

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen -

Faculté de TECHNOLOGIE



## **MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

**En** : Télécommunications.

**Spécialité** : Réseaux et Télécommunications.

**Par** : **OUGGAD Mohamed El Amine**

**Sujet** :

**Simulation d'une chaîne de transmission radio.**

Soutenu publiquement, le **25 / 06 / 2019**, devant le jury composé de :

Mr. M. BOUSAHLA	M C B	Président
Mr. S.M. MERIAH	Professeur	Encadrant
Mr. F. DERRAZ	M C B	Examineur



## **Remerciements :**

J'adresse mes sincères remerciements à Monsieur S.M. MERIAH Professeur à l'université de Tlemcen et Directeur du laboratoire de Télécommunications de Tlemcen LTT, pour l'orientation et l'encadrement de ce projet de fin d'études.

Mes remerciements vont également à Monsieur M. BOUSSAHLA, Maitre de Conférence à l'université de Tlemcen qui a bien voulu accepter de présider ce jury.

Mes remerciements vont aussi à Monsieur F. DERRAZ, Maitre de Conférence à l'université de Tlemcen, pour sa présence parmi les examinateurs.

## Résumé :

Transmettre de l'information d'un point à un autre sans-fil nécessite un système de radiocommunication. Ce système utilise le canal hertzien comme support physique. Les performances d'un système de transmission sans fil sont directement liées aux conditions de propagation entre l'émetteur et le récepteur. Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés à l'étude et à la simulation d'un système de télécommunications Radio fréquence (RF). Le développement de ce système consiste en un émetteur-récepteur et un canal Radio. Les différentes simulations ont été réalisées en utilisant le logiciel ADS. Un système de transmission dans la bande 19.5 GHz est étudié afin d'évaluer les paramètres permettant de juger les performances du système.

**Mots-clés :** Chaîne de transmission Radio, Emetteur, Récepteur, ADS, Analyse.

## Abstract :

Transmitting information from one point to another wirelessly requires a radiocommunication system. This system uses the radio channel as a physical medium. The performances of a wireless transmission system are related to the propagation conditions between the transmitter and the receiver. As a part of this work, we based on the study and simulation of a radio frequency (RF) telecommunication system. The development of this system consists of a transceiver and a radio channel. The different simulation were done by using the ADS software. A transmission system in the 19,5 GHz band is being studied in order to evaluate the parameters that allow us to judge the system performances.

**Keywords:** Transmission Chain Radio, Transmitter, Receiver, ADS, Analysis

## ملخص :

يتطلب نقل المعلومة من نقطة إلى أخرى لاسلكيا نظام إتصال لاسلكي. يستخدم هذا النظام قناة الراديو كأداة وصل. يرتبط أداء نظام الإرسال اللاسلكي بشكل مباشر مع ظروف الاتصال بين المرسل و المستقبل. من خلال هذا العمل، ركزنا على دراسة و محاكاة نظام اتصالات التردد اللاسلكي (RF). يكمن تطوّر هذا النظام في جهاز إرسال و استقبال و قناة راديو. تم تنفيذ عمليات المحاكاة المختلفة بواسطة برنامج ADS. تتم دراسة نظام إرسال في النطاق 19,5 GHz بهدف تقييم الإعدادات التي تسمح لنا بالحكم على اداء النظام

**كلمات البحث :** راديو سلسلة الإرسال ، الإرسال ، استقبال ، ADS ، تحليل.

# Table de matières :

Remerciements :.....	II
Résumé :.....	III
Abstract :.....	III
ملخص:.....	III
Table de matières :.....	IV
Liste des figures : .....	VII
Liste des Tables :.....	IX
Liste des acronymes : .....	X
Introduction générale :.....	1
CHAPITRE 1 : Système de transmission RF.....	2
1.1 Introduction : .....	2
1.2 Système de communication :.....	2
1.2.1 L'information : .....	3
1.2.2 Chaîne de transmission : .....	3
1.2.2.1 La source : .....	4
1.2.2.2 Le codage source : .....	4
1.2.2.3 Le codage canal : .....	5
1.2.2.4 La modulation :.....	5
1.2.2.5 Canal de transmission : .....	5
1.2.2.6 Le récepteur :.....	6
1.3 Architecture d'un système Radio Fréquence (RF): .....	6
1.3.1 Architecture analogique :.....	7
1.3.2 Architecture numérique: .....	8

1.4	Émetteur-récepteur RF :.....	9
1.4.1	Émetteur RF :.....	9
1.4.2	Canal de transmission RF : .....	11
1.4.2.1	Force du signal:.....	11
1.4.2.2	Distance :.....	11
1.4.2.3	Interférences : .....	11
1.4.2.4	Ligne de mire :.....	11
1.4.3	Récepteur RF :.....	13
1.4.3.1	Architecture hétérodyne :.....	13
1.4.3.2	Architecture homodyne :.....	14
1.4.3.3	Architecture large bande si :.....	16
CHAPITRE 2 : Simulation d'un émetteur RF. ....		17
2.1	Introduction :.....	17
2.2	La modulation :.....	17
2.2.1	Les signaux à modulation complexe : quelques définitions : .....	17
2.2.2	La modulation de l'émetteur radiofréquence :.....	19
2.2.3	Génération d'un signal RF modulé :.....	19
2.2.3.1	Etude de la source temporelle :.....	19
2.2.3.2	Etude de la source fréquentielle :.....	21
2.2.3.3	Etude du signal modulé :.....	22
2.3	Le filtrage dans un émetteur RF :.....	23
2.3.1	Le filtre : .....	23
2.3.2	Emplacement d'un filtre pass bande :.....	24
2.4	Amplification d'un signal :.....	25
2.4.1	1'Amplification : .....	25

2.4.2	Simulations sous ADS: .....	25
CHAPITRE 3 : Simulation d'un système de transmission wifi.....		178
3.1	Introduction : .....	28
3.2	Description générale d'un système émetteur-récepteur complet : .....	28
3.2.1	Architecture des émetteurs-récepteurs RF : .....	29
3.2.2	Métriques des récepteurs RF : .....	30
3.2.3	Critères de qualification d'un émetteur-récepteur : .....	31
3.3	Composants du sous-système émetteur /récepteur : .....	31
3.3.1	Mélangeur : .....	31
3.3.2	Amplificateur de Puissance (OP AMP): .....	32
3.3.3	Oscillateur .....	33
3.3.4	Filtre : .....	33
3.3.5	-Butterworth : .....	34
3.3.6	Les antennes : .....	34
3.3.7	Contrôle Automatique du Gain : .....	35
3.4	La simulation de L'émetteur-récepteur RF : .....	36
3.4.1	Details des parties de la simulation : .....	36
3.4.2	Le circuit de la simulation : .....	36
3.4.3	Résultat et analyse : .....	38
Conclusion Générale : .....		46
Références bibliographiques : .....		47
Annexe 1: Présentation du logiciel ADS .....		52
1.1	Généralité sur ADS : .....	52
1.2	Les projets sous ADS : .....	52
1.3	Conception d'un système sous ADS : .....	54

1.4	Simulation ADS :.....	55
1.4.1	Les contrôleurs de simulation : .....	57
1.4.2	Harmonic Balance : .....	58
1.4.3	Circuit Enveloppe :.....	59

# Liste des figures :

<b>Figure 1.1</b> Chaîne de transmission. ....	4
<b>Figure 1.2</b> Le modèle d'un canal de transmission. ....	5
<b>Figure 1.3</b> Traitement analogique.....	6
<b>Figure 1.4</b> Emetteur RF analogique.....	7
<b>Figure 1.5</b> Récepteur RF analogique .....	7
<b>Figure 1.6</b> Emetteur RF numérique. ....	8
<b>Figure 1.7</b> Récepteur RF numérique.....	8
<b>Figure 1.8</b> Schéma fonctionnel d'un émetteur à conversion directe avec boucle à verrouillage de phase .....	10
<b>Figure 1.9</b> Schéma fonctionnel d'un émetteur superhétérodyne. ....	10
<b>Figure 1.10</b> Graphique d'atténuation par rapport à la fréquence montrant l'atténuation par divers composants pour différentes fréquences. ....	12
<b>Figure 1.11</b> Schéma fonctionnel d'un récepteur hétérodyne .....	14
<b>Figure 1.12</b> Schéma fonctionnel de l'architecture du récepteur homodyne .....	15
<b>Figure 1.13</b> Schéma synoptique de l'architecture du récepteur à large bande IF. ....	16
<b>Figure 2.1</b> Conversion du graphe polaire en coordonnées I/Q.....	18
<b>Figure 2.2</b> Schématique de la simulation d'une source temporelle.....	20
<b>Figure 2.3</b> Résultat de la simulation d'une source temporelle. ....	20
<b>Figure 2.4</b> Schématique d'une source fréquentielle. ....	21
<b>Figure 2.5</b> Schématique de la simulation d'enveloppe.....	22
<b>Figure 2.6</b> Spectre sans filtre.....	23
<b>Figure 2.7</b> Schématique de la simulation d'enveloppe avec le filtre.....	24
<b>Figure 2.8</b> Spectre du signal modulé après filtrage. ....	24
<b>Figure 2.9</b> Simulation avec une impulsion RF.....	25

<b>Figure 2.10</b>	Résultat de simulation.....	26
<b>Figure 2.11</b>	Sélection de la fonction ts.....	27
<b>Figure 2.12</b>	Simulation avec ts(vout).....	27
<b>Figure 3.1</b>	Schéma synoptique d'un système de communication sans fil .....	29
<b>Figure 3.2</b>	Environnement d'un récepteur RF.....	30
<b>Figure 3.4</b>	Schéma de l'émetteur-récepteur sans fil RF sous ADS.....	37
<b>Figure 3.5</b>	Spectre du signal en bande de base en dBm.....	38
<b>Figure 3.6</b>	Spectre du mélangeur.....	39
<b>Figure 3.7</b>	Spectre Filter1.....	40
<b>Figure 3.8</b>	Spectre Amp1 .....	40
<b>Figure 3.9</b>	Spectre de Link1 à 1 km.....	41
<b>Figure 3.10</b>	Spectre de fréquence du filtre 2 en dBm.....	42
<b>Figure 3.11</b>	Spectre de fréquence Amp2.....	42
<b>Figure 3.12</b>	Spectre de fréquence de Mixer2 en dBm .....	43
<b>Figure 3.13</b>	Spectre de fréquence du filtre 3 en dBm.....	44
<b>Figure 3.14</b>	Spectre de fréquence d'Amp3 en dBm.....	44
<b>Figure 3.15</b>	Spectre de fréquence du mélangeur3 en dBm .....	45
<b>Figure 3.16</b>	Spectre de fréquence de IFout en dBm .....	45
<b>Figure 4.1</b>	Fenêtre principale.....	53
<b>Figure 4.2</b>	Fenêtre projet.....	53
<b>Figure 4.3</b>	Fenêtre schématique.....	54
<b>Figure 4.4</b>	Simuler un système.....	55
<b>Figure 4.5</b>	Résultat de la simulation : Principaux avantages de ADS .....	56
<b>Figure 4.6</b>	Contrôleur HB.....	58
<b>Figure 4.7</b>	Contrôleur simulation enveloppe.....	59

# Liste des Tables :

<b>Tableau 2.1</b> Tableau de résultat de la simulation temporelle.....	21
<b>Tableau 3.1</b> Sélection des fréquences pour LOfreq1, LOfreq2, IFfreq et RFfreq .....	38

## Liste des acronymes :

ADS	Advanced Design System
AM	Amplitude Modulation
BER	Bit Error Ratio (taux d'erreur binaire)
CDMA	Code Division Multiple Access
dBi	Décibel Isotrope
dBm	Décibel Milliwatt
FH	Faisceau Hertzien
FM	Frequency Modulation
GFSK	Gaussian Frequency-Shift Keying
Ghz	GigaHertz
GMSK	Gaussian Minimum-Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
HB	Harmonic Balance
HF	High Frequency
LF	Low Frequency
LOS	Line Of Sight
MF	Medium Frequency
MHz	Mega Hertz
Q4	Quarter 4
RF	Radio Frequency
UHF	Ultra High Frequency

GSM	Global System for Mobile Communications
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineering
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
Rx	Réception
Tx	Transmission (Emission)
LO	Local oscillator
IF	Intermediate frequency

# Introduction générale :

Au cours des 10 dernières années de nombreuses technologies de transmission sans fil ont vu le jour. Ces technologies ont émergé à la fois dans le domaine de la téléphonie mobile (GSM Global System for Mobile Communication, UMTS Universal Mobile Telecom System) et dans le domaine des réseaux locaux sans fil (standards IEEE 802.11, Hiperlan, Bluetooth). Ce fort développement des Technologies de l'information et de la Communication a naturellement amené les universités et les écoles d'ingénieurs à faire évoluer leur formation. C'est particulièrement le cas dans le secteur des communications sans fil et il apparaît aujourd'hui des filières spécifiques aux noms évocateurs tels que Electronique des Communications ou encore systèmes intégrés pour les radiocommunications.

Avec le développement des communications et des applications sans fil, les fonctions analogiques et radiofréquences (RF) sont devenues une partie essentielle des systèmes électroniques. Grace aux efforts consentis au cours de ces dernières décennies, on dispose aujourd'hui de solutions qui permettent de concevoir et fabriquer ces fonctions analogiques et RF avec des performances intéressantes en termes de taille, consommation et fréquence de fonctionnement afin de réussir la transmission [1]. C'est dans ce contexte, nous avons déroulé une étude, qui vise la simulation d'une chaîne de transmission radio.

Le chapitre 1 rappelle les notions de bases de système de télécommunication Radio Fréquence (RF), il présente l'information d'un système de transmission et aussi la chaîne de transmission avec la définition de ses blocs.

Le chapitre 2 présente l'émetteur Radio Fréquence en simulant sous le logiciel ADS trois fonctions importante à savoir : la modulation, l'amplification et le filtrage.

Le chapitre 3 propose la simulation de la chaîne radio sous logiciel ADS.

# **CHAPITRE 1 : Système de transmission RF.**

## **1.1 Introduction :**

Les télécommunications au sens large comprennent l'ensemble des moyens techniques nécessaires à l'acheminement aussi fidèle et fiable que possible d'informations entre deux points a priori quelconques, à une distance quelconque, avec des coûts raisonnables et à des instants quelconques. Il est à noter que cette définition est très large. Les principaux moyens de transmission utilisés seront de nature électromagnétique[2].

Les systèmes de transmission numériques véhiculent de l'information entre une source et un destinataire en utilisant un support physique comme le câble, la fibre optique...etc. ou une liaison radioélectrique. Les signaux transportés peuvent être soit d'origine numérique, comme les réseaux de données, soit d'origine analogique (parole, image, ...etc.) Mais convertis sous une forme numérique. La tâche du système de transmission est d'acheminer l'information de la source vers le destinataire avec le maximum de fiabilité possible [3]. Transmettre de l'information d'un point à un autre sans-fil nécessite un système de radiocommunication. Ce système utilise le canal hertzien comme support physique. Au cours de sa propagation, l'onde transmise traverse différents types de canaux jusqu'à atteindre sa cible. Ces canaux affectent l'onde émise. Cela rend nécessaire l'étude des canaux de propagation.

Les performances de transmission, comme on le montrera par la suite, dépendent considérablement des caractéristiques du canal. Selon les conditions d'observation, ces canaux peuvent être considérés comme statiques ou dynamiques [4].

## **1.2 Système de communication :**

Un système de communication est un système qui permet l'échange des informations à distance. Tout système de communication numérique qui transporte la voix l'image ou quelques données sous forme de bits. La source fournit de l'information sous forme des symboles. Ce système relie par l'intermédiaire d'un canal, une source de données à un utilisateur. Le canal peut être un câble coaxial, une liaison radioélectrique ou une fibre optique[5].

### **1.2.1 L'information :**

L'information est au cœur de nos sociétés modernes : presse, téléphonie, données météorologiques, Internet... De nombreux vecteurs concourent à nous transmettre les messages porteurs de ces informations. Les machines associées à des outils informatiques sont elles aussi soumises à un flux de données provenant de capteurs susceptibles d'améliorer leur performance et leur sécurité. Les flux d'information sont ainsi omniprésents dans notre quotidien.

On appelle information tout type de fait qui suscite l'intérêt de l'individu qui la perçoit. Elle peut être constituée d'un ensemble de signaux, d'écrits, d'images, de sons, etc[3].

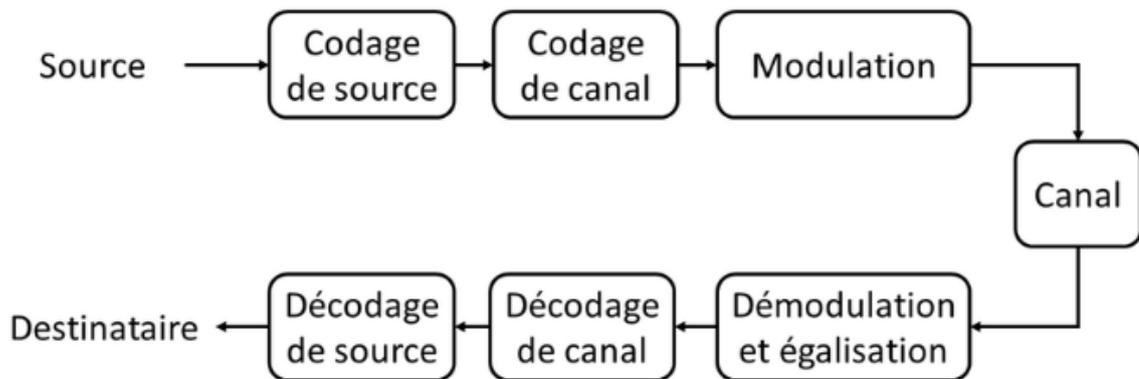
### **1.2.2 Chaîne de transmission :**

La chaîne de transmission (figure 1.1) peut se composer en trois blocs :

- L'émetteur, qui a comme fonction de fournir un signal (représentant le message) adapté au canal.
- Le canal (ligne, câble coaxial, guide d'onde, fibre optique, lumière infra-rouge, canal hertzien, etc.)
- Le récepteur dont la fonction est de reconstituer le message après observation du signal présent sur le canal.

Pour transmettre l'information, l'émetteur a pour fonction d'associer au message numérique une grandeur physique en veillant à adapter celle-ci au milieu de transmission, le récepteur réalise l'opération inverse en reconstituant le message émis par la source à partir du signal reçu, le milieu de transmission représente le lieu physique entre l'émetteur et le récepteur [5].

Peut se résumer par la figure 1.1, qui montre les différents blocs constituant la chaîne de transmission numérique.



**Figure 1.1** Chaîne de transmission.

Nous allons maintenant décrire de façon succincte les différents éléments qui constituent une chaîne de transmission en partant de la source vers le destinataire[3].

### 1.2.2.1 La source :

Pour réaliser une transmission numérique, le message à transmettre doit être sous forme numérique. Si la source délivre un message analogique tel que le signal de parole (sortie d'un microphone) ou le signal d'image (sortie d'une caméra), il faut le numériser en échantillonnant le message analogique puis en quantifiant les échantillons obtenus. Chaque échantillon quantifié est ensuite codé sur 'm' bits[3].

### 1.2.2.2 Le codage source :

La séquence transmise par la source doit être la plus courte possible pour augmenter le débit de transmission nécessaire, le codeur de source a pour objectif de compresser les données est de supprimer la redondance contenue dans les messages de la source d'information, il peut être avec ou sans pertes d'information [6].

### 1.2.2.3 Le codage canal :

Le codage canal est une fonction spécifique des transmissions numériques, il introduit la redondance dans la séquence d'information. Cette opération conduit à une augmentation du débit binaire de la transmission. Le décodeur canal, qui connaît la loi de codage utilisée à l'émission, est capable de détecter et de corriger les erreurs de transmission[7].

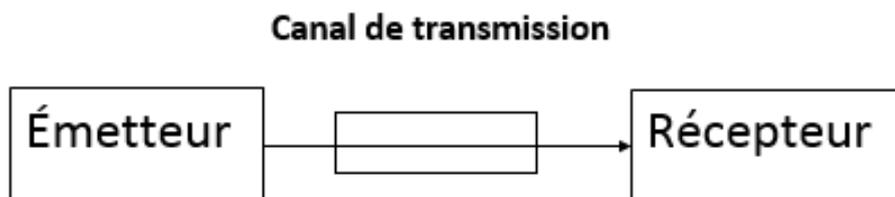
### 1.2.2.4 La modulation :

La modulation M-aire consiste à associer à chaque mot de n éléments binaire un signal  $t_i(u)$ . Le message binaire D est donc représenté par un signal [7], on définit alors la rapidité de modulation R sous forme :

$$R=D/\log 2$$

### 1.2.2.5 Canal de transmission :

Un canal de transmission est un médium physique qui est utilisé pour la transmission dans un canal à partir d'un transmetteur jusqu'au récepteur. Il est également procédé via des ondes électromagnétiques dans le sans-fil. Quel que soit le mode de transmission un des problèmes communs est la présence de bruit additif, ils ont diverses causes dont le bruit thermique des composantes constituant l'appareil récepteur, l'effet du bruit peut être atténué par l'augmentation de puissance du signal transmis, la figure 1.2 représente le modèle d'un canal de transmission[8].



**Figure 1.2** Le modèle d'un canal de transmission.

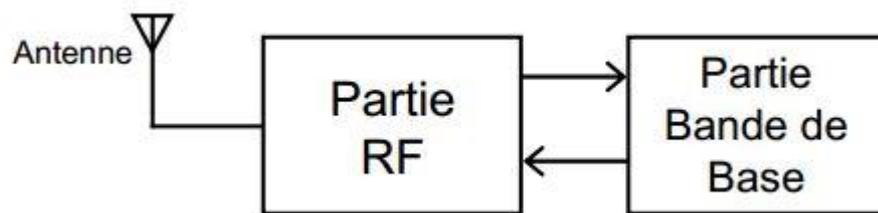
### 1.2.2.6 Le récepteur :

Le récepteur qui a pour fonction de reconstituer le message émis par la source à partir du signal reçu. Pour cela, le récepteur procède d'une manière séquentielle en prenant une suite de décisions sur les symboles successifs du message émis[7].

## 1.3 Le système Radio Fréquence (RF):

Les systèmes Radio Fréquence (RF) sont d'une grande complexité. Cette complexité est liée en partie au grand nombre de transistors contenus dans ces circuits mais également à l'ensemble des concepts techniques mis en œuvre[9].

L'architecture "classique" d'un système RF (figure 1.3) peut se décomposer sommairement entre une partie RF et une partie bande de base (Base Band ou BB ).



**Figure 1.3** L'architecture classique d'un système RF.

La partie RF traite des signaux analogiques (et ce même si la modulation utilisée est dite numérique) à des fréquences élevées, leur spectre n'est pas centré sur zéro ; par opposition avec la bande de base qui traite des signaux BF (basse fréquence) ayant un spectre centré sur, ou proche de l'origine. La bande de fréquence RF s'étend de quelques centaines de kHz à quelques GHz [9].

La partie RF est la plus difficile à concevoir. Cette dernière fait en effet appel à des domaines d'études multidisciplinaires (théorie du signal, approche système, design, technologie de fabrication, etc.) ; les choix de design résultent le plus souvent de compromis entre des contraintes plus ou moins antagonistes (bruit, puissance, consommation, gain, linéarité, etc.) pour lesquels il n'existe pas de critères de choix totalement objectifs[9].

Enfin, les outils de CAO sont peu faciles à utiliser et pas toujours bien adaptés. Ils doivent prendre en compte les problèmes de non linéarités, de translation de fréquence, de variation des modèles dans le temps, etc. Ainsi, l'analyse fréquentielle classique de type AC proposée par Spice, qui utilise des modèles linéarisés autour d'un point de polarisation et invariants dans le temps, n'est-elle pas adaptée à l'étude des systèmes RF. Des outils spécifiques de simulation RF ont été développés tels que Spectre RF pour Cadence et Harmonic Balance pour Agilent – ADS(voir l'annexe) [9].

### 1.3.1 Architecture analogique :

Un émetteur – récepteur RF comporte un émetteur aussi appelé chaîne Tx (figure 1.4 ). Très schématiquement, le signal issu d'un bloc de base est modulé et translaté à la fréquence d'une porteuse RF, puis amplifié avant d'attaquer l'antenne [9].

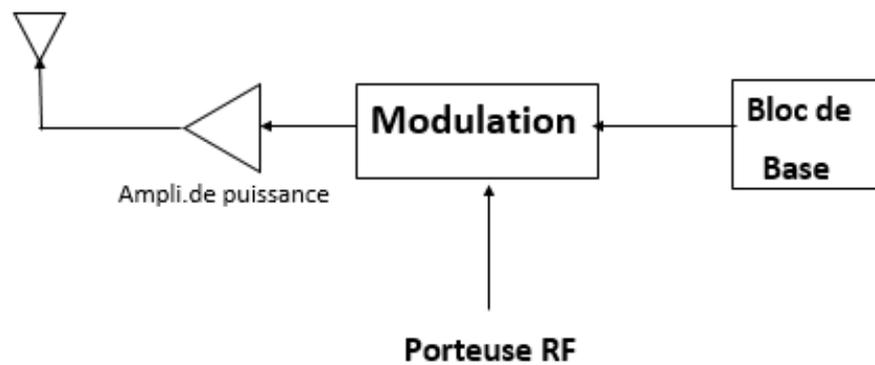


Figure 1.4 Emetteur RF analogique.

Il comporte également un récepteur parfois appelé chaîne Rx (figure 1.5).

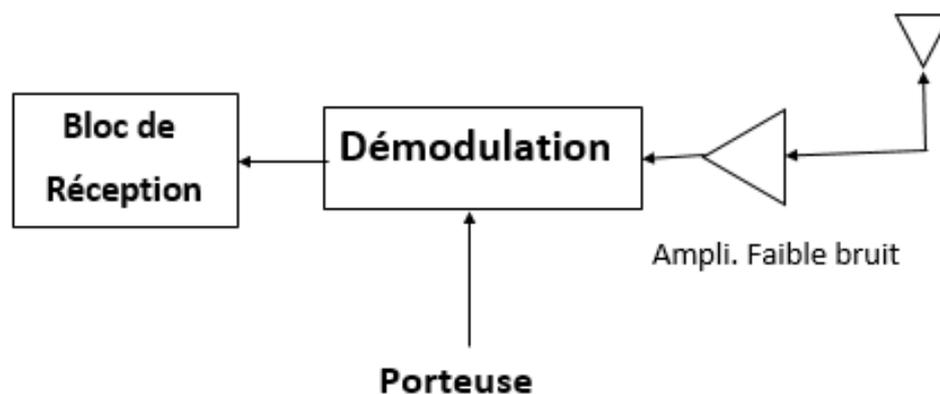


Figure 1.5 Récepteur RF analogique.

Le signal RF capté par l'antenne est amplifié par un amplificateur faible bruit, translaté vers la bande de base par le "downconverter", puis démodulé et amplifié avant d'attaquer le bloc de réception.

L'architecture des émetteur-récepteur analogiques comporte peu de composants, ils sont "relativement simples" à concevoir [9].

### 1.3.2 Architecture numérique :

Un émetteur-récepteur RF numérique transmet un signal RF analogique modulé numériquement. Il est constitué d'une partie émettrice et d'une partie réceptrice. Elles comportent toutes deux une partie numérique importante.

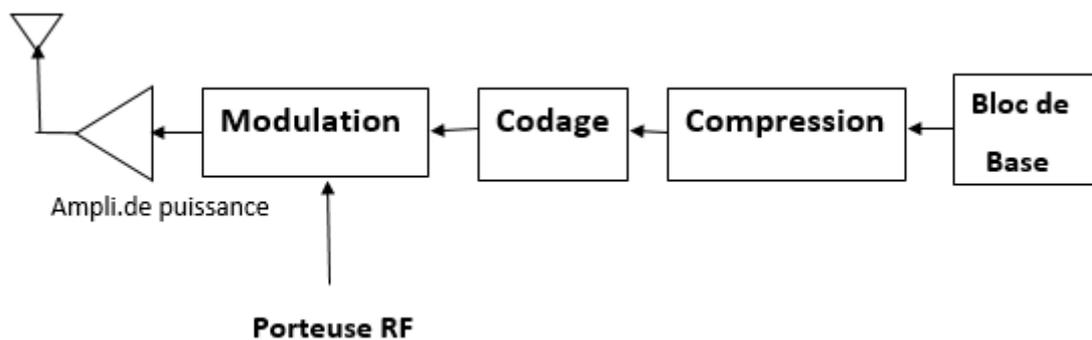


Figure 1.6 Emetteur RF numérique.

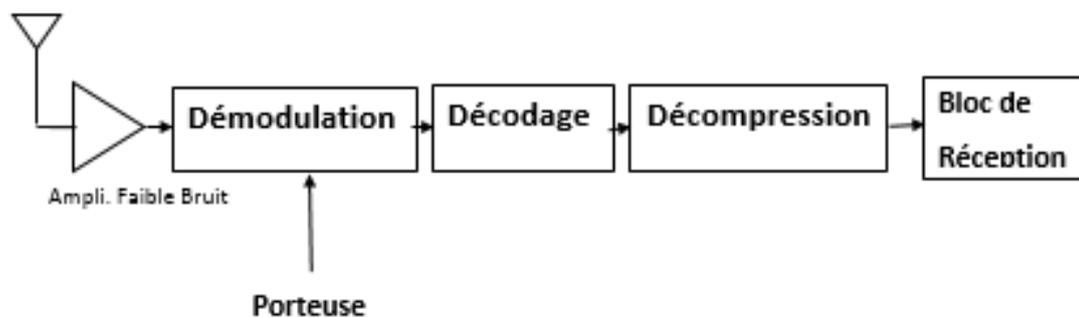


Figure 1.7 Récepteur RF numérique.

A première vue l'architecture d'un émetteur-récepteur RF numérique semble bien plus complexe, c'est effectivement le cas. Cependant les techniques de traitement numérique du signal mises en œuvre (codage, entrelacement, compression, etc.) permettent de minimiser les erreurs de transmission (elles sont mesurées par le taux d'erreur binaire (BER), et de réduire la bande passante de la transmission en réduisant le débit des informations à transmettre (le bit rate). Hors, le spectre de fréquence disponible est limité, d'où l'intérêt d'en limiter la partie dévolue à chacun des utilisateurs (ce que permet l'approche numérique). Le design d'un émetteur-récepteur numérique est conceptuellement plus complexe, cependant, les avantages cités précédemment (parmi d'autres) ont fait que l'approche numérique s'est imposé [9].

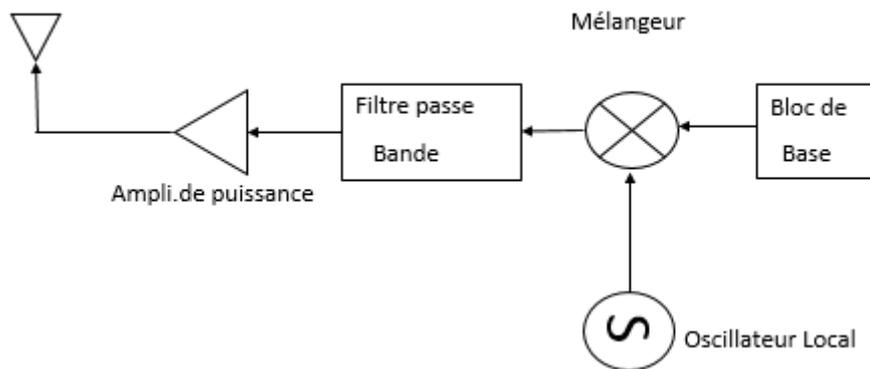
## **1.4 Émetteur-récepteur RF :**

### **1.4.1 Émetteur RF :**

L'émetteur doit produire un signal suffisamment puissant, d'une fréquence généralement très précise et d'un spectre suffisamment net pour que l'émetteur ne gêne pas les utilisateurs d'autres systèmes radio. Les informations à transmettre, le signal en bande de base, sont rattachées à un signal de porteuse sinusoïdal en modulant l'amplitude, la fréquence ou la phase de la porteuse de manière analogique ou numérique [10]. Il existe deux types de base d'émetteurs, à savoir l'émetteur à conversion directe (homodyne) et l'émetteur superhétérodyne (à deux étapes ou plus).

#### **a. Émetteur à conversion directe (homodyne) :**

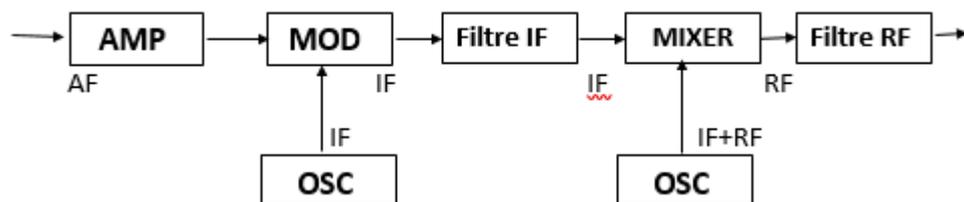
La figure 1.8 présente un émetteur à conversion directe. Un signal numérique en bande de base module la porteuse dans un modulateur . Le signal modulé est ensuite filtré et amplifié [10].



**Figure 1.8** Schéma fonctionnel d'un émetteur à conversion directe avec boucle à verrouillage de phase.

b. Émetteur superhétérodyne :

Les émetteurs superhétérodynes sont plus complexes que les émetteurs à conversion directe. Le signal d'information module un signal de fréquence intermédiaire (IF) puis converti en fréquence relative d'émission par un mélangeur. Un filtre IF est nécessaire pour éliminer les harmoniques de l'oscillateur local après la modulation. Un filtre RF est nécessaire à la sortie du mélangeur pour éliminer la bande latérale indésirable. Après les étapes de correction, d'égalisation et parfois d'amplification, le signal FI est converti en signal RF par une étape appelée mélangeur de fréquence ou convertisseur de fréquence. L'émetteur superhétérodyne est basé sur le principe hétérodyne [11-12].



**Figure 1.9** Schéma fonctionnel d'un émetteur superhétérodyne.

## **1.4.2 Canal de transmission RF :**

Le canal dans le système de communication fait référence au support par lequel les informations transmises du sous-système émetteur au sous-système récepteur. Cela peut être soit un moyen à l'air, une fibre optique, une paire torsadée, un fil de cuivre, un câble coaxial, un guide d'onde, etc. [10].

Les facteurs qui affectent la portée radio incluent l'antenne (gain, sensibilité aux effets corporels, etc.), la sensibilité, la puissance de sortie, la pollution radio (sélectivité, blocage) et l'environnement (visibilité directe, obstruction, réflexions, évanouissements par trajets multiples). Augmenter la portée des systèmes émetteurs-récepteurs, en augmentant la puissance de sortie (par exemple en ajoutant un amplificateur de puissance externe), en augmentant la sensibilité, en augmentant la puissance de sortie et la sensibilité, et en utilisant des antennes à gain élevé[13].

### **1.4.2.1 Force du signal :**

Un signal source puissant permet une meilleure réception sur de longues distances qu'un signal source faible. Mais la FCC limite l'intensité de la transmission du signal sans licence à un watt maximum et à six dB watts de pire. Effectivement, cela permet un gain de signal maximal équivalent à quatre watts. Un conditionneur de signal à la réception peut être utilisé pour améliorer les performances du rapport signal sur bruit d'un ordre de grandeur[14].

### **1.4.2.2 Distance :**

La force du signal RF diminue avec la distance. De plus, les interférences potentielles et les évanouissements du signal augmentent avec la distance [14].

### **1.4.2.3 Interférences :**

Les sources d'interférences atmosphériques peuvent être la pluie, la neige, la grêle ou des éclairs sur le trajet du signal. Les interférences RF résultent normalement d'autres activités RF proches dans la même bande (interférences dans la bande). Seule une très forte activité hors bande peut interférer avec un signal de 2,4 GHz [14].

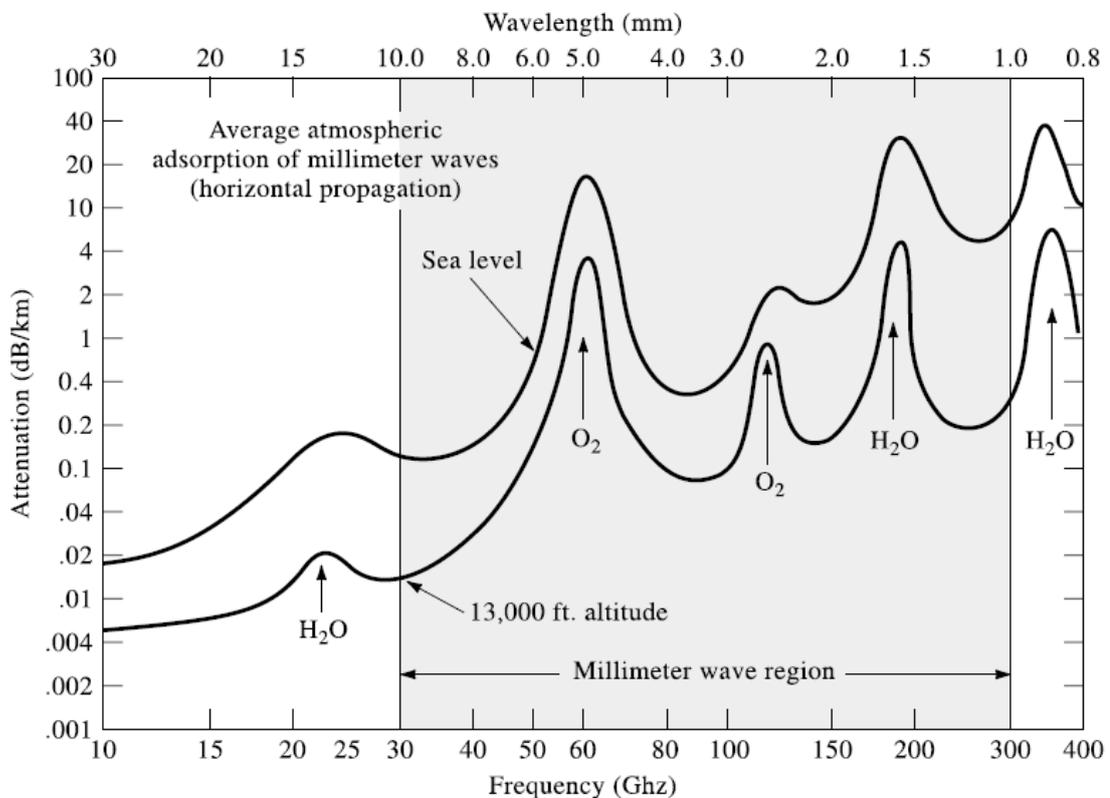
### **1.4.2.4 Ligne de mire :**

La ligne de mire RF nécessite une bande de signal en espace libre plus large que la ligne de mire. La clarté du signal est meilleure lorsque la ligne de visée entre les antennes est précisément focalisée et libre de toute obstruction. Les obstructions dans la ligne de mire RF

peuvent absorber le signal et le rendre plus faible ou le dévier et provoquer la duplication de plusieurs copies du même signal sur le récepteur. Le succès d'une liaison RF dépend d'une ligne de vue dégagée. Une ligne de vue non obstruée est appelée chemin d'espace libre. Une ligne de visée acceptable pour un signal RF est définie comme une distance d'au moins 0,6 dans la première zone de Fresnel. Cela signifie que pour une transmission RF réussie, au moins 60% de la zone située entre le lobe central et le bas de la première zone de Fresnel doit constituer un chemin en espace libre. Une obstruction importante peut réduire ou bloquer totalement le signal. La flexion des signaux lorsqu'ils passent ou sont déviés par des obstructions est appelée diffraction. Une réduction de la force d'un signal est appelée atténuation. Les facteurs affectant la ligne de visée incluent la perte d'espace libre, l'atténuation et la diffusion, l'absorption atmosphérique, les conduits, les trajets multiples et les évanouissements, la réfraction et la réflexion [13-14].

L'équation pour la perte de chemin d'espace libre est donnée par :

Affaiblissement sur le trajet en espace libre (dB) = 27,6 (dB) - 20log [fréquence (MHz)] - 20log [distance (m)]



**Figure 1.10** Graphique d'atténuation par rapport à la fréquence montrant l'atténuation par divers composants pour différentes fréquences [14].

### 1.4.3 Récepteur RF :

Le sous-système récepteur reçoit le signal et le reconvertit en forme utilisable, que ce soit sous forme visuelle (comme en télévision), audio (comme en FM ou AM) ou sous forme de données (pour les ordinateurs, etc.). Un récepteur doit pouvoir sélectionner le signal souhaité et distinguer les signaux très faibles du bruit et des autres signaux indésirables se trouvant dans la bande [15].

L'équation de transmission de Fris pour la propagation en espace libre est donnée par :

$$P_r = P_t + G_t + G_r + 20 \log \left( \frac{\lambda}{4\pi} \right) - 20 \log d \quad \text{or} \quad P_r = \frac{P_t G_r G_t \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2}$$

Où :  $P_t$  est la puissance émise,

$P_r$  est la puissance reçue,

$G_t$  et  $G_r$  sont respectivement le gain d'antenne de l'émetteur et du récepteur,

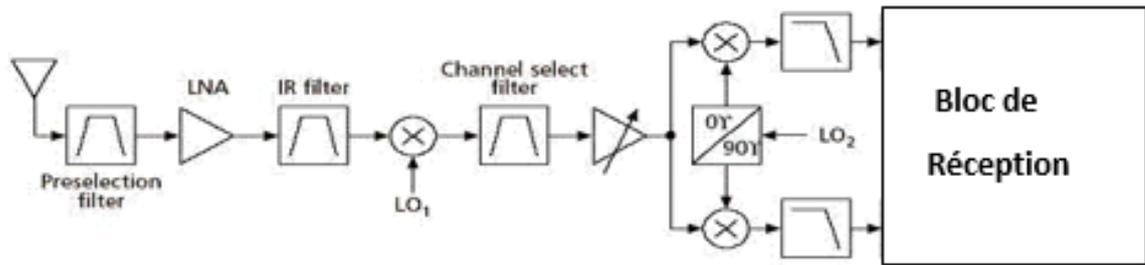
$\lambda$  est la longueur d'onde

et  $d$  est la distance entre l'émetteur et le récepteur ou la portée [13].

Il existe des architectures pour les récepteurs RF, nous les avons définis dans 3 parties : Architecture hétérodyne, Architecture homodyne et Architecture large bande.

#### 1.4.3.1 Architecture hétérodyne :

Le superhétérodyne est l'architecture la plus largement utilisée dans les émetteurs-récepteurs sans fil jusqu'à présent. Il s'agit d'une architecture à double conversion dans laquelle, dans le premier état, RF est converti à la baisse en IF, puis, dans un deuxième temps, il passe du signal IF au signal en bande de base. Le schéma fonctionnel de l'architecture du récepteur superhétérodyne est illustré dans la figure 1.11. Depuis le filtre de présélection du signal RF entrant, supprime l'énergie du signal hors bande ainsi que les signaux de bande d'image à rejet partiel. Il est ensuite amplifié par le LNA pour supprimer la contribution du bruit des étapes suivantes. Le filtre de rejet d'image atténue les signaux aux fréquences de la bande image provenant du LNA. Mixer-I convertit le signal sortant du filtre IR de fréquence RF en fréquence IF avec la sortie d'un oscillateur local. La sélection du canal est normalement réalisée par le filtre IF : il s'agit d'un filtre PB permettant la bande IF d'intérêt et l'autre bande est rejetée. Ce filtre est essentiel pour déterminer la sensibilité et la sélectivité d'un récepteur [16].



**Figure 1.11** Schéma fonctionnel d'un récepteur hétérodyne [16].

Étant donné que la sélection de canal est effectuée à IF<sub>1</sub>, le LO nécessite un réservoir externe pour de bonnes performances en bruit de phase. En cas de modulation de phase ou de fréquence, la conversion vers le bas en bande de base nécessite des composantes en phase (I) et en quadrature (Q) du signal. MixerII effectue la deuxième conversion d'abaissement du signal IF en composantes I et Q pour le traitement du signal numérique. Le filtre LP agit comme un filtre de rejet de canal avec le travail de la fonctionnalité anti-aliasing [16].

Compromis

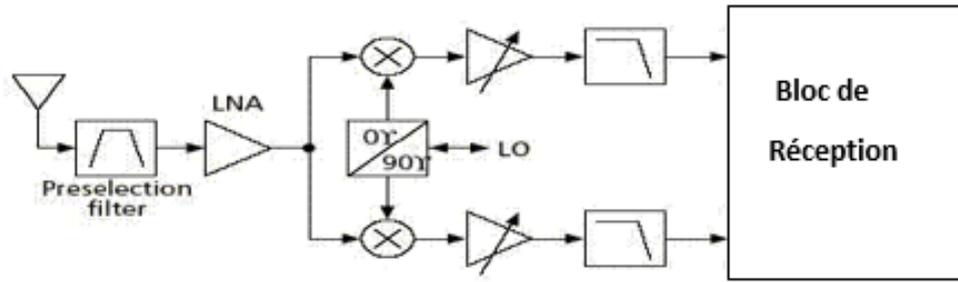
- Filtre IR et sélection de canal.
- Bonne sensibilité et sélectivité [17].

Désavantages

- Filtre Q élevé
- Oscillateur haute performance ou LO
- L'impédance de sortie du LNA adaptée à 50 ohms est difficile.
- L'intégration du filtre de rejet d'image HF est un problème majeur [16].

#### 1.4.3.2 Architecture homodyne :

Les récepteurs homodynes traduisent directement le canal d'intérêt de RF en bande de base ( $\omega_{IF} = 0$ ) en une seule étape. Par conséquent, ces architectures sont appelées architectures Direct IF ou Zero-IF. Pour les signaux modulés en fréquence et en phase, la conversion vers le bas doit fournir des sorties en quadrature afin d'éviter toute perte d'informations [16]. Le schéma synoptique de l'architecture hétérodyne est illustré à la figure 1.12.



**Figure 1.12** Schéma fonctionnel de l'architecture du récepteur homodyne[16].

Les avantages de l'architecture Zero-IF sont

- Moins de matériel
- Pas de problème d'image. Donc, filtre d'image non requis.
- En raison de l'absence d'étage IF, LPF est suffisant pour le filtrage.
- Amplification au stade BB. D'où économie d'énergie.
- Dans les circuits intégrés, il n'est pas nécessaire que le LNA corresponde à 50 ohms.

Parce qu'il n'y a pas de filtre de rejet d'image entre le LNA et le mélangeur [16].

Les défauts de l'architecture Zéro-IF sont

- Fuite LO : En général, il y aura une isolation imparfaite entre le port LO et le port d'entrée du mélangeur et du LNA, en raison du couplage capacitif et substrat. De ce fait, il y aura une alimentation LO du port LO au port d'entrée du mélangeur et du LNA. Cette fuite LO se mélange avec la LO d'origine, appelée auto-mélange, produit des décalages CC dans la sortie du mélangeur et provoque la saturation des étapes suivantes de la chaîne de réception.

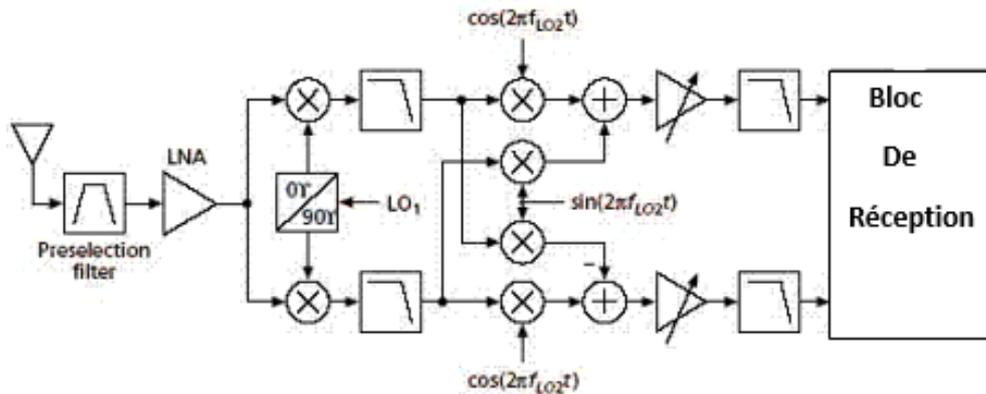
- Erreurs de décalage CC : il s'agit du problème le plus grave dans la section bande de base des récepteurs homodynes. La cause en est un mélange automatique des fuites de LO qui est due à une alimentation de LO au port d'entrée du mélangeur et au LNA, et à une isolation insuffisante entre le port LO au port d'entrée du mélangeur et à l'entrée LNA.

- Etant donné que la fréquence LO est identique à la fréquence porteuse, le récepteur à l'antenne présente une fuite qui interfère avec les récepteurs de la même bande de fréquence.

- Le scintillement d'un périphérique actif contamine le signal BB.
- I / Q ne correspond pas
- Même distorsion d'ordre [16]

### 1.4.3.3 Architecture large bande :

Le récepteur IF large bande est une architecture à double conversion dans laquelle les données sont converties de RF en IF dans le premier étage et dans le deuxième étage, du IF à la bande de base [16]. Le schéma de principe de l'architecture du récepteur à large bande IF est illustré à la Figure 1.13.



**Figure 1.13** Schéma synoptique de l'architecture du récepteur à large bande IF[16].

Dans cette architecture, tous les canaux RF sont mélangés complexes et convertis à la baisse en FI fixe après filtrage et amplification de présélection. Dans un deuxième temps, un mélangeur rejeter l'image (Image Reject IR) mélange de manière complexe et convertit IF en bande de base (BB) en utilisant un synthétiseur de fréquence accordable. Toutes les fréquences d'image sont annulées par le mélangeur IR. Si le FI est choisi suffisamment haut, une réjection d'image supplémentaire peut être obtenue à partir du filtre de présélection RF frontal. La sélection de canal est effectuée en bande de base en utilisant un filtre de sélection de canal intégré programmable. Puisque LO-1 est un synthétiseur à fréquence fixe généré par un oscillateur à cristal, on obtient de bonnes performances en bruit de phase. L'accord des canaux est obtenu en utilisant un synthétiseur de fréquence programmable en IF [16].

## **CHAPITRE 2 : Simulation d'un émetteur RF.**

## 2.1 Introduction :

Un signal radio est une onde électromagnétique qui se déplace à la vitesse de la lumière. Correctement codé, ce signal peut transporter de l'information.

C'est James Clerk Maxwell qui découvrit le premier que la variation d'un champ magnétique induit un champ électrique qui induit à son tour un changement de champ magnétique et que la transition produit une onde électromagnétique. Cette découverte fut mise en pratique par Heinrich Hertz et surtout par Édouard Branly qui découvrit comment les détecter. Hertz avait fait l'émetteur, Branly le récepteur [17]. Il ne restait qu'à inventer l'antenne, ce dont se chargea un dénommé Popov. C'est Marconi qui assembla les pièces du puzzle pour réaliser la première communication radio. L'invention de Branly se limitant à la détection d'une onde en tout ou rien, les premières communications étaient en morse sur le mode transmission/non transmission. .

Dans ce chapitre on vas étudié la simulation d'un émetteur Radio Fréquence avec une modulation , amplification et filtrage .

## 2.2 La modulation :

### 2.2.1 Les signaux à modulation complexe : quelques définitions :

Dans un système émetteur-récepteur, l'information à transmettre (voix numérisée, données numériques...) est un signal en bande de base (basse-fréquence BF), généralement une chaîne de pulses binaires (appelés bits). Ce signal doit être translaté à haute-fréquence (RF) pour une transmission efficace. Cette opération, communément appelée modulation consiste à faire varier l'amplitude, la phase ou la fréquence d'une porteuse sinusoïdale à haute fréquence en fonction du signal BF. L'opération inverse, appelée démodulation ou détection, permet de récupérer l'information initiale à partir d'un signal modulé.

Les bits du signal en bande de base sont regroupés en paquets pour former une suite de symboles. Le nombre de bits  $N_b$  nécessaires pour former un symbole dépend du type de modulation utilisé. La période du symbole  $T_s$  est reliée à la période du bit  $T_b$  par l'équation :  $T_s = N_b \times T_b$ . On appelle instant de décision l'instant où un symbole est disponible pour l'étape de modulation [18].

Un signal modulé peut toujours être exprimé sous forme polaire en termes d'amplitude  $a(t)$  (dont les variations constituent l'enveloppe du signal) et de phase  $\theta(t)$  (dénotée phase excédentaire- elle inclut les modulations de phase et de fréquence) :

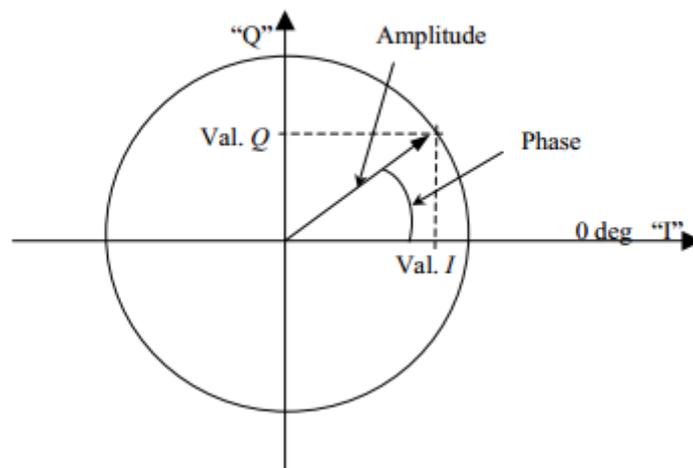
$$x(t) = \text{Re}\left(\overbrace{a(t)e^{j\theta(t)}}^{\text{enveloppe complexe}} e^{j\omega_c t}\right) = a(t) \cos[\underbrace{\omega_c t + \theta(t)}_{\text{phase totale}}]$$

$\omega_c t$ 
pulsation de la porteuse  
enveloppe du signal
phase excédentaire

En communications numériques, la modulation est souvent exprimée en termes de composantes I/Q (Inphase/Quadrature). La formulation I/Q, équivalente à la formulation, s'écrit :

$$x(t) = I(t)\cos[\omega_c t] - Q(t)\sin[\omega_c t]$$

Le diagramme I/Q est une représentation rectangulaire du graphe en coordonnées polaires. Sur un diagramme polaire, l'axe I suit la droite de phase 0, et l'axe Q est perpendiculaire à celui-là. La projection du vecteur du signal sur l'axe I donne la composante I et la projection sur l'axe Q donne la composante Q (figure 2-1) [18].



**Figure 2.1** Conversion du graphe polaire en coordonnées I/Q.

Le spectre RF est une ressource limitée. Elle est partagée entre les utilisateurs grâce au multiplexage (parfois appelé technique à accès multiples). Le multiplexage est utilisé pour séparer les différents utilisateurs du spectre. On distingue le multiplexage géographique, fréquentiel, temporel et par code. La plupart des systèmes de communication utilise une combinaison de ces méthodes de multiplexage.

### **2.2.2 La modulation de l'émetteur radiofréquence :**

Nous faisons une introduction à la partie analogique de l'émetteur et à la modulation IQ qui est utilisée dans les simulations et expériences sous ADS .Une technique de modulation qui se prête bien aux processus numériques est appelée "Modulation IQ", où "I" est le composant "en-phase" (ou réelle) de la signal et "Q" représente le composant "en quadrature" (ou imaginaire).[19]

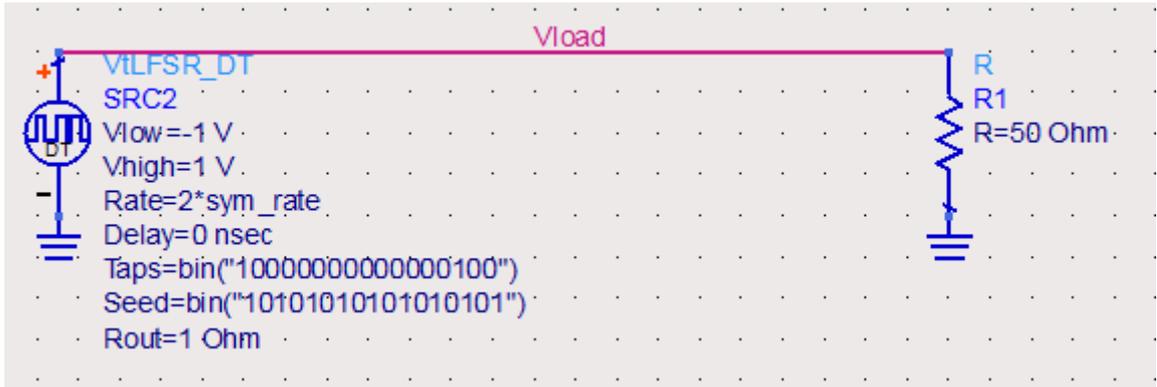
### **2.2.3 Génération d'un signal RF modulé :**

Le but de cette application est de prendre en main le logiciel de CAO en concevant et en analysant un système simple. Pour cela nous avons généré un signal RF avec une modulation pi/4DQPSK. Le système sera composé d'une source en fréquence, d'une source de donnée binaire pseudo aléatoire, d'un modulateur et enfin d'un filtre.[20]

#### **2.2.3.1 Etude de la source temporelle :**

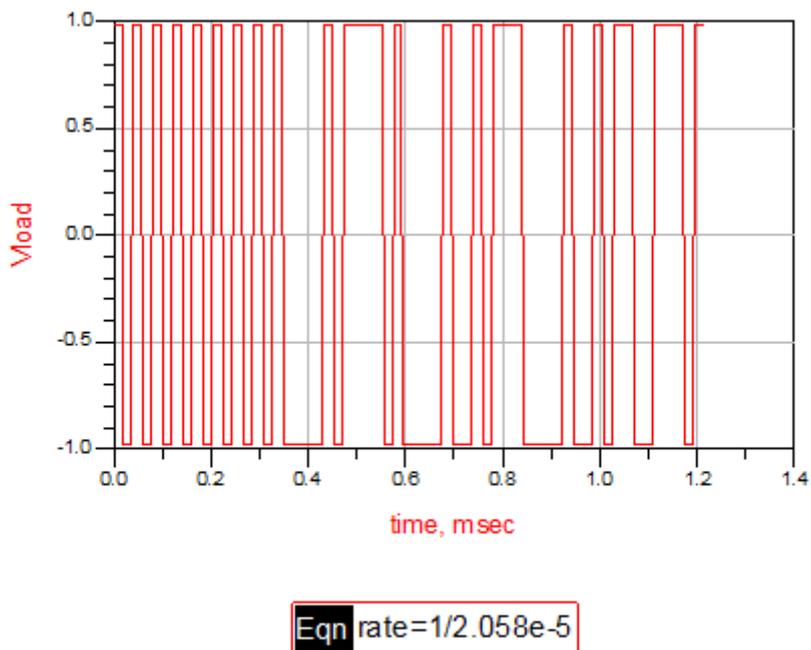
Nous commençons par créer un nouveau projet nommé par TP\_RF\_mod et ouvrir la fenêtre schématique. En premier, nous avons vérifié les données générées par la source pseudo aléatoire. Pour cela, il est nécessaire d'effectuer une simulation dans le domaine temporel.

Nous plaçons une charge de 50 ohms en sortie du système. Et nous plaçons enfin une étiquette sur le fil où l'on veut visualiser la tension, et nous allons paramétrer le simulateur (time setup, freq...). Une fois que nous avons tout paramétré correctement, nous sauvegardons après la simulation de système.



**Figure 2.2** Schématique de la simulation d'une source temporelle.

Ainsi nous ouvrons une fenêtre « display » et nous traçons Vload en fonction du temps (vs sous ADS). Nous utilisons les marqueurs pour calculer le débit. Et nous vérifions que la séquence générée correspond bien à celle définie dans le modèle utilisé dans la « schématique » (débit, séquence...). Nous avons obtenu les résultats présentés sur la (figure 2.3).



**Figure 2.3** Résultat de la simulation d'une source temporelle.

Pour visualiser les calculs dans un tableau, nous cliquons sur l'icône  qui se trouve sur la barre des tâches à gauche de la fenêtre « display » et dans le menu « data set et équation », nous sélectionnons équation. La liste des équations de notre fenêtre « display » apparaît alors dans le cadre, et nous sélectionnons celles dont nous voulons visualiser le résultat dans le tableau 2-1.

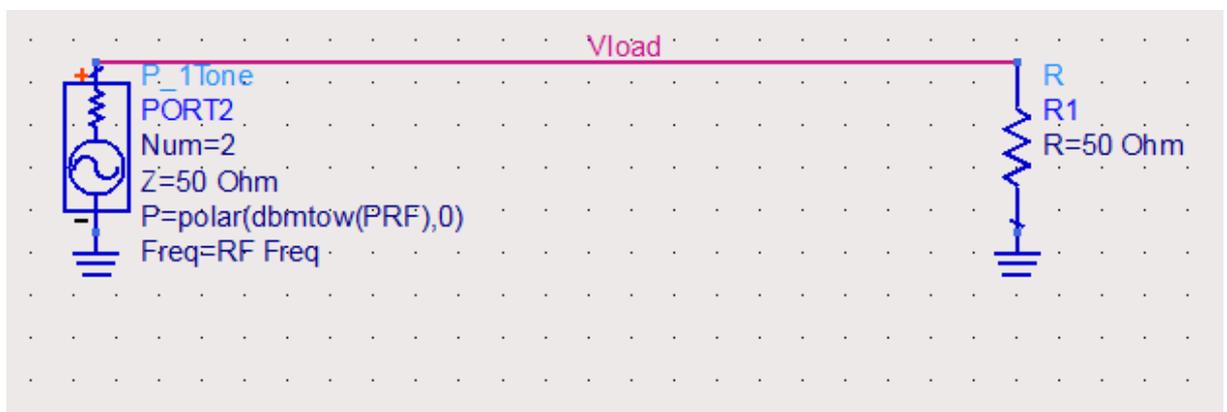
**Eqn** rate=1/2.058e-5

rate
48590.865

**Tableau 2.1** Tableau de résultat de la simulation temporelle.

### 2.2.3.2 Etude de la source fréquentielle :

Le schéma d'une source fréquentielle est donné par la figure 2.4. Nous désactivons la source de données binaires et nous allons connecter la source fréquentielle, ainsi choisir le simulateur harmonique balance (voir annexe). La puissance de la source est fixée à 10dBm à la fréquence 800MHz.

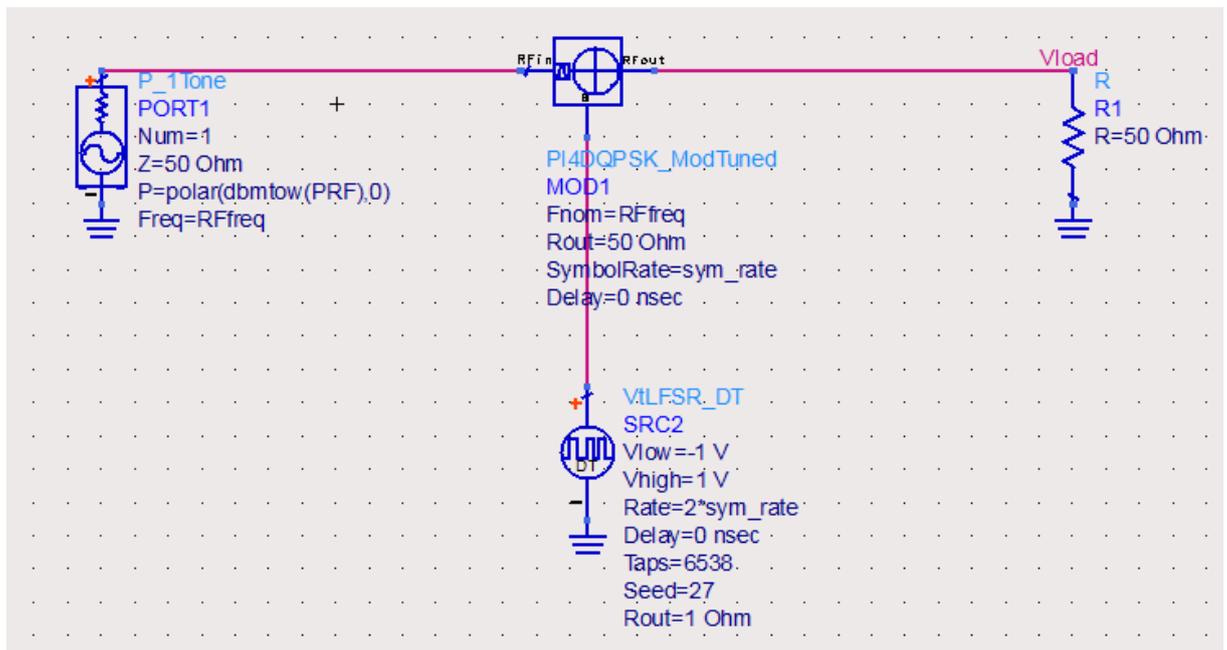


**Figure 2.4** Schématique d'une source fréquentielle.

La simulation de ce circuit va nous permettre dans la deuxième étape de réaliser le circuit complet de modulation.

### 2.2.3.3 Etude du signal modulé :

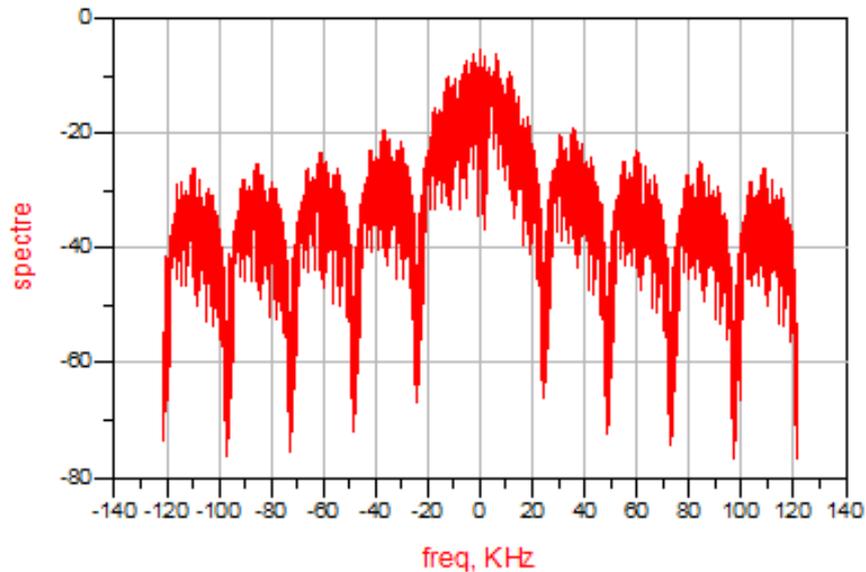
Nous Plaçons maintenant le modulateur DQPSK, connecté avec la source fréquentiel et binaire, et avec un Vload une charge  $R=50\text{Ohm}$ , et en utilisant le simulateur d'enveloppe (voir annexe).



**Figure 2.5** Schématique de la simulation d'enveloppe

Nous lançons la simulation du système, et en utilisant la fenêtre display data, nous allons visualiser le spectre de l'enveloppe. Pour cela nous utilisons l'éditeur d'équation comme indiqué ci-dessous (Figure 2.6).

```
Eqn spectre = dbm(fs(Vload[1],..., "kaiser"))
```



**Figure 2.6** Spectre sans filtre

La Figure 2.6 présente le spectre du signal sans filtrage. L'effet du bruit sera supprimer en utilisant un filtre passe bande.

## **2.3 Le filtrage dans un émetteur RF :**

### **2.3.1 Le filtre :**

Les circuits de filtrage peuvent être utilisés pour séparer ou combiner différentes fréquences, rejeter les fréquences non désirées tout en permettant la transmission d'une fréquence utile. Les filtres sont utilisés pour sélectionner ou limiter des fréquences spécifiques dans les limites du spectre. Les filtres peuvent être classés en filtres passe-bas (LPF), filtres passe-haut (HPF), filtres passe-bande (BPF) et arrêt de bande filtre (BSF) [21].

### 2.3.2 Emplacement d'un filtre passe bande :

Nous essayons de faire une modification de la simulation précédente en plaçant maintenant un filtre passe-bande dans le circuit relié avec la charge R par un fil Vload et relié aussi avec le modulateur DQPSK (figure 2.7). Après la simulation, nous obtenons le résultat de la figure 2.8. Le filtre a rejeté les fréquences non désirées tout en permettant la transmission d'une fréquence utile.

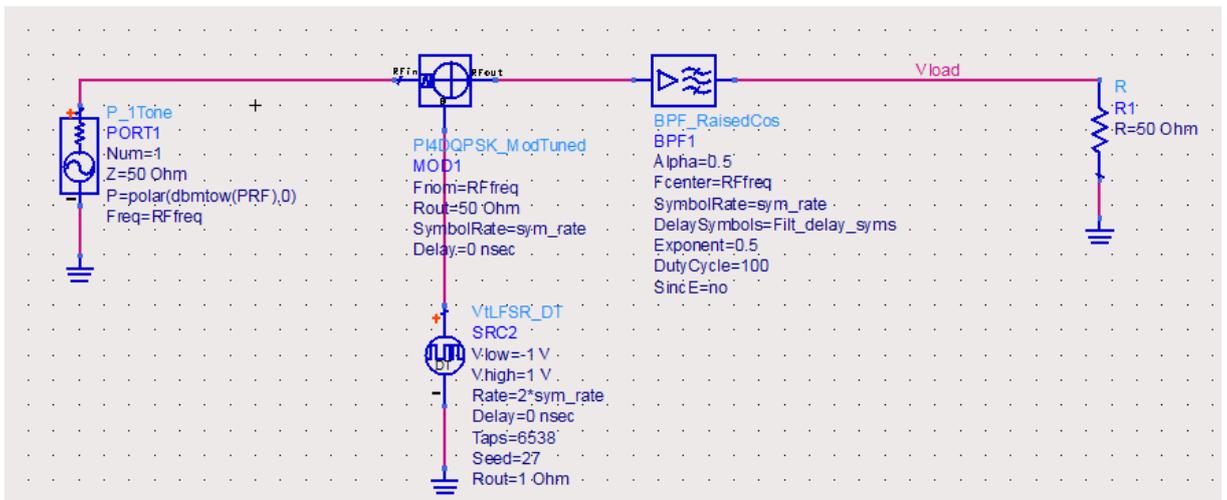


Figure 2.7 Schématiche de la simulation d'enveloppe avec le filtre.

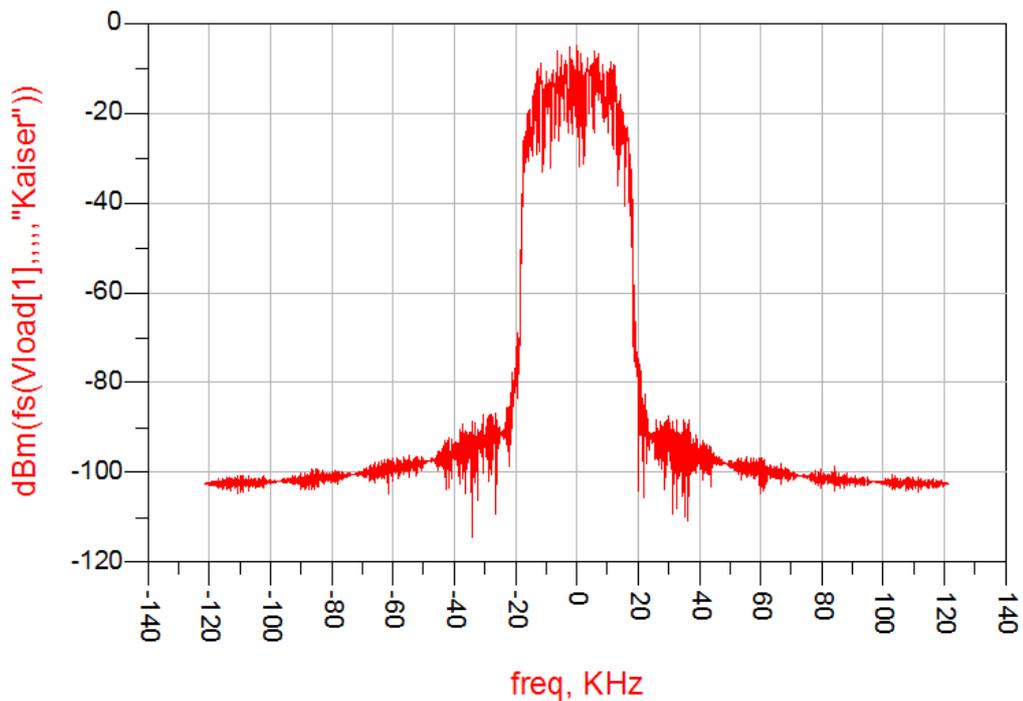


Figure 2.8 Spectre du signal modulé après filtrage.

## 2.4 Amplification d'un signal :

### 2.4.1 1'Amplification :

Un amplificateur est enfin nécessaire pour augmenter la puissance du signal afin que son niveau soit suffisant au niveau du récepteur. Il compense ainsi les pertes en espace libre. Dans le cas d'un canal radio, l'amplificateur est relié à une antenne qui rayonne et crée ainsi le signal radio. [22]

### 2.4.2 Simulations sous ADS :

Tout d'abord, nous allons faire une simulation sous le logiciel ADS en utilisant une impulsion RF. Nous plaçons maintenant l'amplificateur relié avec un fil vin au générateur PtRF\_Pulse, et en sortie avec un fil vout relié à une charge R=50 Ohm. On utilise le simulateur d'enveloppe (voir annexe) du logiciel ADS.

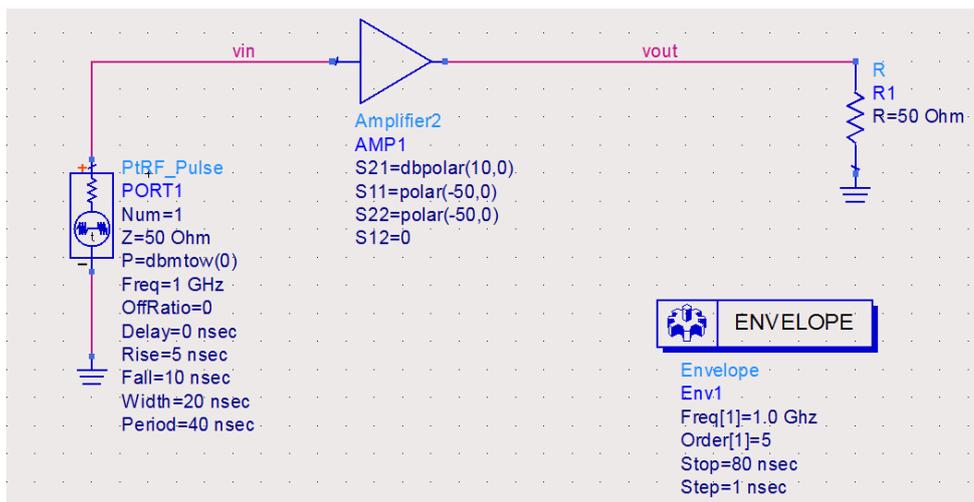
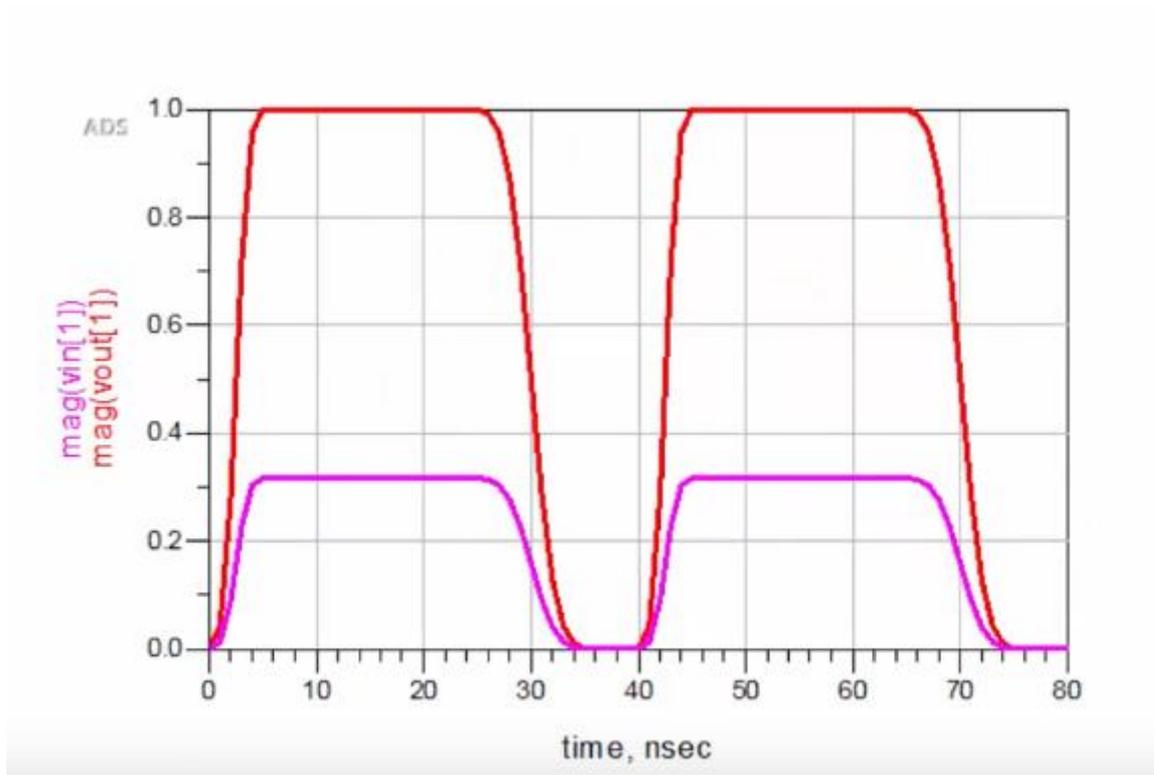


Figure 2.9 Simulation avec une impulsion RF.

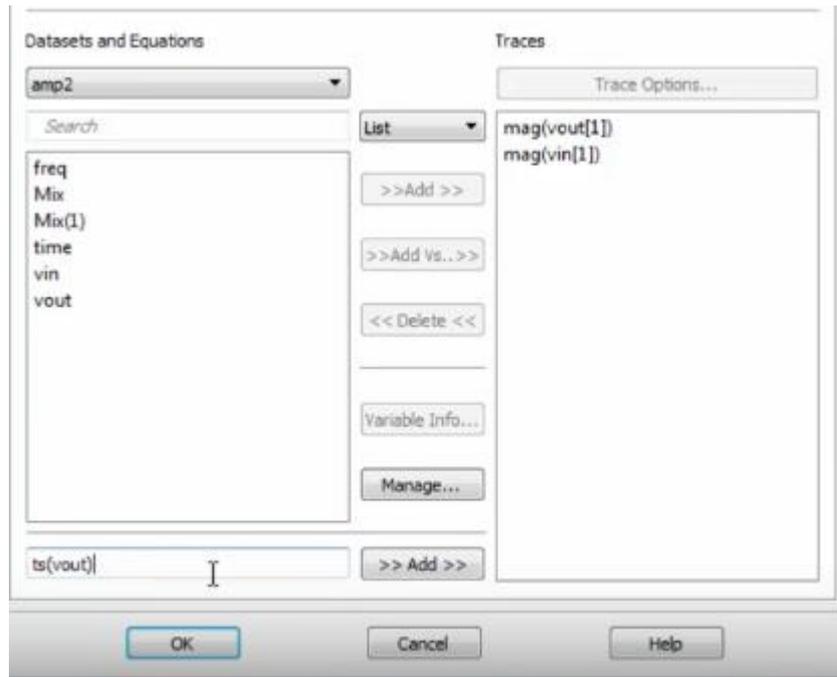
Afin de visualiser les résultats, nous ouvrons une fenêtre « display » et on trace avec la fonction mag les deux tensions vin et vout en fonction du temps. Les résultats sont présentés sur la figure 2.10.



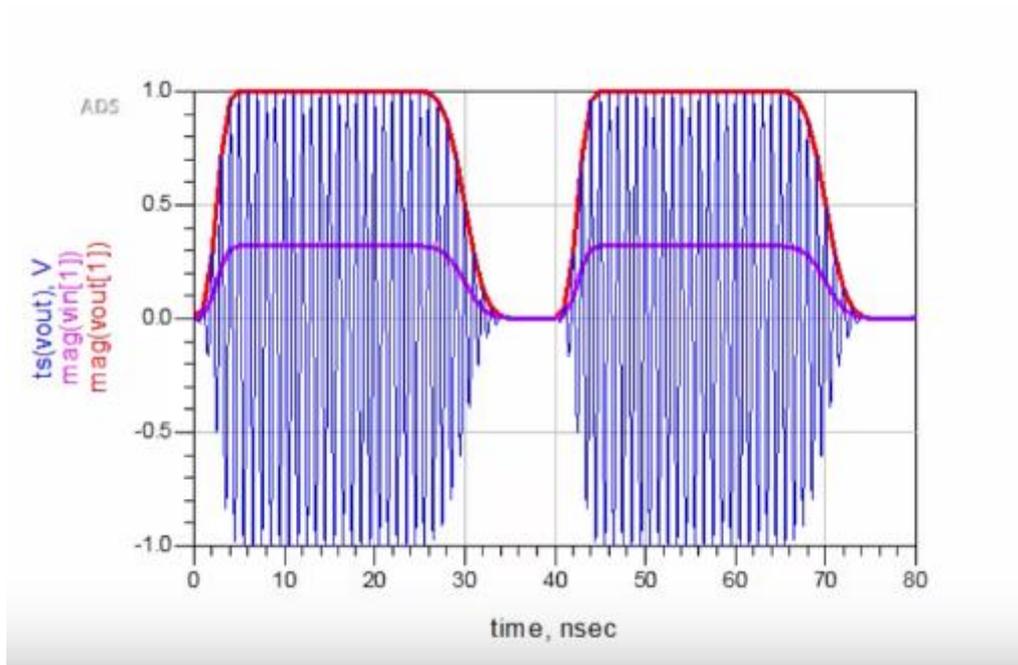
**Figure 2.10** Résultat de simulation.

nous voyons dans la figure 2.10 l'effet d'amplification de l'entrée (vin) en violé, représentée par le signal de sortie (vout) en fonction du temp (nsec) .

La représentation du signal dans le temps peut être obtenu par la fonction ts(vout) (figure 2.11), comme il est indiqué dans la figure 2.12.



**Figure 2.11** Sélection de la fonction ts.



**Figure 2.12** Simulation avec ts(vout).

Pour conclure l'amplificateur dans un émetteur radio fréquence (RF) augmente la puissance du signal de sa sortie afin que son niveau soit suffisant au niveau du récepteur RF.

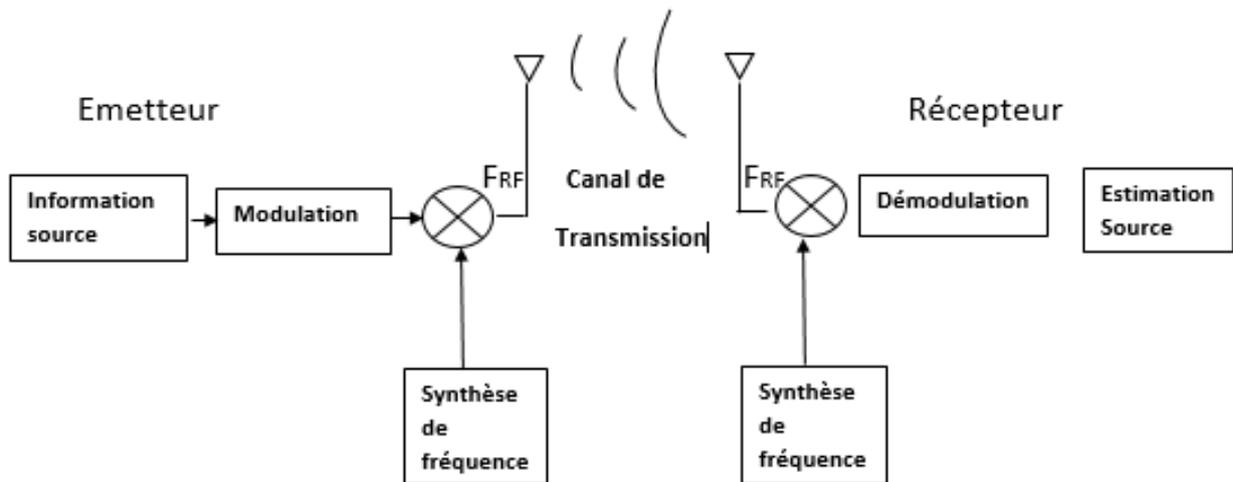
## **CHAPITRE III : Simulation d'un émetteur- récepteur RF.**

### **3.1 Introduction :**

Dans ce chapitre, nous allons développer une étude d'un système de transmission sans fil RF pour des applications wifi. Après un rappel des définitions, on commence par Créer un projet système pour un émetteur-récepteur RF en utilisant des modèles électroniques tels qu'un filtre, un amplificateur, un mélangeur, une source RF, LO avec bruit de phase et un contrôleur de bruit. Afin d'analyser l'effet des paramètres de visibilité directe sur les performances du système, la simulation et l'analyser du spectre du système sera effectuée en utilisant l'équilibre harmonique du logiciel ADS (voir annexe) [23].

### **3.2 Description générale d'un système émetteur-récepteur complet :**

Un système de radiocommunication utilise les propriétés de propagation des ondes radiofréquences (RF) pour transmettre une information comme illustré par la figure (3-1). Son principe consiste tout d'abord à moduler l'information source, en bande de base, puis à la transposer en bande RF et à la transmettre via l'antenne. Le récepteur capte le signal RF modulé par l'intermédiaire de l'antenne, le transpose en bande de base et réalise la démodulation. Enfin, le signal est envoyé vers le système d'estimation des données sources et de traitements numériques. En effet, la fréquence du signal contenant l'information est donc convertie en haute fréquence (up-conversion) à l'émission. A la réception, il est alors nécessaire d'abaisser la fréquence du signal reçu pour passer d'une fréquence RF à une fréquence intermédiaire (FI) plus faible (down-conversion) afin de faciliter le traitement devant aboutir à l'extraction de l'information. Les catégories de récepteurs sont distinguées suivant la façon dont cet abaissement de fréquence est réalisé. D'un point de vue analogique, dès que cette conversion n'est pas réalisée directement en bande de base, le problème des fréquences images apparaît[24].



**Figure 3.1** Schéma synoptique d'un système de communication sans fil.

### 3.2.1 Architecture des émetteurs-récepteurs RF :

Plusieurs architectures sont utilisables pour le design des récepteurs RF sous différents standards de communication. Pour chacune des architectures, plusieurs facteurs interviennent dont le coût, la facilité d'intégration, la surface de silicium, etc. Cependant, l'architecture la mieux adaptée est celle qui répond aux besoins de l'application cible. Généralement, un lien de communication radio fréquence se caractérise par trois phases majeures dans l'évolution du signal portant les données utiles : l'émission, la propagation dans le canal RF et la réception. En phase émission, les données sont modulées à travers un bloc de modulation.

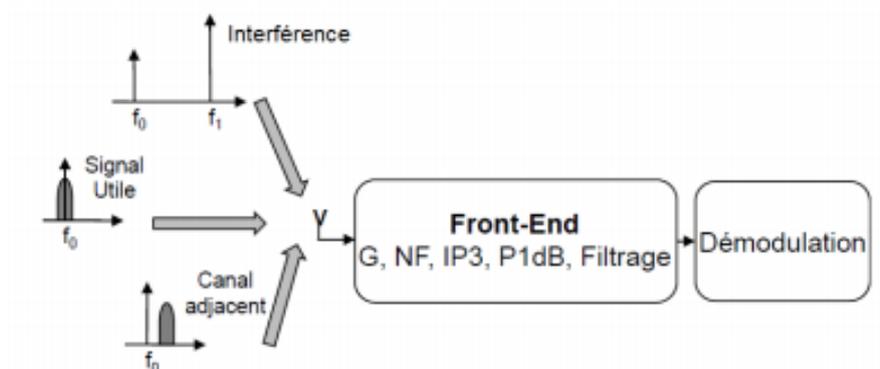
Ce signal est porté ensuite autour d'une fréquence RF via les blocs mélangeurs et oscillateurs. Comme le signal de sortie est faible, un étage d'amplificateur de puissance (PA) est nécessaire. Par la suite, une antenne propage ces données dans le canal hertzien après un étage d'adaptation d'impédance. Plusieurs phénomènes physiques à confronter dans le canal hertzien doivent être pris en considération lors du design dont : l'atténuation du signal RF, les évanouissements, le bruit ainsi que les interférences[25].

Dans la chaîne de réception, une antenne est utilisée de nouveau, elle permet de capter les signaux RF utiles, mais aussi les signaux indésirables. Un filtre RF est généralement utilisé afin de sélectionner la bande de fréquence désirée. Comme l'amplitude du signal reçu est souvent faible, un amplificateur à faible bruit (Low-Noise Amplifier - LNA) est introduit dans la chaîne. Le signal filtré et amplifié est par la suite translaté pour générer le

signal en bande de base appelée signal utile. Plusieurs topologies sont intégrées pour réaliser cette tâche : la translation directe en bande de base à l'aide d'un étage de mélangeur, plusieurs étages de translation utilisant des mélangeurs ou bien une translation en fréquence utilisant un échantillonneur. Selon la technique de translation choisie, les architectures de récepteur sont réalisées en topologie : homodyne, ou bien hétérodyne. Ces topologies incluent souvent des blocs de traitement analogique, comme les amplificateurs faible bruit (LNA), les filtres RF, les mélangeurs, etc., mais aussi des blocs numériques tels que les convertisseurs analogique-numérique (ADC) et les générateurs des signaux d'horloge. Dans une chaîne de réception, le circuit d'extrémité (front-end) est formé par des blocs analogiques [25].

### 3.2.2 Métriques des récepteurs RF :

Plusieurs métriques peuvent être introduites selon les fonctions électroniques réalisant la chaîne de réception. Parmi ces métriques on peut citer le gain global du circuit de réception (G), la figure de bruit (NF), le point d'interception d'ordre trois (IIP3), le point de compression à 1 dB ou le filtrage. Selon ces caractéristiques, on peut évaluer les performances du récepteur en termes de qualité du signal reconstruit. Toutefois, le récepteur traite non seulement le signal utile, mais aussi des signaux interférant générés soit par le système de réception lui-même, ou bien par les autres systèmes existants comme le montre la figure 3.2[25].



**Figure 3.2** Environnement d'un récepteur RF.

### 3.2.3 Critères de qualification d'un émetteur-récepteur :

Les caractéristiques de transmission d'un système de communication sont souvent liées au taux d'erreur du lien RF. Les phénomènes physiques qui touchent aux taux d'erreur peuvent être divisés en deux classes :

— L'atténuation du rapport signal sur bruit lié à l'addition de bruit tout au long le passage du signal par les différents éléments analogiques du circuit. Le paramètre décrivant cette caractéristique est le facteur de bruit ;

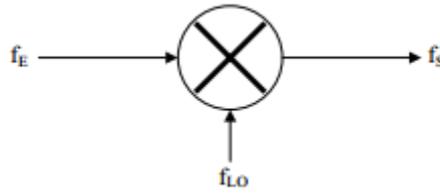
— L'atténuation de la qualité du signal RF suite au passage du signal RF par les blocs analogiques non-linéaires tel que les déformations suite à l'apparition des produits d'intermodulation. Les paramètres décrivant ces dégradations sont le point de compression à 1 dB et le point d'intermodulation d'ordre 3. [25]

## 3.3 Composants du sous-système émetteur /récepteur :

### 3.3.1 Mélangeur :

Un mélangeur RF est un appareil non linéaire à 3 ports. C'est tout appareil passif ou actif qui convertit une fréquence en une autre. Un mélangeur peut être utilisé pour moduler, démoduler un signal ou même comme détecteur de phase [26].

Il effectue une translation fréquentielle en multipliant deux signaux, l'un constituant le signal à traduire (de fréquence supposée ici fondamentale  $f_E$ ), et l'autre provenant d'un oscillateur local (de fréquence  $f_{LO}$ ). Sa sortie est à une fréquence  $f_S$ . La multiplication des signaux produit 2 signaux : l'un dont la fréquence est la somme  $f_E+f_{LO}$ , l'autre dont la fréquence est la différence  $|f_E-f_{LO}|$ . Lorsque  $f_E < f_{LO}$ , le mélangeur est appelé upconverter (convertisseur supérieur) tandis que lorsque  $f_E > f_{LO}$ , le mélangeur est appelé down converter (convertisseur inférieur). Dans les deux cas, un convertisseur upper sideband, grâce à un filtre passe-haut, ne conserve que le signal à  $f_E+f_{LO}$  tandis qu'un convertisseur lower sideband, grâce à un filtre passe-bas, ne garde que le signal à  $|f_E-f_{LO}|$  [27].



**Figure 3.3** Un mélangeur.

Le bruit est une mesure du bruit ajouté par le mélangeur lui-même, du bruit converti en sortie IF ou du degré de dégradation du rapport signal sur bruit (SNR) lorsque le signal passe à travers le bloc. Il est défini comme :

$$NF = 10 \log \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} = 10 \log \frac{P_o - P_L}{P_s}$$

où  $P_o$  est la puissance de bruit de sortie totale,  $P_L$  est la puissance de bruit de sortie qui résulte du bruit généré par la charge à la fréquence de sortie, et  $P_s$  est la puissance de bruit de sortie qui résulte du bruit généré par la source à la fréquence d'entrée[23].

### 3.3.2 Amplificateur de Puissance (OP AMP) :

Un amplificateur de puissance RF est un exemple d'amplificateur électronique. Il est utilisé pour convertir un signal radiofréquence de faible puissance en un signal plus important de puissance significative, généralement destiné à piloter l'antenne d'un émetteur. Il est optimisé pour obtenir un rendement élevé, une compression de puissance de sortie élevée (P1dB), une bonne perte de rendement en entrée et en sortie, un bon gain et une dissipation thermique optimale. Les applications de l'amplificateur de puissance RF comprennent la communication sans fil, les transmissions TV, le chauffage par radar et RF et les structures excitantes à cavité résonante [28].

Il existe de nombreuses autres grandeurs permettant de caractériser son fonctionnement. La puissance RF peut être classée dans les classes A, B, AB, C, D, E et F. Les paramètres importants qui définissent un amplificateur de puissance RF incluent : puissance de sortie, gain, linéarité, stabilité, tension d'alimentation, rendement et robustesse. Le niveau de performance d'un amplificateur de puissance RF peut être déterminé en choisissant les points de polarisation.

En comparant les approches de biais de l'AP, on peut évaluer les compromis pour : la puissance de sortie, l'efficacité, la linéarité ou d'autres paramètres pour différentes applications [29].

La classe de puissance de l'amplification détermine le type de polarisation appliquée à un transistor de puissance RF. L'efficacité de l'amplificateur de puissance mesure sa capacité à convertir le courant continu de l'alimentation en signal transmis à la charge [23].

### **3.3.3 Oscillateur**

Comme nous l'avons constaté précédemment, les oscillateurs sont très utilisés à tous les niveaux d'un système de communication. En particulier, on a souvent besoin d'un générateur de fréquence de référence pour la sélection du canal de transmission. Ils interviennent souvent comme une des entrées des mélangeurs. De plus, la qualité d'un récepteur RF dépend grandement de la pureté spectrale de l'oscillateur local.

Le circuit est globalement toujours composé d'un amplificateur duquel on prélève une partie du signal de sortie que l'on réinjecte en phase vers l'entrée.

Un des problèmes majeurs de tout oscillateur est son démarrage. A la mise sous tension, le courant circule dans les composants de l'amplificateur, du bruit électrique est généré. Celui-ci est amplifié et devient éventuellement un signal périodique [27].

### **3.3.4 Filtre :**

Les circuits de filtrage peuvent être utilisés pour séparer ou combiner différentes fréquences, rejeter les fréquences non désirées tout en permettant la transmission d'une fréquence utile. Les filtres sont utilisés pour sélectionner ou limiter des fréquences spécifiques dans les limites Spectrum. Exemple de tels circuits où un filtre peut être trouvé dans des multiplexeurs, des démultiplexeurs, des circuits émetteur et récepteur, etc. Les filtres peuvent être classés en filtres passe-bas, filtres passe-haut, filtres passe-bande filtre (BSF) [29].

Il existe diverses réponses de filtre standard. Cela varie avec les fonctions de transfert de filtre et peut affecter la complexité et le coût du filtre [29]. Parmi eux Butterworth qui est utilisé dans notre simulation.

### 3.3.5 Butterworth :

Il est également appelé filtre le plus plat possible car il n'a pas d'ondulation dans la bande passante ni dans la bande stoppée. Il offre le meilleur compromis entre atténuation et réponse en phase. Il possède une région de transition relativement large avec des caractéristiques transitoires moyennes [29].

L'équation pour les pôles est :

$$-j \sin \frac{(2k-1)\pi}{2n} + j \cos \frac{(2k-1)\pi}{2n} \quad k=1,2,\dots,n$$

Où k est le numéro de la paire de pôles et n le nombre des pôles)

### 3.3.6 Les antennes :

L'antenne offre une interface entre l'espace libre et la partie électronique du récepteur radio. Du point de vue système, l'antenne peut être considérée comme un système réalisant l'adaptation d'impédance entre l'espace libre et l'entrée du récepteur. Les principales métriques caractérisant une antenne sont : la bande passante, le gain, la directivité, l'angle d'ouverture du faisceau, la polarisation et la température équivalente de bruit.

La fréquence de résonance d'une antenne dépend d'abord de ses dimensions propres, mais aussi des éléments qui lui sont ajoutés. Par rapport à la fréquence de résonance centrale de l'antenne, les fréquences minimales et maximales d'utilisation sont définies pour des fonctionnements caractérisés par un coefficient de réflexion de 10 dB. La différence entre ces deux fréquences correspond à la bande passante. Cependant, il faut souligner que certaines antennes dites « multi-bande » peuvent fonctionner correctement sur des segments discontinus de bandes de fréquences [30].

Le gain de l'antenne est souvent défini par rapport à une antenne isotrope idéale qui rayonne un niveau constant d'énergie dans toutes les directions. À titre d'exemple et en utilisant cette convention, une antenne ayant un gain de 3 dBi selon une direction va avoir un gain supérieur de 3 dB au gain d'une antenne isotrope selon la même direction. Une autre approche est de caractériser une antenne par rapport à une antenne dipôle demi-onde ayant un gain de 2 dBi. Un niveau du gain égal à 3 dB indique un niveau du signal de 3 dB plus grand que celui obtenu avec une antenne dipôle [30].

Le gain d'une antenne est défini comme le ratio entre l'intensité de la radiation selon une direction et l'intensité totale de radiation d'une antenne isotrope. Le rendement ou l'efficacité de la radiation est défini par l'équation :

$$E = \frac{P_r}{P_t}$$

Où  $P_r$  est la puissance totale rayonnée dans l'ensemble de l'espace par l'antenne et  $P_t$  est la puissance totale fournie à l'antenne.

### **3.3.7 Contrôle Automatique du Gain :**

L'AGC est utilisé dans les récepteurs numériques RF pour prendre en compte le large éventail de niveaux de signal présents au niveau de l'antenne réceptrice [9]. Ces variations de niveau sont dues principalement au phénomène d'évanouissement (fading en anglais) du signal reçu, qui dépend des conditions de propagation ionosphérique. La dynamique, i.e. l'écart qui sépare le signal le plus faible et le plus fort, est très important dans un récepteur. L'AGC calibre le niveau du signal en réduisant le gain des étages IF et quelques fois RF quand le niveau augmente. Un signal RF fort peut perturber le fonctionnement du mélangeur et créer ainsi une distorsion excessive. Le récepteur RF doit aussi traiter les signaux RF faibles en présence de bruit. L'AGC intervient alors dans la partie RF pour par exemple adapter le gain du LNA en fonction du niveau d'entrée. Utilisé dans la partie IF, l'AGC peut éviter des surcharges et maintenir un niveau raisonnablement constant en entrée du démodulateur. Dans tous les cas, il permet de maintenir un niveau de distorsion admissible quel que soit le niveau de puissance. Il doit également répondre rapidement aux variations de niveau.

Un AGC typique amplifie le signal d'entrée grâce à un amplificateur à gain variable (VGA) dont le gain est fonction d'une tension de contrôle. La partie contrôle du gain est numérique et agit directement sur une partie RF(ou IF). Le gain est déterminé à partir d'une image de l'amplitude du signal d'entrée, construite en utilisant des blocs RF et analogiques (mélangeurs, filtres passe-bas, additionneurs...). [18]

### **3.4 La simulation de L'émetteur-récepteur RF :**

Le diagramme schématique présenté par la figure 3.4 concerne un système émetteur-récepteur sans fil RF comprenant un système émetteur à conversion directe, une liaison (canal) et un récepteur hétérodyne à 2 étages. Le sous-système émetteur comprend le bloc de base (PORT1), un mélangeur convertisseur élévateur de bande de base (b1\_MIX1), un filtre passe-bande RF (b2\_BPF1) et un amplificateur de puissance RF (b3\_AMP1). Le sous-système récepteur comprend un filtre butterworth RF passe-bande (b5\_BPF2), deux filtres Butterworth Butterpass IF (b8\_BPF3 et b9\_2\_BPF4), un amplificateur à faible bruit (b6\_AMP2), 2 mélangeurs convertisseurs abaisseurs (b7\_MIX2 et b9\_1\_MIX3) et un amplificateur de puissance IF (bean). ). [23]

#### **3.4.1 Détails des parties de la simulation :**

Dans la 1ère partie les composants schématiques sont connectés comme indiqué à la figure 3.4 à partir des différentes bibliothèques de la palette de bibliothèques de composants ADS.

En 2eme partie la fréquence de bande de base du système est donnée à 300 MHz et la fréquence de sortie RF du système à 19,5 GHz. La fréquence choisie pour les trois oscillateurs (LOfreq1, LOfreq2 et LOfreq3) et la fréquence centrale des quatre filtres passe-bande (RFfreq, IFfreq1 et IFfreq2) sont indiquées dans le tableau 3.1 de la section Résultats et analyses.

Ainsi la 3eme partie les outils de simulation suivants ont été ajoutés au schéma, Harmonique Balance, Options, et Var, pour tester et analyser les performances du système. Le composant Var définit les variables dans le système. Enfin Pour les parties 4, on va la reporter aux résultats et analyses.

#### **3.4.2 Le circuit de la simulation :**

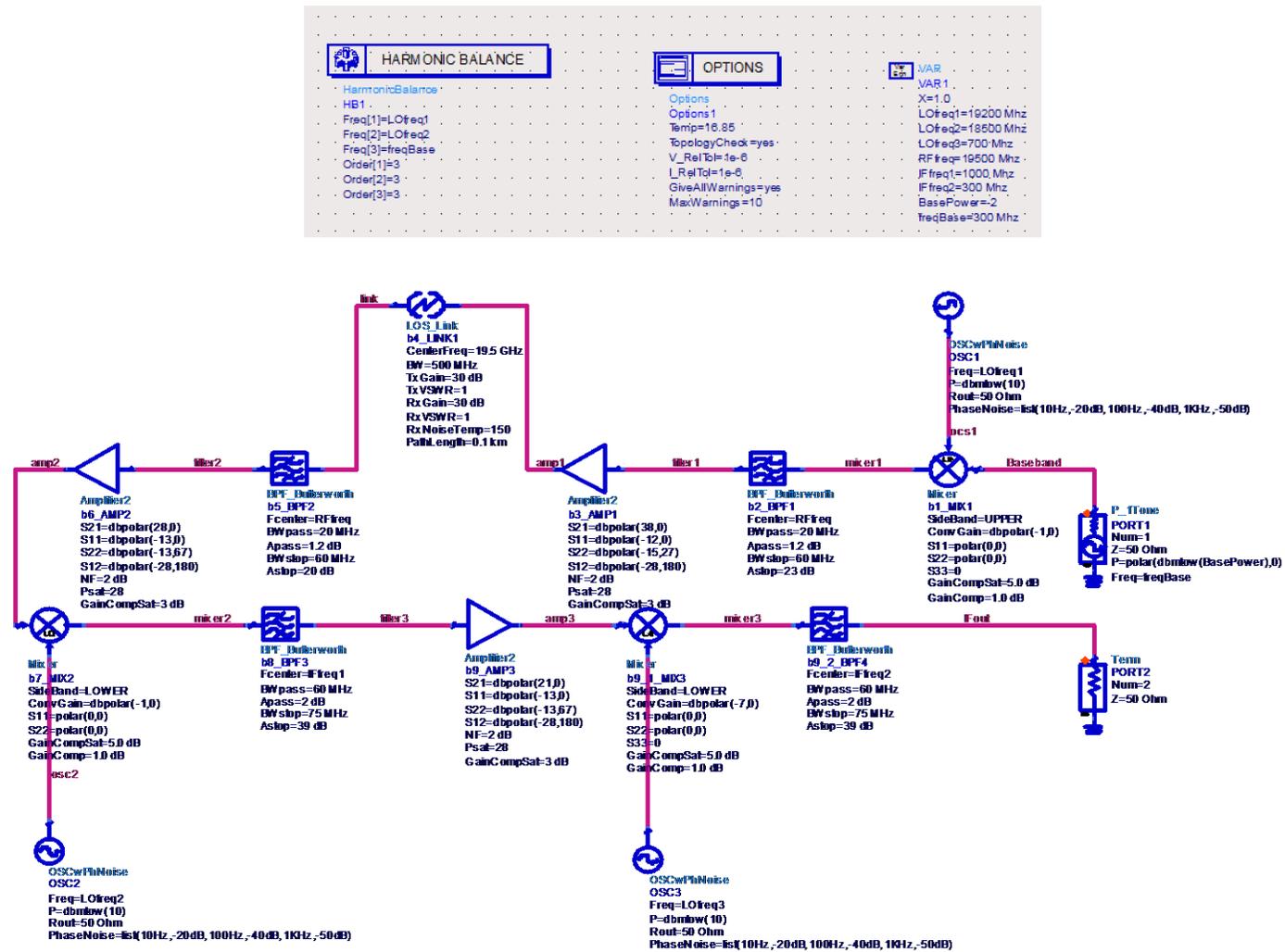
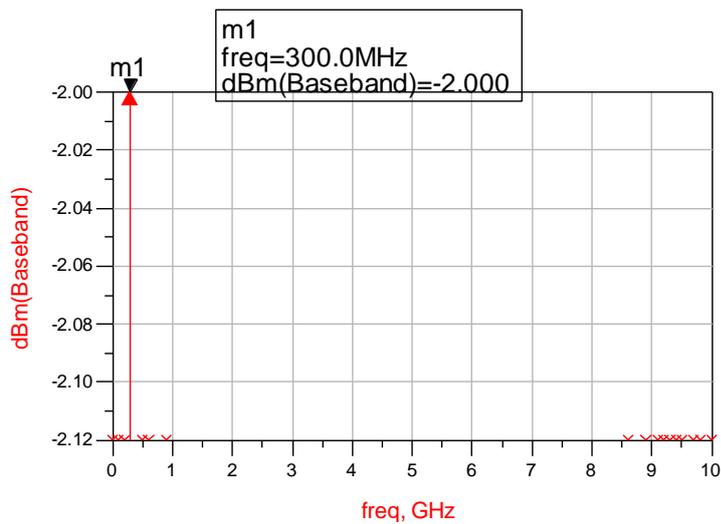


Figure 3.4 Architecture de l'émetteur-récepteur sans fil RF sous ADS.

### 3.4.3 Résultat et analyse :

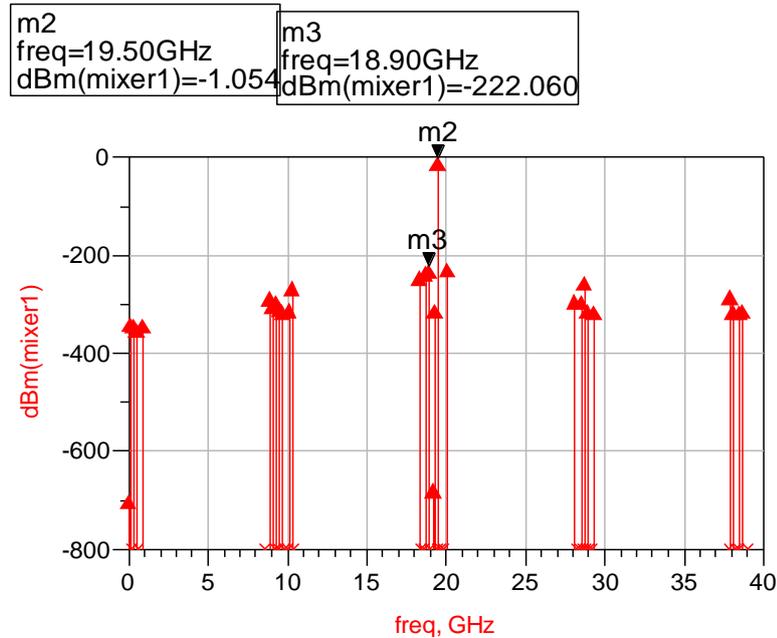
Composant	Variable	Valeur (MHz)
OSC1	LOfreq1	19200
OSC2	LOfreq2	18500
OSC3	LOfreq3	700
b2_BPF1	RFfreq	19500
b5_BPF2	RFfreq	19500
b8_BPF3	IFfreq1	1000
b9_2_BPF4	IFfreq2	700

**Tableau 3.1** Sélection des fréquences pour LOfreq1, LOfreq2, IFfreq et RFfreq.



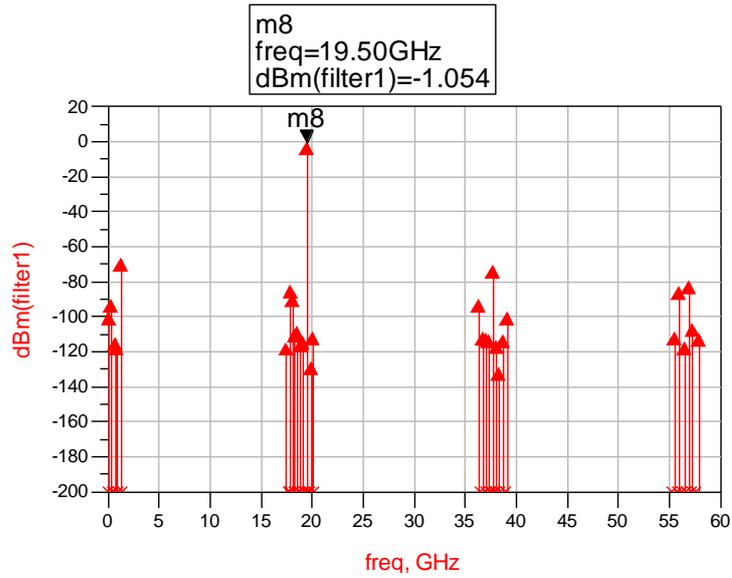
**Figure 3.5** Spectre du signal en bande de base en dBm.

Le spectre du signal en bande de base de PORT1 indique une valeur de puissance de -2 dBm à la fréquence de bande de base de 300 MHz.



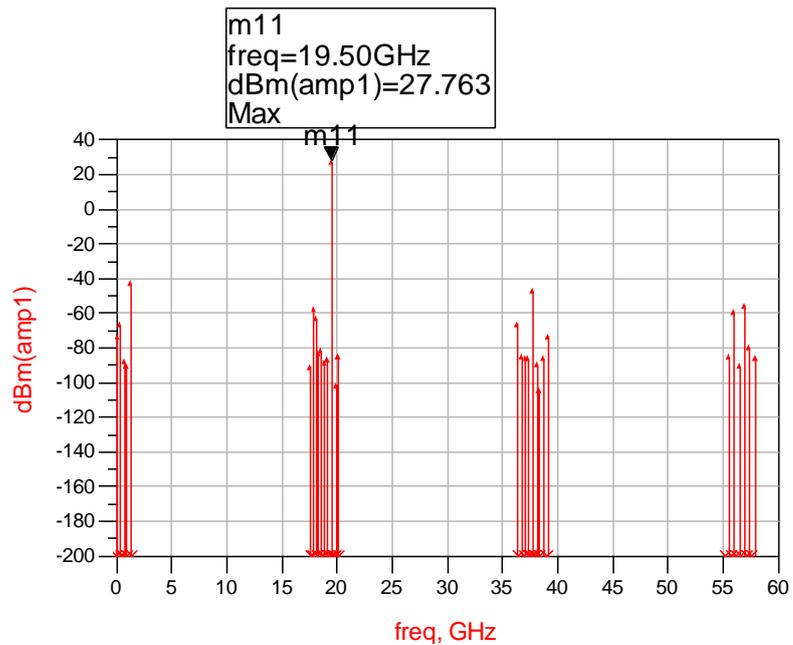
**Figure 3.6** Spectre du mélangeur.

D'après la figure 3.6, le spectre du mélangeur indique la fréquence radioélectrique, 19500 MHz (19200 + 300 MHz), résultant de la conversion à la hausse de LOfreq1 et de la bande de base. La puissance (en dBm) du SI est de -1,054 dBm. Le spectre montre également d'autres produits parasites (ou harmoniques indésirables) issus du mélange. Parmi les harmoniques non souhaitées, on trouve la conversion par abaissement de LOfreq1 et de la bande de base (19200-300 MHz) à 18900 MHz ; sa puissance en dBm est de -222.060



**Figure 3.7** Spectre Filter1.

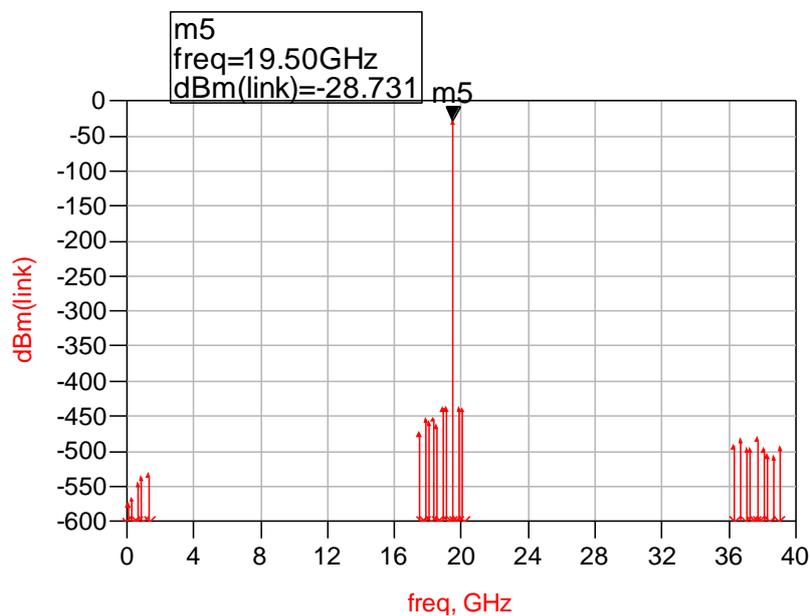
Après la conversion ascendante, un filtre à bande passante étroite est nécessaire pour supprimer toutes les fréquences parasites et empêcher leur transmission par l'antenne, ne laissant passer que la fréquence convertie en fréquence supérieure. Le spectre du filtre1 est illustré à la figure 3.7 ci-dessus.



**Figure 3.8** Spectre Amp1.

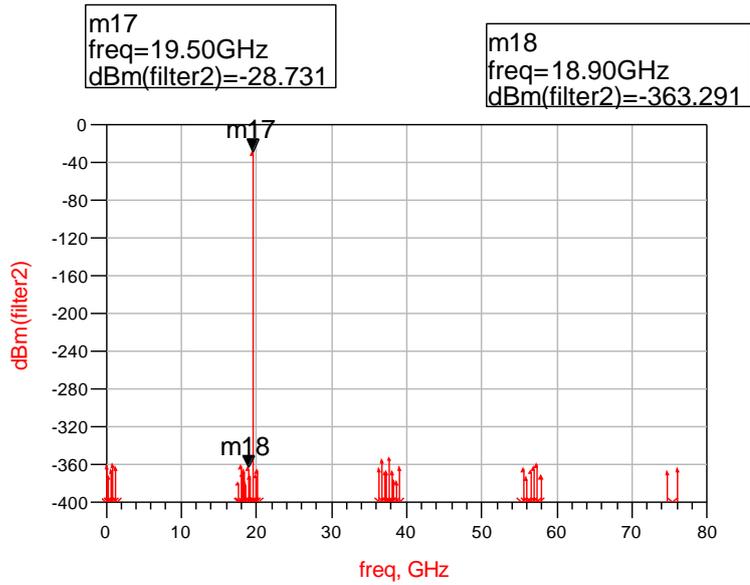
Après filtrage, le signal est ensuite amplifié afin de garantir qu'une puissance suffisante est transmise à l'antenne puis au récepteur via l'antenne. Le signal reçu par le récepteur doit avoir des niveaux de puissance suffisants au-dessus de la sensibilité du récepteur pour assurer une réception correcte du signal transmis.

L'amplificateur (AMP1) amplifie le filtre RF de -1,054 dBm à 27,763 dBm. La figure 3.8 montre le spectre de AMP1. Les signaux parasites sont également remarqués dans le spectre.



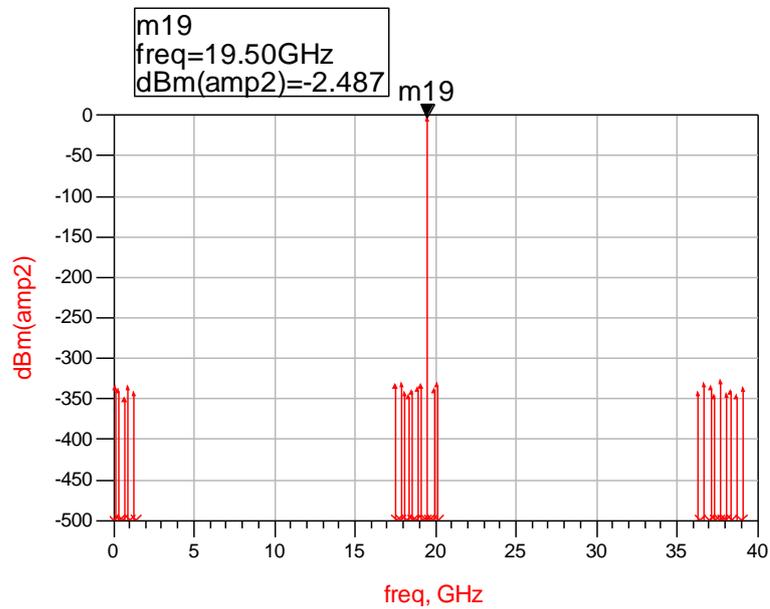
**Figure 3.9** Spectre de Link1 à 1 km.

Après la transmission, dans l'espace, le signal est atténué par le fait de voyager dans l'espace. Il y a une perte de puissance de 27,763dBm à -28,731dBm, ce qui donne une perte de -56,494dBm. Ceci est illustré à la figure 3.9. Les signaux parasites sont également notés dans le spectre.



**Figure 3.10** Spectre de fréquence du filtre 2 en dBm.

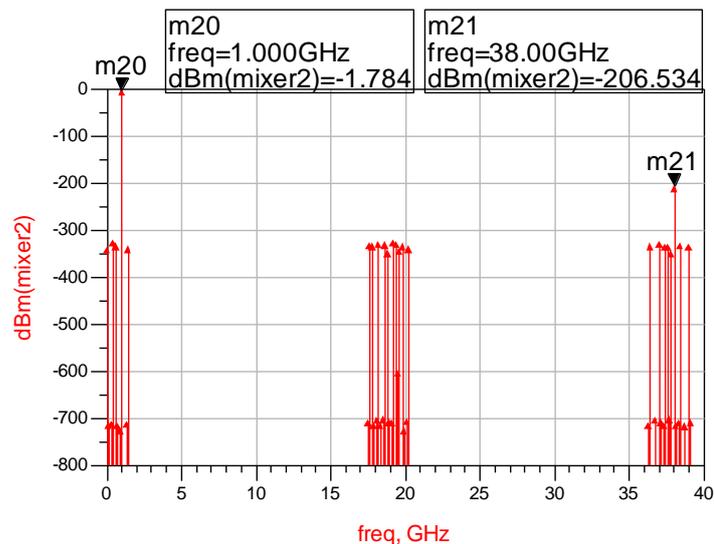
Les signaux provenant du signal RF reçu sont filtrés afin d'atténuer tous les signaux non désirés dans le spectre transmis avant la réalisation de l'amplification. Le spectre de filter2 est présenté ci-dessus.



**Figure 3.11** Spectre de fréquence Amp2.

Une fois le signal reçu filtré, le signal est prêt pour l'amplification en raison de la forte atténuation de la transmission. Amp2 est un amplificateur à faible bruit (LNA), dont la fonction est d'amplifier les éventuels signaux très faibles reçus par l'antenne du récepteur.

Le signal RF reçu est amplifié par Amp2 de -27,731 dBm à -2,487 dBm. Le spectre d'Amp2 est présenté à la figure 3-11 ci-dessus.

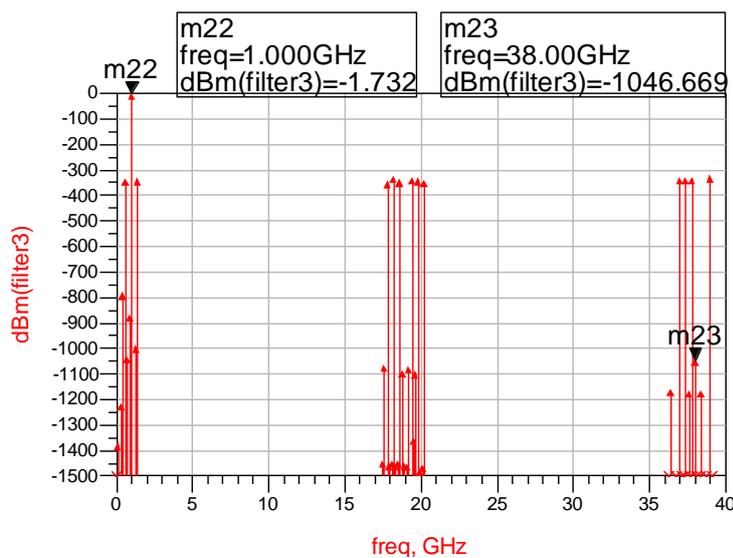


**Figure 3.12** Spectre de fréquence de Mixer2 en dBm.

Un IF est généré lors de la conversion vers le bas du mix2 du RF, de 19500 MHz à 1000 MHz. Ceci permet d'activer le traitement du signal dans le récepteur. Le FI souhaité généré a un niveau de puissance de -1,784dBm. La présence de signaux parasites et de bruit d'intermodulation est également visible dans le spectre présenté à la figure 3.12.

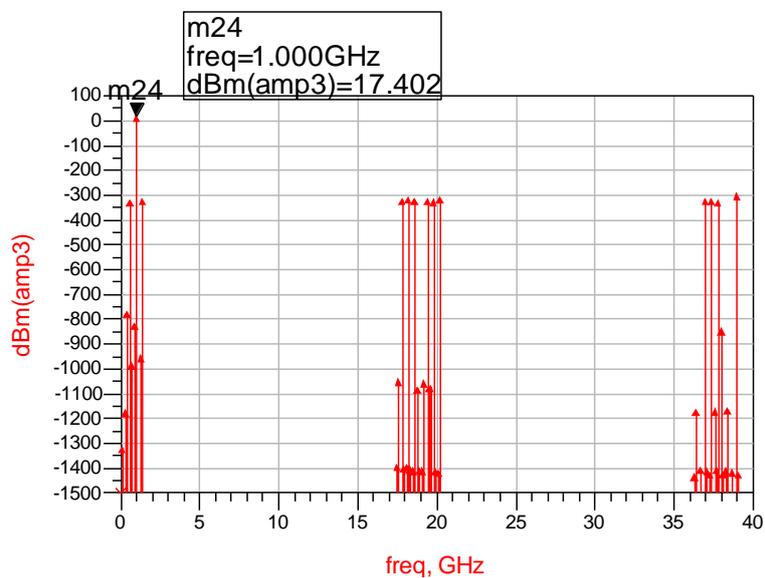
La fréquence de l'image générée est

$$\begin{aligned}
 f_{\text{image}} &= f_{\text{rf}} + 2 (\text{IF}) \\
 &= 19500 + 2 (1000) \text{ MHz} \\
 &= 19500 + 2000 \text{ MHz} \\
 &= 21500 \text{ MHz (21,5 GHz)}
 \end{aligned}$$



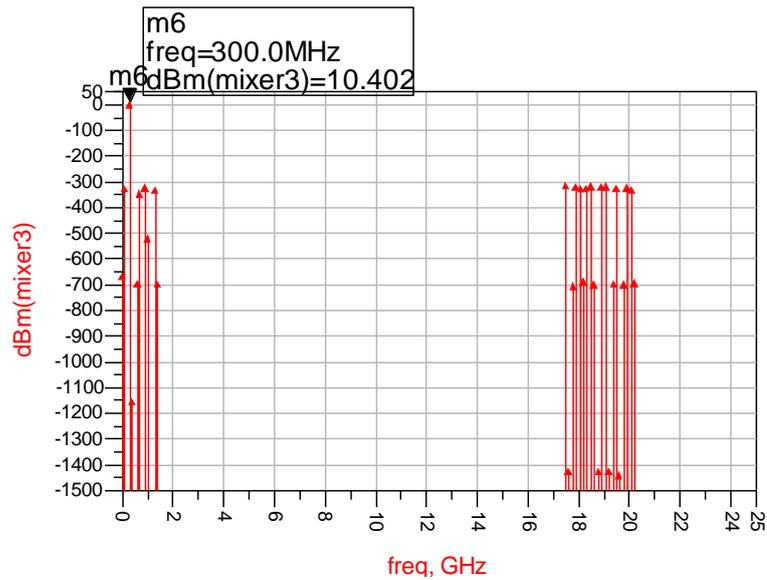
**Figure 3.13** Spectre de fréquence du filtre 3 en dBm.

Filter3 atténue davantage tous les signaux indésirables du spectre de fréquences mélangé. La sortie du spectre de filter3 est illustrée à la figure 3-13 ci-dessus.



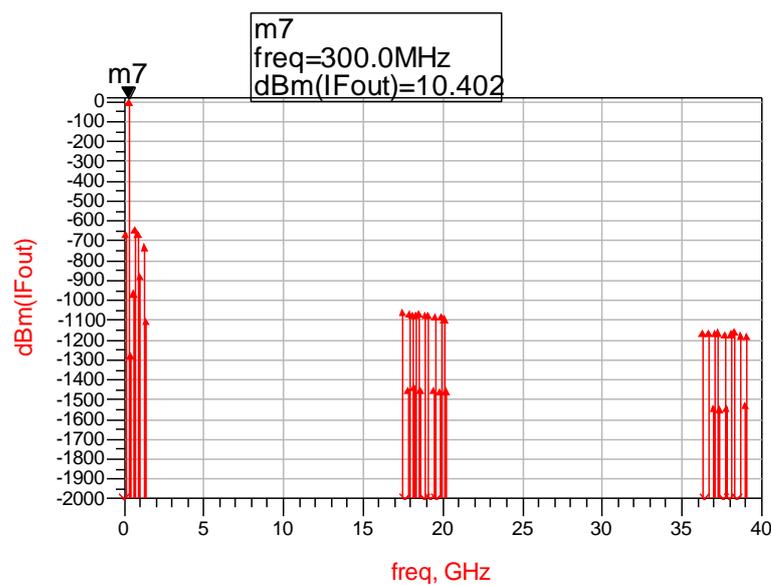
**Figure 3.14** Spectre de fréquence d'Amp3 en dBm.

Amp3 amplifie le signal filtré en atténuant toutes les fréquences indésirables dans le spectre. Ceci est montré dans la figure 3.14 ci-dessus.



**Figure 3.15** Spectre de fréquence du mélangeur3 en dBm.

Au cours de cette dernière étape de conversion descendante, la fréquence intermédiaire est convertie de 1000 MHz à 300 MHz, la fréquence de bande de base. La présence de bruit d'intermodulation générée par cette conversion à la baisse est atténuée par filter4 avant que le signal ne soit reconverti dans la forme d'origine au port2. Ceci est illustré à la figure 3-16 ci-dessous.



**Figure 3.16** Spectre de fréquence de IFout en dBm

# Conclusion Générale

Depuis des décennies sont apparues de nombreuses technologies de transmission sans fil pour répondre à des besoins précis et variés . Chacune de ces technologies possède des avantages et des inconvénients qui proviennent de leurs caractéristiques propres telles que le débit, l'efficacité spectrale, la consommation, la fiabilité.

Au cours de ce projet de fin d'étude, nous avons étudiés la chaine de transmission radio fréquence complète et la simulation de l'émetteur-récepteur sous logiciel ADS .

Dans le premier chapitre, le système de transmission a été étudié. On a suivi le parcours du signal de l'émetteur au récepteur en passant par le canal. ce qui nous a permis de connaître les bloc s de la chaine de transmission. Ensuite, on a rentré spécialement dans le système Radio fréquence (RF).

Dans le second chapitre, simulation l'émetteur RF avec une génération d'un signal RF modulé, une amplification et du filtrage.

Dans le dernier chapitre, on a présenté les résultats du la simulation complète de la chaine émetteur-récepteur RF avec analyse spectrale

Ce projet de fin d'étude nous a permis d'enrichir notre connaissance dans le domaine des systèmes de télécommunication et surtout le domaine radio fréquence.

## Références bibliographiques :

- [1] Jacques VERDIER, Guillaume VILLEMAUD, Jean-Marie GORCE,  
«Etude de systèmes de radio communications , Plateforme de tests et de validation des modèles de simulation» Départements Télécommunications et Génie Electrique de l'INSA de LYON 20, récupéré le 19/05/2019.
- [2] A.L. Fawe – L.Deneire,  
«Principe de Télécommunications, Notes de cours (provisoires) » Année 1995-1996.
- [3] B.Allali,  
« Etude et évolution des performances du système Multicodes CDMA pour les systèmes de communication sans fil ». Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master 2 en Télécommunication, l'Université-Dr Moulay Taher-Saida, Juin 2012.
- [4] Myriam Ariaudo,  
« Dirty RF pour les Systèmes de Communication. Traitement du signal et de l'image » Habilitation à Diriger des Recherches Université de Cergy Pontoise, 2010.
- [5] Cour la communication numérique,  
[http://S1.e-monsite.com/2009/09/11/2745497\\_chaine-pdf.pdf](http://S1.e-monsite.com/2009/09/11/2745497_chaine-pdf.pdf). Consulté le 10/02/2019.
- [6] M.Benyarou,  
«Optimisation des systèmes multi-antennes appliquées aux systèmes MC-CDMA ». Thèse de doctorat en Télécommunication, l'Université-Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, 2012-2013.
- [7] Melle. Ghalem Rachida,  
« Analyse du système de transmission radio mobile MC-DS-CDMA » Mémoire De fin d'études pour l'obtention du diplôme Master en Télécommunication 2016.

[8] P.Djiknavorian,

« MIMO pour les nuls ». Laboratoire de radio Télécommunication et de traitement du signal, Janvier 2006.

[9] Design RF,

[www.emse.fr/~dutertre/enseignement.html](http://www.emse.fr/~dutertre/enseignement.html) consulté le 07/02/2019.

[10] B. Razavi,

"Circuits et systèmes RF de nouvelle génération", 17ème Conférence sur la recherche avancée en VLSI, pp 270-282, 15-16 sept. 1997.

[11] Wikipedia, "Superheterodyne transmitter," récupéré le 18/04/2019, de <http://en.wikipedia.org/wiki/superheterodyne>.

[12] Wikipedia, "Heterodyne transmitter," récupéré le 18/04/2019, de <http://en.wikipedia.org/wiki/heterodyne>.

[13] Wikipedia, "Intermediate Frequency," récupéré le 18/04/2019, de [http://en.wikipedia.org/wiki/intermediate\\_frequency](http://en.wikipedia.org/wiki/intermediate_frequency).

[14] H. Zumbahlen and Analog Devices, "Linear circuit design handbook". Amsterdam; Boston: Elsevier/Newnes Press, 2008, pp 4.1-4.60.

[15] D. Grini, "RF Basics, RF for Non-RF Engineers," MSP430 Advanced Technical Conference, Texas Instruments 2006.

[16] Circuits RF, « Info sur les circuits et systèmes RF », consulté le 01/05/2019, de <http://www.rf-circuits.info/index.php/radio/rlc-circuits>.

[17] Michèle Germain,

« Présidente de l'atelier d'écriture de Forum ATENA » Un livre blanc de Forum ATENA (Les bases de la radio) consulté le 01/03/2019.

[18] Vincent Janicot,

« Simulation des circuits électroniques RF/Analogiques/Numériques excités par des signaux à modulation complexe ». Modélisation et simulation. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2002.

[19] P. Bolcato,

« Modélisation et Simulation du Bruit dans les Circuits Intégrés: Analyse Fréquentielle et Régime Transitoire », Thèse, 26 Janvier 1994.

[20] Virgile Garcia , Matthieu Gautier,

« Chaîne de transmission GSM. Simulation système sous ADS et analyse vectorielle » Option Transversale Mobilité Mars 2010.

[21] Jorge Federico Aguirre,

« Conception et mise en place d'une plateforme de démonstration de transmission MIMO avec couplage simulation-mesure ». Projet de Fin d' Etudes Effectué au Laboratoire « Centre d'Innovation en Télécommunication & Intégration de services » (CITI), de L'INSA de Lyon, France 2012.

[22] S. Hong and M. J. Lancaster, “*Microstrip filters for RF/Microwave applications*,” John Wiley and sons pub. Cp., ISBN 0-471-22161-9, pp 1-3, 273-274, 2001.

[23] SOLTANI Samira,

«Etude de performances des modulations multi porteuses OFDM dans un canal radio mobile» mémoire de master en génie électrique, l'Université de MSILA, Juin 2012 .

[24] AKOMA, CHIEMELE OGECHUKWU,

« RF wireless transceiver – simulation and analysis ». Case study, Faculty of computing LONDON METROPOLITAN UNIVERSITY 166-220 Holloway road N7 8D LONDON, UK.

[25] FRIOUI Oussama ,

« Conception et Optimisation d'Architectures Radiofréquences pour la Réjection du Signal Image : Applications aux Systèmes de Radiocommunications et Liaisons de Proximité ». Thèse de doctorat en Télécommunication, l'Université-Abou Bakr Belkaid-Tlemcen, 2014.

[26] ZGAREN Mohamed,

« Récepteur sans fils à base de consommation et à modulation mixte FSK-ASK pour les dispositifs médicaux ». Thèse présentée en vue de L'obtention du diplôme de philosophie doctorat(génie électrique)Mars 2011.

[27] H. Zumbahlenas et Analog Devices,

«Manuel de conception de circuits linéaires». Amsterdam Boston: Elsevier / Newnes Press, 2008, pp 4.1-4.60.

[28] D.O.Pederson, K. Mayaram,

«Circuits intégrés analogiques pour la communication: principes, simulation et conception», Kluwer Academic Publishers, 1991.

[29] H. Zumbahlenas et Analog Devices,

«Manuel de conception de circuits linéaires». Amsterdam Boston: Elsevier / Newnes Press, 2008.

[30] Wikipédia, «Amplificateur de puissance RF», récupéré le 18/04/2012, à partir de [http://fr.wikipedia.org/wiki/rf\\_power\\_amplifier](http://fr.wikipedia.org/wiki/rf_power_amplifier) I. Rosu, «Mélangeurs RF», récupéré de <http://www.qsl.net/va3iul> on 18/04/2019.

[31] S. Hong and M. J. Lancaster,

“Microstrip filters for RF/Microwave applications,” John Wiley and sons pub. Cp., ISBN 0-471-22161-9, pp 1-3, 273-274, 2001.

# **Annexe 1 : Présentation du logiciel ADS .**

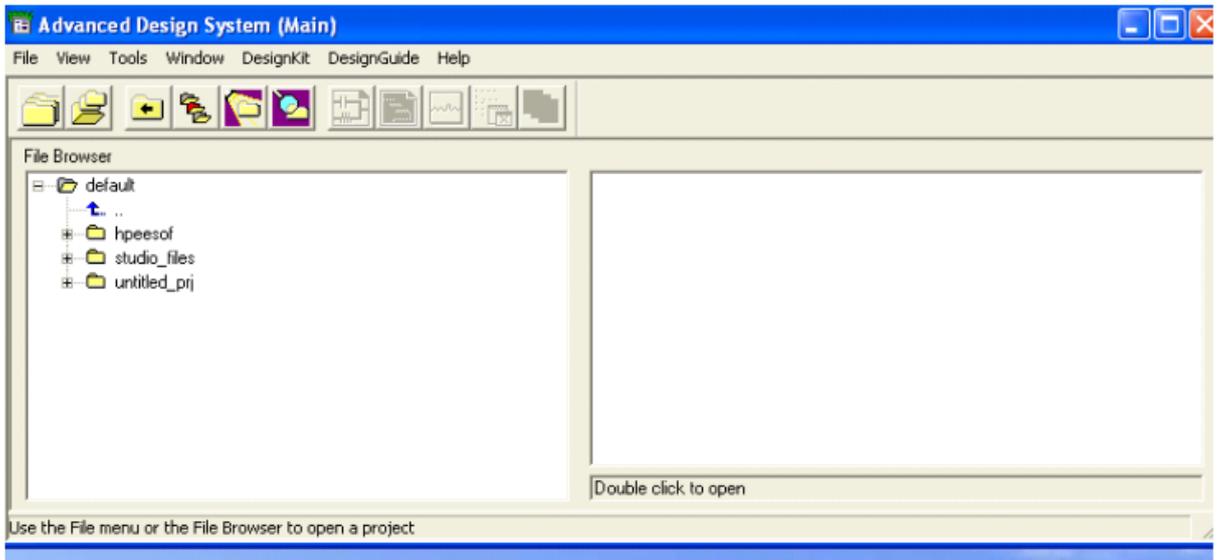
## **1.1 Généralité sur ADS :**

ADS est un logiciel développé par la société Agilent Technologie, destiné à aider au développement des systèmes électroniques mixtes analogiques hyperfréquences et numériques. Au travers d'une interface compacte, il dispose de nombreux modules permettant d'analyser les circuits de façon adaptée aux besoins classiques : en continu, en régime variable, en temporel, en bruit... Il dispose aussi de méthodes d'analyse spécifiques aux hyperfréquences : analyse en paramètres S, analyse des non linéarités par les méthodes « harmonique balance », analyse d'enveloppes complexes intégrant les non-linéarités, simulateur électromagnétique de circuits planaires multicouches multiconducteurs. Par ailleurs, différentes méthodes d'analyse « génériques », complémentaires dans la conception globale d'une chaîne de transmission, sont implémentées : analyse paramétrique multi-variables, de sensibilité, de rendement, de plan d'expérience et d'optimisation. Enfin, un simulateur à flot de données de type « Berkeley/Ptolemy » permet d'étudier les systèmes à données discrétisées sur la base de nombreux modèles mixtes logiques, numériques et comportementaux. C'est celui-ci que nous utiliserons particulièrement dans ce BE.

## **1.2 Les projets sous ADS :**

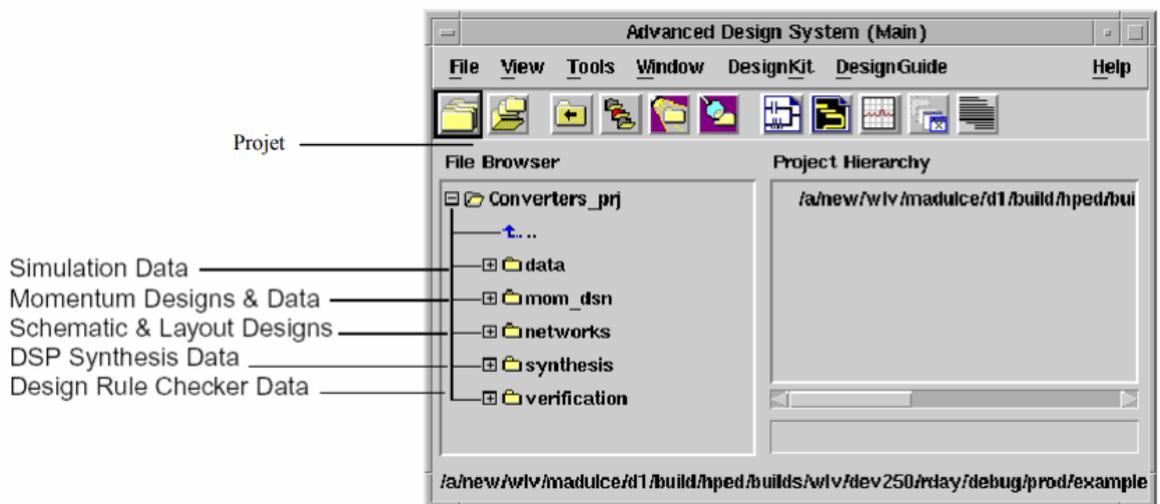
A l'ouverture du logiciel la fenêtre principale suivante apparaît. De façon classique : à partir de l'icône sur le bureau ou dans le menu programme. Le client ADS installé localement sur le poste de travail interroge un serveur de licence pour obtenir le jeton nécessaire à l'ouverture de session (ou lors de l'exécution des différentes simulations). Ainsi il est important de « quitter selon la procédure » (file/quit) la session active pour libérer les licences à la fin de l'utilisation du simulateur.

Un projet ADS est ouvert à l'aide du menu « File/Open/Workspace... »



**Figure 4.1** Fenêtre principale.

C'est à partir de cette fenêtre que les projets sont gérés. ADS utilise des répertoires appelés projets pour organiser et stocker les données générées lors de la création, la simulation et l'analyse de systèmes. Un projet contient par exemple les circuits, les layouts, ou encore tous les résultats de simulations effectuées... Lors de l'ouverture d'un projet, la fenêtre suivante s'ouvre.



**Figure 4.2** Fenêtre projet.

### 1.3 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 : schematic RF/analog Design (traitement analogique) ou schematic 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 ».

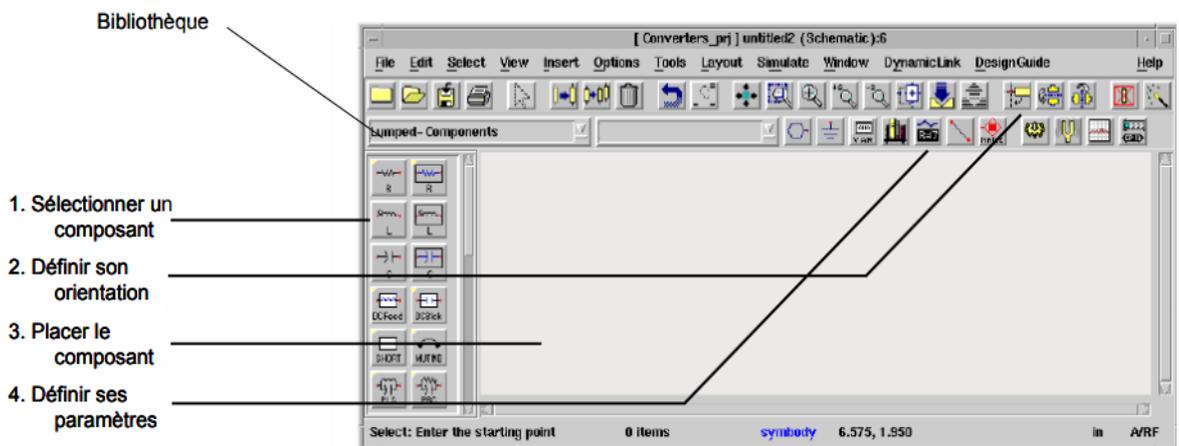


Figure 4.3 Fenêtre schématique.

Une fois tous les éléments placés et correctement configurés, il faut les relier en plaçant des fils (bouton « insert wire »).

## 1.4 Simulation ADS :

Le logiciel ADS propose des outils appelés contrôleurs pour simuler et optimiser un système.

La simulation d'un système numérique (ex. DSP) nécessite l'utilisation d'un « Data Flow controller » qui se trouve dans la bibliothèque « Common components » (icône « DF »). Pour une simulation analogique RF plusieurs contrôleurs variables sont disponibles suivant le type d'analyse que l'on souhaite obtenir (AC, DC, paramètre[S], temporel, fréquentiel...et ils se trouvent dans les bibliothèques « simulation-x »).

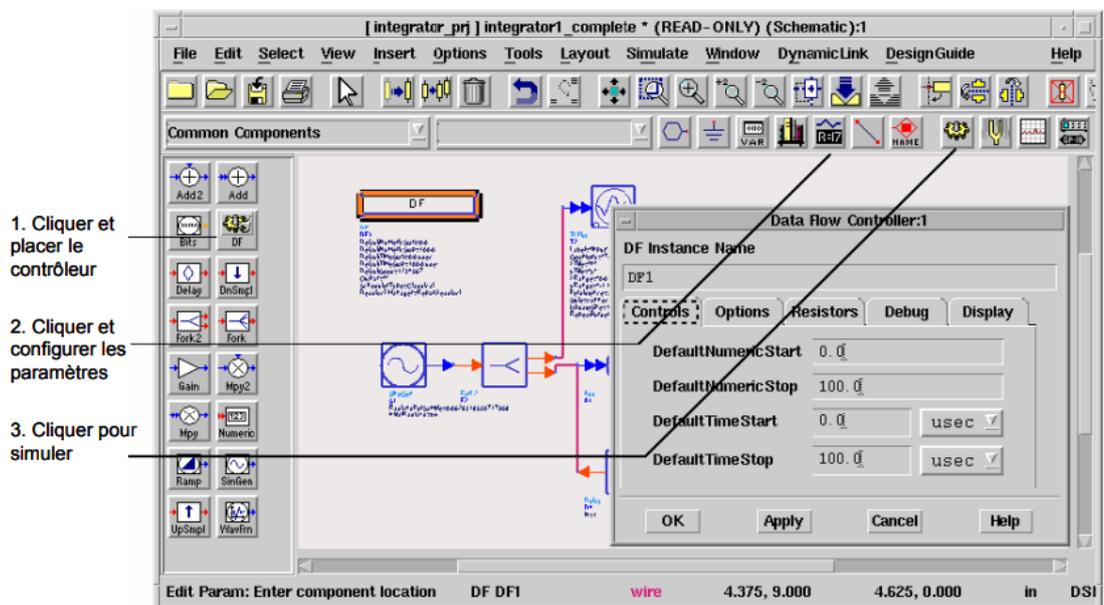
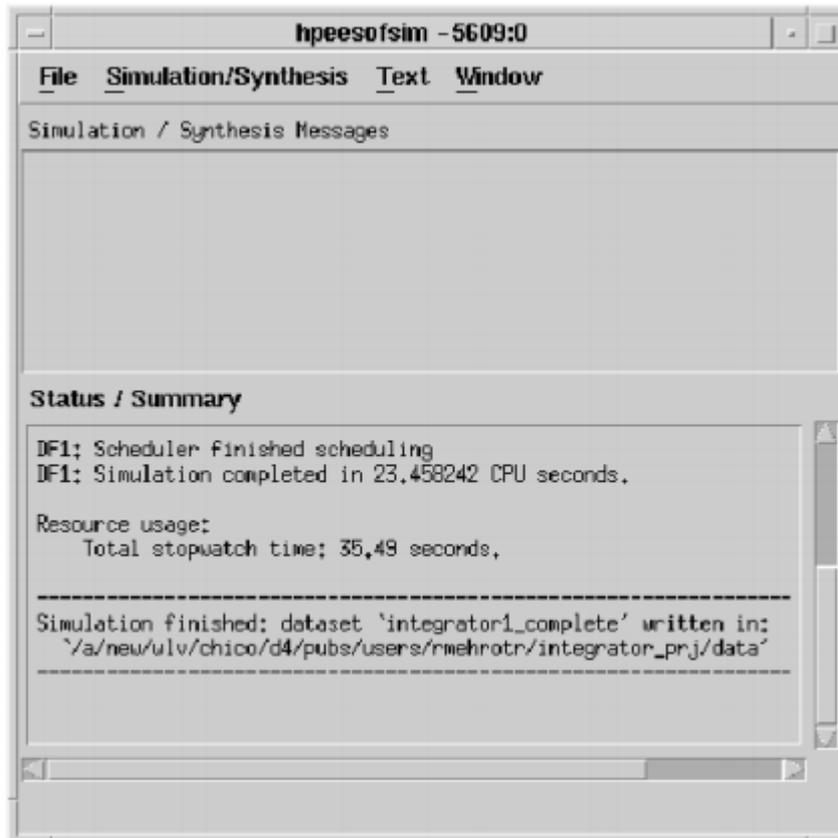


Figure 4.4 Simuler un système.

Lorsqu'une simulation est exécutée, son avancement et les éventuels messages d'erreurs sont affichés dans la fenêtre « Status/Summary » :



**Figure 4.5** Résultat de la simulation : Principaux avantages de ADS.

Un ensemble complet et intégré de simulateurs de systèmes, de circuits et d'EM rapides, précis et faciles à utiliser permet de réussir un premier passage dans un flux de bureau complet Design Guidesspécifique à l'application résume des années d'expertise dans une interface facile à utiliser ADS est pris en charge exclusivement ou des mois plus tôt que d'autres par les principaux partenaires de l'industrie et de la fonderie en savoir plus sur ADS .[9]

### 1.4.1 Les contrôleurs de simulation :

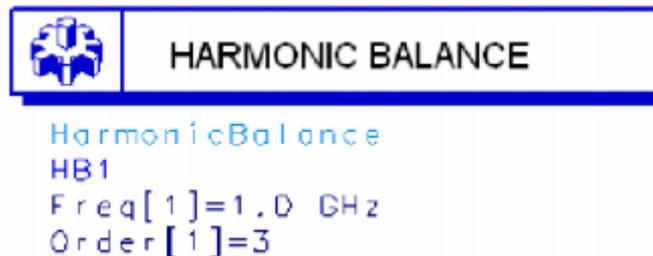
Un ou plusieurs contrôleurs peuvent être placés dans un « design » suivant le type de simulation recherché. Ces éléments permettent de sélectionner la plage temporelle ou fréquentielle de simulation ainsi que le type de résultats obtenus. La liste des principaux contrôleurs disponibles est décrite dans le tableau suivant :

Type de contrôleur	description	Utilisation typique
<b>Data Flow simulation controller</b>	Analyse de signaux numériques et temporels lors d'une simulation DSP utilisant le simulateur ptolemy	tous les systèmes type DSP
<b>DC simulation controller</b>	Il exécute un contrôle et une analyse du comportement en régime continu	Tous les systèmes RF/analog
<b>AC simulation controller</b>	Permet d'obtenir la fonction de transfert en petit signal tel que le gain ou le bruit en tension et courant	filtres, amplificateurs
<b>S parameter simulation controller</b>	Fournit les paramètres S linéaires, paramètres de bruit linéaires, transimpédance et transmittance	filtres, oscillateurs, amplificateurs
<b>Harmonic balance simulation controller</b>	Utilise des techniques non linéaires de balance harmonique pour trouver un état stable du système dans le domaine fréquentiel	mélangeur, oscillateur, récepteur, ampli. de puissance
<b>Circuit envelope simulation controller</b>	Utilise une combinaison des techniques d'analyse dans le domaine temporel et fréquentiel pour rapporter une analyse rapide et complète d'un signal complexe, tel qu'un signal RF avec une modulation complexe	mélangeur, oscillateur, Ampli. de puissance, récepteur,
<b>LSSP simulation controller</b>	Etend l'analyse en paramètres S pour de forts signaux pour visualiser le comportement non linéaire	amplificateur de puissance

<b>Transient/ Simulation controller</b>	Résout un système non linéaire dans le domaine temporel utilisant des modèles simplifiés tenant compte de la dépendance en fréquence du comportement des éléments distribués	mélangeur, ampli de puissance, « switch »
---	--	---

### 1.4.2 Harmonic Balance :

Le contrôleur de simulation « Harmonic Balance » (HB) est un outil d'analyse dans le domaine fréquentiel pour étudier les distorsions dans les circuits et systèmes non linéaires. Pour une étude HB, il faut impérativement utiliser des sources contrôlées en fréquence qui se trouvent dans la bibliothèque « frequency domain source »

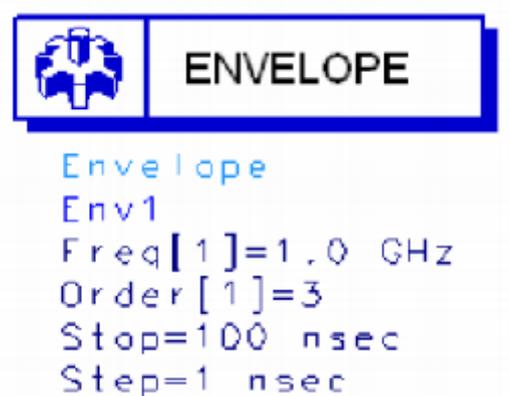


**Figure 4.6** Contrôleur HB.

Il faut définir les fréquences que l'on souhaite étudier et l'ordre des harmoniques pris en compte. Il permet de calculer les composantes fréquentielles contenues dans les signaux en tension et courant du circuit, d'évaluer la distorsion due aux harmoniques et à l'inter modulation et les performances en termes de bruit non linéaire. « Harmonic Balance » présente de nombreux avantages par rapport à une analyse avec le contrôleur « transient ». En effet, HB capture directement la réponse spectrale stationnaire alors que la méthode traditionnelle en temporel nécessite le besoin d'intégrer beaucoup de périodes de la sinusoïde à la fréquence la plus basse pour atteindre l'état stable. Il résout assez rapidement les problèmes aux hautes fréquences alors que « transient » ne peut pas les traiter ou alors avec un coût temporel excessif. Enfin, il est plus approprié pour étudier les phénomènes hautes fréquences où les modèles sont élaborés « pour et dans » le domaine fréquentiel.

### 1.4.3 Circuit Enveloppe :

Ce contrôleur est le plus approprié à une analyse rapide et complète d'un signal complexe tel qu'un signal numérique modulé. Il combine les caractéristiques dans les domaines fréquentiels et temporels en permettant aux ondes en entrée d'être représentées comme la somme d'une porteuse RF décrite et simulée dans le domaine fréquentiel et une enveloppe de modulation représentée quant à elle dans le domaine temporel.



**Figure 4.7** Contrôleur simulation enveloppe.