 1]$ afin d'obtenir les différentes modulations. Les caractéristiques obtenues en mesure ne sont pas présentées.

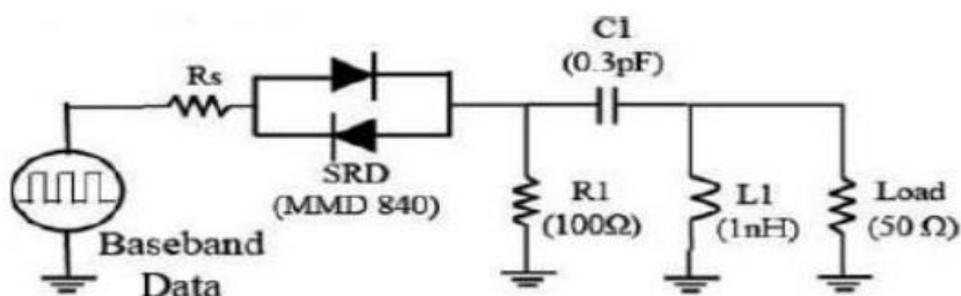


Figure 2-9 : Générateur de front raide à deux diodes SRD

2.5 Comparaison des différents types de générateurs d'impulsion IR-UWB

Nous présentons dans le tableau comparatif suivant des différents générateurs d'impulsion précédemment présentés, le comparatif se base sur différents critères permettant de respecter

les contraintes d'un système UWB portatif à savoir la consommation, l'encombrement et l'intégration.

	Consommation	Encombrement	Intégration
Diode effet tunnel	+	+	-
Diode SRD	+	+	-
Diode à effet avalanche	-	+	+

Tableau 2-1 : Comparaison des différents générateurs selon la diode utilisée

La comparaison directe des réalisations reportées dans ce tableau doit être effectuée avec prudence. En effet, certaines réalisations n'intègrent que le générateur d'impulsions et laisse à l'extérieur certaines fonctions pourtant indispensables (filtres de mise en forme, amplificateur de puissance, oscillateur, etc.). D'autres au contraire intègrent un émetteur relativement complet permettant diverses modulations et des possibilités d'ajustement ou de programmation.

Les résultats de ce tableau attestent néanmoins que l'intégration d'un générateur d'impulsions de quelques centaines de mV crête-à-crête et pour une fréquence de répétition des impulsions de $PRF=500MHz$ demeure un défi en technologie CMOS. L'évolution technologique est de ce point de vue profitable à l'obtention d'un PRF important mais rend plus complexe le maintien d'amplitudes de quelques centaines de mV crête-à-crête. Une voie déjà exploitée par quelques auteurs consiste alors à concevoir conjointement le générateur et l'antenne de façon à optimiser globalement les performances à l'émission.

La majeure partie des générateurs d'écrits dans ce chapitre est conçue pour la bande 3–5GHz. Ceci correspond au souci d'éviter la bande Hyperplan mais est surtout plus aise à obtenir que la bande supérieure (au-delà de 6GHz). L'avènement des réglementations européenne, japonaise et d'autres, plus contraignantes que la réglementation en vigueur aux Etats-Unis, va désormais pousser la recherche vers la bande supérieure en y incluant la nécessité soit d'adresser plusieurs canaux de 500MHz de bande soit de pouvoir ajuster la largeur et les limites de bande en fonction de la réglementation locale. Des possibilités accrues de configuration sont nécessaires sous contrainte permanente d'une très faible consommation d'énergie

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit quelques approches originales pour la génération d'impulsions monocycles de courte durée pour les applications UWB. Nous avons souligné que le spectre de l'impulsion à la sortie du générateur n'est pas directement adapté à la fréquence de masque de la FCC. Parmi les composants électroniques discrets, la diode SRD est sans doute le composant ayant suscité le plus d'intérêt pour la génération d'impulsion IR-UWB, les diodes SRD sont utilisables pour produire des signaux ULB mais dans la mesure où les plus performantes sont fabriquées technologie non silicium, leur emploi est restreint à des montages hybrides

Chapitre 3

Conception d'un générateur IR-UWB Résultats de simulations sous ADS2009

3

Conception d'un générateur IR-UWB Résultats de simulations sous ADS2009

3.1 Introduction

Ces dernières années, plusieurs études ont rapporté des méthodes de génération d'impulsions monocycle UWB. Cependant, ces méthodes généralement utilisent le SRD, en effet c'est la méthode de conception la plus populaire pour toutes sortes de solutions génératrices d'impulsions, en raison d'être facile à fabriquer et permet d'introduire une distorsion d'impulsion gaussienne subnanoseconde. Néanmoins, le seul inconvénient est que l'amplitude des impulsions crête à crête est très faible par rapport aux autres méthodes. Dans ce chapitre, nous faisons la conception d'un générateur d'impulsions monocycle Ultra-large bande haute performance (impulsion subnanoseconde avec un niveau de sortie amélioré). Le circuit générateur d'impulsions est principalement composé d'un SRD connectés en série avec un réseau de formation d'impulsions monocycle, qui utilise une diode Schottky.

Les logiciels de simulation disponible dans le commerce utilisent différentes méthodes numériques. Le choix d'un logiciel de simulation dépend donc du problème à résoudre par exemple la taille, le type et le matériau de la structure, voir la complexité de la géométrie. On a travaillé dans ce projet avec le logiciel ADS "Advanced Design System" développé par la société Keysight et dont nous allons donner tout d'abord une présentation avant d'entamer la conception.

3.2 Présentation du logiciel ADS

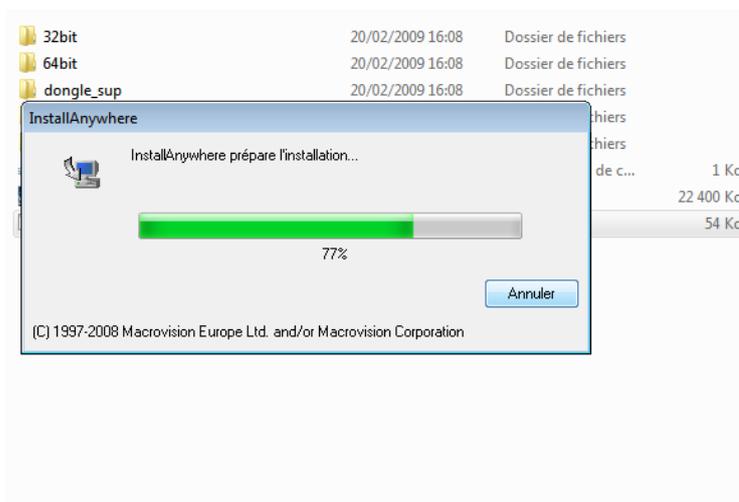
3.2.1 Description de logiciel ADS

ADS « Advanced Design System » signifie « conception des systèmes avancées » est un logiciel développé par la société « Keysight technologies » destiné à aider au développement des systèmes électronique mixtes analogiques hyperfréquences et numérique, facile à utiliser. Il fournit un environnement de conception intégré aux développeurs de produits électrique RF tels que les application visées sont très vastes et comprennent en outre le domaine de la téléphonie mobile, les réseaux sans fil les systèmes de communication radar et satellite ce simulateur utilise la méthode FDTD (fnite difference time domain) comme une approche de modélisation numérique .

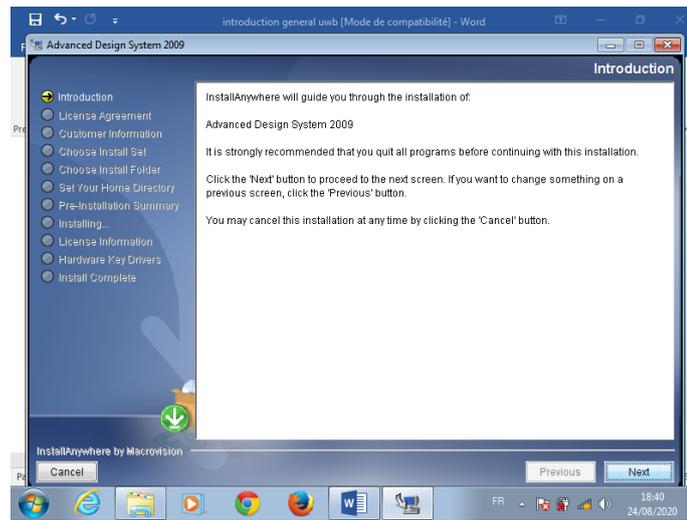
Le simulateur se devise en 2 modules analog RF designer et traitement de signal numérique (DSP) designer pouvant interagir entre eux. On peut faire la conception de circuits intègres monolithiques montés en surface, la conception de nouvelles architectures pour les futures normes de télécommunication sans fils [30]. On peut faire également la simulation de circuit dans le domaine fréquentiel et temporel et la simulation du champ électromagnétique permettant de caractériser et d'optimiser complètement une conception RF sans changement d'outils [31]

3.2.2 Installation du logiciel ADS

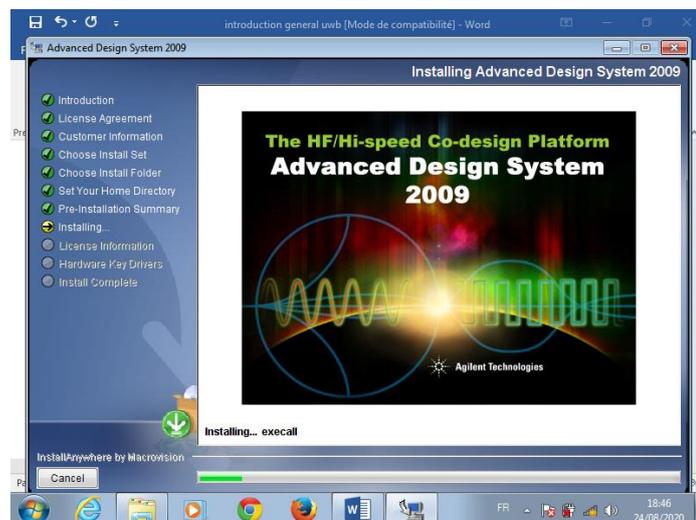
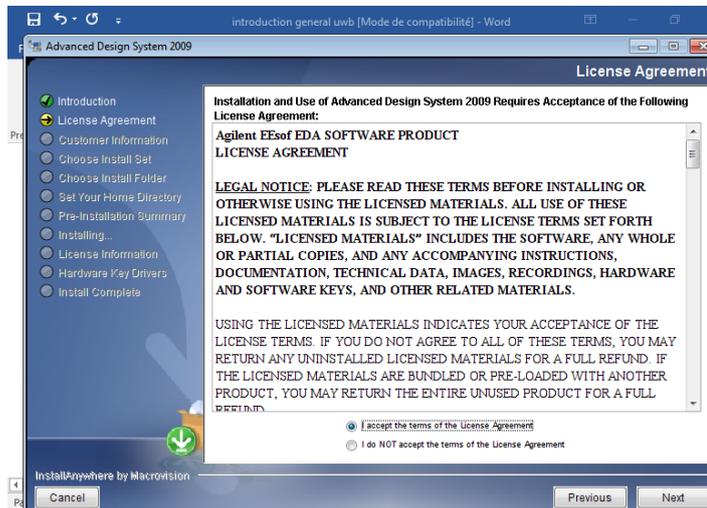
1) « setup »



2) puis on appuyer sur next

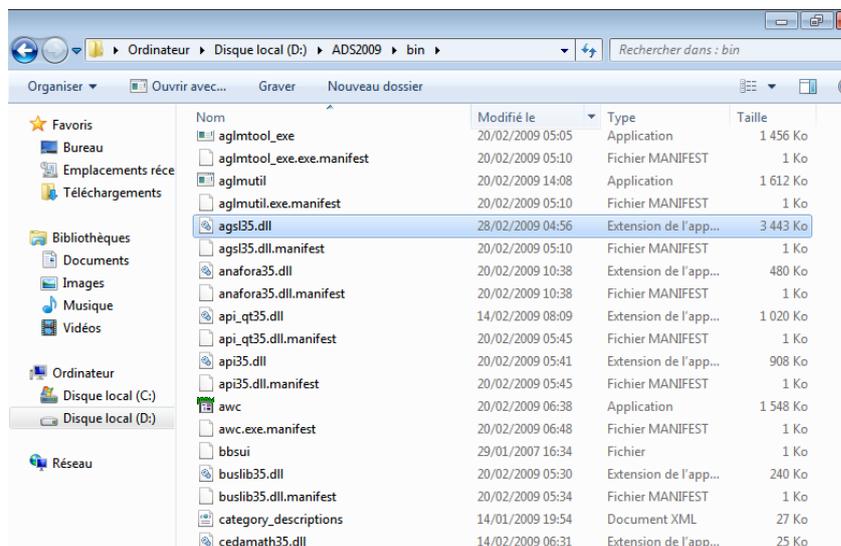
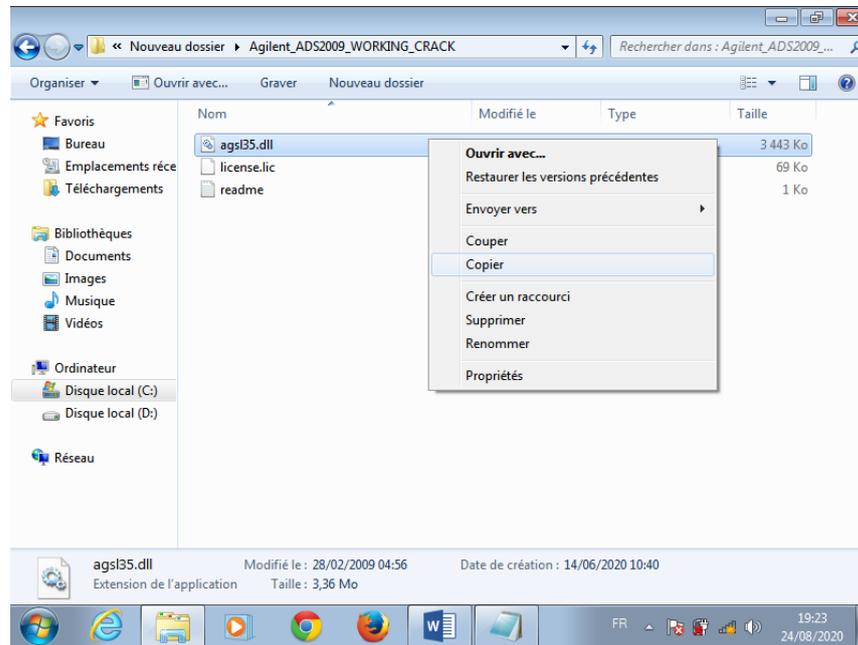


3) Puis on accepte les conditions et on suit jusqu'au « installing »

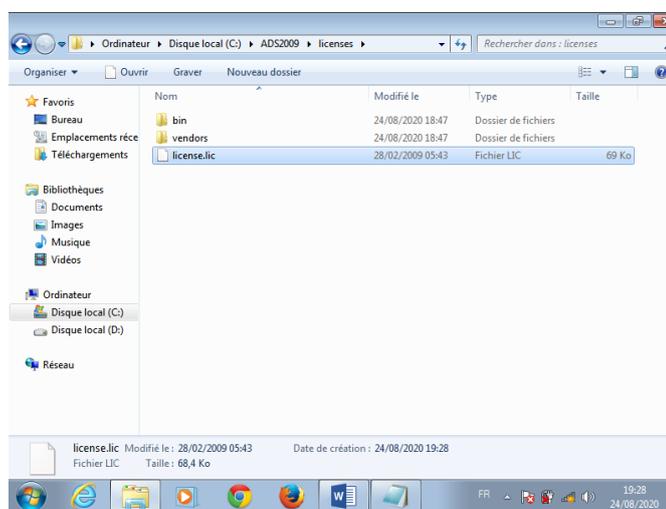
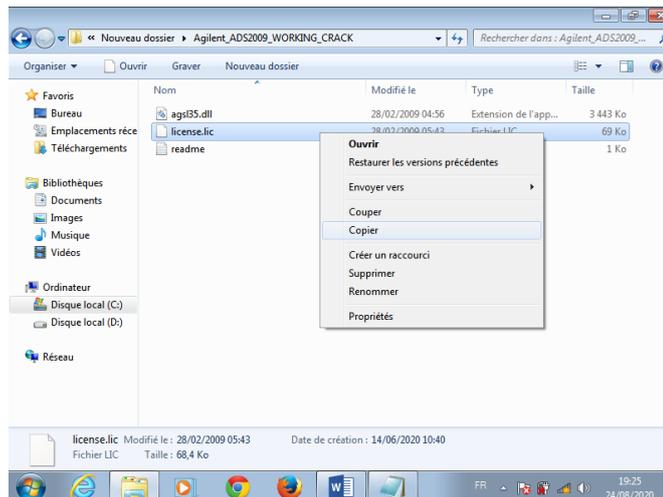


4) on choisit non pour dongle

5) on copie le fichier "agsl35.dll" dans <Inst. Directory>\BIN".



6) on copie "License.lic" dans <Inst. Directory>\Licenses



7) créer la variable d'environnement "AGILEESOFD_LICENSE_FILE" pour pointer "License.lic":

Variable = AGILEESOFD_LICENSE_FILE

value = C:\ADS2009\Licenses\License.lic

3.2.3 Création d'un espace de travail dans l'ADS

Pour créer un espace de travail (workspace), dans ADS on doit effectuer les étapes suivantes Figure (3.1) [25]:

- 1- Sélectionnez File>New>Workspace dans la fenêtre principale de l'ADS. La boîte de dialogue New Workspace va être affichée.
- 2- Donner un nom de l'espace de travail (workspace) par exemple bandpassfilter_wrk.

- 3- Choisir un emplacement de l'espace de travail qui contient votre travail dans (New workspace); Cette dernière est créer par défaut dans C:\User\Public .On peut la modifier dans (Create in). Une fois terminer nous cliquant sur Create Workspace.

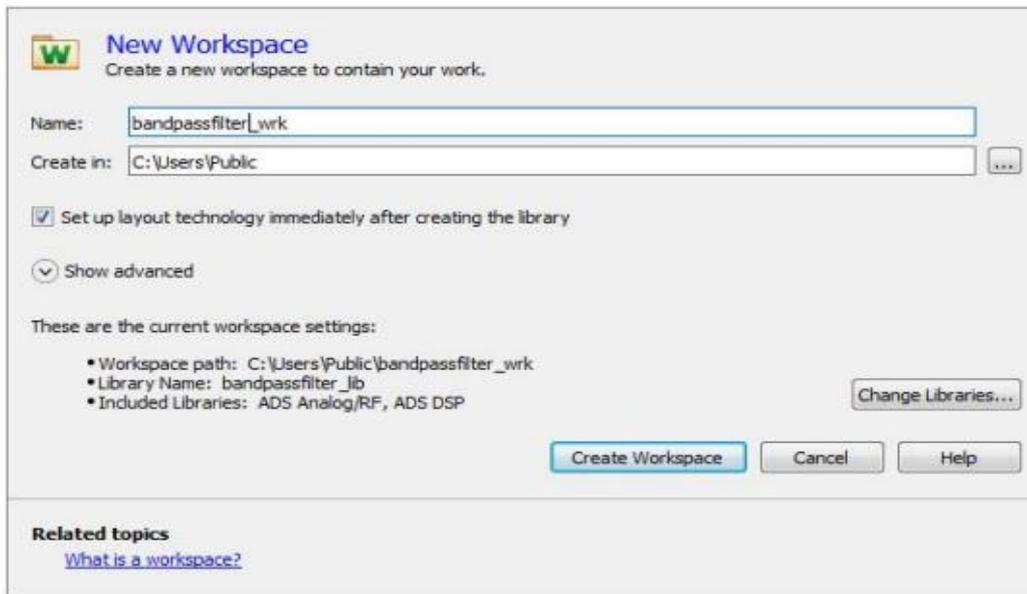


Figure 3-1 : Création d'un nouveau projet.

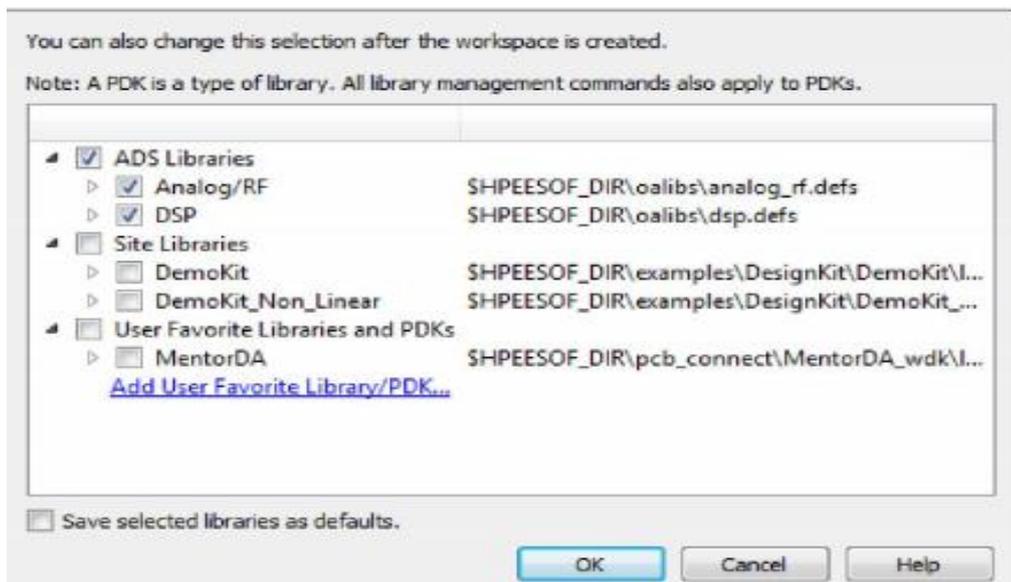


Figure 3-2 : La boîte de dialogue de la bibliothèque ADS.

- 4- Cliquer sur Change Libraries. La boîte de dialogue de la bibliothèque ADS s'affiche avec les bibliothèques ADS sélectionnées par défaut Figure (3.2). Vous pouvez également changer cette sélection une fois que workspace est sélectionné. Il est à noter

que PDK est un type de bibliothèque, et la gestion des commandes de toutes les bibliothèques peuvent être appliquée aux PDK.

- 5- Cliquez sur OK La page nom de la bibliothèque s'affiche avec le nom de bibliothèque par défaut, tel que band pas filter_lib, lorsque vous cliquez sur Afficher les paramètres avancés.
- 6- Cliquez sur Créer un espace de travail. La boîte de dialogue "Choose Technologie for library" apparait avec la technologie par défaut, telle que Créer une technologie de PCB Figure (3.3).

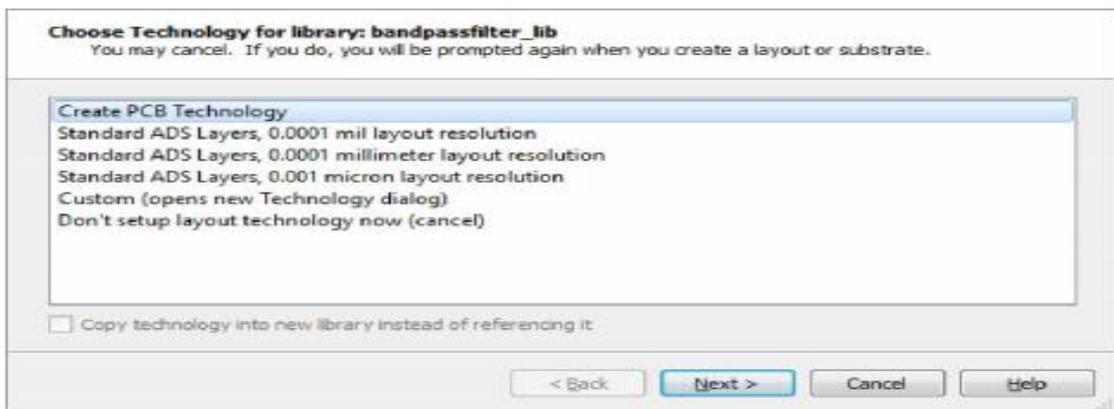


Figure 3-3 : La boîte de dialogue "Choose Technologie for library".

- 7- Cliquez sur Next La page de base est affichée exprimée par PCB LayoutTechnologySetup. Conservez les paramètres par défaut.
- 8- Cliquez sur Finish Le fichier dans ADS ayant le nom de bandpassfilter_wrk est créé.

Afin d'éclaircir ce logiciel il est impératif de décrire les différentes fenêtres qu'on peut rencontrer.

3.2.4 Différentes fenêtres de l'ADS

ADS range ses fichiers au sein de « projets » : il s'agit d'une structure hiérarchique de fichiers et répertoires désignés par un nom unique contenant [25]. Les schémas (design) donné par la Figure (3.4).

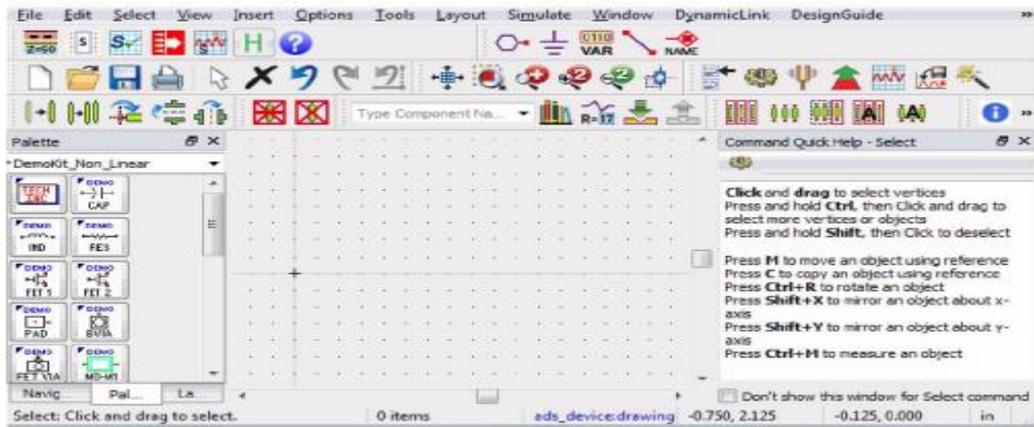


Figure 3-4 : Fenêtre de schémas.

Les résultats (data display) donné par la Figure (3.5).

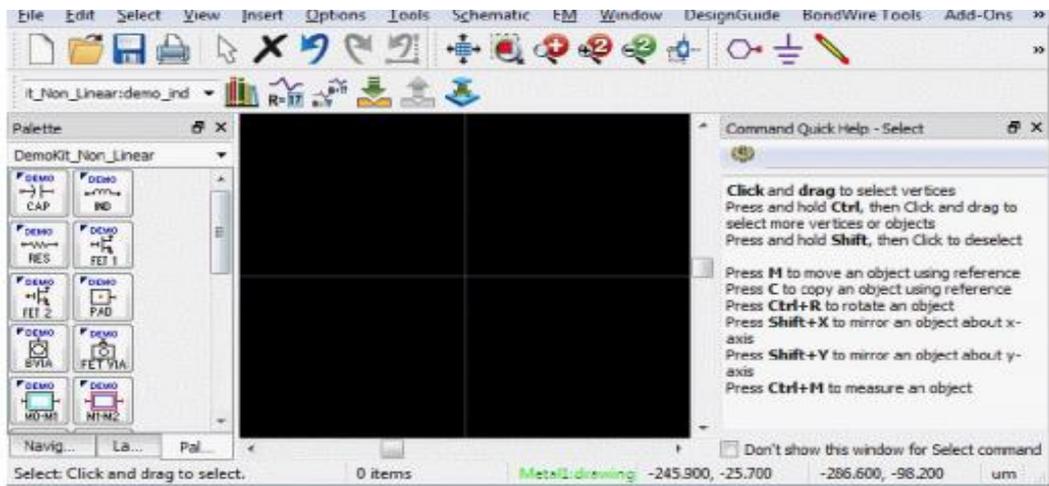


Figure 3-5 : Fenêtre de masques de circuits

Les masques de circuits (layouts) donné par la Figure (3.6).

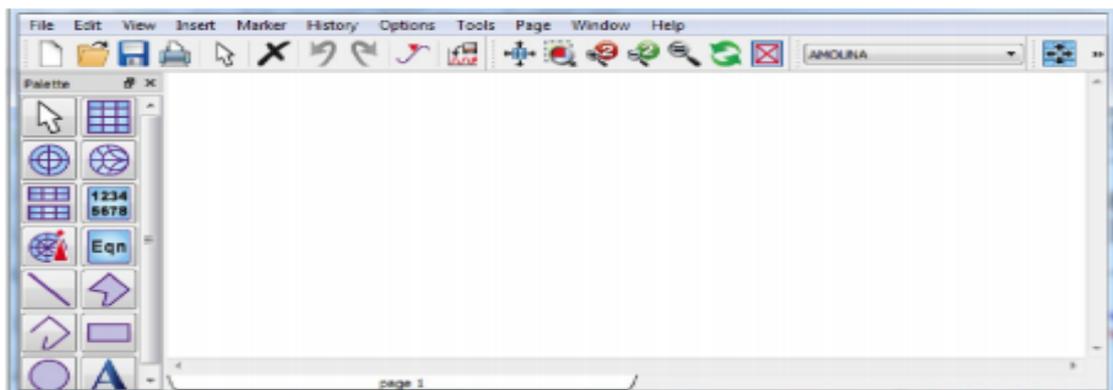


Figure 3-6 : Fenêtre de résultat

3.2.5 Conception d'un système sous ADS

Après avoir ouvert un projet la conception d'un système peut être constituée d'une seule structure ou bien dans le cas de système complexe, de plusieurs systèmes incorporés comme un sous réseau dans un fichier. Pour créer un système, il faut ouvrir une fenêtre appelée « schématique ». Pour cela, il suffit de cliquer sur l'icône correspondant (« New Schematic Window ») de la fenêtre principale, ou bien sur l'onglet « window/New schematic » de cette même fenêtre. Il est aussi possible de créer un nouveau design dans l'onglet file de la fenêtre principale (« File/New Design »). Dans ce dernier cas, à l'ouverture de la fenêtre, deux types de « schématiques » sont possibles : schématique RF/analog Design (traitement analogique) ou schématique DSP Design (analyse numérique). Dans cette fenêtre il est possible de :

- Créer et modifier des circuits et des « layout »
- Ajouter des variables et des équations
- Placer et configurer des composants, des contrôleurs de simulations
- Générer un layout à partir d'un système et inversement
- Ajouter des commentaires

Une fois la « schématique » ouverte, il est alors possible de placer des composants, des sources de mesures, des contrôleurs de simulations... Pour cela, il suffit de chercher l'élément voulu dans la bibliothèque correspondante. Chacun d'entre eux dispose d'un certain nombre de paramètres réglables. Lorsqu'un élément est placé sur la schématique une définition de celui-ci est disponible en appliquant un double clic sur cet élément puis en sélectionnant le bouton « Help ».

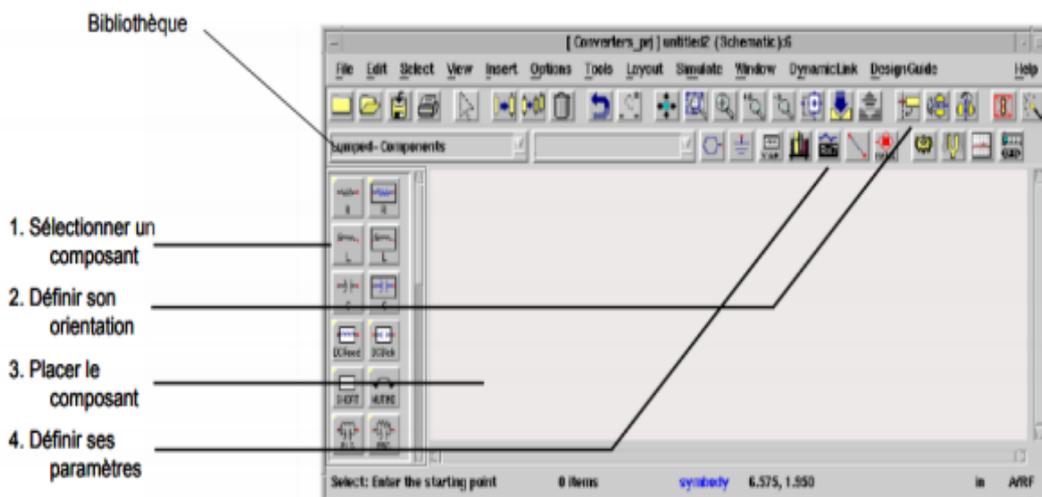


Figure 3-7 : Fenêtre schématique.

3.3 Générateur d'impulsions IR-UWB

Dans cette section, nous allons reprendre le travail réalisé par [10], l'étudier, l'implémenter et essayer de l'améliorer.

3.3.1 Circuit proposé à l'étude

Le circuit du générateur d'impulsions est composé d'un module driver et d'un module d'impulsion (Figure 3.8). Le module driver intègre un circuit de différenciation et un circuit avalanche, le signal de déclenchement (trigger) peut être converti en une impulsion de commande avec une amplitude élevée et des bords plus nets par le module driver. En conséquence, le module d'impulsions incorpore un circuit de mise en forme d'impulsions SRD et un circuit de formation d'impulsions monocycle, l'impulsion de commande générée par le module de commande peut être inversée en une impulsion monocycle avec un faible niveau d'ondulation et une bonne symétrie à travers le module d'impulsions.

Le résultat est que la largeur d'impulsion monocycle est considérablement réduite et l'amplitude d'impulsion est maintenue à un niveau élevé.

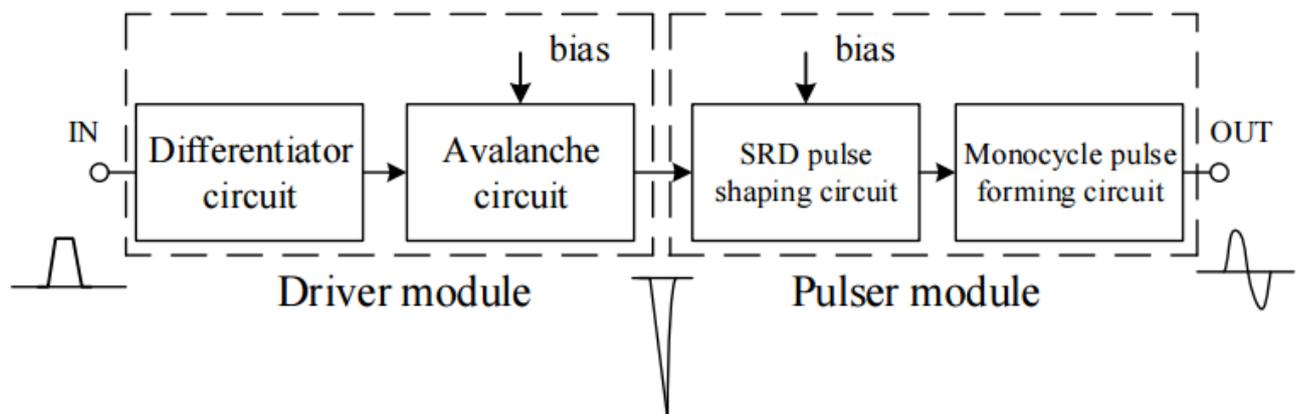


Figure 3-8 : Générateur d'impulsions IR-UWB [10]

3.3.1.1 Module driver

Le module driver adopte une structure parallèle à deux transistors (Figure 3.9). De cette manière, le courant de sortie est superposé à la charge RL, qui peut augmenter efficacement l'amplitude de l'impulsion de sortie, tout en shuntant le courant de base qui devient surdimensionné et peut endommager les transistors. Les deux branches parallèles sont exactement les mêmes.

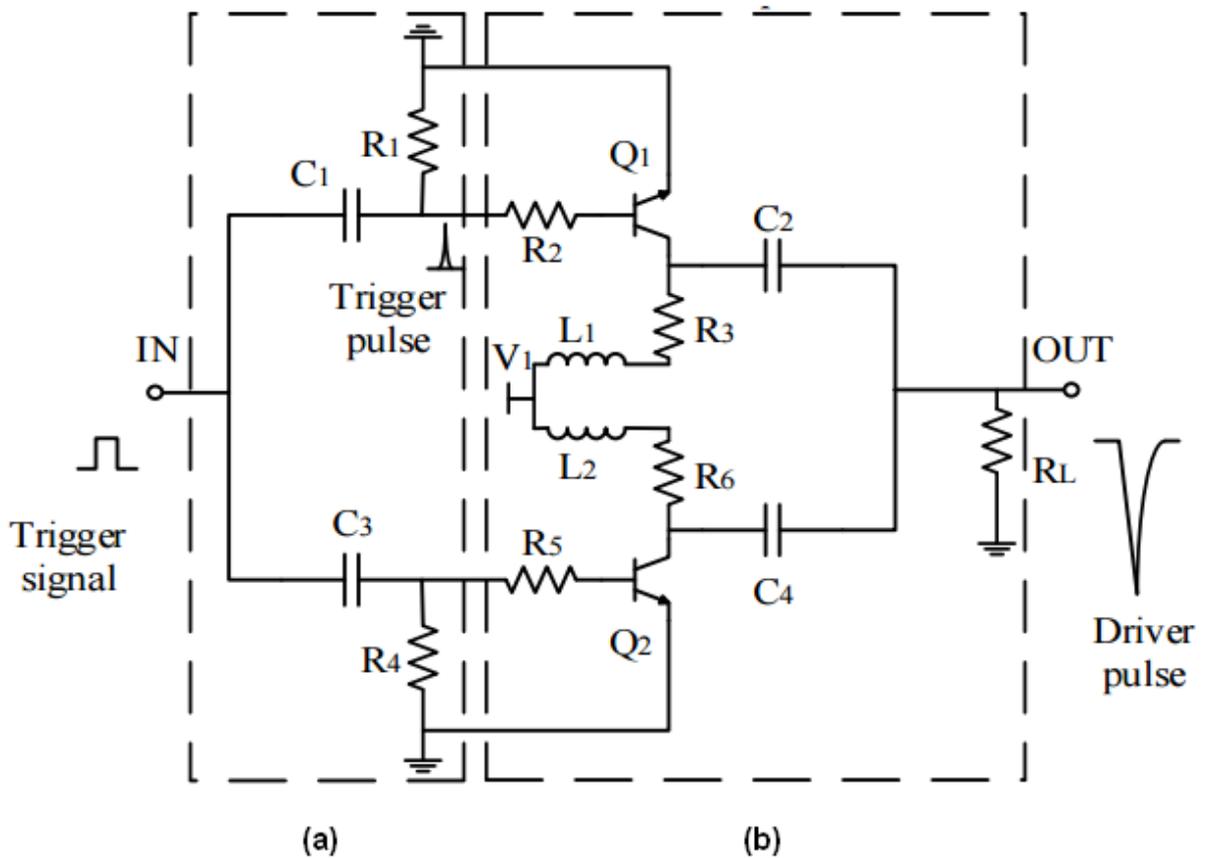


Figure 3-9 : Module Driver : (a) circuit différentiateur, (b) circuit avalanche [10]

(a) Circuit différentiateur

Le circuit différentiateur est composé de R_1 (100Ω) et C_1 (20pF), sa fonction consiste à extraire le bord du signal de déclenchement carré et à réduire le rapport cyclique pour déclencher le circuit d'avalanche. Dans un cycle du signal de déclenchement, la capacité différentielle sera chargée et déchargée à chaque fois, il faut donc que $\tau < T/2$, où $\tau = R_1C_1$ est la constante de temps du circuit de différenciation et T est le cycle du signal de déclenchement carré. En outre, du point de vue amplitude, l'amplitude de l'impulsion de déclenchement dépend des valeurs de R_1 et C_1 .

(b) Circuit avalanche

Le circuit d'avalanche est composé de R_2 , R_3 , L_1 , C_2 et Q_1 . L'alimentation V_1 (12V) est utilisée pour fournir la tension de polarisation pour mettre le transistor Q_1 dans un état critique d'avalanche. Respectivement, R_2 (30Ω) et R_3 (680Ω) sont la résistance de courant limite de base et de collecteur. C_2 (20pF) est un condensateur de stockage. Quand il n'y a pas de signal de déclenchement, Q_1 est à l'état de coupure. Pendant ce temps, V_{CC} recharge C_2 via L_1 ($10\mu\text{H}$) et R_3 .

Notamment, L1 joue un rôle important dans le processus de charge, d'une part, L1 peut accélérer le processus de charge et il est utile d'augmenter le taux de répétition des impulsions. En revanche, L1 peut augmenter la tension de C2 et il est favorable d'augmenter l'amplitude de l'impulsion d'attaque. Tandis que lorsqu'il y a un signal de déclenchement, Q1 se transforme rapidement en état de conduction. Pendant ce temps, C2 se décharge vers RL (50Ω) via Q1, le courant d'avalanche peut atteindre un niveau élevé en un temps bref pendant le processus de décharge, par conséquent, nous pouvons obtenir une impulsion de commande avec une amplitude élevée.

3.3.1.2 Module d'impulsion

La diode SRD représente le cœur du module d'impulsion étant donné qu'elle présente une non-linéarité intense. Le travail principal consiste donc à établir le modèle SRD dans le logiciel ADS qui peut représenter avec précision le caractère non linéaire de SRD afin de concevoir le module d'impulsion. (voir sous-section 3.3.2)

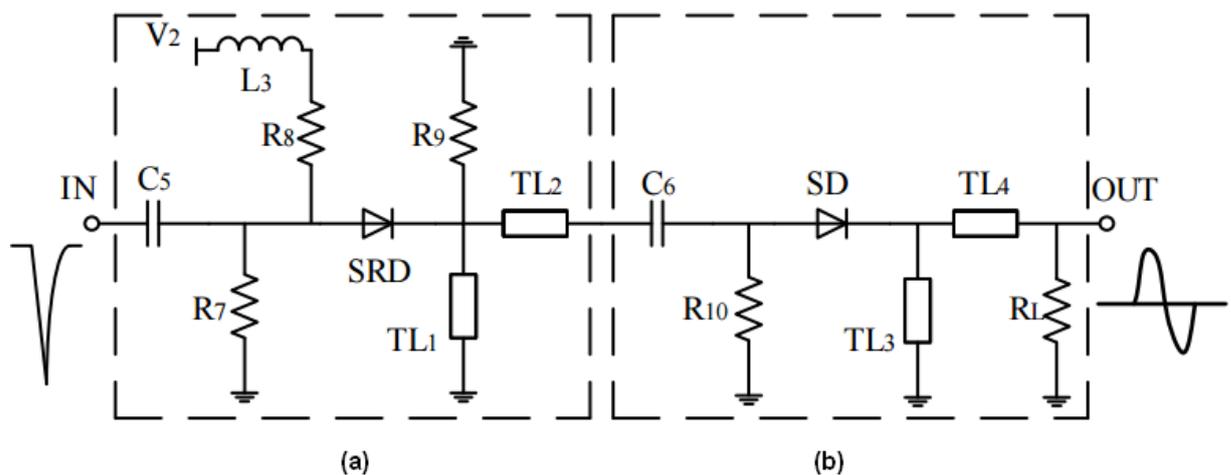


Figure 3-10 : Module d'impulsion :

(a) Circuit de mise en forme d'impulsions SRD, (b) circuit de formation de monocycle [10]

(a) Circuit de mise en forme d'impulsions SRD

Comme le montre la figure 3.10, le circuit de mise en forme d'impulsion SRD est composé de C5, R7, L3, SRD, R8, R9, TL1 et TL2. C5 (270pF) et R7 (20Ω) constituent un circuit de couplage RC qui peut augmenter l'efficacité énergétique de la sortie. La diode SRD fonctionne comme un interrupteur commandé par la charge. Lorsqu'il n'y a pas d'impulsion du conducteur, la diode SRD est à l'état conducteur. Pendant ce temps, V2 (~1V) recharge SRD via L3 (100uH), R8 (68Ω) et TL1, R8 détermine la valeur du courant de charge. Alors que lorsqu'il y a une impulsion du conducteur, la diode SRD ne passe à l'état de coupure jusqu'à ce

que la charge stockée dans l'état conducteur soit complètement consommée par l'impulsion de commande inverse et le temps du transitoire de l'état conducteur à l'état de coupure sont assez rapides, donc on peut obtenir une impulsion de pas à la borne du SRD. Ensuite, cette impulsion se divise en deux autres impulsions de pas en arrivant sur la ligne de transmission TL2, qui se propage ensuite vers la ligne à retard TL1 et la ligne de transmission TL2. L'impulsion de pas se déplaçant vers TL1 est réfléchiée et finalement se combine avec l'autre impulsion de pas pour former une impulsion gaussienne. La largeur de l'impulsion résultante Δt est donnée par l'expression suivante:

$$\Delta t = 2L/v \quad (3.1)$$

Où v est la vitesse de phase le long de la ligne à retard TL1 et L est la longueur de TL1.

La résistance R9 (330Ω) est utilisée pour faire correspondre l'impédance entre la mise en forme d'impulsion SRD et le circuit de formation d'impulsions monocycle.

(b) Circuit de formation d'impulsions monocycle

Le circuit de formation d'impulsions monocycle est composé de C6, R10, SD (Schottky Diode), TL3 et TL4. C6 (20pF), R10 (10K Ω) et SD constituent un circuit de découplage RC qui peut réduire le niveau d'ondulation de la sortie. La fonction de TL3 est la même que TL1, l'impulsion négative réfléchiée de TL3 se combine finalement avec l'impulsion positive à la charge RL (50 Ω). De ce fait, nous pouvons donc obtenir une impulsion monocycle à la borne de sortie.

Le niveau d'ondulation signal d'impulsion est encore réduit par la diode Schottky, servant de commutateur à grande vitesse, qui ne permet qu'une impulsion supérieure à un certain seuil de passer. Ce seuil est déterminé par la tension de polarisation V_d cette tension est négative peut abaisser globalement la forme et éliminer théoriquement toute ondulation positive et négative. Malgré cela, c'est impossible car le temps de commutation de la diode Schottky ne peut pas être égal à zéro, et le phénomène d'ondulation existe toujours en sortie.

3.3.2 Modèle SRD

En raison de l'indisponibilité d'un modèle SRD à des fins de simulation, il faut en concevoir un en prenant les paramètres caractéristiques et parasites en considération.

3.3.2.1 Structure et caractéristique de SRD

Une diode de type SRD est une jonction semi-conductrice permettant de passer très rapidement de l'état passant à l'état bloqué. C'est une diode à jonction PN, dont l'impureté présente une distribution inhabituelle, comme le montre la figure 3.11. Entre la couche P⁺ à fort dopage et la couche N⁺ à fort dopage se trouve une couche de type N à faible dopage avec une structure de jonction variation lente typique. Les caractéristiques de la conduction directe de la coupure inverse produites par l'excitation d'une onde sinusoïdale, seront présentées à une diode ordinaire.

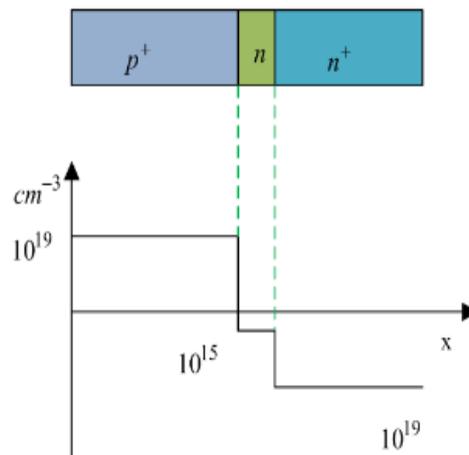


Figure 3-11 : Profil d'impulsion du SRD

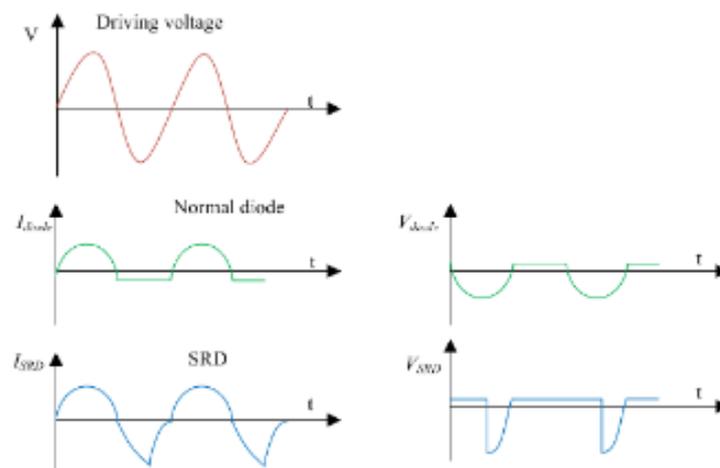


Figure 3-12 : Les courbes caractéristiques de tension et de courant de la diode commune et de la diode SRD

Lorsque la diode SRD convertit de la tension d'excitation avant en tension d'excitation négative un fort courant arrière circule en contenu jusqu'à se terminer à un instant de temps formant ainsi une tension de pas raide. Les formes d'onde du courant et de la tension sont différents et sont illustrés sur la Figure 3.12.

L'énergie emmagasinée dans la diode durant son état passant est ensuite déchargée dans cette ligne lorsque la diode est à nouveau polarisée en inverse.

Les principes de ce phénomène sont les suivants :

1. lorsque SRD est dans une polarisation positive, les deux côtés de la jonction PN deviennent infusés avec de nombreux porteurs minoritaires. La distribution spéciale des impuretés dans SRD facilite l'augmentation de ces porteurs minoritaires injectés aussi la création de champs retardateurs des deux côtés de la jonction provoquant une impédance dans la prolifération des porteurs minoritaires formait ainsi une concentration de porteurs minoritaire dans les régions étroites près de la jonction de plus l'augmentation de la longévité des porteurs minoritaires est telle qu'ils sont empêchés de se réintégrer pendant une période de biais positif .
2. lorsque la polarisation positive se transforme en polarisation négative, les porteurs minoritaires stockés circuleront dans le sens opposé à l'injection, formant ainsi un fort courant de retour. Lorsque l'extraction de tous les porteurs minoritaires a eu lieu, le courant de retour est brusquement réduit à niveau extrêmement bas, coupant la diode et formant la tension de pas.

3.3.2.2 Analyse du circuit équivalent SRD

Les caractéristiques non linéaires de SRD ont été largement étudiés et des modèles raffinés] de SRD ont été donnés. Le circuit équivalent SRD utilisé dans ce projet est pris de la thèse [11]. Le travail de modélisation du SRD est effectué dans la simulation ADS 2009.

Le SRD étant un composant fortement non linéaire, sa modélisation est sans aucun doute un grand défi. Fondamentalement, SRD agit comme un commutateur de l'état haute impédance à l'état basse impédance correspondant à une petite capacité de polarisation inverse et une capacité de polarisation directe infinie. Cependant, à des fins de modélisation, une capacité finie est considérée pour le SRD.

Le circuit équivalent faible signal du SRD est illustré à la Figure 3.13.

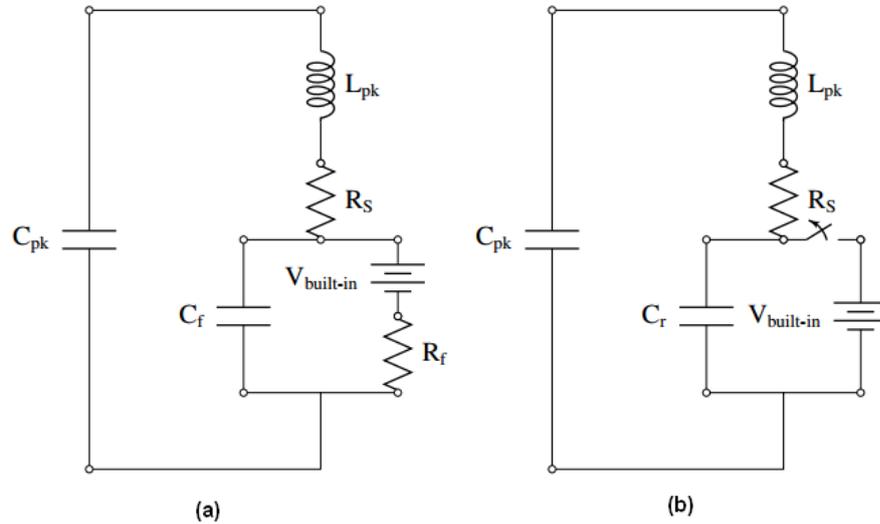


Figure 3-13 : Circuit équivalent faible signal du SRD :

(a) polarisation directe, (b) polarisation inverse

Le dispositif SDD (Symbolically Defined Device) permet de modéliser le comportement non linéaire de la diode SRD. L'équation de modélisation, à incorporer dans le SDD, qui est utilisée dans ce travail est donnée par :

$$Q(v) = \begin{cases} C_r V & V \leq 0 \\ \frac{C_f - C_r}{2V_b} \left(V + \frac{C_r V_b}{C_f C_r} \right)^2 - \frac{C_r^2}{2(C_f - C_r)} V_b & 0 < V < V_b \\ C_f V - \frac{C_f V_b}{2} & V \geq V_b \end{cases} \quad (3.2)$$

Dans cette équation, Q représente la charge stockée dans la diode, V est la tension de la borne de la diode et V_0 représente le potentiel intégré de la diode considérée. C_r (0,3 pF), représente une très petite capacité finie correspondant à l'état de polarisation inverse de la diode. C_f est la valeur maximale de la capacité de polarisation directe qui dépend de la résistance de polarisation directe R_f de la diode et du MCL (Minority Carrier Lifetime) τ .

La diode SRD modélisée est illustré à la figure 3.14 tandis que les valeurs paramétriques utilisées dans la modélisation sont spécifiés dans le tableau 3.1 (pour MP4023).

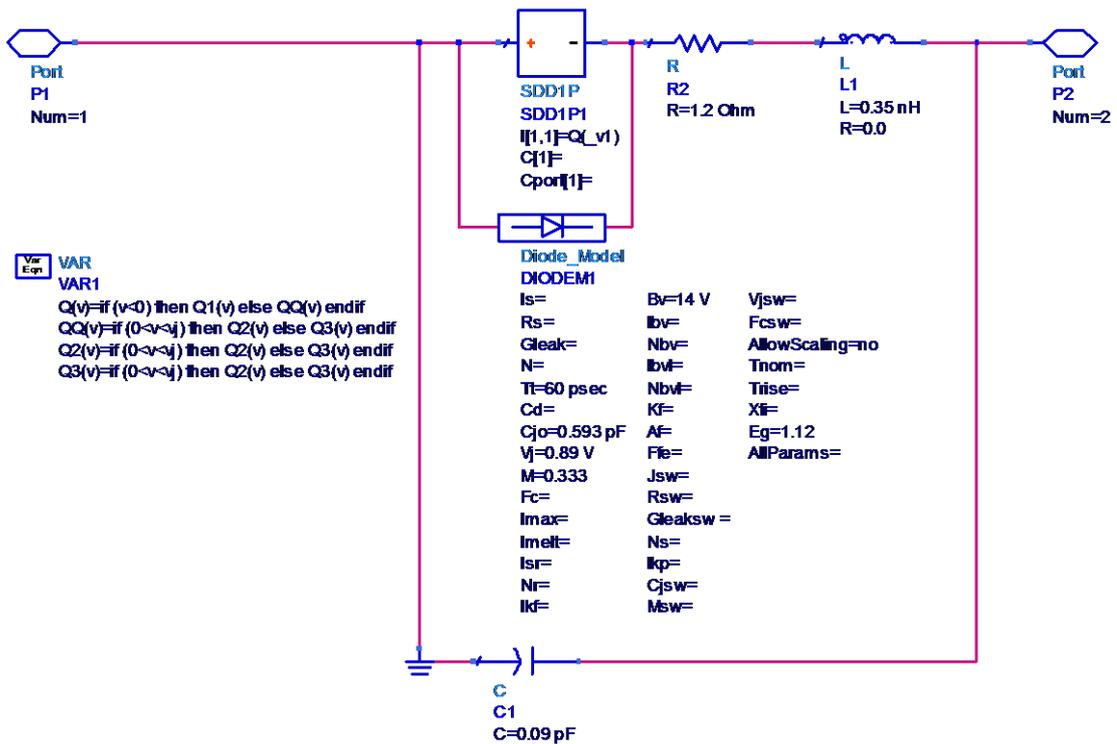


Figure 3-14 : Modèle de la diode SRD sous ADS 2009

Paramètre	Valeur
MCL (τ)	8ns
Transition Time T_t	60ps
Built-in Potential V_b	0.890V
Forward junction resistance R_f	1.040 Ω
Capacitance at zero bias	0.593pF
Capacitance at -6V bias C_r	0.300pF
Junction Grading Coefficient (M)	0.333
Package Capacitance C_{pk}	0.090pF
Series Resistance R_S	1.20 Ω
Package Inductance L_{pk}	0.350nH

Tableau 3-1 : Valeurs des parameters utilisés dans la modélisation du SRD

3.4 Implémentation du circuit du générateur d'impulsion IR-UWB sous ADS 2009

La figure 3.15 représente le circuit implémenté sous ADS 2009 du driver. Pour les transistors avalanche nous avons utilisé le modèle BFR90.

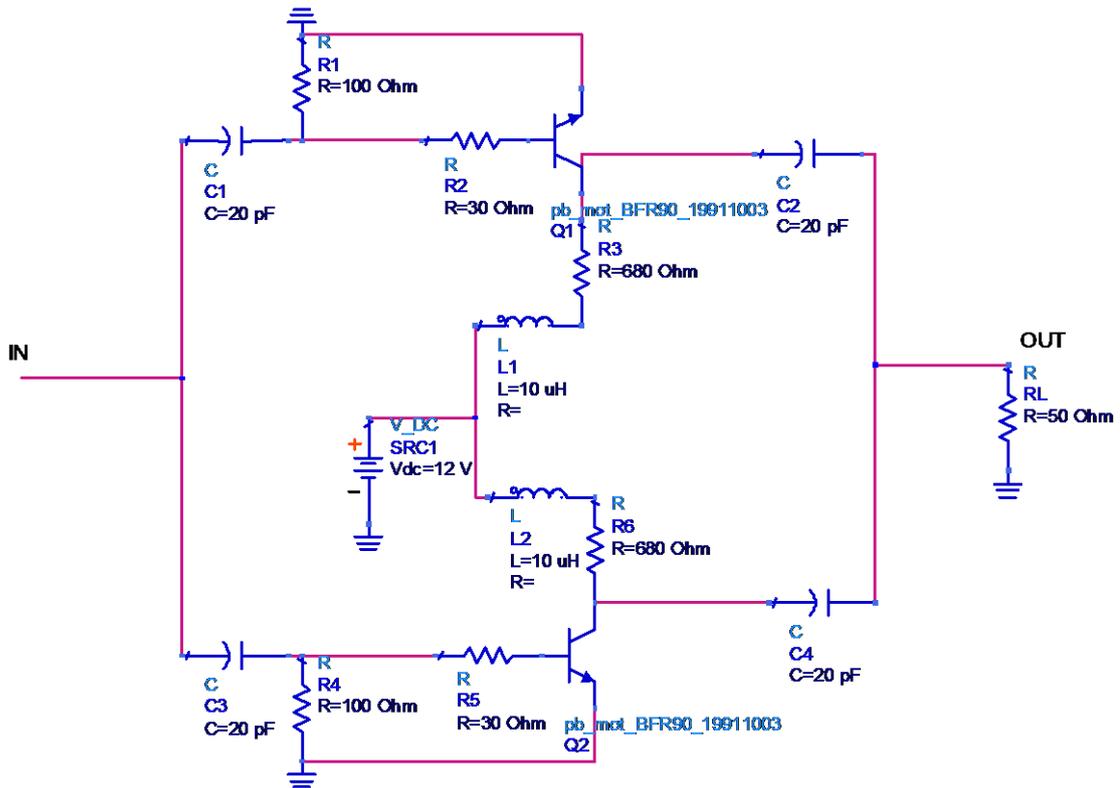


Figure 3-15 : Implémentation du driver sous ADS 2009

La figure 3.15 représente le circuit de formation d'impulsions monocycle implémenté sous ADS 2009. Pour la diode Schottky, nous avons choisi le modèle 1s166.

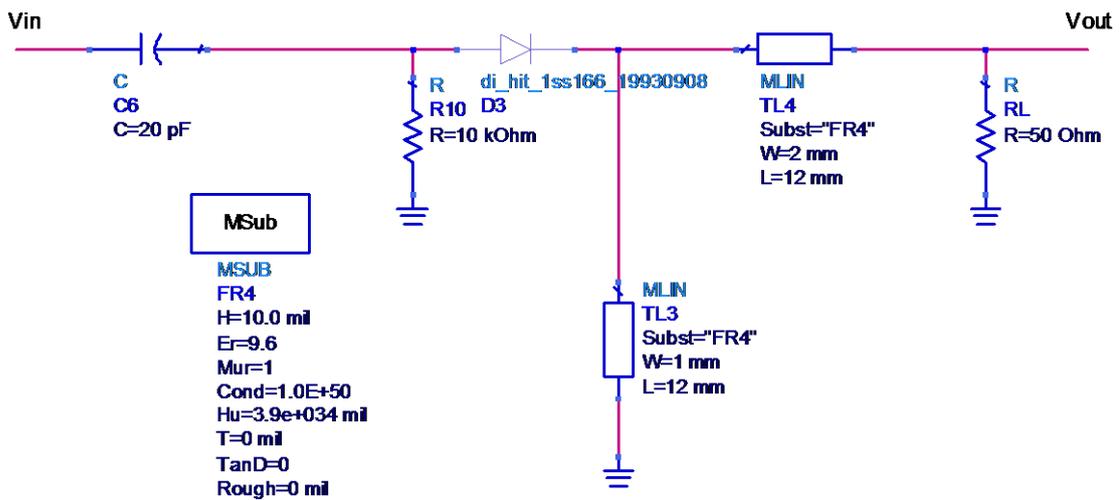


Figure 3-16 : Implémentation du circuit de formation d'impulsions monocycle sous ADS 2009

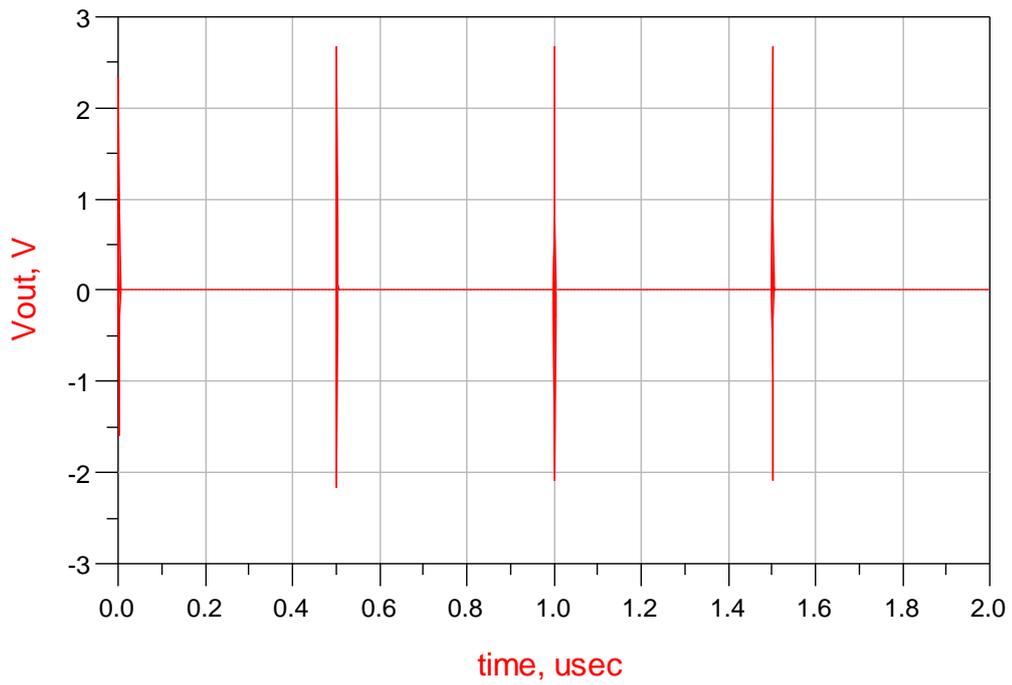


Figure 3-18 : Train d'impulsions monocycle générées

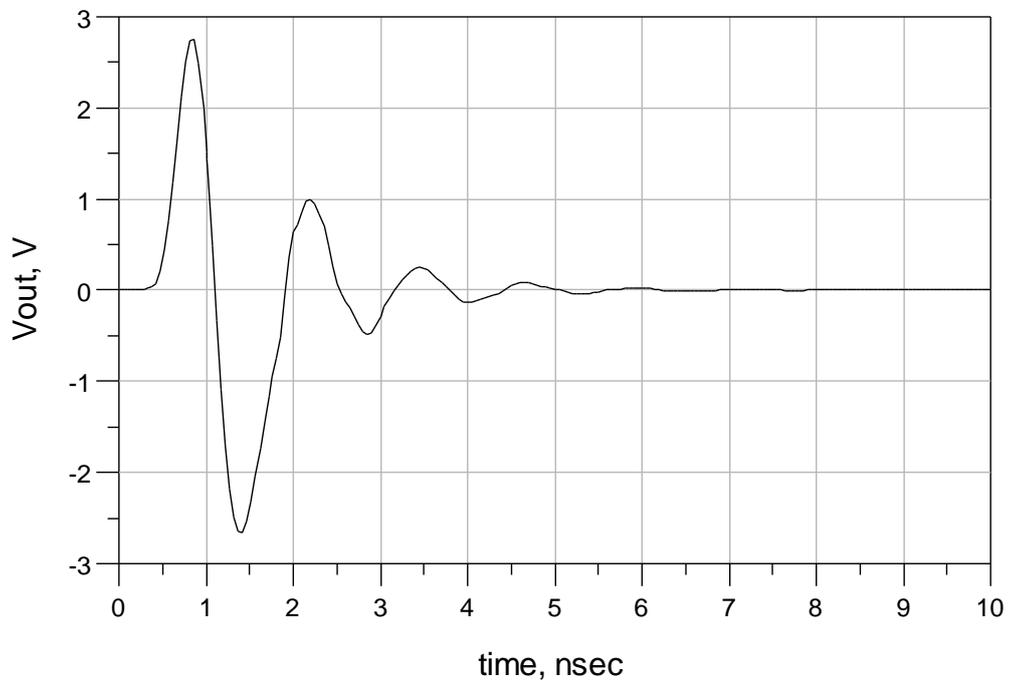


Figure 3-19 : Forme d'onde de l'impulsion monocycle générée

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un générateur d'impulsion IR-UWB performant, basé sur la diode SRD. Celle-ci a été modélisée par un circuit équivalent non linéaire afin d'être incorporée dans le logiciel ADS. Le générateur a été implémenté et simulé sous ADS 2009. Les résultats sont concluants. La largeur et l'amplitude de l'impulsion obtenus sont respectivement de (2ns) et (2.7V). Par conséquent, cette conception peut être bien utilisée pour les applications de radar UWB pour la localisation et la poursuite.

Conclusion générale

L'impulsion UWB a un aspect important dans toute étude relative aux applications radar UWB et aux systèmes de communication sans fil UWB. De nombreux radars à impulsion ont été développés à des fins de détection, de localisation et d'identification. L'élément de performance clé est d'avoir des impulsions UWB subnanosecondes avec une puissance suffisamment élevée. Cela permet d'avoir une très haute résolution et augmenter la portée du radar.

La conception d'un générateur d'impulsion IR-UWB réalisée dans ce projet répond à ces objectifs. En effet, nous avons survolé plusieurs approches utilisées pour ce type de générateur. Parmi les composants électroniques discrets, la diode Step Recovery Diode (SRD) est sans doute le composant ayant suscité le plus d'intérêt pour la génération d'impulsion UWB. C'est dans ce sens que nous nous sommes intéressés à un circuit basé sur la diode SRD.

Le travail que nous avons conduit est en grande partie inspiré de [10]. Le générateur étudié est composé de deux modules : un module driver et un module d'impulsion. Le module driver intègre un circuit de différenciation et un circuit à base de transistor avalanche. Le module d'impulsion incorpore un circuit de mise en forme d'impulsions SRD et un circuit de formation d'impulsions monocycle utilisant une diode Schottky.

Nous avons implémenté le générateur sous ADS 2009. Il a été nécessaire d'introduire un modèle SRD dans le logiciel ADS qui peut représenter avec précision le caractère non linéaire de SRD afin de concevoir le module d'impulsion.

Les résultats de simulation sont satisfaisants et prometteurs (une largeur d'impulsion monocycle d'environ 2 ns et un niveau de tension de 2.7 V de sorte à nous laisser songer à un prototypage. Le circuit conçu bien qu'ayant un grand potentiel pour être utilisé pour les applications de radar UWB notamment ceux destinés à la localisation et à la poursuite peut être amélioré en vue d'obtenir des impulsions subnanosecondes.

Enfin, nous pouvons confirmer que ce projet était très intéressant pour notre formation, en effet il nous a permis d'approfondir nos connaissances et d'appliquer des concepts fondamentaux et technologiques dans le domaine électronique et télécommunication, il nous a également permis une ouverture sur l'environnement et les conditions de travail d'un chercheur, il a constitué en ce sens une expérience très riche .

Bibliographie

- [1] MEHALLEL, Elhadi. Contribution au Traitement des Signaux en Communication Ultra Large Bande (ULB). 2019. Thèse de doctorat.
- [2] MARCHALAND, David. *Architectures et circuits dédiés aux Émetteurs ultra large bande bas débit*. 2007. Thèse de doctorat.
- [3] Yahiaoui Merouane, Boutaleb Meroua Implémentation et évaluation des performances de précisions d'un système radar UWB pour la localisation indoor. Mémoire de Master, 2017.
- [4] Devulder, Marie. *Étude et faisabilité d'un système ultra large bande (ULB) en gamme millimétrique en technologie silicium avancée*. 2008. Thèse de doctorat. Lille 1.
- [5] DUBOULOZ, Samuel. *Développement d'architectures avancées pour communications ultra large bande (UWB) dans des applications bas débit*. 2008. Thèse de doctorat.
- [6] Soltane, Samia. *Etude et caractérisation d'antennes imprimées pour système ultra-large bande*. 2015. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider-Biskra.
- [7] Guéguen, Emeric. *Etude et optimisation des techniques UWB haut débit multibandes OFDM*. 2009. Thèse de doctorat.
- [8] FEDERAL COMMUNICATION COMMISSION, *et al.* FCC (2002) The First Report and Order Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems. *FCC 02-48, ET Docket No. 98*, vol. 153.
- [9] PAGANI, Pascal, TALOM, Friedman Tchoffo, PAJUSCO, Patrice, *et al.* Communications Ultra Large Bande: le canal de propagation radioélectrique (Collection technique et scientifique des télécommunications). 2007.
- [10] YIN, Qi, PAN, Zhongming, et ZHANG, Zhuohang. Design of a High-Performance Ultra-Wideband Monocycle Pulse Generator. In : *2018 International Conference on Mechanical, Electronic, Control and Automation Engineering (MECAE 2018)*. Atlantis Press, 2018.
- [11] Kamal, Athar. Low-Cost and Low-Ringing Microstrip based Ultra-Wideband Pulse Generators using Step-Recovery Diode for Ground Penetrating. 2014.
- [12] Jean Schwoerer . Eudes et implémentation d'une couche physique UWB impulsionnelle à bas débit et faible complexité. Thèse. Institut national des sciences appliquées INSA–Rennes, numéro d'ordre D -06-01, 2006
- [13] Kebbab, Radhwane. *Conception D'antennes Ultra Large Bande En Technologie Imprimee*. Thèse de doctorat.
- [14] Kaidomar Omar. Conception et modélisation d'une antenne pour les communications Ultra Large Bande. Université des sciences et de technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf, 2013.
- [15] Mebaley Ekome, Stéphane. *Étude et conception d'une couche physique UWB-IR pour les réseaux BAN*. 2012. Thèse de doctorat. Paris Est.
- [16] Ouardas, Asma, *et al.* *Contribution à l'étude des systèmes Ultra Large Bande TH-UWB coopératifs*. 2018. Thèse de doctorat.

- [17] CEPT, ECC. ECC decision of 24 March 2006 on the harmonised conditions for devices using ultra-wideband (UWB) technology in bands below 10.6 GHz. ECC/DEC/(06), 2006, vol. 4.
- [18] ECC «ECC décision of 01 Décembre 2006 amended 31 October 2008 on supplementary regulatory provisions to ECC/DEC/(06)04 for UWB devices using mitigation techniques» Electronic ECC/DEC/(06)12, October 2008.
- [19] Kohno, Ryuji Et Takizawa, Ken-ichi. Detection and avoidance based on soft-spectrum adaptation of UWB interference to existing radio systems. In : *2006 IEEE Ninth International Symposium on Spread Spectrum Techniques and Applications*. IEEE, 2006. p. 435-439. In IEEE 9th International symposium on spread spectrum techniques and applications (ISSSTA 06), Manaus-Amazon, Brazil, PP435-439, Auguste 2006.
- [20] Oppermann, Ian, Hämäläinen, Matti, Et Iinatti, Jari (ed.). *UWB: theory and applications*. John Wiley & Sons, 2005.
- [21] Han, Jeongwoo Et Nguyen, Cam. A new ultra-wideband, ultra-short monocycle pulse generator with reduced ringing. *IEEE Microwave and wireless components letters*, 2002, vol. 12, no 6, p. 206-208.
- [22] Krishnan, Sivanand, Kyaw, Ohnmar, Ning, Low Zhen, *et al.* Tunable monocycle doublet generator. In : *2006 IEEE Radio and Wireless Symposium*. IEEE, 2006. p. 387-390.
- [23] Yilmaz, Sertac Et Tekin, Ibrahim. Ultra-wideband n-bit digitally tunable pulse generator. In : *2005 IEEE International Conference on Ultra-Wideband*. IEEE, 2005. p. 438-441.
- [24] Naviner, J. Architectures radiofréquences pour l'émission de signaux impulsionnels à ultra large bande, ser. Télécom Paris, D. École nationale supérieure des télécommunications, 2007.
- [25] Printing Manuals for Advanced Design System. <https://edadocs.software.keysight.com/>
- [26] Pellion, Denis. *Modélisation, fabrication et évaluation des photodiodes à avalanche polarisées en mode Geiger pour la détection du photon unique dans les applications Astrophysiques*. 2008. Thèse de doctorat.
- [27] Durisi, Giuseppe Et Benedetto, Sergio. Performance of coherent and noncoherent receivers for UWB communications. In : *2004 IEEE International Conference on Communications (IEEE Cat. No. 04CH37577)*. IEEE, 2004. p. 3429-3433.
- [28] M. Anas « Etude et conception d'un Émetteur/ récepteur UWB-IR. Laboratoire Interface capteur et Microélectrique (LICM) Université de Lorraine, 2012.
- [29] Rulikowski, Pawel Et Barrett, John. Truly balanced step recovery diode pulse generator with single power supply. In : *Proceedings. 2004 IEEE Radio and Wireless Conference (IEEE Cat. No. 04TH8746)*. IEEE, 2004. p. 347-350.
- [30] Lakhdar, Bezef. *Etude et conception d'un coupleur directionnel*. 2016. Mémoire de Master. Faculte de technologie/Universite Mohamed Boudiaf-M'sila.
- [31] Zegar Imane, Gherbi Aicha. Etude et conception d'un filtre passe bande à base de résonateur à saut d'indépendance pour les systèmes de communication sans fil. Mémoire de Master, université Mohamed Boudiaf-Msila, 2019.

- [32] ZHOU, Jianming, YANG, Xiao, LU, Qiuyuan, *et al.* A novel low-ringing monocycle picosecond pulse generator based on step recovery diode. *PLoS one*, 2015, vol. 10, no 8, p. e0136287. [41] Xia, X., L. Liu, S. Ye, H. Guan, and G. Fang (2014), A novel subnanosecond monocycle pulse generator for UWB radar applications, *J. Sens.*, 2014, 150549, doi:10.1155/2014/150549.
- [33] Ouggad Mohamed EL amine. Simulation d'une chaîne de transmission radio. Mémoire de Master. Université de Tlemcen. 2019