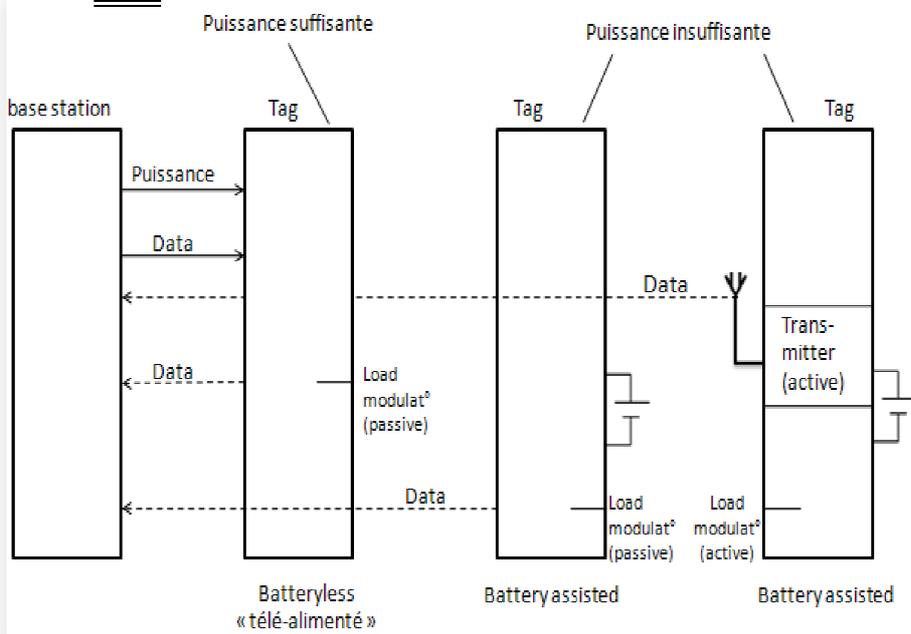


RFID



Implantation du protocole NFC sur FPGA

Rapport de Stage 2A – 2009/2010

Conception de la communication RFID via le protocole NFC, modélisation la transmission moyennant MATLAB/Simulink, et implantation de la partie numérique de la base Station d'une communication RFID sur l'FPGA de la carte.

Abderahman KRIOUILE

Sommaire

Remerciement	3
Introduction générale	4
Liste des figures	5
Liste des tableaux	6
Chapitre 1 : Protocoles RFID & NFC	7
Introduction :	8
1- Définitions :	8
2- Mise en œuvre des RFID:	9
2-1- Temps de transaction :	9
2-2- Le choix de la fréquence 13,56 MHz :	9
2-3- Passives communications mode :	10
2-4- Etage de puissance d'une base station :	10
2-5- Puissance de transmission requise :	10
2-6- Puissance rayonnée effective P_{ERP} :	10
2-7- Récupération de puissance aux bornes de l'antenne du tag :	11
2-8- Technique de BACK SCATTERING et sa mise en œuvre :	11
3- Le standard NFC :	14
3-1- Mode de communication :	15
3-2- Codage bit, débit, type de modulation :	15
3-3- Valeurs des champs magnétiques à respecter H_{min} , H_{max} et $H_{threshold}$	16
Conclusion	17
Chapitre 2 : la carte SPARTAN - 3E	18
Introduction	19
Principaux composants	19
Conclusion	20
Chapitre 3 : Architecture détaillée	21
Introduction	22
1- Ordre des choses et étapes	22
2- Partie analogique	22
2-1- Architecture du volé émission	22
2-2- Simulink : Modulation & Demodulation ASK	25
2-3- Modulation OOK – au niveau du transpondeur	27
2-4- Simulink : Modulation & Demodulation OOK	28
2-5- Architecture du volé réception	30
3- Partie micro-contrôlée	30
Introduction	31
3-1- Processus de gestion de collision	32
3-2- Détection des collisions	32
3-3- Gestion des collisions	33
3-4- Sélection	33
Chapitre 4 : Implantation sur FPGA	34
Introduction	35
1- 3Création de projet	35
2- Structure du programme	36
3- Mapping	38
4- Chargement du programme sur l'FPGA	38
Conclusion	39
Conclusion générale	40
Liste Bibliographie	41
Annexe	42

Remerciement

Je remercie Monsieur BENTAIBI Mohsine, Directeur Général de la société ELETRONICAL ENGINEERING, de m'avoir accepté dans son établissement et de son soutien tout le long de mon stage.

Mes remerciements s'adressent également à mon encadrant Monsieur BARBIA Hassan, responsable de la filière système embarqué et mobile à l'ENSAIS-Rabat (Ecole Nationale Supérieur d'Informatique et d'Analyse des Systèmes) et responsable du département de recherche et développement au sein de cette société, pour son encadrement très actif dans la réalisation de ce travail.

J'adresse mes vifs remerciements au Professeur PARODI Alexandre, responsable de l'approfondissement logiciel embarqué à ESIAL-Nancy, pour les efforts qui a déployé dans ma formation et pour ses conseils et ses orientations dans la réalisation de ce travail.

Egalement, je remercie tout les membres de ma famille pour tous les efforts et les sacrifices faits pour que je puisse réaliser mes études et particulièrement mon père Pr. KRIOUILE Abdelaziz et ma mère Pr. GOURARI Samira de leur contribution dans ma formation et de leur encadrement dans la réalisation de ce travail

Je tiens à adresser toute ma gratitude et ma reconnaissance à ma nouvelle mariée pour son sacrifice, son soutien, sa patience et sa gentillesse.

Et pour terminer, sans que mon projet n'ait pas pu se dérouler, je veux remercier l'ESIAL qui m'a permis de réaliser ce travail formateur.

Introduction générale

L'abréviation RFID signifie « *Radio Frequency IDentification* », en français, « *Identification par Radio Fréquence* ». Cette technologie permet d'identifier un objet, d'en suivre le cheminement et d'en connaître les caractéristiques à distance grâce à une étiquette émettant des ondes radio, attachée ou incorporée à l'objet. La technologie RFID permet la lecture des étiquettes même sans ligne de vue directe et peut traverser de fines couches de matériaux (peinture, neige, etc.).

L'étiquette radiofréquence (*transpondeur, étiquette RFID*), est composée d'une puce nommée tag ou transpondeur reliée à une antenne, encapsulée dans un support. Elle est lue par un lecteur dit base station qui capte et transmet l'information.

Dans le cadre de mon stage de 2^{ème} année j'ai été amené à concevoir la communication RFID via le protocole NFC, à modéliser la transmission moyennant MATLAB/Simulink, et à implanter la partie numérique de la base Station d'une communication RFID sur l'FPGA de la carte. D'habitude Cette partie numérique est assurée par un DSP ou un micro contrôleur, il est temps que les circuits programmable envahissent ce domaine.

Vu qu'on n'a jamais eu l'occasion de découvrir ce domaine, la première étape que j'ai eu à réaliser été d'effectuer une recherche sur la radio fréquence identification RFID et sur le protocole NFC ensuite il m'a fallu se familiariser avec la technologie XILINX en m'initiant à l'environnement SPARTEN-3E.

Liste des figures

Figure 1.1 :	Les distances de fonctionnement en RFID.....	8
Figure 1.2 :	Structure de l'étage de puissance d'une base station.....	10
Figure 1.3 :	Principe du back scattering – liaison montante.....	11
Figure 1.4 :	Principe du back scattering – liaison descendante, tag adapté/accordé	12
Figure 1.5 :	Principe du back scattering – liaison descendante « modulation ».....	13
Figure 1.6 :	Principe du back scattering – liaison descendante, tag désadapté.....	13
Figure 1.7 :	Principe du back scattering – liaison descendante établie.....	14
Figure 2.1 :	Image de la carte SPARTAN-3E Starter kit.....	14
Figure 3.1 :	Architecture du volé émission.....	23
Figure 3.2 :	Script MATLAB : modulation ASK.....	24
Figure 3.3 :	Signal modulé en ASK.....	24
Figure 3.4 :	Schéma Simulink du modulateur & démodulateur ASK.....	25
Figure 3.5 :	Schéma Simulink du détail du modulateur ASK.....	25
Figure 3.6 :	Schéma Simulink du détail du ASK MOD.....	25
Figure 3.7 :	Schéma Simulink du détail du démodulateur ASK.....	26
Figure 3.8 :	Schéma Simulink du détail du comparateur.....	26
Figure 3.9 :	La simulation Simulink ASK.....	26
Figure 3.10 :	Script Matlab : modulation OOK.....	27
Figure 3.11 :	Signal modulé en OOK.....	28
Figure 3.12 :	Schéma Simulink du modulateur & démodulateur OOK.....	28
Figure 3.13 :	Schéma Simulink du détail du modulateur OOK.....	29
Figure 3.14 :	Schéma Simulink du détail du OOK MOD.....	29
Figure 3.15 :	Schéma Simulink du détail du démodulateur OOK.....	29
Figure 3.16 :	La simulation Simulink OOK.....	30
Figure 3.17 :	Architecture du volé réception.....	30
Figure 3.18 :	Le schéma de la partie micro-contrôlée.....	32
Figure 3.19 :	Détection de collision.....	32
Figure 3.20 :	Méthode d'arbitrage 14443-3 A.....	33
Figure 4.1 :	Création d'un nouveau projet HDL sur ISE.....	35
Figure 4.2 :	Information concernant la carte électronique utilisée dans le projet ISE.....	36
Figure 4.3 :	Création du module BS.vhd.....	37
Figure 4.4 :	Initialisation de la chaîne sur ISE iMPACT.....	38
Figure 4.5 :	Envoi du programme BD.bit à l'FPGA.....	39

Liste des tableaux

Tableau 1.1 – valeur du diviseur D selon le taux de transmission de bit

18

Chapitre I :

Protocole RFID & NFC

Chapitre 1 : Protocoles RFID & NFC

Introduction :

Dans ce chapitre on va découvrir la technologie RFID est le protocole NFC. On commence par définir les termes avant d'explorer de plus proche les différents aspects de ce domaine.

1- Définitions :

- **RFID** : La RFID (Radio Frequency IDentification) ou l'identification par radiofréquence définit globalement un système d'identification fonctionnant à l'aide d'onde radiofréquence (de 30 Hz à 300 GHz)

Seules quelques fréquences sont retenues et/ou autorisées pour les applications RFID :

- En LF (Long wave- 30 kHz à 300kHz) : 125 kHz ; 133 kHz
- En HF (Short Wave - 3000 kHz à 30 MHz) : 3,25 MHz ; 13,56 MHz
- En UHF (300 MHz à 3000 MHz) : 440 ; 860 à 960 MHz ; 2,45 GHz
- En SHF (3000 MHz à 30 GHz) : 5,8 GHz

Les RFID est une communication sans contact qui concerne des distances de 0 à 100 m réparties selon le schéma suivant (Figure 1.1)

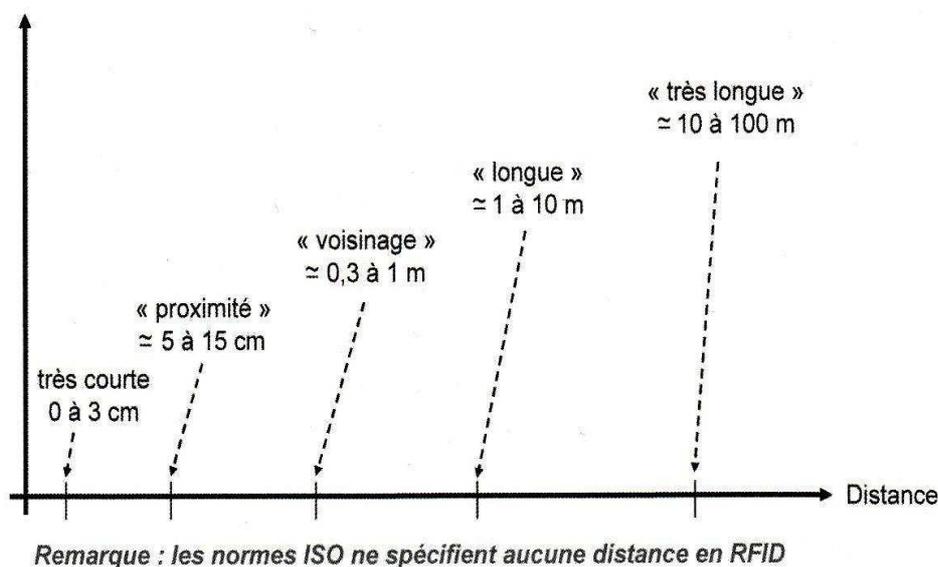


Figure 1.1 : Les distances de fonctionnement en RFID

On parle en général d'une communication entre une base station et un transpondeur.

- **NFC** : Le NFC (Near Field Communication) est un protocole concernant la communication dans des systèmes RFID de champ très proches.

$$\lambda = v / f = (3 \times 10^8) / f$$

La distance est considéré comme très proche si elle est inférieure à la longueur d'onde utiliser λ .

La communication NFC est une communication sans contacts bidirectionnel entre deux bases stations à 13,56 MHz. D'une distance de communication typique de 10 cm (dû aux limites de la régularisation ETSI 300 330). Avec un débit de transmission de donnée d'environ 1 Mbits par seconde.

2- Mise en œuvre des RFID:

Afin de mieux comprendre le principe de la communication RFID explorant les différentes caractéristiques de cette communication et expliquant les choix de technologies et de solutions faites dans le cadre de notre projet.

2-1- Temps de transaction :

Pour calculer le temps total de la transaction il faut prendre en compte tous les temps suivants :

- ✓ Temps de réveil ;
- ✓ Temps de gestion d'hypothétiques collisions ;
- ✓ Somme des temps « de retournement » émission/réception/émission/etc ;
- ✓ Temps d'accès à la bonne application ;
- ✓ Quantité d'information à échanger dues à l'application ;
- ✓ Débits brut d'échange incluant la structure protocolaire (entête, prologue, épilogue, CRC, etc du protocole de communication) ;
- ✓ Temps de présence physique du tag dans le champ électromagnétique. (2)

2-2- Le choix de la fréquence 13,56 MHz :

Située dans des bandes ISM réservées pour les applications dites « instrumentations, scientifiques et médicales », la fréquence 13,56 MHz est fréquemment utilisée pour les applications suivantes (2):

- Cartes à puces sans contact ;
- Suivi, traçabilité ;
- Données personnelles, papiers officiels ;

Cette fréquence s'inscrit dans les HF elle correspond à la longueur d'ondes 22,2 m. On l'a choisie pour les raisons suivantes : (1)

- **Débit applicatif :** à cette fréquence, selon les distances applicatives mises en jeu, les données peuvent être transmises avec un débit numérique de l'ordre de quelques centaines de kilobits / seconde (100, 200 kbits/s), donc beaucoup plus rapidement qu'avec des systèmes fonctionnant à 125 kHz, ce qui est plus que suffisant pour la plupart des applications.
- **Codage bit**, débit, etc et spectre du signal en bande de base
- **Modulation** et spectre modulé
- **Les régulations en vigueur :** elle est opérationnel (lecture/écriture) sur une distance de 1 m sous la régulation européennes (ETSI).
- **Les Distances de fonctionnement :** En HF, les distances de fonctionnement souhaitées/possibles pour les applications RFID sont toujours bien plus faibles que la valeur de $\lambda / 2\pi = 3,52$ dans le cas de la fréquence 13,56 MHz. Dans ces applications les tags fonctionnent donc en « champs proches », et donc les applications reposent sur des

principes mettant en jeu principalement des boucles inductives et des couplages de types magnétiques inductifs. (2)

- **Fiabilité** : Il est à remarquer que les communications effectuées à 13,56 MHz ne sont pas affectées par la présence d'eau, givre, neige ou humidité. (3)
- **Antennes** : cette fréquence présente l'avantage de pouvoir réaliser des antennes de bases stations simples, non écrantées (les transpondeurs à 13,56 MHz ne nécessitent que des antennes comportant seulement quelques spires (5 et 8) et qui peuvent d'être fabriquées à des couts très faible). (3)

2-3- Passive communication mode :

Pour des raisons de cout de réalisation et de pérennité des tags, on a choisie de travailler avec un mode de communication passive. Qui consiste à une communication entre un NFC Initiator qui initie le transfert à une vitesse donnée en générant une porteuse présentant un support de communication et un NFC Target qui répond en modulant le même support déjà fourni dans la même vitesse de transfert. (1)

2-4- Etage de puissance d'une base station :

La source rayonnante (la base station) est généralement composée (Figure 1.2) d'un amplificateur capable de délivrer une puissance électrique (en W) et de l'antenne de base station et pour de simples raison d'adaptation en puissance très fréquemment les impédances de sortie de l'amplificateur et l'impédance de l'antenne sont adaptées. [2 – page 93]

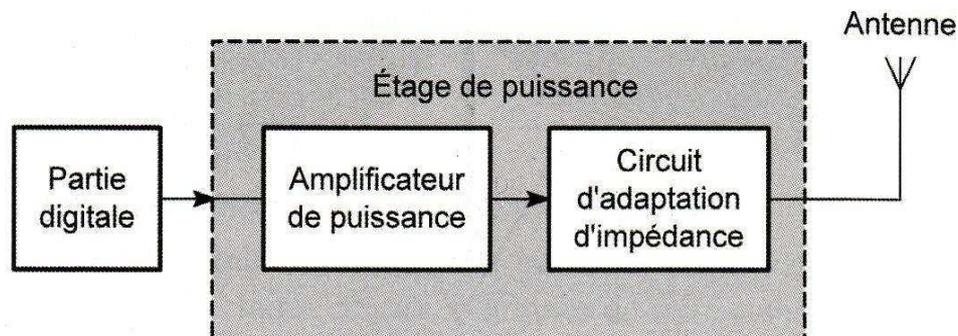


Figure 1.2 : Structure de l'étage de puissance d'une base station

2-5- Puissance de transmission requise :

Il faut noter que la fréquence 13,56 MHz appartient à la bande radioamateur (1,5 à 30 MHz) trop bruitée. Une étude sur la puissance de transmission requise pour un envoi fiable est à effectuer sur l'environnement destiné à l'implantation de notre application RFID.

2-6- Puissance rayonnée effective P_{ERP} :

La puissance rayonnée effective P_{ERP} d'une source rayonnante dans une direction donnée, est égale à la puissance conduite électrique nette fournie à l'antenne $P_{cond\ bs}$ multipliée par le gain relatif qu'elle aurait par rapport à une antenne de type « dipôle $\lambda / 2$ »

On a choisit de définir la puissance par rapport à la « dipôle $\lambda/2$ » pour des raisons de réalisations mécaniques des antennes qui sont souvent conçu sous forme d'antenne de type $\lambda/2$.(2)

$$P_{ERP} = P_{cond\ bs} \frac{\text{Gain de l'antenne considérée}}{\text{Gain d'un dipôle } \lambda/2}$$

2-7- Récupération de puissance aux bornes de l'antenne du tag :

Concrètement, le problème réside à déterminer :

- Soit quelle sera la valeur de la distance maximale de fonctionnement d'un tag particulier pour une puissance P_{bs} EIRP donnée ;
- Soit quelle sera la puissance P_{bs} EIRP min que devra délivrer la base station pour obtenir une distance de fonctionnement souhaitée ;
- Quelles doit être la valeur minimale du champ électrique E_{min} pour faire fonctionner un tag donné à une distance déterminée. (2)

2-8- Technique de BACK SCATTERING et sa mise en œuvre :

Le principe selon lequel fonctionnent les systèmes RFID normalisés est le principe RTF (*Reader Talk First*) et en mode *half-duplex*. Dans notre projet on travail avec un *back scattering* sans sous porteuse. C'est-à-dire la réponse du tag envoi une réponse modulé autour de la même porteuse sans décalage ce qui est possible vue qu'on travail on *half-duplex*. ([2] page 217)

a- Phase de liaison montante – Communication de base station vers le tag :

Pendant la liaison montante en anglais *forward link*, la base station émet sur la fréquence porteuse 13,56 MHz pour télé-alimenter le tag. Simultanément, pendant cette phase de fonctionnement, la porteuse est modulée (en ASK – *Amplitude Shift Keying*) afin d'assurer la transmission des codes de commandes et d'interrogation du tag (Figure 1.3.a)

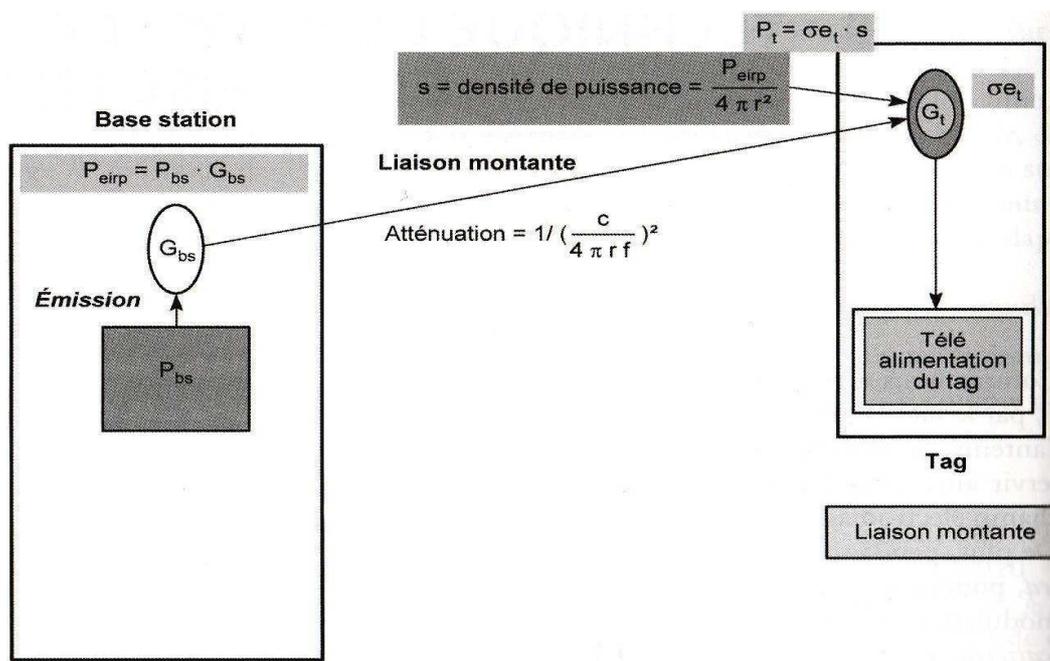


Figure 1.3 : Principe du back scattering – liaison montante

- Adaptation d'impédance conjugué (puisque dans notre cas le tag est télé-alimenté)
- Maximum de puissance transmise à la charge (la puissance requise à préciser)
- Re-rayonnement de type « structural »

b- Phase de liaison descendante – Communication du tag vers la base station

Pendant la liaison descendante en anglais *return link*, tout d'abord la base station maintient la fréquence porteuse pure entretenue (non modulé) afin d'assurer un support physique à la réponse du tag, qui peut se produire sous deux sous-phases de fonctionnement en fonction de l'information binaire que souhaite transmettre le tag vers la base station (Figure 1.4 c/d/e)

- Soit l'envoi d'aucune information utile ou bien encore d'un « 1 » logique. Il est à noter que cela revient souvent physiquement au même ;
- Soit l'envoi d'un « 0 » logique. Dans ce cas l'électronique présente à bord du tag procédera à une modulation de la valeur de l'impédance de charge $Z_l = R_l + X_l$ de l'antenne du tag au rythme d'une modulation OOK correspondant aux données logiques à émettre.

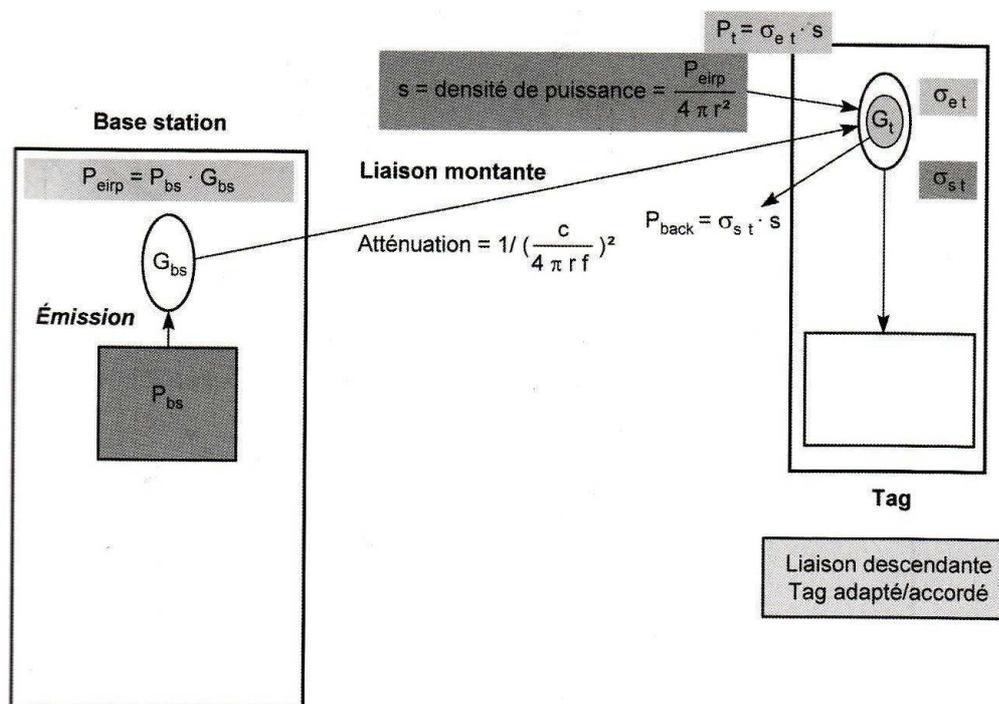


Figure 1.4 : Principe du back scattering – liaison descendante, tag adapté/accordé

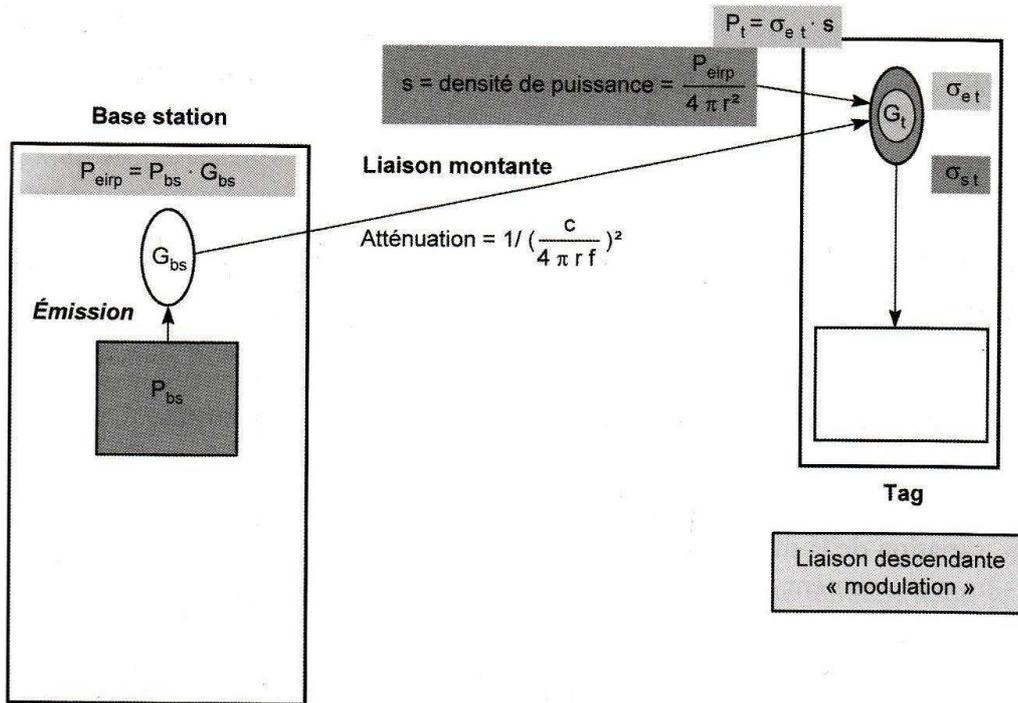


Figure 1.5 : Principe du back scattering – liaison descendante « modulation »

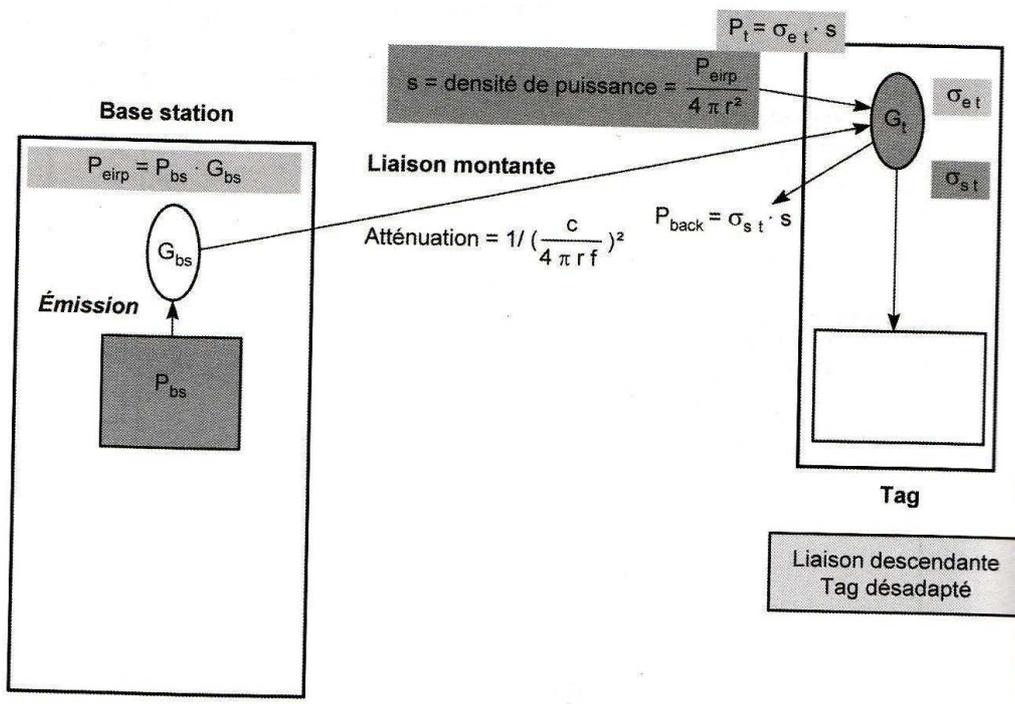


Figure 1.6 : Principe du back scattering – liaison descendante « modulation »

- Désadaptation volontaire d'impédance de charge de l'antenne

- Coefficient de désadaptation de puissance de charge q
- Variation de la surface radar
- Re-rayonnement d'une puissance différente par le tag signifiant la présence d'un bit de valeur opposée.

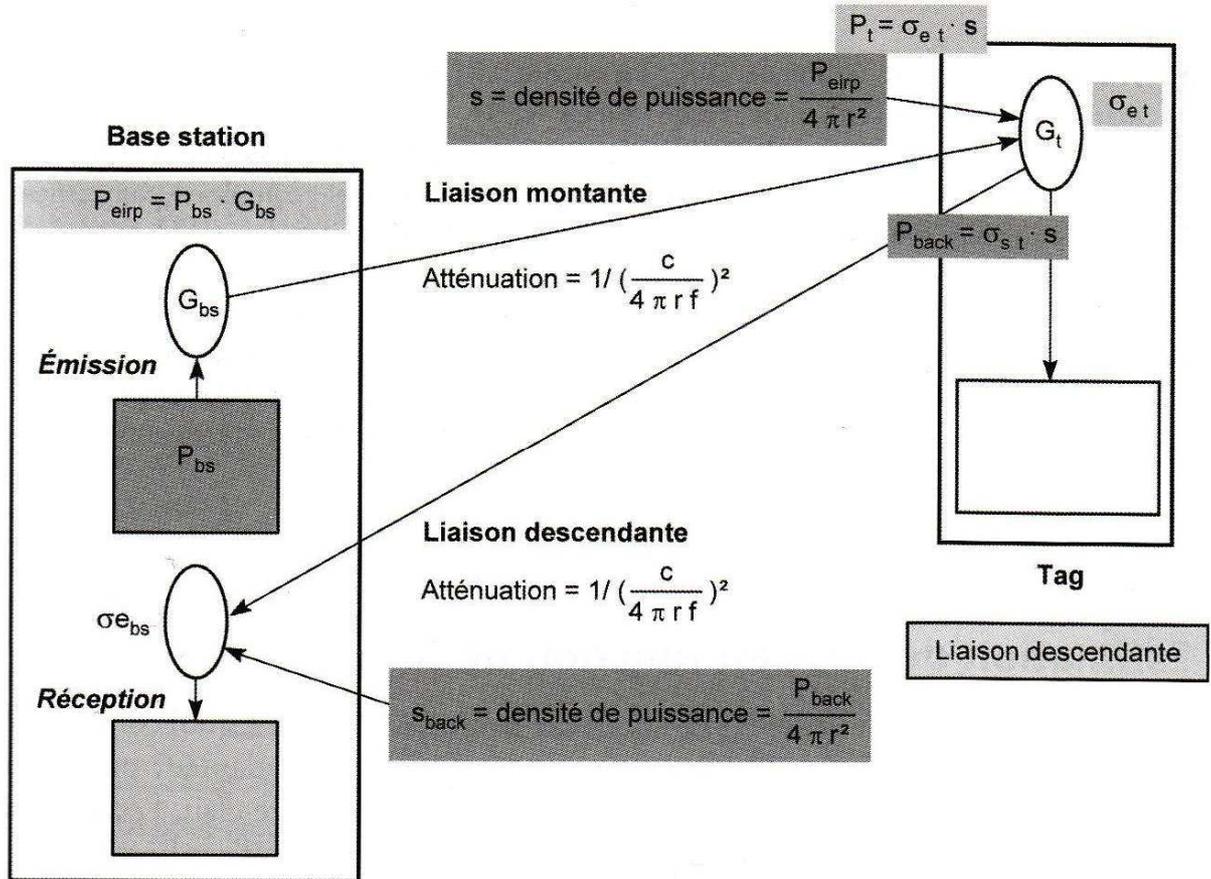


Figure 1.7 : Principe du back scattering – liaison descendante établie

Le concept de communication de la liaison de retour que nous venons de décrire fonctionne selon un mode de détection de la valeur de l'onde re-rayonnée/dispersée de retour, dit back scattering modulation.

3- Le standard NFC :

Dans le cadre du NFC on parle plutôt d'un « NFC Initiator » et d'un « NFC Target ». Le protocole NFC standardise la communication entre un « Initiator » ouvrant la communication et un « Target » répondant au premier. Le protocole NFC ne spécifie rien quand aux alimentations des Initiator/Target, dans notre projet on choisie un « Initiator » alimenté par une source permanente et un « Target » télé-alimenté. Dans le cas précis de l'implantation des dispositifs NFC dans des téléphones portables, par exemple, ceci va permettre de conserver l'énergie du téléphone jouant le rôle du « Target », la communication se ferait dans une distance caractéristique d'environ 10 cm.

La standard à respecter est le ECMA 340/ ISO 18 092.

Le NFC est basé sur une liaison inductive sur la fréquence 13,56 MHz.

3-1- Mode de communication :

Le Standard spécifie deux modes de communication distincts : le mode passif et le mode actif.

a- Mode passif – principe de fonctionnement

L'Initiator génère la porteuse RF, le Target répond à la commande de l'Initiator en modulant cette porteuse.

b- gMode active – principe de fonctionnement

Chacun des deux protagonistes de la communication utilise sa propre porteuse RF pour établir la communication à une vitesse de transmission qui définie. Le Target répond à la même vitesse de transmission. C'est le mode standard pour les communications peer to peer (p2p).

3-2- Codage bit, débit, type de modulation :

Dans ce paragraphe on va déterminer comment les bits seront codés selon le standard NFC, les débits possibles, la modulation des porteuses dans les liaisons montante et descendante. Et enfin l'occupation de spectre et le respect de la régulation.

a- Durée d'un bit

La durée d'un bit **bd** est calculé avec la formule : $1 \text{ bd} = 128 (D \times f_c)$

La valeur du diviseur D dépend du taux de transfert.

Mode de communication	Kbps	Diviseur D
Active ou passive	106	1
Active ou passive	212	2
Active ou passive	424	4
Active	917	8
Active	1695	16
Active	3390	32
Active	6780	64

Tableau 1.1 : valeur du diviseur D selon le taux de transmission de bit

Pour le mode de communication passive deux types de codage peuvent être envisagés.

b- 106 kb/s – bit coding

Dans le cas du taux 106 kb/s, le type de codage utilisé est le codage Miller Modifié :

- Début de la communication : une pulsation arrive au début de la durée de bit.
- « UN » : une pulsation arrive après la moitié de la durée de bit.
- « ZERO » : pendant toute la durée de bit aucune modulation ne doit arriver sauf dans les cas ci-dessous :
 - S'il y a plusieurs ZEROS qui se suivent, une pulsation arrive au début de la durée de bit à partir du deuxième ZERO.
 - Si le premier bit après un « début de communication » est un ZERO, une pulsation arrive au début de la durée de bit.
- Fin de la communication : un ZERO suit d'une durée de bit sans aucune modulation.
- Pas d'information : au moins deux durée de bit complète sans pulsation.

c- 212 & 424 kb/s – bit coding

Pour les taux 212 et 424 kb/s, le type de codage utilisé doit être le codage Manchester :

- « ZERO »: la première moitié de la durée de bit est à un niveau d'amplitude bas, et la seconde moitié est à un niveau haut. (aucune modulation n'est appliquée).
- « ONE »: la première moitié de la durée de bit est à un niveau d'amplitude haut, et la seconde moitié est à un niveau bas.
- La polarité inverse de l'amplitude doit être permutée. La polarité doit être détectée du SYNC.

3-3 Valeurs des champs magnétiques à respecter H min, H max et H threshold

La valeur minimale du champ RF non modulé est $H_{min} = 1,5 \text{ A/m rms}$

La valeur maximale du champ RF non modulé est $H_{max} = 7,5 \text{ A/m rms}$

Le champ doit être modulé durant la communication.

Dans le mode de communication passif l'Initiator doit produire le champ d'énergie pour le Target, ce dernier le module de façon continue entre H_{min} et H_{max} .

a- Modulation index

Modulation index est définie par

$$\text{modulation index} = (a - b)/(a+b)$$

où a et b sont respectivement le maximum et le minimum de l'amplitude. La valeur est exprimé en tant qu'un pourcentage.

b- Le protocole général

Le protocole général respecté par les bases stations NFCIP-1 suit les opérations consécutives suivantes :

par défaut, n'importe quelle station NFCIP-1 est en mode Target.

- Une station en mode Target, ne doit pas générer un champ RF et doit attendre en silence la commande de l'Initiator.
- La station NFCIP-1 ne doit passer en mode Initiator que si l'application le demande.
- L'application doit déterminer la vitesse de transmission et si le mode de transfert est actif ou passif.
- L'Initiator doit tester si un champ RF externe est détecté.
- Si aucun champ RF externe n'est détecté, l'Initiator active son champ RF.
- Le Target doit être activé par le champ RF de l'Initiator.
- Transmission de la commande de l'Initiator avec le mode de communication active ou passive à la vitesse de transfert définie.
- Transmission de la réponse du Target avec le mode de communication active ou passive. Le mode de communication et la vitesse du transfert doivent être les mêmes que ceux de l'Initiator.

Conclusion

Dans la suite du projet on va confondre le cas général des RFID avec le cas du protocole NFC, une station NFC en mode Initiator peut être traitée en tant qu'une base station pendant la durée de la session de communication et une station NFC en mode Target peut être traitée en tant qu'un transpondeur pendant la durée de la session de communication.

Chapitre II :

La carte SPARTAN - 3E

Chapitre 2 : la carte SPARTAN - 3E

Introduction

La carte SPARTAN-3E Starter Kit est une carte électronique fournie par Xilinx qui permet d'avoir une plateforme de test et de travail des circuits intégrés programmables de Xilinx le FPGA XC3S500E Spartan-3E et le CPLD CoolRunner™-II/XC9500XL. Elle permet de découvrir en pratique le software de développement ISE de Xilinx.

La carte comporte beaucoup de composants et de fonctionnalités, qu'on va pas tous les utilisés dans notre projet, on se contentera alors dans ce chapitre d'expliquer les parties qui nous sont utiles. De plus amples détails sur la SPARTAN-3E sont fournies dans son guide d'utilisation dans l'annexe A.

1- Principaux composants

Trois circuits programmables sont présents dans cette carte :

- Le FPGA de Xilinx XC3S500E Spartan-3E, comportant 232 ports d'entrée/sortie, et plus de 10 000 cellules logiques.
- La plateforme mémoire Flash PROM 4Mbit de Xilinx
- Le CPLD de Xilinx XC2C64A CoolRunner comportant 64 macro cellule

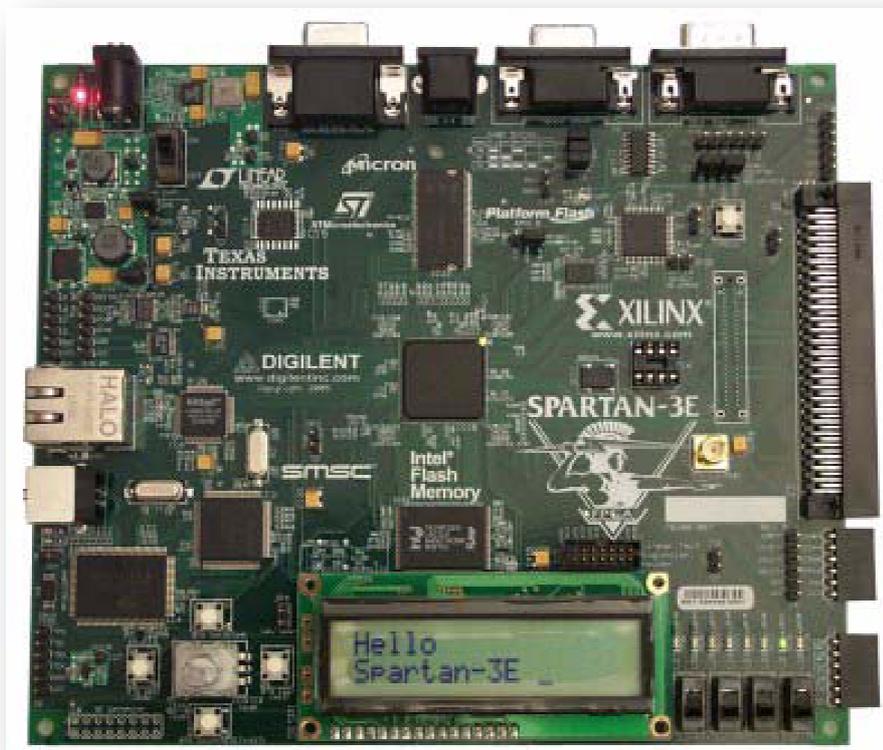


Figure 2.1 : Image de la carte SPARTAN-3E Starter kit

La carte comporte d'autres mémoires flashes et des ports de communications, un écran LCD pour afficher les données (2 lignes de 16 caractères), un oscillateur local de 50 MHz, des convertisseurs

numériques-analogiques CNA et analogiques-numériques CAN, 8 LEDs, et 4 switches glissant et un Rotary-encoder avec un push-button shaft.

Chaque composant de la carte est lié à un pin du FPGA, on peut lire le numéro de du pin lié à coté du composant sur la carte ou sur la documentation de la carte.

Conclusion

La carte SPARTEN-3E constitue une plate forme de test et du développement pour l’FPGA XC3S500E qui va constituer la partie micro-contrôlée de la base station.

Chapitre III :

Architecture détaillée

Chapitre 3 : Architecture détaillée

Introduction

Dans cette partie on détail l'architecture de la base station qui se partage en deux volés distincts : le volé émission et le volé réception qui servent d'interfaces pour le microcontrôleur implémenté en VHDL dans le circuit FPGA de la SPARTAN-3E.

Chacun des deux volés se compose de deux parties : la partie analogique et la partie numérique ou micro-contrôlée.

Pour le transpondeur on se contente d'expliquer la modulation qui utilise.

1- Ordre des choses et étapes

Afin de concevoir une application RFID il faut suivre les étapes ci-dessous :

✓ Partie « analogique »

- 1) Choix du type et des performances du circuit intégré transpondeur à utiliser pour l'application considérée ;
- 2) Détermination des paramètres électriques de l'antenne du transpondeur pour la meilleure adaptation d'impédance pour le transfert d'énergie ;
- 3) Définition des paramètres magnétiques (champ, induction, flux) et électriques (courant, tension, puissance) de l'étage de sortie de la base station ;
- 4) Définition de l'antenne de la base station (forme, nombre de spire, etc).

✓ Partie « micro-contrôlée »

- 5) Si nécessaire, choix de la technique (déterministe/ probabiliste/etc) à adopter pour la gestion des collisions.
- 6) Ecriture du software du protocole de communication spécifique au transpondeur utilisé
- 7) Ecriture du Software spécifique au bon fonctionnement de l'application.

✓ Le tout :

- 8) Tests, mesures (vérification de lignes de zéro et de la zone de bon fonctionnement, conformité, ETSI, etc)
- 9) Installation et vérification sur site (3)

2- Partie analogique

2-1- Architecture du volé émission

La figure suivant (Figure 3.1) représente l'architecture proposé pour le volé émission :

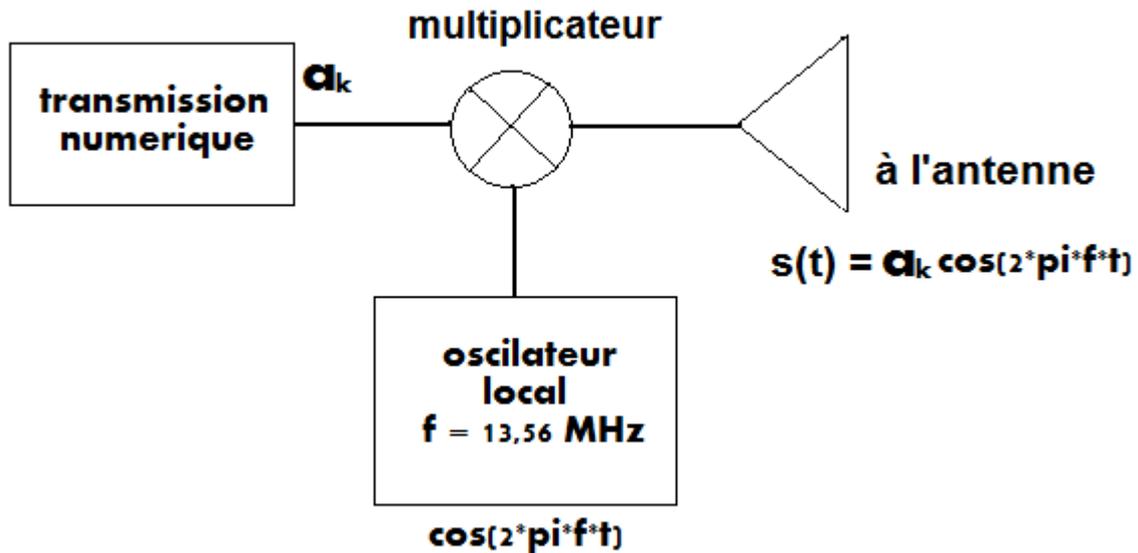


Figure 3.1 : Architecture du volé émission

a- **Composants**

- **Oscillateur** : un oscillateur local de fréquence 13,56 MHz pour générer la porteuse
- **Transmission numérique** : un flux de bit a_k issue de la partie numérique qui va moduler l'amplitude de la porteuse afin qu'il puisse être transmis en champ RF
- **Multiplicateur** : un multiplicateur modulant la porteuse avec le flux de bit.
- **Antenne** : le signal près à être transmis sera envoyé d'abord à l'antenne du transpondeur avant qu'il soit diffusé à travers le champ RF.

b- **Modulation ASK**

La modulation d'amplitude ASK – *Amplitude Shift Keying* (expliquer la principe de la modulation ASK)

On définit sous le logiciel MATLAB la fonction askd (Figure 3.2)

```
function askd(g,f)
%Modulation ASK
%askd(débit binaire,fréquence)

if nargin > 2
    error('Too many input arguments')
elseif nargin==1
    f=1;
end

if f<1;
    error('Frequency must be bigger than 1');
end

t=0:2*pi/99:2*pi;
cp=[];sp=[];
mod=[];modl=[];bit=[];
```

```

for n=1:length(g);
    if g(n)==0;
        die=ones(1,100);
        se=zeros(1,100);
    else g(n)==1;
        die=2*ones(1,100);
        se=ones(1,100);
    end
    c=sin(f*t);
    cp=[cp die];
    mod=[mod c];
    bit=[bit se];
end

ask=cp.*mod;
subplot(2,1,1);plot(bit,'LineWidth',1.5);grid on;
title('Binary Signal');
axis([0 100*length(g) -2.5 2.5]);

subplot(2,1,2);plot(ask,'LineWidth',1.5);grid on;
title('ASK modulation');
axis([0 100*length(g) -2.5 2.5]);

```

Figure 3.2 : Script MATLAB : modulation ASK

Cette fonction simule le fonctionnement de la partie analogique de l'émission qui a pour rentrer un débit binaire et pour sortie la porteuse modulée.

Le schéma suivant (Figure 3.3) montre la résultat de la commande de test suivante :

>> askd([1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 0],4)

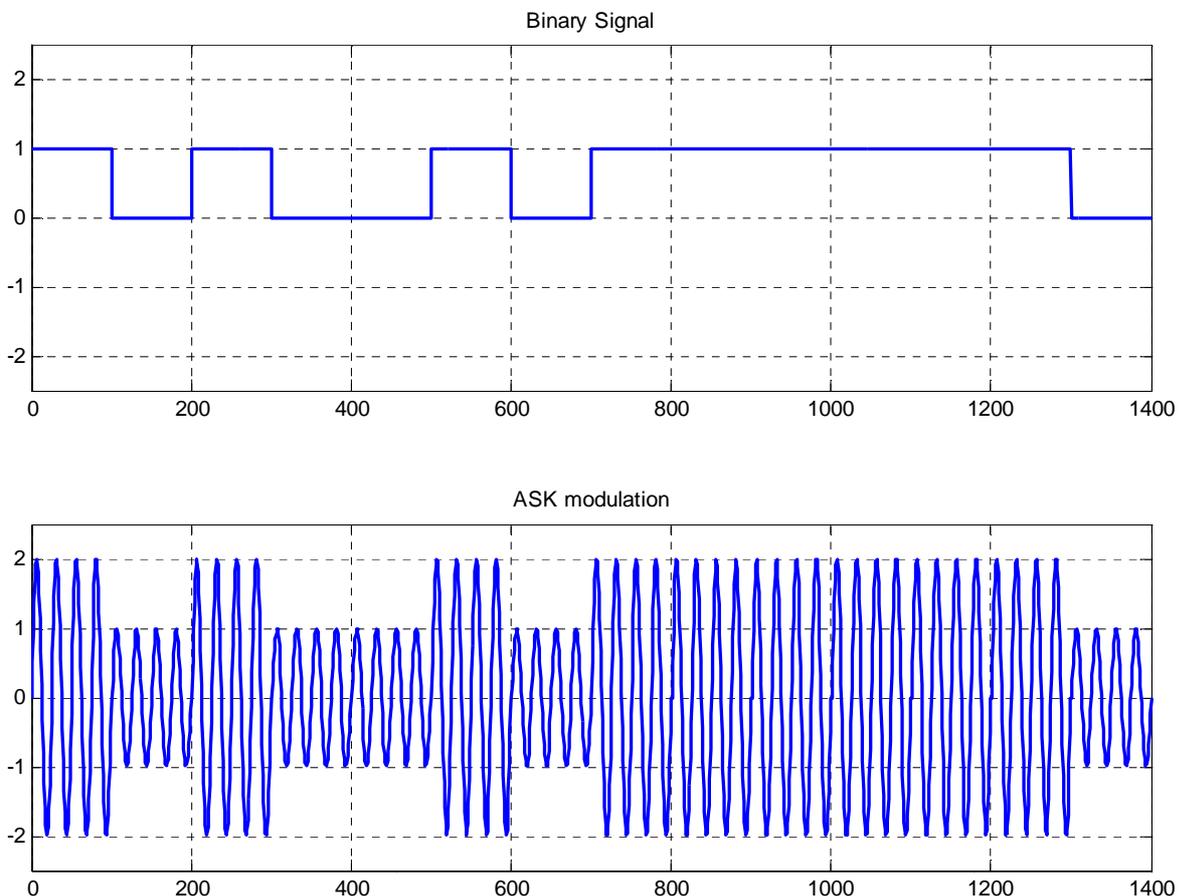


Figure 3.3 Signal modulé en ASK

2-2- Simulink : Modulation & Demodulation ASK

Ci dessous le schéma Simulink (Figure 3.4) de la même modulation faite sous MATLAB en version Matlab/Simulink :

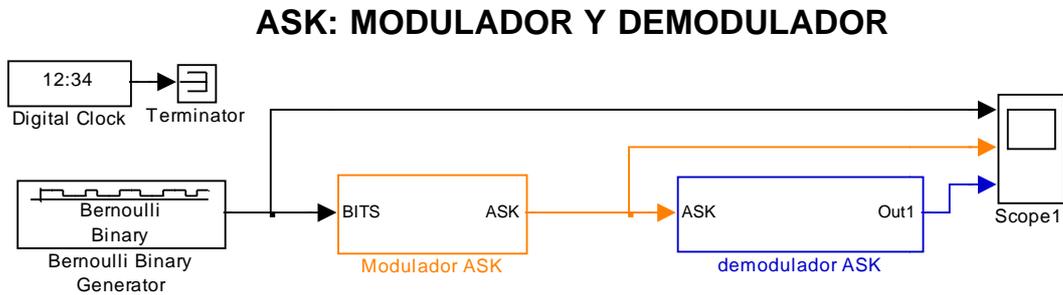


Figure 3.4 : Schéma Simulink du modulateur & démodulateur ASK

Détail du « Modulateur ASK » (Figure 3.5) :

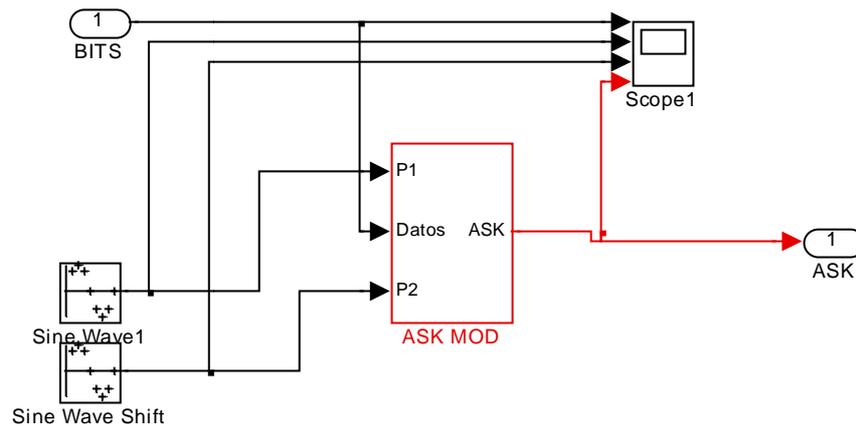


Figure 3.5 : Schéma Simulink du détail du modulateur ASK

Détail du « ASK MOD » (Figure 3.6) :

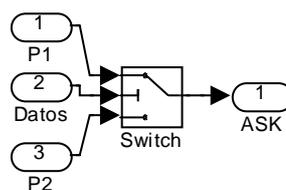


Figure 3.6 : Schéma Simulink du détail du ASK MOD

Détail du « démodulateur ASK » (Figure 3.7) :

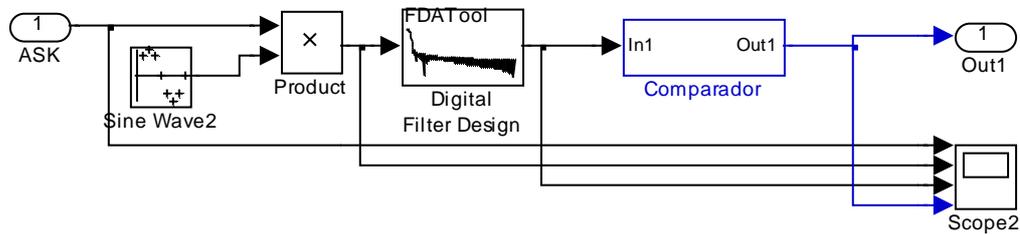


Figure 3.7 : Schéma Simulink du détail du démodulateur ASK

Détail du « comparateur » (Figure 3.8) :

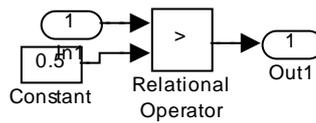


Figure 3.8 : Schéma Simulink du détail du comparateur

Dans la figure ci-après (Figure 3.9) le résultat de la simulation Simulink : [6]

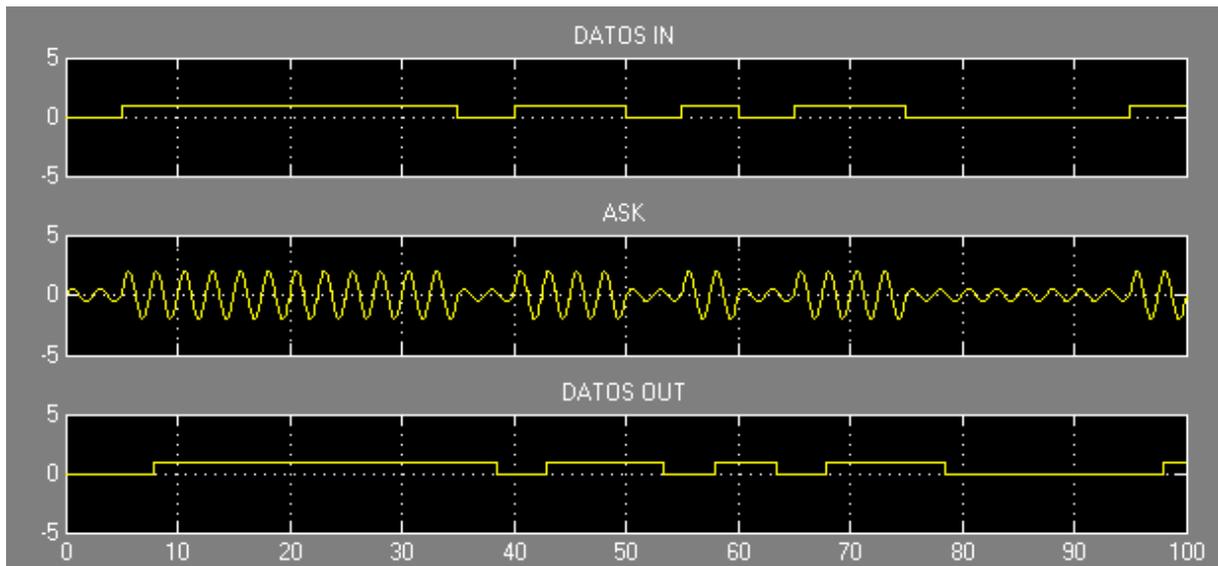


Figure 3.9 : La simulation Simulink ASK

2-3- Modulation OOK – au niveau du transpondeur

Pour le retour une modulation OOK – On Off Keying est assurée par l'électronique du tag

(expliquer le principe de la modulation OOK)

On définit sous le logiciel MATLAB la fonction ookd (Figure 3.10)

```
function ookd(g,f)
%Modulation OOK
% ookd(débit binaire,fréquence)

if nargin > 2
    error('Too many input arguments');
elseif nargin==1
    f=1;
end

if f<1;
    error('Frequency must be bigger than 1');
end

t=0:2*pi/99:2*pi;
cp=[];sp=[];
mod=[];modl=[];bit=[];

for n=1:length(g);
    if g(n)==0;
        die=zeros(1,100);    %Modulante
        se=zeros(1,100);    %Señal
    else g(n)==1;
        die=ones(1,100);    %Modulante
        se=ones(1,100);    %Señal
    end
    c=sin(f*t);
    cp=[cp die];
    mod=[mod c];
    bit=[bit se];
end

ook=cp.*mod;
subplot(2,1,1);plot(bit,'LineWidth',1.5);grid on;
title('Binary Signal');
axis([0 100*length(g) -2.5 2.5]);

subplot(2,1,2);plot(ook,'LineWidth',1.5);grid on;
title('OOK modulation');
axis([0 100*length(g) -2.5 2.5]);
```

Figure 3.10: Script Matlab : modulation OOK

Le schéma suivant (Figure 3.11) montre la résultat de la commande de test suivante :

>> ookd([1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 1 1],3) Traitement du signal reçu

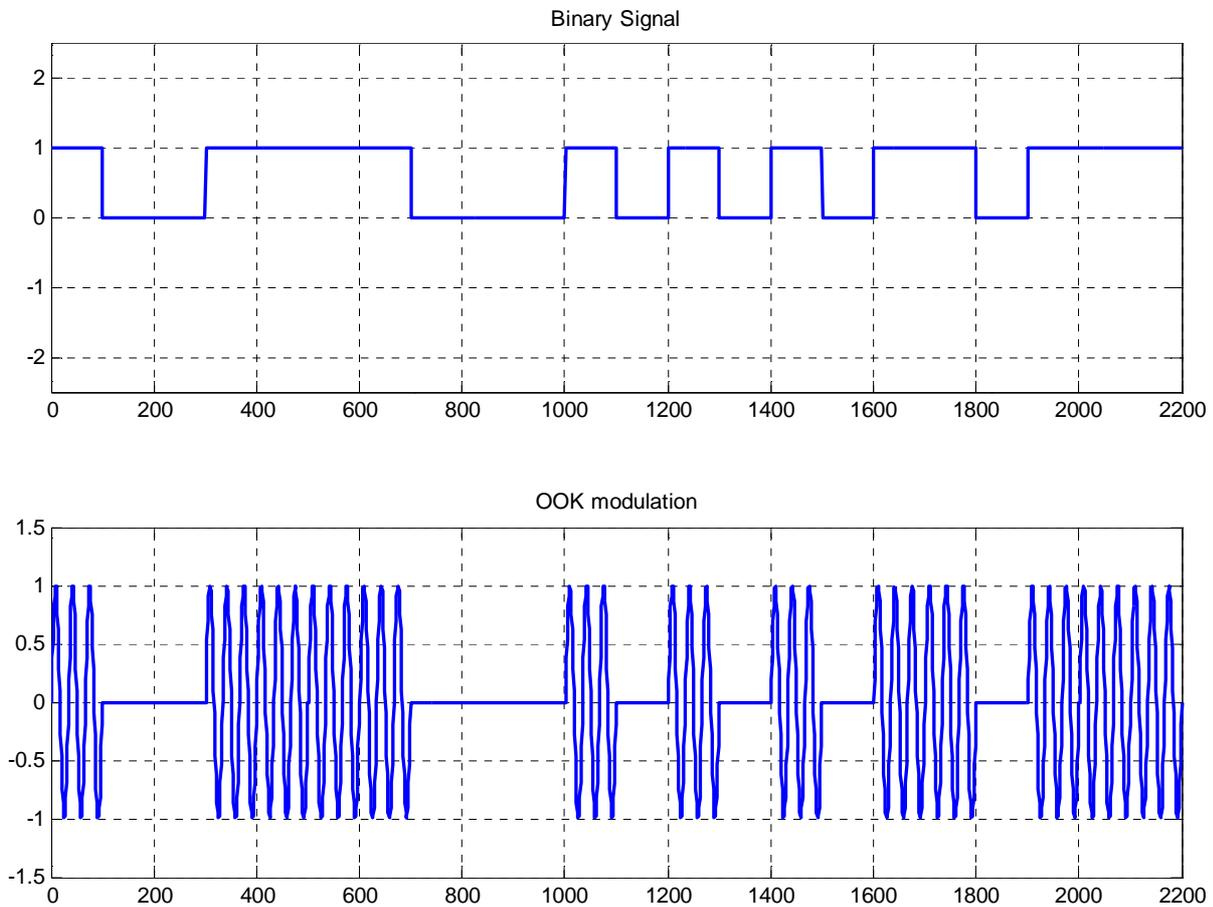


Figure 3.11 : Signal modulé en OOK

2-4- Simulink : Modulation & Demodulation OOK

Ci dessous le schéma Simulink (Figure 3.12) de la même modulation faite sous MATLAB en version Matlab/Simulink :

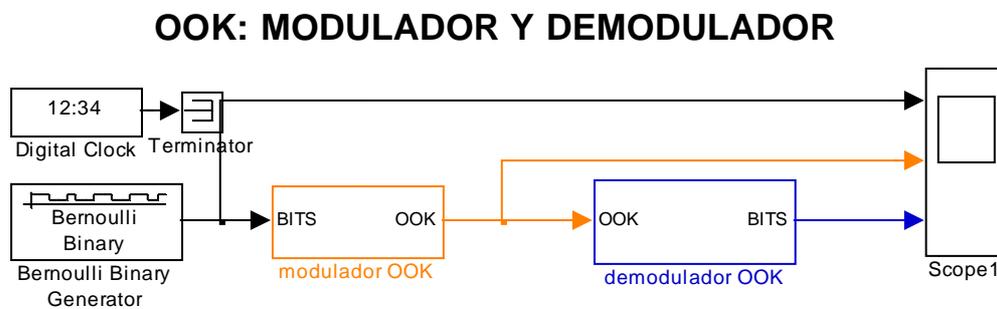


Figure 3.12 : Schéma Simulink du modulateur & démodulateur OOK

Détail du « modulateur OOK » (Figure 3.13) :

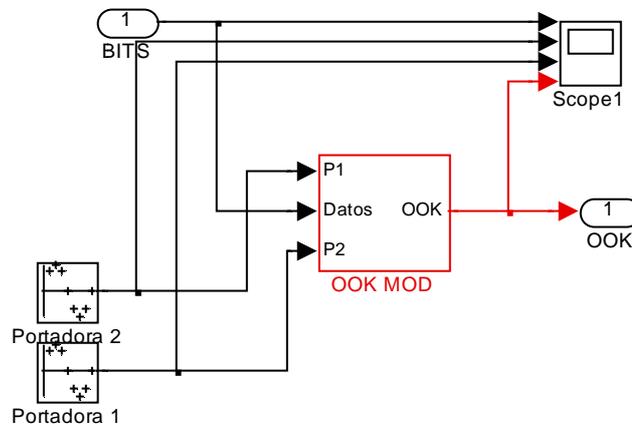


Figure 3.13 : Schéma Simulink du détail du modulateur OOK

Détail du « OOK MOD » (Figure 3.14) :

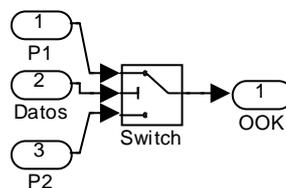


Figure 3.14 : Schéma Simulink du détail du OOK MOD

Détail du « demodulator OOK » (Figure 3.15) :

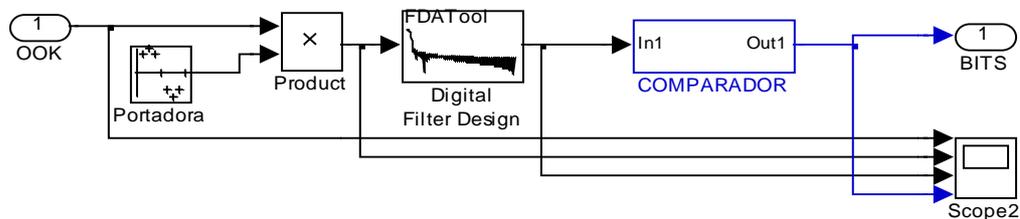


Figure 3.15 : Schéma Simulink du détail du démodulateur OOK

Dans la figure ci après (Figure 3.16) le résultat de la simulation Simulink :

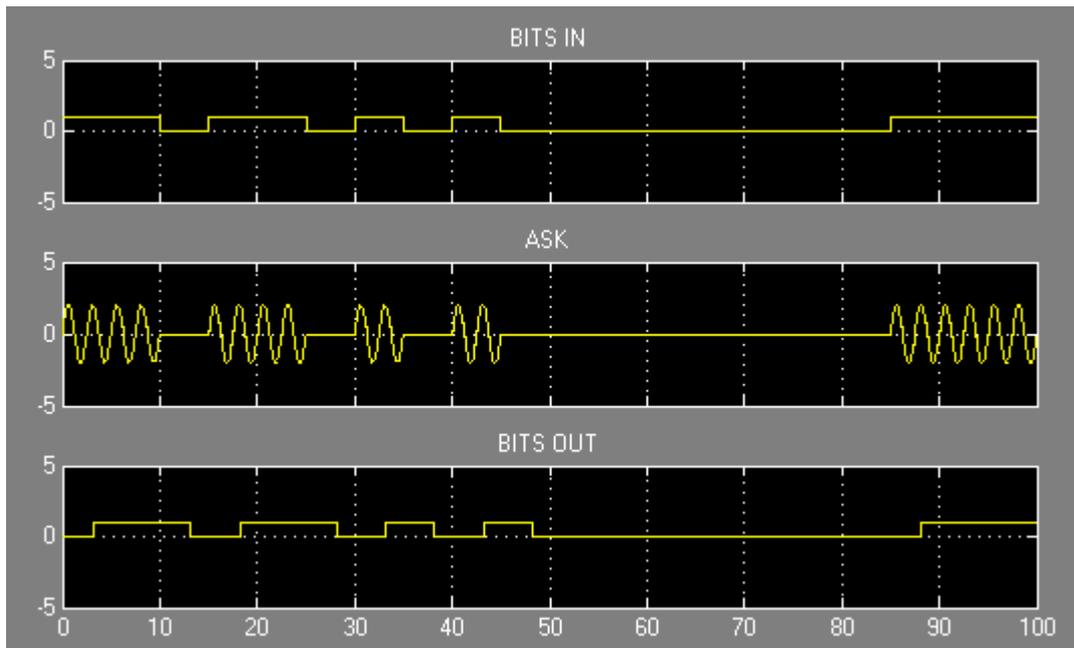


Figure 3.16 : La simulation Simulink OOK

On note que la modulation OOK peut être considéré comme un cas particulier de la Modulation ASK c'est ce qu'on appelle une modulation ASK à 100 % ou tous ou rien. [6]

2-5- Architecture du volé réception

La figure suivant (Figure 3.17) représente l'architecture proposé pour le volé réception :

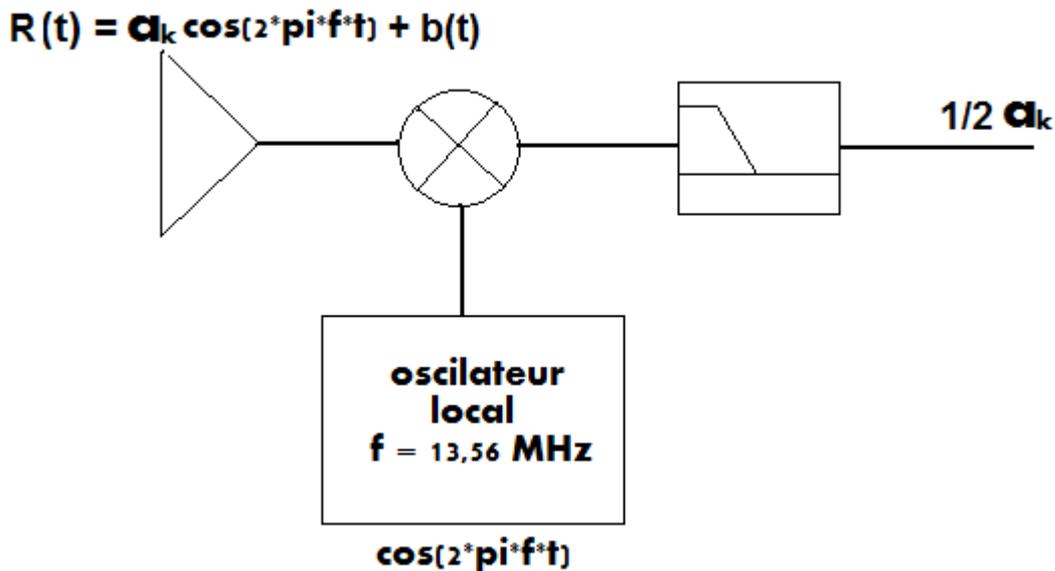


Figure 3.17 : Architecture du volé réception

a- Composants :

- **Antenne** : le signal diffusé à travers le champ RF est reçu au niveau de l'antenne de la base station.
- **Oscillateur** : un oscillateur local de fréquence 13,56 MHz.
- **Multiplicateur** : un multiplicateur multipliant le signal reçu avec une porteuse de la fréquence 13,56 MHz.
- **Filtre** : un filtre passe bas afin d'extraire le bit reçu.

b- Traitement de la liaison descendante

La porteuse modulée par le tag en OOK est reçu par l'antenne de réception de la base station. Soit le signal $R(t)$ le signal reçu

$$R(t) = a_k * \cos(2 * \pi * f * t) + w(t)$$

Où :

- a_k : le symbole transmis,
- $f = 13,56 \text{ MHz}$: la fréquence de la porteuse,
- $w(t)$: représente le bruit contaminant le canal de transmission.

Dans une première approche le $w(t)$ est considéré comme un bruit blanc gaussien.

Le multiplicateur multiplie le signal reçu $R(t)$ par le signal généré par l'oscillateur local : $\cos(2 * \pi * f * t)$

Soit $m(t)$ le signal sortant du multiplicateur :

$$\begin{aligned} m(t) &= R(t) * \cos(2 * \pi * f * t) \\ &= a_k * \cos^2(2 * \pi * f * t) + w(t) * \cos(2 * \pi * f * t) \\ &= \frac{1}{2} a_k - \cos(4 * \pi * f * t) + w(t) * \cos(2 * \pi * f * t) \end{aligned}$$

Le signal $m(t)$ est mis par la suite à l'entrée d'un filtre passe bas dont la fréquence de coupure est plus petite que $\frac{1}{2} f$. Ce qui permet de filtrer $m(t)$ en $s(t) = \frac{1}{2} a_k$ et puis on relève le symbole a_k .

Théoriquement a_k varie entre deux valeurs différentes dont une est nulle, mais dans la pratique on définit un seuil au dessus duquel a_k est considéré comme un « 1 » logique et au dessous duquel le a_k est considéré comme un « 0 » logique.

Après cette quantification le flux binaire est envoyé à l'étage numérique.

3- Partie micro-contrôlée

Introduction

La partie micro-contrôlée ou partie numérique est implémentée sur le circuit FPGA de la SPARTAN-3E en VHDL. Elle se compose de trois entités (Figure 3.18) : une entité de réception qui reçoit le flux de réception de la partie analogique, une entité d'émission qui émet un flux de bit à la partie analogique et enfin un microcontrôleur qui effectue les opérations demandées selon le protocole NFC

Dans notre projet en se contente d'implémenter la gestion des collisions.

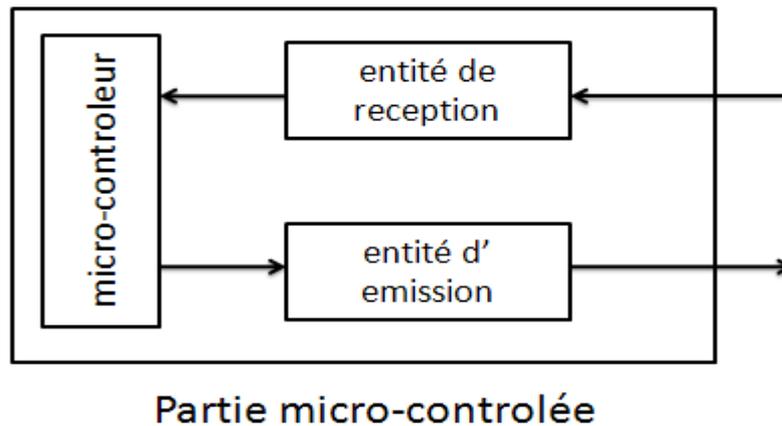


Figure 3.18 : Le schéma de la partie micro-contrôlée

3-1- Processus de gestion de collision

Le processus de gestion de collision se résume dans les étapes suivantes :

- La base station envoie une demande d'identification à tous les transpondeurs présents.
- Gérer les collisions.
- Etablir la liste des transpondeurs.
- Sélectionner le transpondeur avec lequel on désire communiquer.
- Etablir la session de communication, puis stopper le canal de communication spécifique
- Continuer avec le suivant
- Après le dernier, réactiver à nouveau tous les transpondeurs pour savoir quels sont ceux qui sont présents (anciens ou nouveaux)

3-2- Détection des collisions

L'identificateur d'un transpondeur est une suite binaire, chaque transpondeur a un identificateur unique. La détection d'une collision est réalisée à l'aide d'un codage bit de type « Manchester coded subcarrier - MSC ». La détection est effectuée d'une façon robuste est indépendante de la puissance du signal reçu.

Quand la base station reçoit des émissions de bits de la part de plusieurs transpondeurs, elle doit détecter une collision afin de pouvoir la gérer (Figure 3.19).

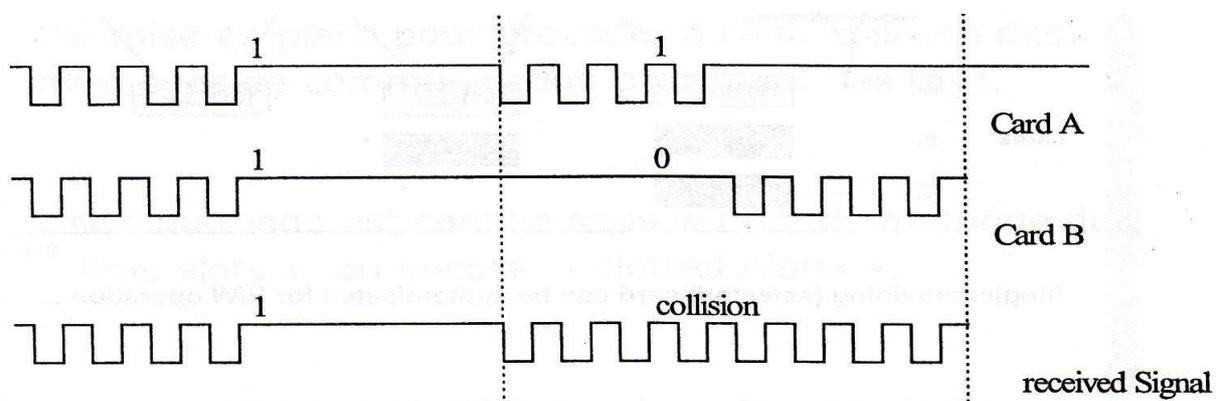


Figure 3.19 : détection de collision

Tant que les transpondeurs envoient le même bit, la base station ne peut pas détecter la présence de plusieurs transpondeurs du simple fait que le signal soit plus fort, vu que la force du signal varie selon la position du transpondeur par rapport à la base station. Mais dès que deux transpondeurs envoient deux bits différents le signal s'étale sur toute la durée du bit et puis la base station détecte une collision. Il y aura toujours un moment où deux transpondeurs différents vont envoyer deux bits différents vu que les identificateurs sont distincts deux à deux.

Quatre états électriques se représentent à la réception « 0 », « 1 », « collision » et « rien ».

Cette méthode nécessite que les démarrages des réponses provenant des transpondeurs soient tous synchrones après un commande WAKE UP de la base station.

3-3- Gestion des collisions

Dans notre cas le but est d'identifier les transpondeurs donc une fois la collision est détectée la communication s'initialise jusqu'à ce que la collision n'est plus détectée. Car on ne veut communiquer qu'avec un seul transpondeur à la fois. Mais il peut être utile de communiquer avec le transpondeur le plus proche si les autres sont assez loin on peut parler de faible collision.

3-4- Sélection

Une fois une collision est détectée et parfois simultanément vient la phase de sélection du transpondeur avec lequel on désire établir un « canal » de communication et une session de travail.

A ce niveau deux écoles se présentent pour résoudre le problème :

- La gestion déterministe
- La gestion probabiliste

Dans notre projet on adopte la méthode d'arbitrage 14443-3 A, c'est méthode anticollision déterministe. Cette méthode est faite parallèlement à la détection de collision une fois une collision est détectée on sélectionne tous les bits du début de l'identification jusqu'avant la « collision » envoyé puis un « 1 ».

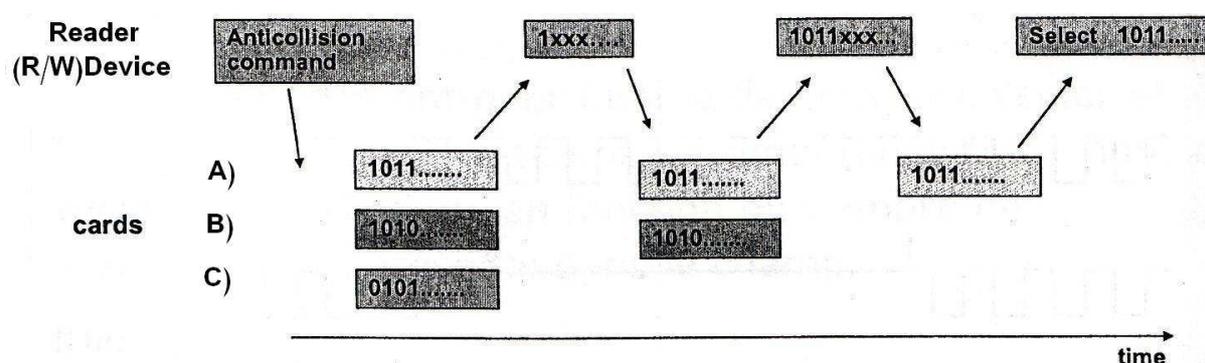


Figure 3.20 : Méthode d'arbitrage 14443-3 A

Chapitre IV :

Implantation sur FPGA

Chapitre 4 : Implantation sur FPGA

Introduction

Pendant mon stage j'ai eu l'occasion de découvrir la suite de logiciel ISE de Xilinx. Qu'on a utilisé afin d'implémenter en VHDL, la gestion de collision sur l'FPGA XC3S500E de la carte SPARTAN-3E.

1- Création de projet

On a crée le projet « BaseStation » de type HDL (Figure 4.1)

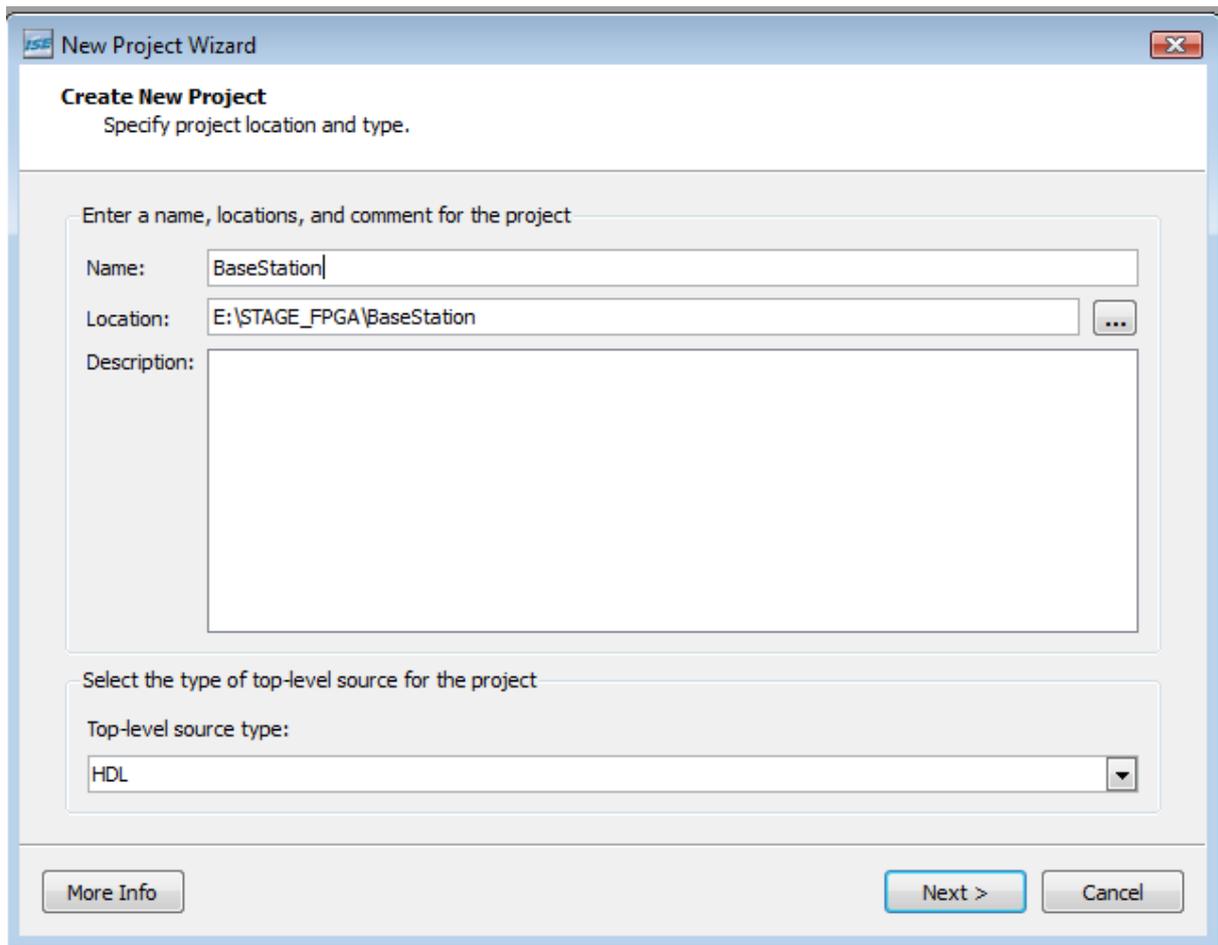


Figure 4.1 : Création d'un nouveau projet HDL sur ISE

Par la suite on précise les informations à propos de la carte utilisé dans notre projet (Figure 4.2) , la famille de la carte, l'intitulé du FPGA et son package. Il est à noter que le package exprime la forme géométrique et la distribution géographique des pins de l'FPGA, le même FPGA est industrialisé en plusieurs packages différents selon l'environnement de l'implantation du FPGA.

Si les informations indiqués au logiciel ISE concernant la carte Sparten-3E et l'FPGA sont erronées des problèmes seront relevés au moments où on lie les entrées sortie du programme VHDL aux pins de l'FPGA.

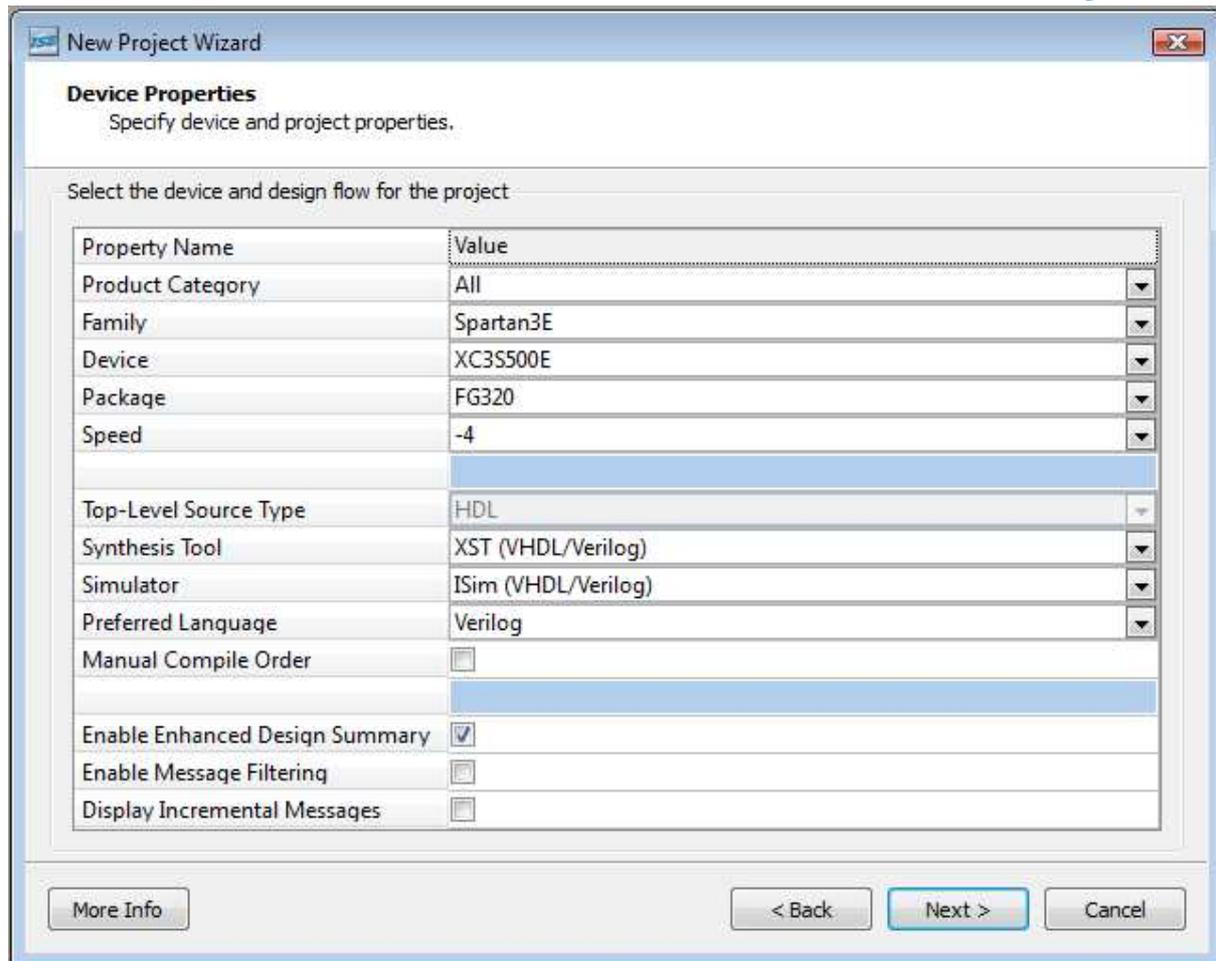


Figure 4.2 : Information concernant la carte électronique utilisée dans le projet ISE

2- Structure du programme

On choisit d'effectuer un module VHDL principale BS (Figure 4.3) pour traiter la gestion de collision. D'autres modules seront utilisés pour atteindre cette objective :

- un module Registre afin d'instancier un registre contenant l'ID du transpondeur choisie pour effectuer la communication.
- un module Fifo afin d'instancier deux listes premier écrit premier lu, une liste « Transpondeurs » pour la liste finale des identificateurs des transpondeurs présents, l'autre liste « Collision » pour la liste des identificateurs incomplets.

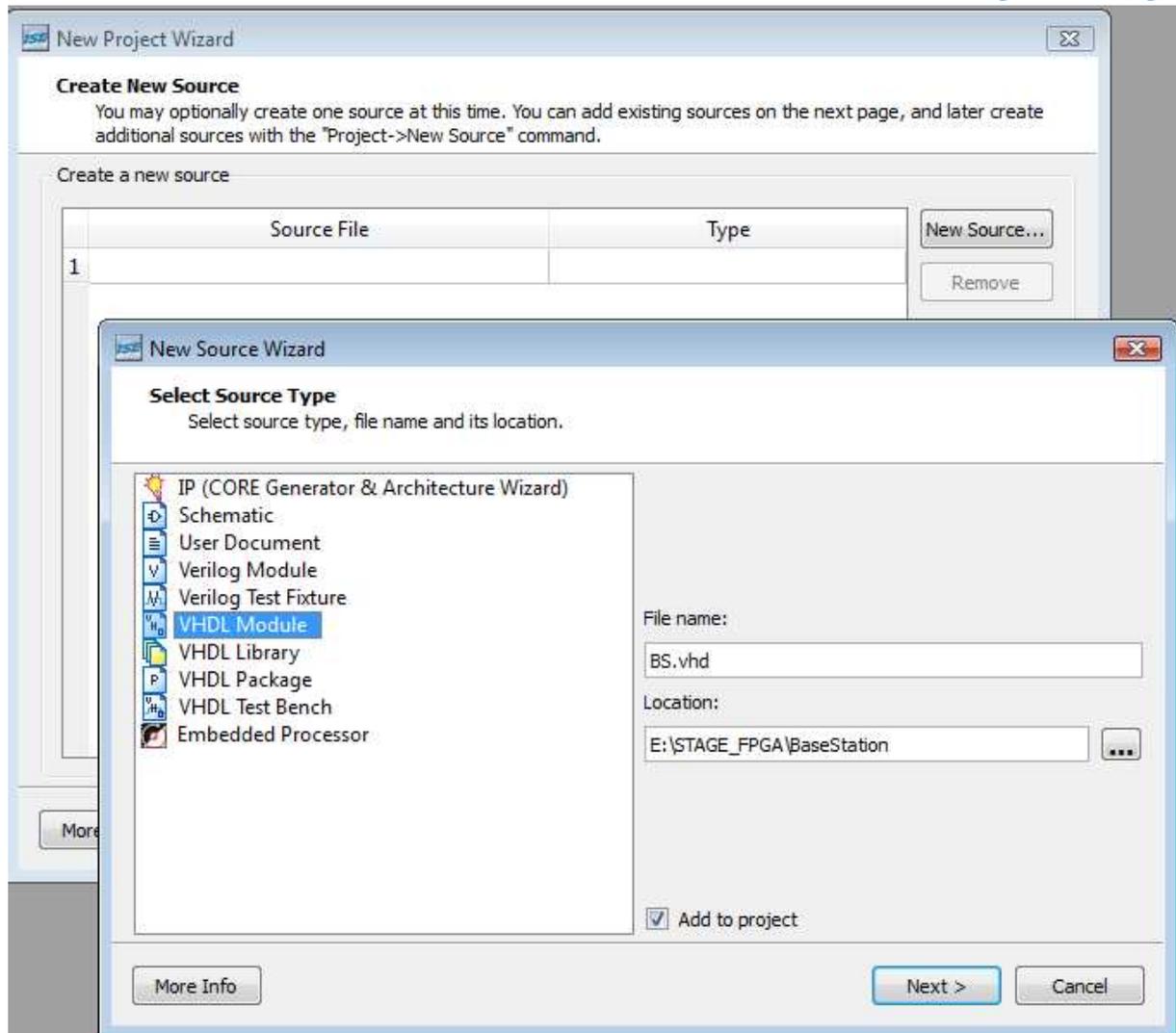


Figure 4.3 Création du module BS.vhd

Au début le module BS envoie une commande demandant aux transpondeurs de s'identifier. Quand la BS reçoit un « 1 » logique ou un « 0 » logique, le bit est ajouté à un vecteur IDEnCourt.

$$\text{IDEnCourt} \leftarrow \text{IDEnCourt} (6 \text{ downto } 0) \& "0"$$

Dès que la BS reçoit au même instant à « 1 » et un « 0 » une collision est détecté :

- IDEnCourt (6 downto 0) & "0" est ajouté à la liste « Collision ».
- IDEnCourt <= IDEnCourt (6 downto 0) & "1"

Une fois un identificateur est complet il est ajouté à la liste « Transpondeurs ».

Le module BS parcourt par la suite la liste « Collision » est complète les identificateurs un par un en traitant de la même manière les bits reçus. Une fois cette liste est vide il relance la commande demandant aux transpondeurs de s'identifier afin de mettre à jour la liste « Transpondeurs ».

Cette dernière sera utilisé par d'autres modules de la base station, qui s'intéresseront à établir une session de communication avec chaque transpondeurs détectés.

3- Mapping

Une fois le programme VHDL est compilé, les modules synthétisés, on procède au mapping : on lie chaque entrée globale et sortie globale de notre module VHDL globale à un pin de l’FPGA qui sont liés aux différents composants de la carte SPARTAN-3E, il faut bien respecter les paramètres des composants indiqués dans le guide d’utilisation de la carte SPARTAN-3E .

4- Chargement du programme sur l’FPGA

L’ISE IMPACT sert à programmer la carte, quand on initialise la chaîne après avoir connecté la carte SPARTAN-3E via le port USB à notre station de travail, on distingue les trois composants programmables de notre Platform (Figure 4.4) la première correspond à l’FPGA. On la programme avec le programme BS.bit, pour les deux autres composants un « bypass » suffira (Figure 4.5).

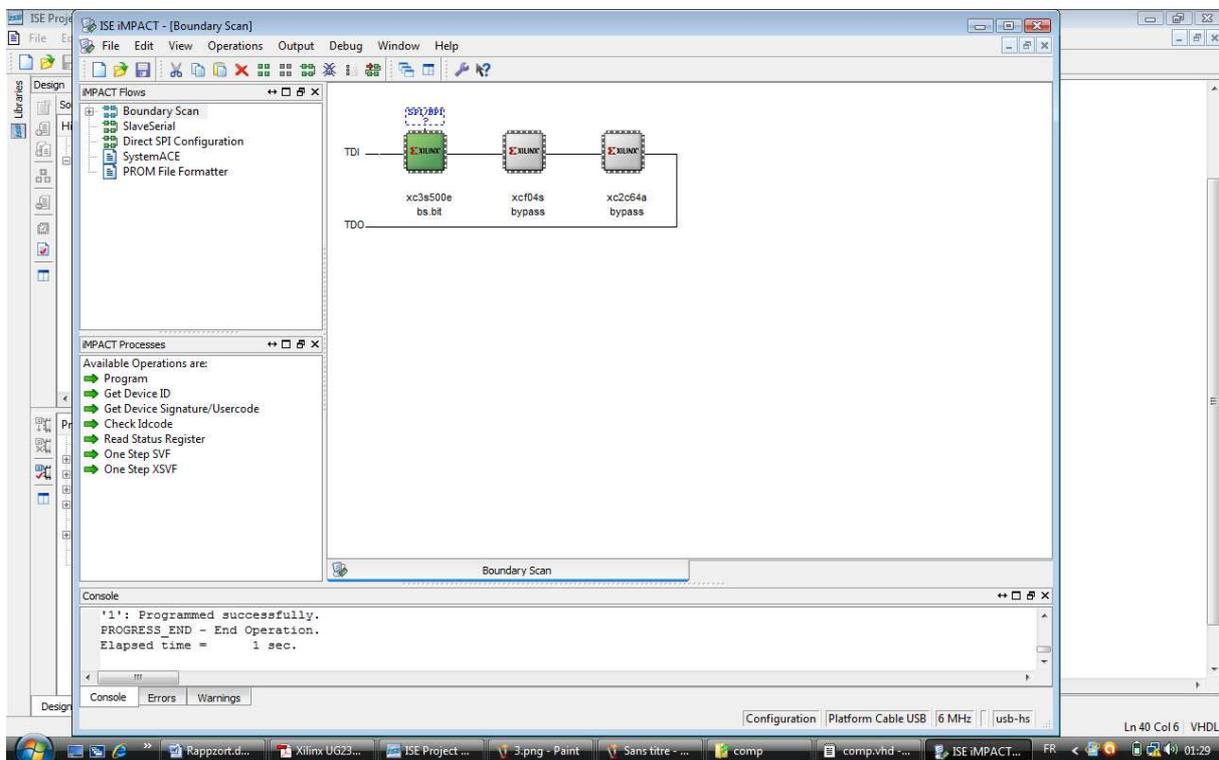


Figure 4.4 : Initialisation de la chaîne sur ISE IMPACT

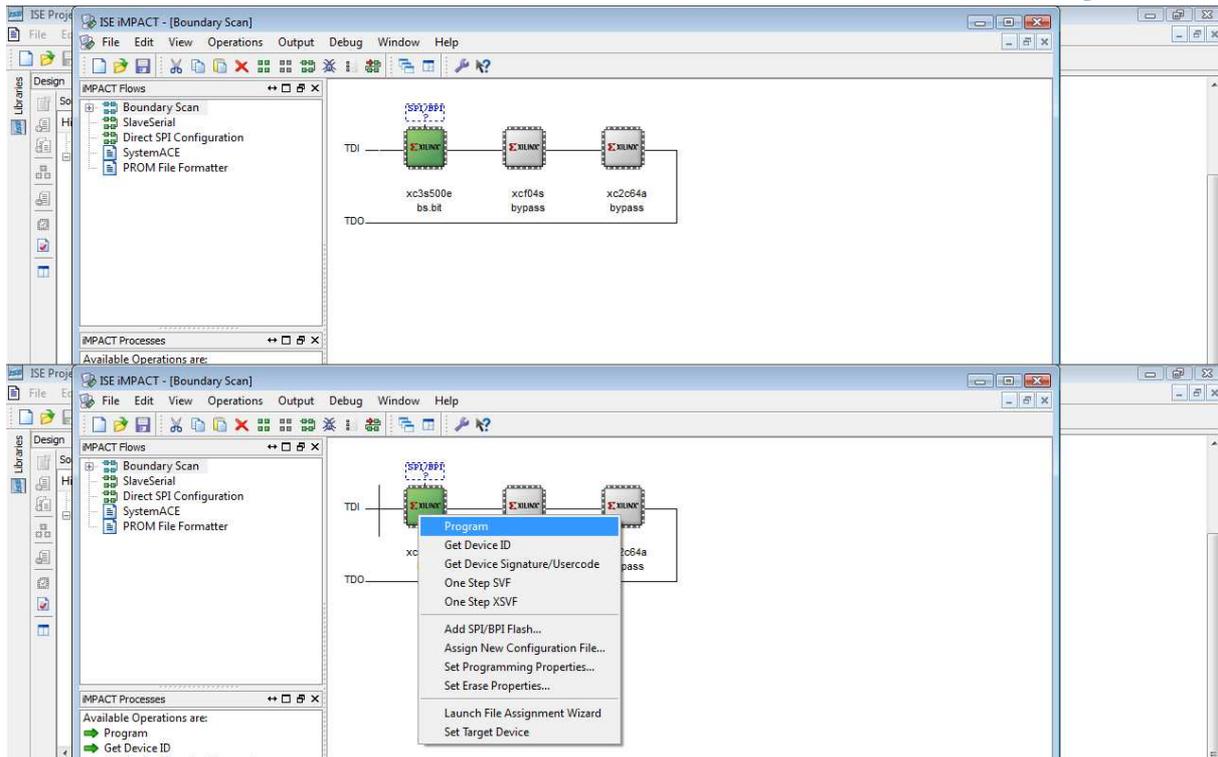


Figure 4.5 : Envoi du programme BD.bit à l’FPGA

Conclusion

Ce chapitre présente la méthode de programmation avec les outils de la suite ISE de Xilinx depuis la création du projet jusqu’à l’envoi du programme à la carte. Il résume la logique du programme VHDL traitant la gestion de collision.

Conclusion générale

Notre travail consistait en une recherche bibliographique autour du thème des RFID, en une découverte et initiation aux outils hardware –la Spartan-3E de Xilinx- et software – la suite ISE de Xilinx – du développement des circuits intégrés programmables, et en une étude des modulations utilisées au court de la transmission RFID entre base station et transpondeur.

C'était au même temps mon premier contact avec les circuits FPGA du constructeur Xilinx et mon premier travail englobant la partie hardware et software d'un système embarqué. Et s'intéressant à l'aspect informatique, électronique et télécommunication du système embarqué.

De nos jours la technologie RFID envahisse le monde grâce à ses solutions dans les domaines d'étiquetage électronique, d'identification des personnes, de médecine et de la téléphonie.

En revanche ce monde plein de puce RFID menace la vie privée et limite les libertés personnelles. Comment peut-on alors profiter du développement technologique que présente l'accès à cette technologie de pointe sans subir ses retombées néfastes qu'elle peut avoir sur la vie humaine ?

Liste Bibliographique

Livres :

- (1) Ecole de printemps en Téléphonie Mobile et RFID – 23 – 27 Mars 2009 ENSIAS – RABAT Maroc
- (2) RFID, En ultra et super hautes fréquences UHF-SHF : Théorie et mise en œuvre – Dominique Paret
- (3) RFID, Applications en identification radiofréquence et carte à puce sans contact – Dominique Paret

Document Electronique :

- (4) Spartan-3E Starter Kit Board User Guide – Xilinx
- (5) PicoBlaze™ 8-bit Microcontroller Reference Design for FPGAs and CPLDs

Site web :

- (6) <http://www.mathworks.co.kr/matlabcentral/fileexchange/>